

BRUNO SOARES LAURINDO

**PRÉ-MELHORAMENTO VISANDO RESISTÊNCIA À REQUEIMA
EM TOMATEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

Laurindo, Bruno Soares, 1985-
L385p Pré-melhoramento visando resistência à requeima em
2013 tomateiro / Bruno Soares Laurindo. – Viçosa, MG, 2013.
xiii, 60f. : il. ; 29 cm.

Inclui apêndice.
Orientador: Derly José Henriques da Silva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Tomate - Melhoramento genético. 2. Tomate -
Resistência a doenças e pragas. 3. Vírus de plantas. 4. Banco de
genes de plantas. 5. Phytophthora infestans. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD. 22. ed. 635.6422

BRUNO SOARES LAURINDO

**PRÉ-MELHORAMENTO VISANDO RESISTÊNCIA À REQUEIMA
EM TOMATEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 17 de julho de 2013.

Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Coorientador)

Eduardo Seiti Gomide Mizubuti
(Coorientador)

Carlos Nick Gomes

Derly José Henriques da Silva
(Orientador)

*Aos meus pais,
Liacir Laurindo da Silva (in memoriam) e
Elza Maria Soares da Silva
que viveram este sonho tanto quanto eu.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, pela força que permitiu que eu chegasse até aqui.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao CNPq, pela bolsa de estudos concedida.

Ao Professor Derly José Henriques da Silva, pela orientação, ensinamentos, amizade e paciência, tornando-se mais que um orientador, um “pai”.

Aos Professores Pedro Crescêncio Souza Carneiro e Eduardo Seiti Gomide Mizubuti, pelos ensinamentos e pela colaboração.

À todos amigos que fazem ou fizeram parte do Núcleo de Estudos em Olericultura (NEO), pela troca de experiências. Em especial ao Izaias Lima Neto, Daniel Pedrosa, Victor Almeida, Mateus Chediak, Alcinei Azevedo, Fábio Sobreira, Marcelo Soares e Adilson, pelo longo tempo de boa convivência.

Ao professor Carlos Nick e ao Jorge González Aguilera, pela amizade, incentivo e colaboração durante toda vida acadêmica.

Ao meu pai Liacir Laurindo da Silva (*in memoriam*), que em quanto entre nós, idealizava esse sonho.

À minha mãe Elza Maria Soares da Silva, pelo incentivo incondicional para que todos os nossos sonhos se tornassem realidade.

À minha noiva Renata Dias de Freitas, pelo amor e carinho, uma verdadeira companheira de todos os momentos.

Ao meu primo David Laurindo, pela grande amizade.

À minha sobrinha Laís Soares, pelos momentos de descontração e alegria.

Aos amigos do grupo VIPS, Gutierrez e Marcela, Júnior Caiafa, Alisson, Gilsão, João Paulo e Tiago, por todos esses longos anos de convivência, responsáveis por parte dos melhores momentos da minha vida.

À todos os meus familiares, pelo incentivo.

Aos funcionários da Horta Velha, pela amizade e ajuda nos experimentos.

Aos demais funcionários da Universidade Federal de Viçosa, pelos favores prestados durante a realização do curso.

À todos os demais, que de alguma forma contribuíram para conclusão deste trabalho.

Obrigado!

BIOGRAFIA

BRUNO SOARES LAURINDO, filho de Liacir Laurindo da Silva e Elza Maria Soares da Silva, nasceu em 22 de agosto de 1985, na cidade de Viçosa, estado de Minas Gerais, Brasil.

Em fevereiro de 2006, formou-se Técnico em Agropecuária pela Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal, UFV Campus Florestal, em Florestal, Minas Gerais.

Em março de 2007, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, colando grau em julho de 2011.

Em agosto de 2011, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Mestrado, da Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa da dissertação em julho de 2013.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Importância econômica e social da tomaticultura	2
2.2. Requeima ou mela do tomateiro	3
2.3. Pré-melhoramento e Banco de Germoplasma	6
2.4. Análise Dialélica	8
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
CAPÍTULO I - SELEÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA À REQUEIMA EM ACESSOS DE <i>Solanum lycopersicum</i>	16
SELEÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA À REQUEIMA EM ACESSOS DE <i>Solanum lycopersicum</i>	17
RESUMO	17
SELECTION OF SOURCES OF RESISTANCE TO LATE BLIGHT IN ACCESS OF <i>Solanum lycopersicum</i>	18
ABSTRACT	18
1. INTRODUÇÃO	19
2. MATERIAL E MÉTODOS	21
2.1. Local e condução dos experimentos	21
2.2. Preparo e inoculação dos isolados de <i>Phytophthora infestans</i>	23
2.3. Avaliação da resistência à requeima	24
2.4. Análises estatísticas	25
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4. CONCLUSÕES	31
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
CAPÍTULO II – CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE ACESSOS DE <i>Solanum lycopersicum</i> RESISTENTES À REQUEIMA	35
RESUMO	36

COMBINING ABILITY OF ACCESS OF <i>Solanum lycopersicum</i> RESISTANTS TO LATE BLIGHT.....	37
ABSTRACT	37
1. INTRODUÇÃO.....	38
2. MATERIAL E MÉTODOS	41
2.1. Local de condução dos experimentos.....	41
2.2. Origem dos genitores e obtenção dos híbridos experimentais.....	41
2.3. Tratamentos e delineamento experimental	42
2.4. Preparo e inoculação dos isolados de <i>Phytophthora infestans</i>	43
2.5. Avaliação da resistência à requeima.....	44
2.6. Análises genético-estatísticas.....	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
3.1. Análise de variância – resposta à requeima	46
3.2. Análise dialélica	48
3.3. Efeitos da capacidade geral de combinação - CGC	49
3.4. Heterose e efeitos da capacidade específica de combinação – CEC.....	50
4. CONCLUSÕES	53
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	54
6. APÊNDICE	57
APÊNDICE A - Avaliação e seleção de acessos de tomateiro do BGH-UFV quanto a resistência à requeima	57

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Valores médios de Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) para testemunhas suscetíveis, acessos do BGH-UFV e testemunhas resistentes, avaliados quanto a resistência à requeima (*Phytophthora infestans*). Viçosa - MG. 28
- Figura 2. Valores médios de Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) para testemunhas suscetíveis, acessos selecionados e testemunhas resistentes, avaliados quanto a resistência à requeima (*Phytophthora infestans*). Viçosa - MG. 28
- Figura 3. Valores de Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) para acessos de *Solanum lycopersicum* selecionados e de *Solanum habrochaites* (BGH-6902), avaliados quanto a resistência à requeima (*Phytophthora infestans*). Viçosa – MG. 29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Procedência, data de coleta, formato do fruto, tamanho do fruto, coloração do fruto maduro, peso médio do fruto e Brix de doze acessos de tomateiro do BGH – UFV avaliados quanto a resistência à requeima (<i>Phytophthora infestans</i>). Viçosa – MG.	22
Tabela 2 - Resumo da análise de variância, para reposta à requeima (<i>Phytophthora infestans</i>) do componente de resistência Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) avaliadas em doze acessos, três testemunhas resistentes e três testemunhas suscetíveis de tomateiro. Viçosa - MG.....	26
Tabela 3 - Médias obtidas de Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) para doze acessos, três testemunhas resistentes e três testemunhas suscetíveis de tomateiro avaliados quanto a resistência à requeima (<i>Phytophthora infestans</i>). Viçosa-MG.....	27
Tabela 1 - Procedência, data de coleta, peso médio do fruto (g) e Brix de seis acessos de tomateiro do BGH – UFV identificados como resistentes à requeima (<i>Phytophthora infestans</i>) Viçosa, MG.	41
Tabela 2 – Esquema representativo do dialelo balanceado de meia-tabela envolvendo seis progenitores. Viçosa - MG.....	42
Tabela 3 - Análise de variância para Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) em resposta à requeima (<i>Phytophthora infestans</i>), avaliada em seis genitores, quinze híbridos, três testemunhas resistentes e três testemunhas suscetíveis de tomateiro. Viçosa – MG.	46
Tabela 4 – Médias de Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) em resposta à requeima (<i>Phytophthora infestans</i>) considerando seis genitores, quinze híbridos, três testemunhas resistentes (BGH-6902, 133A e 163A) e três testemunhas suscetíveis (Débora, Fanny e Santa Clara). Viçosa – MG.	47

Tabela 5 – Análise de variância para Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) segundo modelo proposto por Griffing (1956), para dialelo envolvendo seis genitores e quinze híbridos F ₁ 's. Viçosa – MG.....	49
Tabela 6 – Estimativas das médias e dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) para Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) de seis genitores de tomateiro e quinze híbridos F ₁ 's. Viçosa – MG.....	50
Tabela 7 – Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (\hat{s}_{ii} e \hat{s}_{ij}) para Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) em seis genitores, quinze combinações híbridas F ₁ 's e desvio-padrão (DP) dos efeitos de dois F ₁ 's com e sem genitor comum. Viçosa – MG.....	51
Tabela 8 – Estimativas da heterose percentual para Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) em quinze combinações híbridas F ₁ 's de tomateiro. Viçosa – MG.	51

RESUMO

LAURINDO, Bruno Soares, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2013. **Pré-melhoramento visando resistência à requeima em tomateiro.** Orientador: Derly José Henriques da Silva. Coorientadores: Pedro Crescêncio Souza Carneiro e Eduardo Seiti Gomide Mizubuti.

A tomaticultura é considerada uma atividade de elevado risco econômico e grande complexidade agrônômica, principalmente pelo elevado número de patógenos que causam doenças na cultura. Entre os patógenos de maior importância, destaca-se o oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, causador da requeima ou mela, considerada a doença mais destrutiva do tomateiro. Não existem cultivares comerciais de tomate resistentes, e o controle da doença é altamente dependente do uso de fungicidas de caráter preventivo e/ou curativo. Considerando que o tomateiro é uma das plantas cultivadas mais bem estudadas em termos genéticos, a inexistência de cultivares resistentes no mercado reflete a dificuldade em se trabalhar essa característica nos programas de melhoramento. Os objetivos com o presente estudo foram selecionar fontes de resistência à requeima entre acessos de *Solanum lycopersicum*, e estimar as capacidades geral e específica de combinação dos acessos de *S. lycopersicum* selecionados quanto a resistência à requeima, visando selecionar potenciais genitores para o pré-melhoramento da resistência a esta doença. Foram realizados dois experimentos. No primeiro avaliou-se doze acessos de *S. lycopersicum*, do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa – BGH – UFV (BGH-973, BGH-1025, BGH-2017, BGH-2093, BGH-2095, BGH-2102, BGH-2117, BGH-2127, BGH-2130, BGH-2332, BGH-2333 e BGH-2343) no delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Para a avaliação da resistência, as plantas foram inoculadas com uma mistura de esporângios de *P. infestans*, na concentração de 5×10^3 esporângios mL⁻¹, coletados em diferentes regiões da Zona da Mata Mineira. Avaliou-se a porcentagem do tecido vegetal afetado pela doença, ou seja, a porcentagem de severidade, avaliada sob a forma de área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Os acessos BGH-2102, BGH-2117, BGH-2127, BGH-2130, BGH-2332 e BGH-2343 obtiveram valores médios de AACPD inferiores aos das testemunhas resistentes, sendo selecionados como fonte de resistência à requeima. Os acessos selecionados como resistentes à requeima foram utilizados em um segundo experimento, onde foi realizado um dialelo balanceado de meia tabela, e obtidos quinze híbridos F₁'s. Os seis acessos de *S. lycopersicum*, BGH-2102, BGH-2117, BGH-2127, BGH-2130, BGH-2332 e BGH-2343 juntamente com os quinze híbridos F₁'s foram

avaliados em delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Para a avaliação da resistência, as plantas foram inoculadas com uma mistura de esporângios de *P. infestans*, na concentração de 5×10^3 esporângios mL^{-1} , coletados em diferentes regiões da Zona da Mata Mineira. Avaliou-se a porcentagem do tecido vegetal afetado pela doença, ou seja, a porcentagem de severidade, avaliada sob a forma de área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Procedeu-se a análise dialélica de acordo com o modelo de GRIFFING (1956). Observou-se existência de variabilidade genética aditiva entre os genitores e predominância de efeitos gênicos aditivos envolvidos na determinação da AACPD, além da existência de desvios de dominância bidirecional no controle do caráter em questão. A análise dialélica foi eficiente na seleção de genitores visando o pré-melhoramento da resistência à requeima, destacando os acessos BGH-2117, BGH-2127 e BGH-2343 como os de maior frequência de alelos favoráveis e divergentes, por isso devem ser incluídos em cruzamentos visando o pré-melhoramento da resistência à requeima.

ABSTRACT

LAURINDO, Bruno Soares, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2013. **Pre-breeding for resistance to late blight in tomato.** Adviser: Derly José Henriques da Silva. Co-advisers: Pedro Crescêncio Souza Carneiro and Eduardo Seiti Gomide Mizubuti.

The tomato production is considered a high risk economic activity, and of great agronomic complexity mainly because of the high number of pathogens that causes diseases in the culture. Among the pathogens of greatest importance, there is the oomycete *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, causing late blight, which is considered the most destructive disease of tomato. There are no commercial tomato cultivars resistant and the control of this disease is highly dependent on the use of fungicides. Considering that the tomato is one of the most studied crop in genetic terms, the lack of resistant cultivars in the market reflects the difficulty in working this trait in breeding programs. The objectives with this present study was to select sources of resistance to late blight among accessions of *Solanum lycopersicum*, and estimate the overall and specific ability of combining six tomato accessions of *Solanum lycopersicum* selected for resistance to late blight, aiming at the selection of potential genitors for pre-breeding for resistance to this disease. Two experiments were carried out. In the first, twelve accessions of *S. lycopersicum*, from the Vegetable Germplasm Bank of the Federal University of Viçosa - BGH - UFV (BGH-973, BGH-1025, BGH-2017, BGH-2093, BGH-2095, BGH-2102, BGH-2117, BGH-2127, BGH-2130, BGH-2332, BGH-2333 and BGH-2343) were evaluated in a randomized block design with three replications. For the evaluation of the resistance, the plants were inoculated with a mixture of sporangia of *P. infestans*, in the concentration of 5×10^3 sporangia mL^{-1} , collected in different regions of the Zona da Mata Mineira. It was evaluated the percentage of plant tissue affected by the disease, or the percentage of severity, evaluated in the form of area under the disease progress curve (AUDPC). The accessions BGH-2102, BGH-2117, BGH-2127, BGH-2130, BGH-2332 and BGH-2343 obtained average values of AUDPC lower than the resistant controls, and were selected as a source of resistance to late blight. The selected accessions as resistant to late blight were used in a second experiment, where a balanced diallel of half table were realized, and fifteen F₁'s hybrids were obtained. The six accessions of *S. lycopersicum*, BGH-2102, BGH-2117, BGH-2127, BGH-2130, BGH-2332 and BGH-2343 together with the fifteen F₁'s hybrid were evaluated in a randomized block design with three replications. For the evaluation of the resistance, the plants were inoculated with a mixture of

sporangia of *P. infestans*, in the concentration of 5×10^3 sporangia mL^{-1} collected in different regions of the Zona da Mata Mineira. The percentage of plant tissue affected by the disease, or the percentage of severity, presented in the form of area under the disease progress curve (AUDPC) were evaluated. The diallelic analysis was carried out according to the model of GRIFFING (1956). Observed existence of additive genetic variability between the genitors and the predominance of additive gene effects involved in determining the AUDPC, besides the existence of bidirectional dominance deviations in the control of the character. The diallel analysis was efficient in selecting genitors aimed at a pre-breeding of resistance to late blight, highlighting the accessions BGH-2117, BGH-2127 and BGH-2343 with the greatest frequency of favorable alleles and divergent, thus they can be included in crossings aiming the pre-breeding for resistance to late blight.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) ocupa o segundo lugar entre as culturas olerícolas no Brasil por ordem de importância econômica. Devido a sua versatilidade comercial e importância alimentar, o tomate tem seu cultivo difundido em todas as regiões do país e do mundo.

Mesmo diante deste cenário favorável, o tomaticultor enfrenta grandes problemas que dificultam o manejo da cultura. Dentre os principais problemas destaca-se a mela ou requeima, causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. A medida mais utilizada para o controle dessa doença é a utilização de produtos químicos, mediante aplicação de fungicidas de caráter preventivo e/ou curativo.

Atualmente, a ausência de cultivares de tomateiro resistentes a *P. infestans*, reflete a dificuldade de trabalhar com esse patógeno em programas de melhoramento. A resistência à requeima normalmente é encontrada em espécies silvestres, no entanto, o ideal é que a resistência seja identificada em genótipos da mesma espécie que se deseja melhorar, devido à facilidade de intercruzamentos para transferência de genes (ABREU, 2005) e recuperação mais rápida das características agronômicas favoráveis (ADALID *et al.*, 2012).

No desenvolvimento de cultivares de tomateiro com resistência à requeima, a utilização de genitores divergentes e que possuam elevada frequência de alelos favoráveis é crucial. Entre as metodologias empregadas na quantificação da divergência entre genitores destacam-se os cruzamentos dialélicos, os quais permitem a escolha daqueles mais promissores, além de fornecer informações sobre o controle genético das características.

Nesse contexto, a busca por fontes de resistência à requeima em acessos da espécie *S. lycopersicum* são desejáveis, para que possam subsidiar futuros programas de melhoramento e auxiliar no desenvolvimento de novos cultivares.

Diante do exposto, os objetivos com o presente estudo foram:

- Selecionar fontes de resistência à requeima entre acessos de *S. lycopersicum* do BGH-UFV;
- Estimar as capacidades geral e específica de combinação de acessos *S. lycopersicum* selecionados quanto a resistência à requeima, bem como selecionar potenciais genitores para o pré-melhoramento da resistência a esta doença.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância econômica e social da tomaticultura

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) tem como possível centro de variabilidade o litoral do Pacífico, entre o Equador e o Chile, incluindo as Ilhas Galápagos, até a altitude de aproximadamente 2.000 metros, na Cordilheira dos Andes (MATTEDI *et al.*, 2007).

Conhecido como fruta que atraía lobos na América Pré-Colombiana, teve sua domesticação e cultivo feitos por tribos indígenas que habitavam o México (GIORDANO & SILVA, 1999). No século XVI, foi levado para a Europa, e no Brasil, sua introdução ocorreu por imigrantes europeus, no fim do século XIX (ALVARENGA, 2000).

Devido à versatilidade de utilização, seja na forma *in natura* ou industrializada, o tomate ganha cada vez mais consumidores (SILVA *et al.*, 2005). Além disso, o tomate é considerado um alimento funcional, capaz de reduzir risco de algumas doenças degenerativas, principalmente devido à presença do licopeno, um carotenóide associado à prevenção de doenças oncológicas e cardiovasculares (CARVALHO *et al.*, 2006).

No ano de 2011, a produção mundial de tomate foi superior a 159 milhões de toneladas, destacando-se a China como o maior produtor (FAOSTAT 2013). Neste mesmo ano, a produção brasileira foi superior a 4,4 milhões de toneladas numa área colhida de 69,3 mil hectares, fazendo do Brasil o nono no ranking entre os principais países produtores da hortaliça (AGRIANUAL, 2013).

As principais regiões brasileiras produtoras são o sudeste e o centro oeste, com destaque para os estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais, os três maiores produtores respectivamente. Estes três estados juntos são responsáveis por 2,78 milhões de toneladas, equivalentes a quase 63% da produção nacional de tomate (AGRIANUAL, 2013).

No ano de 2011, a produção mineira de tomate foi de 476.113 toneladas colhidas em uma área de 7.362 hectares, que significou 10,82% e 10,62% da produção e área brasileira cultivada com tomate respectivamente. As regiões Central e Sul de Minas são responsáveis por mais de 50% da produção do estado, sendo consideradas as principais regiões produtoras. Com uma produção de aproximadamente 12.154 toneladas, em uma área de 197 hectares, a Zona da Mata foi responsável por 3,09% do total produzido, e a 3,11% da área de produção do estado (SECRETARIA DE ESTADO DE

AGRICULTURA, 2013).

Aliado à relevante importância econômica, o cultivo do tomate está entre as principais atividades geradoras de emprego na agricultura brasileira, gerando cerca de 300 mil empregos diretos e movimentando em termos de mão de obra o montante de R\$ 280 milhões (ABCSEM, 2012).

2.2. Requeima ou mela do tomateiro

A requeima ou mela causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary é uma das principais doenças do tomateiro, podendo acarretar prejuízos totais caso não seja manejada de forma adequada. O desenvolvimento da doença está estreitamente relacionado às condições climáticas, sendo favorecida por condições de baixa temperatura e alta umidade (VALE *et al.*, 2007).

A doença pode atacar todos os órgãos da parte aérea da planta como as folhas, hastes, inflorescências e frutos. Inicialmente as lesões possuem formato irregular e coloração escura, que ao se expandirem tomam um formato circular e aspecto de encharcamento nas lesões, o que sugere o nome mela. Em condições de alta umidade relativa é formado um anel de esporulação composto de esporangióforos e esporângios do patógeno na face abaxial da folha. Este anel possui coloração clara, branca, que circunda a lesão. Com o desenvolvimento das lesões, o tecido foliar é consumido surgindo necroses que adquirem consistência seca, conferindo aspecto de queima, o que relaciona à origem da denominação requeima (MIZUBUTI, 2001).

O sucesso de *P. infestans* como um agente patogênico se origina a partir de suas efetivas formas de reprodução, que pode ocorrer na forma assexuada ou sexuada (NOWICK *et al.*, 2012).

Na reprodução assexuada são produzidos esporângios, os quais, dependendo da temperatura podem germinar de modo direto formando tubo germinativo, ou indireto, formando zoósporos (MIZUBUTI, 2001). Estes esporângios são produzidos em períodos de alta umidade relativa (acima de 90%) e temperaturas entre 18 a 22 °C. Temperaturas acima de 18 °C (temperatura ótima de 22 °C) favorece a germinação direta, e sob temperaturas mais baixas (temperatura ótima de 12 °C) ocorre à germinação indireta com a formação de até oito zoósporos por esporângio. Portanto, em localidades e épocas de cultivo com clima mais ameno, a quantidade de inóculo é possivelmente maior e, por isso, as epidemias normalmente são mais severas. A

germinação direta dos esporângios em temperaturas relativamente altas, desde que haja temperaturas noturnas em torno de 22 °C explica a ocorrência de surtos de requeima mesmo em regiões quentes, consideradas de baixo risco para ocorrência da doença (REIS, 2010).

A reprodução sexuada ocorre quando há cruzamento entre isolados do grupo de compatibilidade A1 com A2 (GOODWIN, 1998; ERWIN & RIBEIRO, 1996). Quando os micélios dos dois grupos de compatibilidade interagem, a reprodução sexual pode ocorrer por meio da formação de oósporos (COHEN *et al.*, 1997). A presença de ambos os grupos de compatibilidade permite a recombinação sexual e produção de novos isolados com a possibilidade que estes sejam mais agressivos. Isto também faz com que os esforços para o manejo da doença sejam ainda mais desafiadores (NOWICK *et al.*, 2012).

No Brasil, a população de *P. infestans* é constituída por linhagens clonais altamente especializadas (SUASSUNA *et al.*, 2004), de modo que a linhagem US – 1, composta por indivíduos do grupo de compatibilidade A1 ocorre principalmente em tomate, e a linhagem BR-1, composta por indivíduos do grupo de compatibilidade A2 tem ocorrência predominante em batateira (REIS *et al.*, 2003).

O emprego de defensivos agrícolas é uma das principais formas de manejo da requeima, principalmente devido à ausência de cultivares comerciais resistentes, fazendo com que as medidas de controle baseiem-se em aplicações sistemáticas de fungicidas seguindo um calendário de aplicações semanais fixo. Estas aplicações sistemáticas de fungicidas acabam aumentando o custo de produção, concentrações de resíduos nos frutos a serem comercializados, além de colocar em risco a vida do aplicador e dos demais seres vivos do ecossistema em questão (JESUS JUNIOR *et al.*, 2007; VALE *et al.*, 2007).

O controle químico também é responsável pelo surgimento e, ou, predominância de isolados resistentes, acarretando aumento no número de aplicações. REIS *et al.* (2006), verificaram que populações brasileiras de *P. infestans* possuem elevadas porcentagens de isolados resistentes e moderadamente resistentes ao metalaxyl e mefenoxam, importantes fungicidas que atuam no controle da requeima.

A ausência de cultivares comerciais de tomateiro resistentes a *P. infestans* se deve à dificuldade de trabalhar com esse patógeno em programas de melhoramento (ABREU, *et al.*, 2008). A autora cita como dificuldades o fato do patógeno possuir elevada taxa de mutação, a resistência ser do tipo poligênica e a existência de poucas fontes com resistência genética reconhecidas. Outro ponto importante é a existência de

vários patótipos de *P. infestans* (REIS, 2001).

Estudos relacionados à resistência genética a *P. infestans* tem sido alvo de interesse dos programas de melhoramento durante muitos anos. Dois mecanismos de resistência a *P. infestans* são descritos em tomate. O primeiro possui herança monogênica (condicionada por um ou poucos genes), sendo denominada resistência qualitativa, enquanto o segundo mecanismo de resistência possui herança poligênica e é denominada resistência quantitativa (FALCONER e MACKAY, 1996).

Genes de resistência qualitativa foram reportados, ambos encontrados na espécie silvestre *Solanum pimpinellifolium*. O primeiro gene de resistência à *P. infestans* relatado foi o *Ph-1*, esse gene possui dominância completa, e está situado no cromossomo 7, conferindo resistência à raça 0 do patógeno (BONDE & MURPHY, 1952; PIERCE 1971; NOWICK *et al.*, 2012).

Um segundo gene de resistência à *P. infestans* denominado *Ph-2* foi identificado no acesso West Virginia 700 (GALLEGLY E MARVEL 1955). Este gene possui dominância parcial, e foi mapeado no cromossomo 10 (GALLEGLY, 1960; PIERCE 1971; TURKENSTEEN, 1973). Outro gene de resistência denominado como *Ph-3* foi relatado no acesso L3708, também confere dominância parcial a uma vasta gama do patógeno (CHUNWONGSE *et al.*, 2002).

KOLE *et al.* (2006) mapearam em uma população derivada de um cruzamento entre uma variedade suscetível de tomate e um acesso de *S. pimpinellifolium* um gene denominado *Ph-4*, este gene encontra-se no cromossomo 2. Outro gene de resistência qualitativa à *P. infestans* foi identificado e localizado no cromossomo 1, este gene foi denominado de *Ph-5* (FOOLAD *et al.*, 2008).

No entanto, existem relatos que isolados de *P. infestans* suplantaram a resistência conferida por estes genes (CHEN *et al.*, 2008; MIRANDA *et al.*, 2010), demonstrando que os programas de melhoramento genético do tomateiro devem buscar outro mecanismo de resistência a esta doença, mediante a incorporação de resistência do tipo quantitativa (ELSAYED *et al.*, 2011), uma vez que o uso de cultivares com este mecanismo de resistência poderá contribuir para diminuir o consumo de fungicidas por meio da diminuição do número de pulverizações e, ou, aumento dos intervalos entre estas (REIS *et al.*, 2002).

Neste contexto, QTLs que conferem resistência quantitativa já foram relatados em acessos de tomates silvestres das espécie *Solanum habrochaites* (BROUWER *et al.*, 2004; ABREU *et al.*, 2008; CHEN *et al.*, 2008; JUNMING, 2010) e *Solanum pennellii* (SMART *et al.*, 2007).

2.3. Pré-melhoramento e Banco de Germoplasma

O pré-melhoramento visa à identificação e transferência de caracteres de importância econômica para linhas avançadas (PALMER, 1989 e MARSHALL, 1989), tornando a busca por recursos fitogenéticos armazenados em bancos de germoplasma atividades de extrema importância.

Bancos de germoplasma são considerados unidades conservadoras de material genético de uso imediato ou com potencial de uso futuro (CRUZ *et al.*, 2012). Como atividades realizadas nos bancos de germoplasma pode-se citar: levantamento, aquisição, exploração e coleção; manutenção, multiplicação e regeneração; e caracterização, avaliação, documentação, distribuição e intercâmbio do maior número possível de amostras de germoplasma dentro das limitações físico-econômicas (BORÉM & MIRANDA, 2009).

Com a preocupação de preservar recursos genéticos para as futuras gerações, a Universidade Federal de Viçosa (UFV) criou oficialmente o Banco de Germoplasma de Hortaliças (BGH-UFV) em 1966, com o apoio da Fundação ROCKEFELLER, com a finalidade de resgatar espécimes de espécies nativas ou introduzidas, preservar, documentar e disponibilizar germoplasma de outras regiões do globo, caracterizando o seu potencial para as condições climáticas das diversas regiões do Brasil (SILVA *et al.*, 2001). As coletas dos recursos genéticos do BGH - UFV iniciaram-se em 1964 e mantêm-se ativas até os dias atuais. Atualmente, o BGH - UFV possui em torno de 7225 acessos, com 25 famílias e 106 espécies. As famílias com maiores representações são: Solanaceae, 44,21%; Leguminosae, 16,83%; Cucurbitaceae, 15,70% (SILVA *et al.*, 2001). De acordo MARIM *et al.* (2009) a Universidade Federal de Viçosa mantém o mais antigo banco de germoplasma de hortaliças da América Latina.

Entretanto menos de 8% dos recursos conservados nos bancos de germoplasma são efetivamente utilizados pelos melhoristas (VALLOIS *et al.*, 1998). Entre os principais fatores de baixa utilização dos acessos nos programas de melhoramento está o desconhecimento do potencial dos recursos genéticos disponíveis nos bancos de germoplasma por parte dos melhoristas (CARELLI *et al.*, 2006).

A disponibilização dos recursos genéticos para os melhoristas passa necessariamente pelos trabalhos de pré-melhoramento, através da caracterização e avaliação agrônômica, fitopatológica, entomológica dos acessos registrados nos bancos de germoplasma (VALLOIS *et al.*, 1998).

Neste sentido, por meio de trabalhos de pré-melhoramento, os recursos genéticos

de hortaliças pertencentes ao BGH-UFV vêm sendo caracterizados e avaliados. Posteriormente, estas informações são disponibilizadas via internet, sendo possível a visualização destes resultados no site do BGH-UFV, www.bgh.ufv.br.

Os trabalhos desenvolvidos envolvem as diversas espécies de hortaliças registradas no banco, como a fava, berinjela, jiló, chicória, pimentão e alho (COUTO *et al.*, 1968); quiabeiro (PEDROSA *et al.*, 1983); taro (PEREIRA, 2002); abóbora (MOURA *et al.*, 2004) e alface (TARDIN *et al.*, 2001; MANDEILI, 2003).

O tomateiro é a espécie com o maior número de acessos registrados no BGH – UFV, aproximadamente 870 acessos. Vários trabalhos de pré-melhoramento também estão sendo desenvolvidos com essa espécie, destacando-se trabalhos de estudos de diversidade genética (MARIM, 2006; MATTEDI, 2009), resistência a pragas (OLIVEIRA, 2004; ANTÔNIO, 2006; FERNANDES, 2011) e resistência a doenças (MATSUOKA & CHAVES, 1973; JUHÁSZ, 2006; AGUILERA, 2011).

Quanto aos trabalhos de pré-melhoramento relacionados a doenças, destacam-se os de avaliação da resistência à requeima, principalmente envolvendo o cruzamento interespecífico entre *S. habrochaites* com *S. lycopersicum*.

ABREU *et al.* (2008), estudando a herança da resistência à requeima, provenientes do cruzamento interespecífico entre as espécies *S. habrochaites* (BGH – 6902) e *S. lycopersicum* (cv Santa Clara), verificaram que a resistência é do tipo poligênica, sendo esta governada por vinte e oito genes, e também observaram maior importância dos efeitos aditivos para o caráter.

Com o objetivo de identificar linhagens de tomateiro resistentes à requeima, FIORINI *et al.* (2010), selecionaram 10 linhagens F₈ originadas do cruzamento interespecífico entre *S. habrochaites* (BGH – 6902) e *S. lycopersicum* (cv Santa Clara), e o acesso de tomateiro do BGH-UFV-1497 como resistentes a doença. Concluíram ainda ser possível a introgressão de genes de resistência à requeima presentes em *S. habrochaites* em *S. lycopersicum*, e inferiram que tais linhagens possuem genes de resistência, possibilitando o desenvolvimento de cultivares de tomateiro resistentes a esta doença.

Buscando desenvolver resistência quantitativa à requeima ELSAYED *et al.* (2011) combinaram diferentes fontes de resistência e mediante análise dialélica, observaram predominância dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC), sugerindo que os efeitos aditivos foram mais importantes do que os efeitos não-aditivos.

ELSAIED *et al.* (2012) estudaram a herança da resistência e determinaram os fatores genéticos que contribuem para a resistência da linhagem '163A' resultante do

cruzamento interespecífico entre as espécies *S. lycopersicum* (cv Santa clara) e *S. habrochaites* (BGH-6902). Os autores verificaram que dois genes recessivos atuam na resistência à requeima.

NICK *et al.* (2013) avaliaram critérios de seleção em progênies de cruzamento entre a cultivar de tomateiro Santa Clara (*S. lycopersicum*) e a espécie silvestre *S. habrochaites f. glabratum* quanto a atributos de qualidade dos frutos e de resistência à requeima. Concluíram que é possível obter ganhos genéticos satisfatórios ao selecionar para decréscimo na área abaixo da curva de progresso da requeima e aumento nos valores de sólidos solúveis e acidez titulável em progênies advindas do cruzamento *S. lycopersicum* (cv Santa Clara) x *S. habrochaites* (BGH – 6902).

2.4. Análise Dialélica

O sucesso de um programa de melhoramento genético é condicionado pela eficiência na escolha dos genitores, que ao serem cruzados, produzam híbridos e, posteriormente, populações segregantes promissoras, favorecendo o trabalho do melhorista na obtenção de progresso genético. Em vista disso, o cruzamento dialélico tem sido amplamente utilizado para seleção de genitores (CRUZ & REGAZZI, 1997).

O termo dialélico tem sido utilizado para expressar um conjunto de $p(p-1)/2$ híbridos resultantes do cruzamento entre p progenitores (linhagens, variedades, clones, etc.), podendo incluir, além dos respectivos pais, os híbridos recíprocos e/ou outras gerações relacionadas, tais como F_2 's, retrocruzamentos, etc. As metodologias de análise dialélica têm por finalidade analisar o delineamento genético, provendo estimativas de parâmetros úteis na seleção de progenitores para hibridação e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (CRUZ *et al.*, 2012).

Segundo CRUZ (2005), existe várias metodologias para a análise e interpretação dos dados obtidos com cruzamentos dialélicos, destacando-se as de HAYMAN (1954), GARDNER & EBERHART (1966) e GRIFFING (1956).

RESENDE *et al.* (2000) relataram que na cultura do tomateiro, devido a facilidade de obtenção de sementes nos cruzamentos controlados, a análise dialélica é amplamente utilizada na identificação de combinações híbridas heteróticas e possibilita que os genótipos sejam avaliados quanto a características associadas à produção, à qualidade e a conservação pós-colheita, além de aspectos vegetativos, ambientais, fisiológicos e sanitários.

A metodologia de GRIFFING (1956) é a mais comumente utilizada, parametrizando o efeito de populações em capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). A CGC mede o comportamento médio de um pai em uma série de cruzamentos e está associada principalmente aos efeitos aditivos dos alelos. A CEC é o desvio de um cruzamento específico em relação aos cruzamentos em geral e está relacionada, principalmente, com os efeitos dos desvios de dominância (CRUZ E VENCOVSKY, 1989; CRUZ *et al.*, 2012).

GRIFFING (1956) propôs quatro métodos de análise dialélica: a) Método 1, no qual são avaliadas as p^2 combinações (genitores, híbridos e seus recíprocos); b) Método 2, em que são incluídas combinações F_1 's mais genitores; c) o Método 3, que se caracteriza por analisar as $p(p-1)$ combinações, isto é, híbridos e recíprocos sem os genitores; e d) Método 4, para o qual são avaliadas as $p(p-1)/2$ combinações, ou seja, apenas o conjunto de híbridos. Cada um desses métodos pode ser analisado considerando modelo fixo ou aleatório dependendo da natureza amostral dos genitores. O efeito é considerado fixo quando as conclusões a seu respeito forem válidas somente para ele próprio. Neste caso, o objeto estudado (tratamento, local, dose e etc) não constitui uma amostra, mas sim o próprio material de interesse. Quando o material avaliado constitui-se numa amostra de uma população, de forma que as informações obtidas tem apenas o interesse de caracterizar a população de trabalho, o efeito é considerado aleatório (CRUZ, 2005).

Vários estudos vêm utilizando cruzamentos dialélicos em programas de melhoramento do tomateiro destacando-se (SUINAGA *et al.*, 2004; PÁDUA *et al.*, 2010; ELSAYED *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2011; SOUZA *et al.*, 2012).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCSEM. Associação brasileira de comércio de mudas e sementes. Disponível em: [http:// http://www.abcsem.com.br/noticia.php?cod=2420](http://www.abcsem.com.br/noticia.php?cod=2420). Acesso em agosto de 2012.

ABREU, FB. **Herança da resistência a *Phytophthora infestans*, de características de frutos e seleção de genótipos resistentes na geração F₅ de cruzamento interespecífico em tomateiro.** 2005. 95 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

ABREU, F.B.; SILVA, D.J.H.; CRUZ, C.D.; MIZUBUTI, E.S.G. Inheritance of resistance to *Phytophthora infestans* (Peronosporales, Pythiaceae) in a new source of resistance in tomato (*Solanum* sp.) formerly *Lycopersicon* sp.) Solanales, Solanaceae). **Genetics and Molecular Biology**, v. 31, p. 493-497, 2008.

ADALID, A.M.; ROSELLO, S.; VALCARCEL, M.; NUEZ, F. Analysis of the genetic control of b-carotene and L-ascorbic acid accumulation in an orange-brownish wild cherry tomato accession. **Euphytica**, v. 184, p.251–263, 2012.

AGRIANUAL 2013 – **Anuário da Agricultura Brasileira.** Campo Grande: FNP Consultoria e Comércio, 2013. 480 p.

AGUILERA, J. G. **Caracterização de subamostras de tomateiro do BGH-UFV, quanto a resistência a Begomovirus e análise da população viral em condição de campo.** 2011. 89p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

ALVARENGA, M. A. R. **Cultura do Tomateiro.** Lavras: UFLA, 2000. 91p.

ANTONIO, A. C. **Herança Genética da Resistência a *Tuta absoluta* em subamostras de tomateiro do Banco de Germoplasma de Hortalíça da UFV.** 2006. 51p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

BONDE, R. & MURPHY, E. F. Resistance of certain tomato varieties and crosses to late blight. **Bull. Me. Agric. Exp. Stn**, v.497, p.5-15, 1952.

BORÉM, A. & MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas.** 5 ed. Viçosa: UFV, 2009. 529 p.

BROUWER, D. J.; JONES, E. S.; ST. CLAIR, D. A. QTL analysis of quantitative resistance to *Phytophthora infestans* (late blight) in tomato and comparisons with potato. **Genome**, v. 47, p. 475-492, 2004.

CARELLI, B.P.; GERALD, L.T.S.; GRAZZIOTIN, F.G.; ECHEVERRIGARAY, S. Genetic diversity among Brazilian cultivars and landraces of tomato *Lycopersicon esculentum* Mill. Revealed by RAPD markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.53, p.395-400, 2006.

CARVALHO, P. G. B.; MACHADO, C. M. M.; MORETTI, C. L.; FONSECA, M. E. N. Hortalíças como alimentos funcionais. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.4, p.397-404, 2006.

- CHEN, C.H.; SHEU, Z.M.; WANG, T.C. Host specificity and tomato-related race composition of *Phytophthora infestans* isolates in Taiwan during 2004 and 2005. **Plant Disease**, v.92, p.751-755, 2008.
- CHUNWONGSE, J.; CHUNWONGSE, C.; BLACK, L.; HANSON, P. Molecular mapping of the Ph-3 gene for late blight resistance in tomato. **Journal Horticultural Science Biotechnology**, v. 77, p. 281-286, 2002.
- COHEN, Y.; FARKASH, S.; RESHIT, Z.; BAIDER, A. Oospore production of *Phytophthora infestans* in potato and tomato leaves. **Phytopathology**, v. 87, p.191-196, 1997.
- COUTO, F.A.A.; ERICKSON, H.T; CAMPOS, J.P.; CASALI, V.W.D.; SILVA, J.F.; TIGCHELAAR, E. Collection and evaluation of vegetable germplasm in Brasil. Viçosa, MG: [s.n.], (Mimeogr. Relatório), 1968.
- CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 2005. 394 p.
- CRUZ CD, REGAZZI AJ, CARNEIRO PCS. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. Viçosa, MG: UFV, 2012. 514 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. Viçosa: UFV. 1997. 390p.
- CRUZ, C. D., VENCOVSKY, R.. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, p.425-438. 1989.
- ERWIN , D.C. & RIBEIRO, O.K. **Phytophthora Diseases Worldwide**. Saint Paul, MN. APS Press. 1996.
- ELSAYED, A. Y. A. M.; SILVA, D. J. H.; CARNEIRO, P. C.; MIZUBUTI, E. S. G. The Inheritance of late blight resistance derived from *Solanum habrochaites*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.12, p.199-205, 2012.
- ELSAYED, A.Y.A.M.; SILVA, D.J.H.; MIZUBUTI, E.S.G.; CARNEIRO, P.C. Combing the monogenic and polygenic resistant genes to late blight in tomato. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v.3, p.251-259, 2011.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T.F. **Introduction to quantitative genetics**, [S.I : s.n], 1996. 464 p.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: jun. 2013.
- FERNADES, M. E. S. **Capacidade combinatória entre fontes de resistência de *Solanum sp.* à *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera:Gelechiidae)**. 2011. 68p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- FIORINI, C.V.A.; SILVA, D.J.H.; MIZUBUTI, E.S.G.; SOUZA. J.B.; SILVA, L.J.; MILAGRES, C.C.; ZAPAROLI, M.R. Caracterização de linhagens de tomateiro originadas de cruzamento interespecífico quanto à resistência a requeima. **Horticultura Brasileira**, v.22, p. 197-202, 2010.

FIORINI, C.V.A. **Introgressão de genes de resistência à requeima de *Solanum habrochaites* em *Solanum lycopersicum***. 2008. 163p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

FOOLAD, M.R.; MERK, H.L.; ASHRAFI, H. Genetics, Genomics and Breeding of Late Blight and Early Blight Resistance in Tomato. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.27, p.75–107, 2008.

GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, v. 22, p. 439-452, 1966.

GALLEGLY, M. E. & MARVEL, M. E. Inheritance of resistance to tomato race-O of *Phytophthora-infestans*. **Phytopathology**, v.45, p.103-109, 1955.

GALLEGLY, M. E. Resistance to the late blight fungus in tomato. In: Camden, NJ. Proc. **Plant Science Seminar**, p. 113-135, 1960.

GIORDANO, L.B.; SILVA, C. Hibridação em tomate. In: BORÉM, A. (Ed.). **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV, 1999. p.463-480.

GOODWIN, S.B.; SMART, C.D.; SANDROCK, R.W.; DEAHL, K.L.; PUNJA, Z.K.; FRY, W.E. Genetic change within populations of *Phytophthora infestans* in the United States and Canada During 1994 to 1996: role of migration and recombination. **Phytopathology**, v.88, p.939-949, 1998.

GRIFFING B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Aust J Biol Sci**, v.9, p.463– 493. 1956.

HAYMAN, B. I. The analysis of variance of diallel tables. **Biometrics**, v.10, p. 235 244, 1954.

JESUS JUNIOR, W.C.; POLANCZYK, R.; PRATISSOLI, D.; PEZZOPANE, J.E.M.; SANTIAGO, T. (Org.). **Atualidades em Defesa Fitossanitária**. 1 ed. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora. v.1, p. 307-326, 2007.

JUHÁSZ, A. C. P. **Identificação de fonte de resistência ao PepYMV em subamostras de tomateiro cultivado e silvestre do banco de germoplasma de hortaliças da UFV, análise da herança da resistência e alterações estruturais nos tecidos infectados**. 2006. 95p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

KOLE, C.; ASHRAFI, H.; LIN, G.; FOOLAD, M. **Identification and molecular mapping of a new R gene, Ph-4, conferring resistance to late blight in tomato**. Solanaceae Conf. Univ. of Wisconsin, Madison, Abstr. 449, 2006.

LOPES, C.A.; REIS, A.; BIOTEUX, L.S. Doenças Fúngicas. In: LOPES, C.A.; ÁVILA, A. C. (Ed.). **Doenças do Tomateiro**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, p. 17-52, 2005.

MANDELLI, M. S. **Avaliação e caracterização de 20 genótipos de alface com adubação mineral ou orgânica**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 50p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

MARIM, B.G.; SILVA, D.J.H.; MATTEDI, A.P.; MIRANDA, G.V.; CALIMAN, F.R.B. Variabilidade genética e importância relativa de caracteres em acessos de germoplasma de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1283-1290, 2009.

MARIN, B. G. **Diversidade Genética e Subcoleção Representativa das Subamostras de Tomateiro do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa**. 2006. 42p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

MARSHALL, D. R. Limitations to the use of germplasm collections. In: BROWN, A. D. H.; MARSHALL, D. R.; WILLIAMS, J. T. **The use of plant genetic resources**. Cambridge. Cambridge University Press. p.105-120, 1989.

MATSUOKA, K.; CHAVES, G.M. Identificação de raças fisiológicas de *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici*, em Minas Gerais e seleção de tomateiros resistentes à raça 1 do patógeno. **Experientiae**, v.15, n.10, p.257-289, 1973.

MATTEDI, A. P. **Diversidade Genética Entre Subamostras de Tomateiro do Banco de Germoplasma de Hortaliças da UFV**. 2009. 86p. Dissertação (Mestrado)– Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

MATTEDI, A.P.; SOARES, B.O.; ALMEIDA, V.S.; GRIGOLLI, J.F.J.; SILVA, L.J.; SILVA, D.J.H. Introdução à cultura do Tomateiro. In: SILVA, D.J.H.; VALE, F.X.R. (Ed.). **Tomate - Tecnologia de Produção**. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora Ltda, v.1, p.1-10, 2007.

MIRANDA, B.E.C.; SUASSUNA, N.D.; REIS, A. Mating type, mefenoxam sensitivity, and pathotype diversity in *Phytophthora infestans* isolates from tomato in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.671-679, 2010.

MIZUBUTI, E.S. Requeima ou mela da batateira e do tomate. In: LUZ EDMN, SANTOS AF, MATSUOKA K AND BEZERRA JL. **Doenças causadas por Phytophthora no Brasil**. Campinas: Livraria e Editora Rural. p. 100-174, 2001.

MOURA, M. da C. C. L.; SILVA, D. J. H. da; QUEIROZ, M. A. de; PUIATTI, M.; CALIMAN, F. R. B.; LOPES, J. F. Divergência genética entre acessos e híbridos comerciais de abóbora com base em marcadores morfoagronômico e nutricional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, jul. 2004.

NICK, C.; LAURINDO, B.S.; ALMEIDA, V.S.; FREITAS, R.D.; AGUILERA, J.G.; SILVA, E.C.F.; CRUZ, C.D.; SILVA, D.J.H. Seleção simultânea para qualidade do fruto e resistência à requeima em progênies de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.51-58, 2013.

NOWICKI, M.; FOOLAD, M.R.; NOWAKOWSKA, M.; KOZIK, E.U. Potato and Tomato Late Blight Caused by *Phytophthora infestans*: An Overview of Pathology and Resistance Breeding. **Plant Disease**, v.96, p.4-17, 2012.

OLIVEIRA, F. A. **Avaliação do mecanismo de antixenose em subamostras de *Lycopersicon esculentum* em subamostras do BGH-UFV a *Tuta absoluta***. 2004. 55p. Dissertação (Mestrado)– Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

PÁDUA, T. R. P.; GOMES, A. A.; MALUF, W. R.; FILHO, J. L. S. C.; NETO, A. C. G.; ANDRADE, M. C. Capacidade combinatória de híbridos de tomateiro de crescimento determinado, resistentes a *Begomovirus* e *Tospovirus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.818-825, 2010.

PALMER, R. G. Germplasm collections and the experimental biologist. In: BROWN, A. H. D.; MARSHALL, D. R.; FRANKEL, O. H.; WILLIAMS, J. T. (Ed). **The use of plant genetic resources**. Cambridge: Cambridge University Press. p.32-45, 1989.

PEDROSA, J.F.; MIZUBUTI, A.; CASALI, V.W.D.; CAMPOS, J.P. Caracterização morfológica de introduções de quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.1, n.1, p.14-23, maio, 1983.

PEIRCE, L. C. Linkage tests with *Ph* conditioning resistance to race 0, *Phytophthora infestans*. Rep. Tomato Genet. Coop. p.21-30, 1971.

PEREIRA, F.H.F. **Caracterização morfológica e agronômica de subamostras de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) do Bando de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa**. 2002. 77p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

REIS, A. **Requeima: doença destrutiva e comum ao tomateiro e à batateira**. Brasília – DF: Embrapa Hortaliças. 7p. 2010.

REIS, A.; RIBEIRO, F. H. S.; MIZUBUTI, E. S. G. Caracterização de isolados de *Phytophthora infestans* do Distrito Federal e de Goiás. **Fitopatologia Brasileira**, v 31, p.270-276, 2006.

REIS, A.; SMART, C. D.; FRY, W. E.; MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. G. Characterization of isolates of *Phytophthora infestans* from southern and southeastern Brazil from 1998 to 2000. **Plant Disease**, v.87, p.896-900, 2003.

REIS, A.; SUASSUNA, N.D.; ALFENAS, A.C.; MIZUBUTI, E.S.G. Monitoramento da população de *Phytophthora infestans* na região da Zona da Mata de Minas Gerais de 1998 a 2000. **Fitopatologia Brasileira**, v.27, p.614-620, 2002.

REIS, A. **Caracterização das populações de *Phytophthora infestans* das regiões Sul e Sudeste do Brasil**. 2001. 76p. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2001.

RESENDE, L. V.; MALUF, W. R.; RESENDE, J. T. V.; GOMES, L. A. A. Capacidade combinatória de linhagens de tomateiro do tipo Santa Cruz com diferentes níveis e controles genéticos de resistência a tospovírus. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, p.549-559, 2000.

SANTOS, F.F.B.; RIBEIRO, A.; SIQUEIRA, W.J.; MELO, A.M.T. Desempenho agronômico de híbridos F1 de tomate de mesa. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.304-310, 2011.

SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DE MINAS GERAIS. Disponível em: <<http://www.agricultura.mg.gov.br/dados-do-agronegocio>>. Acesso em: jun. 2013.

SILVA, D.J.H.; MATTEDI, A.P.; MARIM, B.G.; MOREIRA, G.R.; ABREU, F.B.; YUHAZ, A.C.P.; RIBEIRO, N.B. Recursos Genéticos de tomateiro. **Recursos Genéticos de Hortaliças**, v.1, p.169-190, 2005.

SILVA, D.J.H.; MOURA, M.C.C.L.; CASALI, V.W.D. Recursos genéticos do banco de germoplasma de hortaliças da UFV: histórico e expedições de coleta. **Horticultura Brasileira**, v.19, p.108-114, 2001.

SMART, C. D.; TANKSLE, S. D.; MAYTON, H.; FRY, W. E. Resistance to *Phytophthora infestans* in *Lycopersicon pennellii*. **Plant Disease**, v. 91, p.1045 – 1049, 2007.

SOUZA, L.M.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; MELO, P.C.T.; MELO, A.M.T. Diallel cross among fresh market tomato inbreeding lines. **Horticultura Brasileira**, v.30, p.246-251, 2012.

SUASSUNA, N.D.; MAFFIA, L.A.; MIZUBUTI, E.S.G. Aggressiveness and host specificity of Brazilian isolates of *Phytophthora infestans*. **Plant Pathology**, v.53, p.405-413, 2004.

SUINAGA, F.A.; CASALI, V.W.D.; PICANÇO, M.C.; SILVA, D.J.H. Capacidade combinatória de sete caracteres de resistência de *Lycopersicon* spp. à traça do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.22, p.243-248, 2004.

TARDIN, F. D.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; PEREIRA, M. G.; DAHER, R.F.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; SILVA, D. J. H. Diversidade morfoagronômica e molecular em alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, suplemento CD-ROM, julho 2001.

TURKENSTEEN, L. J. **Partial resistance of tomatoes against *Phytophthora infestans*, the late blight fungus**. 1973. 88p. Thesis. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 1973.

VALE, F.X.R.; JESUS JUNIOR, W.C.; RODRIGUES, F.A.; COSTA, H.; SOUZA, C.A. Manejo de Doenças Fúngicas em Tomateiro. In: SILVA, D.J.H.; VALE, F.X.R. (Ed.). **Tomate - Tecnologia de Produção**. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora Ltda, v.1, p.159-198, 2007.

VALOIS, A.C.C. **Genética aplicada a recursos fitogenéticos**. Brasília: Editora UNEB, 1998. 318p.

**CAPÍTULO I - SELEÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA À REQUEIMA EM
ACESSOS DE *Solanum lycopersicum***

SELEÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA À REQUEIMA EM ACESSOS DE *Solanum lycopersicum*

RESUMO

O oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, agente etiológico da mela ou requeima é considerado um dos patógenos mais destrutivos da cultura do tomateiro. Não existem cultivares e híbridos de tomateiro cultivados resistentes à requeima. Considerando-se que o tomateiro é uma das plantas cultivadas mais bem estudadas em termos genéticos, a inexistência de cultivares resistentes no mercado reflete a dificuldade em se trabalhar essa característica nos programas de melhoramento. O objetivo com o presente estudo foi selecionar fontes de resistência à requeima entre acessos de *Solanum lycopersicum*. Foram avaliados doze acessos de *S. lycopersicum*, do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa – BGH – UFV no delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Para a avaliação da resistência, as plantas foram inoculadas com uma mistura de esporângios de *P. infestans*, na concentração de 5×10^3 esporângios mL^{-1} , coletados em diferentes regiões da Zona da Mata Mineira. Avaliou-se a porcentagem do tecido vegetal afetado pela doença, ou seja, a porcentagem de severidade, avaliada sob a forma de área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Os acessos BGH-2102, BGH-2117, BGH-2127, BGH-2130, BGH-2332 e BGH-2343 obtiveram valores médios de AACPD inferiores aos das testemunhas resistentes, sendo selecionados como fonte de resistência à requeima.

Palavras-chave: Banco de Germoplasma, Pré-melhoramento, *Phytophthora infestans*.

**SELECTION OF SOURCES OF RESISTANCE TO LATE BLIGHT IN ACCESS
OF *Solanum lycopersicum***

ABSTRACT

The oomycete *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, causal agent of blight or late blight is considered one of the most destructive pathogens of tomato. There are no cultivars or hybrids of cultivated tomato resistant to late blight. Considering that the tomato is one of the most studied crop in genetic terms, the lack of resistant cultivars in the market reflects the difficulty in working this trait in breeding programs. The aim of this study was to select sources of resistance to late blight among accessions of *Solanum lycopersicum*. Twelve accessions of *S. lycopersicum*, from the Vegetable Germplasm Bank of the Federal University of Viçosa - BGH - UFV were evaluated in a randomized block design with three replications. For the evaluation of the resistance, the plants were inoculated with a mixture of sporangia of *P. infestans*, in the concentration of 5×10^3 sporangia mL⁻¹ collected in different regions of the Zona da Mata Mineira. It was evaluated the percentage of plant tissue affected by the disease, or the percentage of severity, evaluated in the form of area under the disease progress curve (AUDPC). The accessions BGH-2102, BGH-2117, BGH-2127, BGH-2130, BGH-2332 and BGH-2343 obtained average values of AUDPC lower than the resistant controls, and were selected as sources of resistance to late blight.

Keywords: Germplasm Bank, Pre-breeding, *Phytophthora infestans*.

1. INTRODUÇÃO

A tomaticultura é considerada uma atividade de elevado risco econômico e grande complexidade agrônômica, principalmente pelo elevado número de patógenos que causam doenças na cultura (LOPES *et al.*, 2005). Dentre os patógenos mais destrutivos, destaca-se o oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, agente etiológico da mela ou requeima (FRY, 2008).

Os sintomas da doença podem aparecer em qualquer órgão aéreo da planta como folhas, hastes, inflorescência e frutos. A doença é extremamente dependente das condições climáticas, de modo que sua importância está ligada à ocorrência simultânea de baixa temperatura e alta umidade (VALE *et al.*, 2007). Os sintomas são identificados nas folhas na forma de lesões necróticas de formato irregular e coloração escura. Estas possuem aspecto encharcado durante seu desenvolvimento, mela, e à medida que se expandem ocorre um crestamento do tecido foliar, conferindo aspecto de queima à folha, por isso a denominação requeima (MIZUBUTI, 2001).

O manejo da requeima na cultura do tomateiro é feito principalmente pelo princípio de proteção do hospedeiro, através da aplicação de fungicidas de caráter preventivo e/ou curativo (COSTA *et al.*, 2007).

Os prejuízos causados à lavoura de tomate dependem do grau de suscetibilidade do cultivar, da agressividade do patógeno, das condições climáticas e das medidas de manejo empregadas. Estes podem alcançar 100% quando não é praticado o manejo adequado da doença, culminando em danos diretos através da destruição da cultura, com consequente redução da produtividade, ou ainda, em função do aumento do número de pulverizações com fungicidas aumentando o custo de produção e exposição de aplicadores, consumidores e ambiente a produtos químicos de diferentes classes toxicológicas. Os reflexos destes problemas ainda geram danos indiretos de implicações econômicas e sociais, além da restrição ao uso de determinados fungicidas devido ao desenvolvimento de populações do patógeno resistentes aos mesmos (REIS *et al.*, 2010).

Considerando-se que o tomateiro é uma das plantas cultivadas mais bem estudadas em termos genéticos, a inexistência de cultivares resistentes no mercado reflete a dificuldade em se trabalhar essa característica nos programas de melhoramento, pois o patógeno possui elevada taxa de mutação, a resistência é do tipo poligênica e a existência de poucas fontes com resistência genética reconhecidas (ABREU *et al.*, 2008).

Um dos mecanismos de resistência genética à requeima é conhecida como resistência qualitativa. A herança deste tipo de resistência é monogênica ou oligogênica, por ser condicionada por um ou poucos genes (FALCONER e MACKAY, 1996).

Algumas fontes de resistência qualitativa à requeima são conhecidas e alguns genes já foram mapeados e reportados: *Ph-1* (PEIRCE, 1971); *Ph-2* (MOREAU *et al.*, 1998); *Ph-3* (CHUNWONGSE *et al.*, 2002), *Ph-4* (KOLE *et al.*, 2006) e *Ph-5* (FOOLAD *et al.*, 2008). Todos identificados em *Solanum pimpinellifolium* e, posteriormente, introgrididos para a espécie cultivada (FOOLAD *et al.*, 2008), processo que dificulta e aumenta o tempo para a obtenção de cultivares resistentes, sugerindo que as fontes de resistência sejam buscadas na mesma espécie que se deseja melhorar, devido à facilidade de intercruzamentos para transferência de genes (ABREU *et al.*, 2008), e recuperação mais rápida das características agronômicas (ADALID *et al.*, 2012).

No entanto, alguns autores relatam que a resistência conferida por estes genes foi suplantada (CHEN *et al.*, 2008; MIRANDA *et al.*, 2010), demonstrando que os programas de melhoramento genético do tomateiro devem buscar outra forma de resistência a esta doença, mediante a incorporação de resistência do tipo quantitativa (ELSAYED *et al.*, 2011).

Nesse sentido, a busca por recursos genéticos que possam ser usados como fonte de resistência quantitativa à requeima tem sido realizada no Banco de Germoplasma de Hortaliças da UFV (ABREU *et al.*, 2008; FIORINI *et al.*, 2010; ELSAYED *et al.*, 2011). Assim, a avaliação de acessos de *S. lycopersicum* conservados no BGH-UFV quanto a resistência à requeima torna-se parte de extrema importância em um trabalho de pré-melhoramento, visando à identificação e transferência deste caráter de importância econômica para linhas avançadas PALMER (1989) e MARSHALL (1989), subsidiando o planejamento dos programas de melhoramento, reduzindo significativamente o tempo para obtenção de novos cultivares.

Desta forma, o objetivo com o presente estudo foi selecionar fontes de resistência à requeima entre acessos de *S. lycopersicum*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local e condução dos experimentos

O experimento foi conduzido no campo experimental do setor de olericultura da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG, sob coordenadas 20° 45' 14" S, 42° 52' 53" W, altitude de 648,74 m no período compreendido entre os meses de março e junho de 2011.

Segundo a classificação de Koppen, o clima regional é do tipo Cwa, com umidade relativa média anual do ar de 80%, temperaturas médias máxima e mínima anual são de 26,4 e 14,8 °C, respectivamente, e precipitação média de 1221,4 mm, com concentração de chuvas no verão.

Foram avaliados doze acessos de *S. lycopersicum*, BGH-973, BGH-1025, BGH-2017, BGH-2093, BGH-2095, BGH-2102, BGH-2117, BGH-2127, BGH-2130, BGH-2332, BGH-2333 e BGH-2343 do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa – BGH – UFV previamente selecionados quanto a resistência à requeima em quatro experimentos independentes, totalizando 192 acessos avaliados (Apêndice A).

A procedência, data de coleta, formato do fruto, tamanho do fruto, coloração do fruto maduro, peso médio do fruto e Brix dos acessos selecionados são descritos na Tabela 1.

Foram utilizadas como testemunhas resistentes à requeima o acesso BGH-6902 caracterizado como *S. habrochaites* (ABREU *et al.*, 2008) e as linhagens 133A e 163A (FIORINI *et al.*, 2010) originadas do cruzamento interespecífico entre o cultivar Santa Clara pertencente à espécie *S. lycopersicum* e este acesso BGH-6902. Todas as fontes de resistência produzem frutos pequenos de coloração esverdeada que, quando maduros, além de possuírem sabor e odor desagradáveis, não possuem características de interesse para comercialização ou para consumo (FIORINI *et. al.*, 2010).

Como padrão de suscetibilidade foram utilizadas os cultivares comerciais Débora, Fanny e Santa Clara.

Tabela 1 - Procedência, data de coleta, formato do fruto, tamanho do fruto, coloração do fruto maduro, peso médio do fruto e Brix de doze acessos de tomateiro do BGH – UFV avaliados quanto a resistência à requeima (*Phytophthora infestans*). Viçosa - MG.

Acessos	Procedência	Data de coleta	Formato do fruto	Tamanho do fruto	Coloração do fruto maduro	Peso médio do fruto (g)	Brix
BGH-973	Campinas, SP	28/12/66	arredondado	intermediário	vermelho	75,03	3,60
BGH-1025	Belo Horizonte, MG	22/02/67	arredondado	grande	vermelho	81,21	4,63
BGH-2017	Universidade Purdue, EUA	01/11/66	Achatado	intermediário	vermelho	104,90	4,46
BGH-2093	Universidade Purdue, EUA	01/11/66	arredondado	intermediário	vermelho	81,47	3,86
BGH-2095	Universidade Purdue, EUA	01/11/66	-	-	-	-	-
BGH-2102	Universidade Purdue, EUA	01/11/66	ligeiramente achatado	intermediário	vermelho	127,00	3,33
BGH-2117	Universidade Purdue, EUA	01/11/66	achatado	intermediário	vermelho	40,00	3,43
BGH-2127	Universidade Purdue, EUA	01/11/66	ligeiramente achatado	pequeno	vermelho	173,00	2,73
BGH-2130	Universidade Purdue, EUA	01/11/66	arredondado	intermediário	vermelho	101,50	3,03
BGH-2332	Universidade Purdue, EUA	01/11/66	achatado	intermediário	vermelho	34,00	3,40
BGH-2333	Universidade Purdue, EUA	01/11/66	achatado	intermediário	vermelho	65,14	3,85
BGH-2343	Universidade Purdue, EUA	01/11/66	forma de pirâmide	intermediário	vermelho	75,00	2,60

Fonte: www.ufv.br/bgh

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com três repetições e cinco plantas por parcela, sendo a parcela útil constituída pelas três plantas centrais.

A semeadura foi realizada em bandejas de isopor de 128 células contendo substrato comercial, e o transplântio feito quando as plantas possuíam quatro folhas definitivas no espaçamento de 1,0 x 0,5 metros. As plantas foram conduzidas com uma única haste e tutoradas com fitilho na vertical. Os tratos culturais foram realizados de acordo com o recomendado para a cultura, segundo GUIMARÃES *et al.*, (2007). A utilização de defensivos agrícolas foi suspensa quinze dias antes da inoculação e durante as avaliações para resistência à requeima.

2.2. Preparo e inoculação dos isolados de *Phytophthora infestans*

A coleta, preparo e inoculação dos isolados de *P. infestans* foi realizada segundo metodologia proposta por ABREU *et al.* (2008) com algumas modificações.

Quarenta e cinco dias após o transplântio, as plantas foram inoculadas com uma mistura de esporângios provenientes de isolados de *P. infestans*, patogênicos a tomate, coletados em diferentes regiões da Zona da Mata Mineira, nas cidades de Cajuri, Coimbra, Ervália e Viçosa. Esse procedimento foi realizado com o intuito de incorporar o maior número de variantes possíveis de resistência qualitativa.

Nos locais de coleta, foram retirados das plantas folíolos infectados por *P. infestans*, sendo esses colocados dentro de sacos de papel de 1,0 kg previamente identificados com o nome do município em que foram coletados e armazenados em caixas de isopor a 18 °C. O inóculo foi multiplicado no Laboratório de Manejo de Recursos Genéticos da UFV. Para isso, transferiram-se os folíolos dos sacos de papel para bandejas de plástico previamente desinfetadas com álcool 70% e forradas com papel toalha umedecido com água destilada, mantidas a 18 °C por 24 a 48 horas, de modo a criar um microclima favorável ao desenvolvimento do patógeno e promover maior esporulação.

Após este período, para cada isolado, foi preparada uma suspensão de esporângios. A suspensão de esporângios foi homogeneizada, procedendo-se à contagem do número de esporângios em um microscópio óptico. Logo após, ajustou-se a concentração em hemacitômetro para 5×10^3 esporângios mL⁻¹. Após a contagem do número de esporângios, a suspensão foi levada à geladeira por 1 hora, para estimular liberação de zoósporos. A inoculação ocorreu no dia 01 de junho de 2011 ao entardecer,

por volta das 18:00 horas, com o auxílio de um pulverizador costal manual aplicando-se 10 ml de suspensão por planta. O tempo decorrido entre o preparo da suspensão de esporângios e a inoculação não excedeu duas horas, para que os zoósporos permanecessem viáveis.

No dia posterior a inoculação, com o intuito de garantir alta umidade ao ambiente, as plantas passaram a ser irrigadas por aspersão.

2.3. Avaliação da resistência à requeima

Três dias após a inoculação iniciaram-se as avaliações quanto à severidade da requeima, ocorridas entre os dias 04 e 19 de junho de 2011, em intervalos regulares de três dias, totalizando seis avaliações. No período compreendido entre a inoculação e as avaliações, as temperaturas médias máxima e mínima no município de Viçosa-MG foram 22,6 °C e 11,1 °C respectivamente. A umidade relativa média foi de 80,79% e precipitação de 22,7 mm. De acordo com VALE *et al.* (2007), estas condições climáticas são consideradas adequadas ao desenvolvimento da requeima no campo.

Para as avaliações de severidade da doença, utilizou-se para treinamento da equipe de avaliação o programa Severity PRO (NUTTER, 1997), visando corrigir distorções inerentes à estimativa visual. No campo, foram atribuídas notas às folhas de cada planta, conforme escala diagramática proposta por CORRÊA *et al.* (2009), estimando a porcentagem do tecido vegetal afetado pela doença, ou seja, a porcentagem de severidade. A nota final de cada planta foi constituída pela média das notas de suas folhas e posteriormente, utilizadas para estimar a área abaixo da curva de progresso da doença (AACD), segundo Campbell & Madden (1990), por meio da expressão:

$$AACD = \left\{ \sum_{i=1}^{n-1} [(y_i + y_{i+1})/2] * (t_{i+1} - t_i) \right\}$$

em que:

y_i e y_{i+1} = porcentagem de área foliar lesionada observada na avaliação i e na seguinte $i+1$;

t_i e t_{i+1} = intervalo de tempo entre as avaliações; e

n = número total de avaliações.

A seleção para resistência à requeima foi feita no sentido negativo, ou seja, quanto menor a AACPD maior o grau de resistência do indivíduo.

2.4. Análises estatísticas

Os dados de AACPD foram submetidos à análise de variância, e as médias dos tratamentos agrupadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade com auxílio do aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise de variância foi possível observar diferenças significativas para todas as fontes de variações entre os tratamentos avaliados a 1% de probabilidade pelo teste F quanto à AACPD, indicando a existência de variabilidade para essa característica (Tabela 2).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para resposta à requeima (*Phytophthora infestans*) do componente de resistência Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) avaliadas em doze acessos, três testemunhas resistentes e três testemunhas suscetíveis de tomateiro. Viçosa - MG.

FV	GL	Quadrados Médios da AACPD
Blocos	2	6443,61
Tratamentos (T)	17	35579,03 **
Acessos	11	22733,40 **
Testemunhas	5	58595,08 **
Acessos vs Testemunhas	1	61800,67 **
Resíduo	34	2845,83
CV (%)	30,86	
Média Geral	172,85	

** : significativo em nível de 1 % de probabilidade pelo teste de F ($p < 0,01$).

Foi observado coeficiente de variação elevado para a AACPD, no entanto, estes valores são semelhantes aos encontrados por NICK *et al.*, (2013). Coeficientes de variação elevados para variáveis epidemiológicas podem estar associados ao fato desta característica possuir elevada influência ambiental, e pela dificuldade em se obter homogeneidade nas notas atribuídas a um mesmo tratamento (ELSAIED, 2010).

A variabilidade entre os acessos quanto a resistência à requeima foi evidenciada por meio do teste de Scott-Knot, com a formação de quatro grupos de médias para a AACPD (Tabela 3).

Tabela 3 - Médias obtidas de Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) para doze acessos, três testemunhas resistentes e três testemunhas suscetíveis de tomateiro avaliados quanto a resistência à requeima (*Phytophthora infestans*). Viçosa-MG.

Tratamentos	AACPD	Tratamentos	AACPD
Fanny	379,00 a	BGH-2343	106,16 d
Débora	340,33 a	163A	95,33 d
Santa Clara	322,17 a	133A	94,00 d
BGH-2017	300,67 a	BGH-6902	93,33 d
BGH- 1025	263,83 b	BGH- 2102	91,83 d
BGH-2333	235,33 b	BGH-2332	89,16 d
BGH-2093	195,33 c	BGH-2130	62,00 d
BGH-973	189,50 c	BGH-2117	55,17 d
BGH-2095	153,33 c	BGH-2127	44,83 d

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

As testemunhas suscetíveis Fanny, Débora e Santa Clara foram alocadas no grupo de maior média para AACPD, enquanto as testemunhas resistentes 163A, 133A e BGH-6902 foram alocadas no grupo de menor média para AACPD. Isto demonstra que a escolha das testemunhas foi acertada.

Entre os doze acessos avaliados, apenas o acesso BGH-2017 com média de AACPD igual a 300,67 unidades de área, ficou alocado no mesmo grupo das testemunhas suscetíveis, não podendo ser considerado fonte de resistência à requeima.

Os demais acessos ficaram alocados em dois grupos intermediários, ou no grupo composto pelas testemunhas resistentes. O valor médio de AACPD para estes acessos foi intermediário aos padrões de resistência e suscetibilidade, com valor médio de AACPD igual a 135,13 unidades de área e tendência de maior aproximação do padrão de resistência (Figura 1). Resultados semelhantes foram observados por FIORINI *et al.* (2010) na caracterização de linhagens de tomateiro originados de cruzamentos interespecíficos quanto a resistência à requeima.

Estes resultados possibilitaram a seleção de seis acessos resistentes à requeima, BGH-2102, BGH-2117, BGH-2127, BGH-2130, BGH-2332 e BGH-2343, uma vez que ficaram alocados no mesmo grupo das testemunhas resistentes e ainda possuem valores médios de AACPD inferiores a estas testemunhas (Figura 2).

Quando analisados individualmente, com exceção do acesso BGH-2343, todos os demais acessos considerados resistentes possuem valores de AACPD inferiores ao acesso BGH-6902, testemunha resistente de menor valor de AACPD (Figura 3).

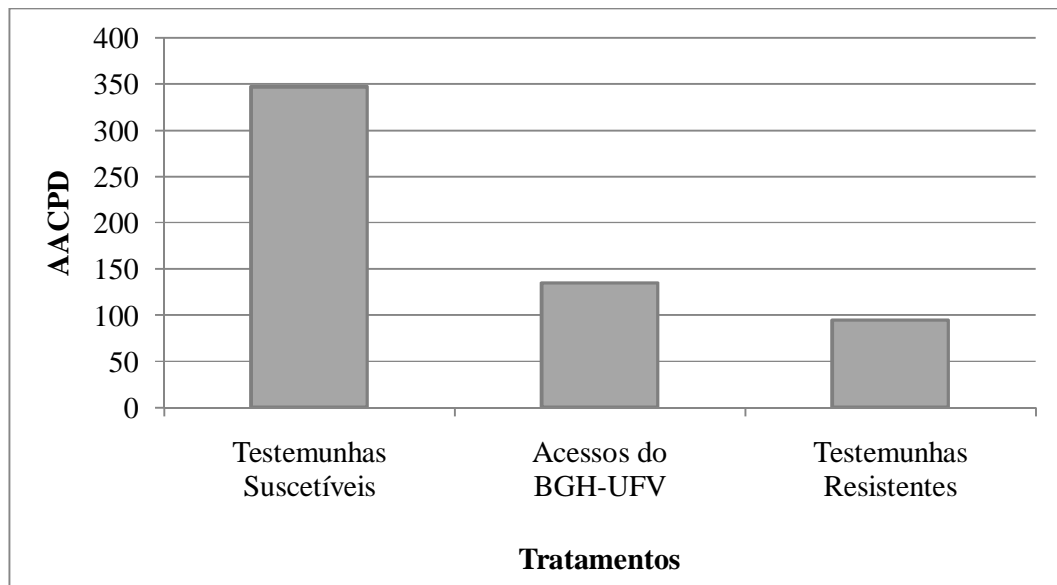


Figura 1. Valores médios de Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) para testemunhas suscetíveis, acessos do BGH-UFV e testemunhas resistentes, avaliados quanto a resistência à requeima (*Phytophthora infestans*). Viçosa - MG.

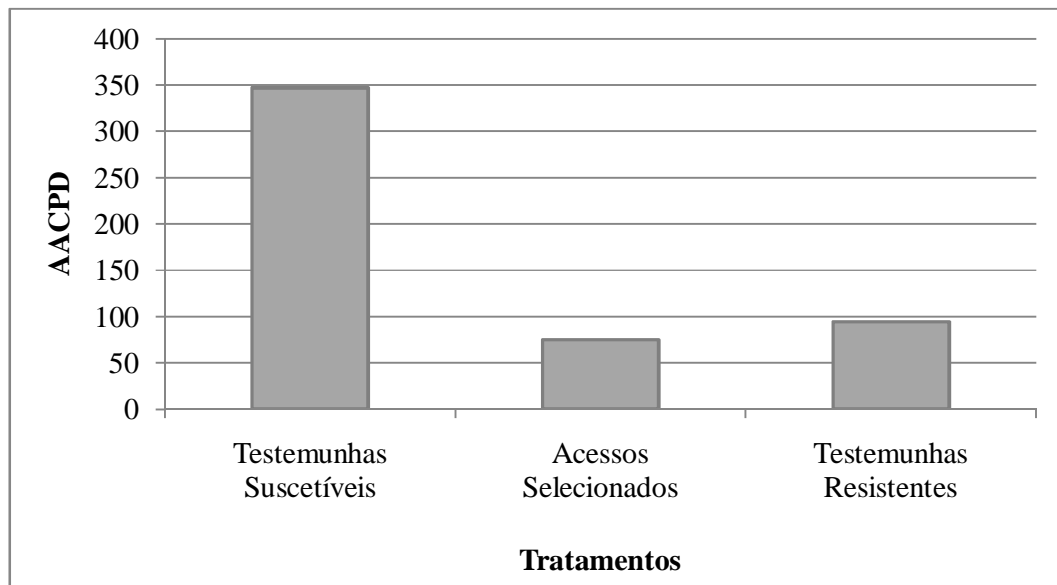


Figura 2. Valores médios de Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) para testemunhas suscetíveis, acessos seleccionados e testemunhas resistentes, avaliados quanto a resistência à requeima (*Phytophthora infestans*). Viçosa - MG.

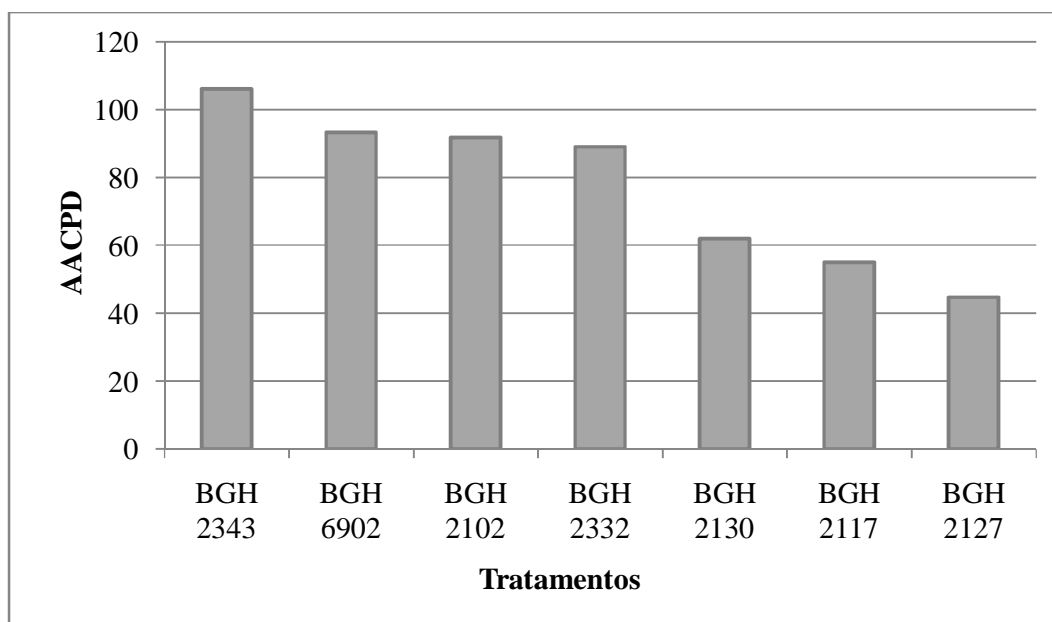


Figura 3. Valores de Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) para acessos de *Solanum lycopersicum* selecionados e de *Solanum habrochaites* (BGH-6902), avaliados quanto a resistência à requeima (*Phytophthora infestans*). Viçosa - MG.

Assim, foram evidenciados os bons níveis de resistência dos seis acessos selecionados como resistentes à requeima. Estes acessos possuem diferença de 272,31 unidades de área quando comparados com os valores médios de AACPD das testemunhas suscetíveis.

EWING *et al.* (2000) sugeriram que diferenças entre valores de AACPD de até 200 unidades de área, resultam em impactos significativos no desenvolvimento da epidemia e na diminuição do número de aplicações de fungicidas em batateira. Todavia, os autores ressaltam que para o tomateiro, ainda são necessários estudos para estabelecer valores de área abaixo da curva de progresso da doença que estejam associados à maior eficiência no controle da doença. Entretanto, face aos resultados obtidos pelos acessos de melhores desempenhos frente às características do patógeno *P. infestans*, uma doença tipicamente policíclica e com elevada taxa de progresso (MIZUBUTI, 2001), pode-se sugerir ação eficiente de possíveis genes de resistência quantitativa atuando contra o desenvolvimento da epidemia, uma vez que esse tipo de resistência torna o progresso da doença muito mais lento (MATIELLO *et al.*, 1997).

Sabe-se que não estão disponíveis no mercado cultivares resistentes à requeima. Certamente, a natureza complexa da herança da resistência com aproximadamente 28 genes controlando o caráter, a carência de informações sobre genes presentes na espécie

S. lycopersicum e a elevada taxa de mutação verificada em populações de *P. infestans* (BROWER *et al.*, 2004; ABREU *et al.*, 2008) tornando genes específicos de resistência praticamente irrelevantes no controle da doença.

Informações a respeito de acessos de *S. lycopersicum* conservados em bancos de germoplasma e avaliados quanto a resistência à requeima são muito escassas, por isso a relevância de trabalhos que forneçam tais informações. FIORINI *et al.* (2010) relatam que o acesso BGH-1497 de *S. lycopersicum*, tem bom nível de resistência à requeima, corroborando resultados preliminares obtidos por RIBEIRO *et al.* (2006), que apontam o BGH-1497 como uma possível fonte de resistência à requeima.

O desempenho de acessos pertencentes à mesma espécie do tomateiro cultivado é extremamente útil aos programas de melhoramento. MARIM *et al.* (2009) destacam que a existência de acessos semelhantes às cultivares comerciais é interessante, pois caso haja alguma característica diferencial em relação a estas, como a resistência a doenças, por exemplo, sua inclusão nos programas de melhoramento não prejudicaria demasiadamente as demais características de interesse agrônomo em função da não ocorrência de arraste gênico, comum quando genitores silvestres são utilizados para transferência de genes de resistência.

Os seis acessos selecionados com fontes de resistência à requeima são passíveis de utilização em etapas subsequentes de programas de melhoramento do tomateiro, e trazem a possibilidade da redução do progresso da doença no campo, levando a uma redução do número de aplicações de fungicidas para o controle da doença.

4. CONCLUSÕES

Os acessos BGH-2102, BGH-2117, BGH-2127, BGH-2130, BGH-2332 e BGH 2343 de *S. lycopersicum* selecionados como fonte de resistência à requeima são passíveis de serem utilizados em programas de melhoramento que visam à redução do progresso da doença no campo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F.B.; SILVA, D.J.H.; CRUZ, C.D.; MIZUBUTI, E.S.G. Inheritance of resistance to *Phytophthora infestans* (Peronosporales, Pythiaceae) in a new source of resistance in tomato (*Solanum* sp.) formerly *Lycopersicon* sp.) Solanales, Solanaceae). **Genetics and Molecular Biology**, v. 31, p.493-497, 2008.

ADALID, A.M.; ROSELLO, S.; VALCARCEL, M.; NUEZ, F. Analysis of the genetic control of b-carotene and L-ascorbic acid accumulation in an orange-brownish wild cherry tomato accession. **Euphytica**, v. 184, p.251-263, 2012.

BROUWER, D. J.; JONES, E. S.; ST. CLAIR, D. A. QTL analysis of quantitative resistance to *Phytophthora infestans* (late blight) in tomato and comparisons with potato. **Genome**, v. 47, p.475-492, 2004.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. (Ed.). Introduction to plant disease epidemiology. New York, NY: Wiley, 1990. 532p.

CHEN, C.H.; SHEU, Z.M.; WANG, T.C. Host specificity and tomato-related race composition of *Phytophthora infestans* isolates in Taiwan during 2004 and 2005. **Plant Disease**, v. 92, p.751-755, 2008.

CHUNWONGSE, J.; CHUNWONGSE, C.; BLACK, L.; HANSON, P. Molecular mapping of the Ph-3 gene for late blight resistance in tomato. **Journal Horticultural Science Biotechnology**, v. 77, p.281-286, 2002.

CORRÊA, F.M.; BUENO FILHO, J.S.S.; CARMO, M.G.F. Comparison of three diagrammatic keys for the quantification of late blight in tomato leaves. **Plant Pathology**, n. 58, p.1128-1133, 2009.

COSTA, H.; ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J.A. Doenças de hortaliças que se constituem em desafio para o controle. In: ZAMBOLIM, L.; LOPES, C.A.; PICANÇO, M.C.; COSTA, H. **Manejo integrado de doenças e pragas – hortaliças**. Viçosa: UFV, DFP, p.319-348, 2007.

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

ELSAYED, A.Y.A.M.; SILVA, D.J.H.; MIZUBUTI, E.S.G.; CARNEIRO, P.C. Combing the monogenic and polygenic resistant genes to late blight in tomato. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v. 3, p. 251-259, 2011.

ELSAYED, A.Y.A.M.; **Inheritance of resistance to tomato late blight in a population of *Solanum lycopersicum* x *Solanum habrochaites***. 2010. 101 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

EWING, E.E.; SIMKO, I.; SMART, C.D.; BONIERBALE, M.W.; MIZUBUTI, E.S.G.; MAY, G.D.; FRY, W.E. Genetic mapping from field tests of qualitative and quantitative resistance to *Phytophthora infestans* in a population derived from *Solanum tuberosum* and *Solanum berthaultii*. **Molecular Breeding**, v.6, p.25-36, 2000.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T.F. **Introduction to quantitative genetics**, [S.I : s.n], 1996. 464 p.

FIORINI, C.V.A.; SILVA, D.J.H.; MIZUBUTI, E.S.G.; SOUZA, J.B.; SILVA, L.J.; MILAGRES, C.C.; ZAPAROLI, M.R. Caracterização de linhagens de tomateiro originadas de cruzamento interespecífico quanto à resistência a requeima. **Horticultura Brasileira**, v.22, p.197-202, 2010.

FIORINI, C. V. A. **Introgessão de genes de resistência à requeima de *Solanum habrochaites* em *Solanum lycopersicum***. 2008. 177 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

FOOLAD, M.R.; MERK, H.L.; ASHRAFI, H. Genetics, genomics and breeding of late blight and early blight resistance in tomato. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.27, p.75–107, 2008.

FRY, W. *Phytophthora infestans*: the plant (and R gene) destroyer. **Molecular Plant Pathology**, v.9, p.385–40, 2008.

GUIMARÃES, M.A.; CALIMAM, F.R.B.; SILVA, D.J.H.; MARIM, B.G.; SOUZA, J.B. Tratos culturais do tomateiro. In: Silva DJH and Vale FXR do. (Ed.). **Tomate: tecnologia de produção**. Suprema, Visconde do Rio Branco. p. 85-99, 2007.

KOLE, C.; ASHRAFI, H.; LIN, G.; FOOLAD, M. Identification and molecular mapping of a new R gene, Ph-4, conferring resistance to late blight in tomato. Solanaceae Conf. Univ. of Wisconsin, Madison, **Abstr.** 449, 2006.

LOPES, C.A.; REIS, A.; BOITEUX, L.S. Doenças fúngicas. In: LOPES CA & ÁVILA AC (Ed.). **Doenças do tomateiro**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças. p. 17-52, 2005.

MARIM, B.G.; SILVA, D.J.H.; MATTEDI, A.P.; MIRANDA, G.V.; CALIMAN, F.R.B. Variabilidade genética e importância relativa de caracteres em acessos de germoplasma de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p.1283-1290, 2009.

MATIELLO, R.R.; BARBIERI, R.L.; CARVALHO, F.I.F. Resistência de plantas a moléstias fúngicas. **Ciência Rural**, v. 27, n. 1, p.161-168, 1997.

MIRANDA, B.E.C.; SUASSUNA, N.D.; REIS, A. Mating type, mefenoxam sensitivity, and pathotype diversity in *Phytophthora infestans* isolates from tomato in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p.671-679, 2010.

MIZUBUTI, E. S. G. Custo da Requeima. **Cultivar – Hortaliças e Frutas**. n. 32, p.23-26, 2005.

MIZUBUTI, E.S. Requeima ou mela da batateira e do tomate. In: LUZ EDMN, SANTOS AF, MATSUOKA K AND BEZERRA JL. **Doenças causadas por *Phytophthora* no Brasil**. Campinas: Livraria e Editora Rural. p. 100-174, 2001.

MOREAU, P.; THOQUET, P.; OLIVIER, J.; LATERROT, H.; GRIMSLEY, N. Genetic mapping of *Ph-2*, a single locus controlling partial resistance to *Phytophthora infestans* in tomato. **Molecular Plant–Microbe Interact.**, v. 11, p. 259–269, 1998.

NUTTER JRFW. Disease severity assessment training. In: Francl LJ and Neher DA (eds) *Exercises in Plant Disease Epidemiology*. **The American Phytopathological Society Press**, St. Paul, p. 1-7,1997.

PALMER, R. G. Germplasm collections and the experimental biologist. In: BROWN, A. H. D.; MARSHALL, D. R.; FRANKEL, O. H.; WILLIAMS. J. T. (Ed). **The use of plant genetic resources**. Cambridge: Cambridge University Press. p. 2-45, 1989.

PEIRCE, L. C. Linkage tests with *Ph* conditioning resistance to race 0, *Phytophthora infestans*. **Rep. Tomato Genet. Coop.** p.21-30, 1971.

REIS, A. **Requeima: doença destrutiva e comum ao tomateiro e à batateira**. Brasília – DF: Embrapa Hortaliças. 7p. 2010.

REIS, A.; SMART, C.D.; FRY, W.E.; MAFFIA, L.A.; MIZUBUTI, E.S.G. Characterization of isolates of *Phytophthora infestans* from southern and southeastern Brazil from 1998 to 2000. **Plant Disease**, v. 87, p.896-900, 2003.

RIBEIRO, N.B.; RODRIGUES, G.S.; BARRA, V.R.; SILVA, D.J.H.; MIZUBUTI, E.S.G. Desempenho de acessos de tomateiro do Banco de Germoplasma de Hortaliças da UFV, quanto à resistência a *Phytophthora infestans*. **Summa Phytopathologica**, v. 32, p.9-98, Suplemento, Resumo 53, 2006.

VALE, F.X.R.; JESUS JUNIOR, W.C.; RODRIGUES, F.A.; COSTA, H.; SOUZA, C.A. Manejo de Doenças Fúngicas em Tomateiro. In: SILVA, D.J.H.; VALE, F.X.R. (Ed.). **Tomate - Tecnologia de Produção**. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora Ltda, v. 1, p.159-198, 2007.

CAPÍTULO II – CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE ACESSOS DE *Solanum lycopersicum* RESISTENTES À REQUEIMA

CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE ACESSOS DE *Solanum lycopersicum* RESISTENTES À REQUEIMA

RESUMO

Entre os patógenos de maior importância que causam danos ao tomateiro, destaca-se o oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, causador da requeima ou mela. Não existem cultivares comerciais de tomate resistentes, e o controle da doença é altamente dependente do uso de fungicidas. No desenvolvimento de cultivares de tomateiro competitivas, e com resistência à requeima, destaca-se a utilização de genitores resistentes que possuam elevada frequência de alelos favoráveis e divergentes. O objetivo com o presente estudo foi estimar as capacidades geral e específica de combinação de seis acessos *Solanum lycopersicum* com resistência à requeima, visando à escolha de potenciais genitores para o pré-melhoramento da resistência a esta doença. Foram avaliados seis acessos de *S. lycopersicum*, BGH-2102, BGH-2117, BGH-2127, BGH-2130, BGH-2332, BGH-2343 e 15 híbridos F₁'s em delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Para a avaliação da resistência, as plantas foram inoculadas com uma mistura de esporângios de *P. infestans*, na concentração de 5×10^3 esporângios mL⁻¹, coletados em diferentes regiões da Zona da Mata Mineira. Avaliou-se a porcentagem do tecido vegetal afetado pela doença, ou seja, a severidade, avaliada sob a forma de área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Procedeu-se a análise dialélica de acordo com o modelo de GRIFFING (1956). Observou-se a existência de variabilidade genética aditiva entre os genitores e predominância de efeitos gênicos aditivos envolvidos na determinação da AACPD, além da existência de desvios de dominância bidirecional no controle do caráter em questão. A análise dialélica foi eficiente na seleção de genitores visando o pré-melhoramento da resistência à requeima, destacando os acessos BGH-2117, BGH-2127 e BGH-2343 como os de maior frequência de alelos favoráveis e divergentes, por isso devem ser incluídos em cruzamentos visando o pré-melhoramento da resistência à requeima.

Palavras-chave: Pré-melhoramento, Análise Dialélica, Fonte de Resistência, *Phytophthora infestans*.

COMBINING ABILITY OF ACCESS OF *Solanum lycopersicum* RESISTANTS TO LATE BLIGHT

ABSTRACT

Among the pathogens of greatest importance, there is the oomycete *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, causing late blight, considered the most destructive disease of tomato. There are no commercial tomato cultivars resistant and disease control is highly dependent on the use of fungicides. In developing tomato cultivars competitive, and with resistance to late blight, there is the use of resistant genitors which have high frequency of favorable alleles and divergent. The aim of this study was to estimate the overall and specific ability of combining six tomato accessions of *Solanum lycopersicum* with resistance to late blight, aiming at the selection of potential genitors for pre-breeding for resistance to this disease. Six accessions of *S. lycopersicum*, BGH-2102, BGH-2117, BGH-2127, BGH-2130, BGH-2332, BGH-2343 and 15 hybrid F₁'s were evaluated in randomized block design with three replications. For the evaluation of the resistance, the plants were inoculated with a mixture of sporangia of *P. infestans*, in the concentration of 5×10^3 sporangia mL⁻¹ collected in different regions of the Zona da Mata Mineira. We evaluated the percentage of plant tissue affected by the disease, or the percentage of severity, evaluated in the form of area under the disease progress curve (AUDPC). The diallelic analysis was carried out according to the GRIFFING (1956) model. Observed existence of additive genetic variability between the genitors and the predominance of additive gene effects involved in determining the AUDPC, besides the existence of bidirectional dominance deviations in the control of the character. The diallel analysis was efficient in selecting genitors aiming the pre-breeding of resistance to late blight, highlighting the accessions BGH-2117, BGH-2127 and BGH-2343 with the greatest frequency of favorable alleles and divergent, thus they can be included in crossings aiming pre-breeding of resistance to late blight.

Keywords: Pre-breeding, Diallel Analysis, Source of Resistance, *Phytophthora infestans*.

1. INTRODUÇÃO

O tomate, *Solanum lycopersicum* L., é uma hortaliça de relevante destaque mundial, principalmente devido a sua importância econômica, social, versatilidade de uso (FONTES & SILVA, 2005) e propriedades nutracêuticas associadas à prevenção de doenças oncológicas e cardiovasculares (CARVALHO *et al.*, 2006). Em 2011, no Brasil foram cultivados mais de 69 mil hectares, e produzidas mais de 4,4 milhões de toneladas da hortaliça, fazendo do país o nono no ranking entre os principais países produtores (AGRIANUAL, 2013).

Mesmo diante deste cenário favorável, a tomaticultura é considerada uma atividade de elevado risco econômico. Segundo LOPES *et al.* (2005) aproximadamente 200 doenças e, ou, distúrbios fisiológicos podem causar danos à cultura do tomateiro.

Entre os patógenos de maior importância, destaca-se o oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, causador da requeima ou mela, considerada a doença mais destrutiva do tomateiro nas principais regiões produtoras do Brasil e do mundo. Sob condições ambientais favoráveis e se medidas adequadas de controle não forem utilizadas, o patógeno pode dizimar uma lavoura em poucos dias (REIS, 2010).

A doença é extremamente dependente das condições climáticas, de modo que sua importância está ligada à ocorrência simultânea de baixa temperatura e alta umidade (VALE *et al.*, 2007). Os sintomas são identificados nas folhas na forma de lesões necróticas de formato irregular e coloração escura. Estas possuem aspecto encharcado durante seu desenvolvimento, mela, e à medida que se expandem ocorre um crestamento do tecido foliar, conferindo aspecto de queima à folha, por isso a denominação requeima (MIZUBUTI, 2001).

Como as epidemias de requeima são muito destrutivas e não existem cultivares comerciais de tomate resistentes no Brasil, o controle da doença é altamente dependente do uso de fungicidas protetores, e, ou, sistêmicos, podendo chegar até 30 aplicações dentro de um único ciclo de cultivo (REIS, 2010).

Estima-se que, no Brasil, 15 a 20% do custo de produção é gasto no controle químico da doença e além dos aspectos econômicos, devem ser considerados aqueles de ordem socioecológicos, tais como o risco de intoxicação de aplicadores e consumidores, e o comprometimento da renda dos produtores em consequência da elevação do custo de produção, bem como os aumentos na quantidade e número de produtos aplicados na lavoura (MIZUBUTI, 2001). Outro reflexo relacionado ao uso do controle químico é a restrição ao uso de determinados fungicidas devido ao desenvolvimento de populações

do patógeno resistentes aos mesmos (REIS, 2010).

Considerando-se que o tomateiro é uma das plantas cultivadas mais bem estudadas em termos genéticos, a inexistência de cultivares resistentes no mercado reflete a dificuldade em se trabalhar essa característica nos programas de melhoramento, pois o patógeno possui elevada taxa de mutação, a resistência é do tipo poligênica e a existência de poucas fontes com resistência genética reconhecidas (ABREU *et al.*, 2008).

Algumas fontes de resistência qualitativa (monogênica) à requeima são conhecidas e alguns genes já foram mapeados e reportados: *Ph-1* (PEIRCE, 1971); *Ph-2* (MOREAU *et al.*, 1998); *Ph-3* (CHUNWONGSE *et al.*, 2002), *Ph-4* (KOLE *et al.*, 2006) e *Ph-5* (FOOLAD *et al.*, 2008). No entanto, alguns relatos indicam que isolados de *P. infestans* suplantaram a resistência conferida por esses genes (CHEN *et al.*, 2008; MIRANDA *et al.*, 2010), demonstrando que os programas de melhoramento genético do tomateiro devem buscar outro mecanismo de resistência a esta doença, mediante a incorporação de resistência do tipo quantitativa (ELSAYED *et al.*, 2011).

Uma das alternativas para a busca desses genes de resistência são os trabalhos de pré-melhoramento, que visam à identificação e transferência de caracteres de importância econômica para linhas avançadas PALMER (1989) e MARSHALL (1989). Nesse sentido, a busca por recursos genéticos que possam ser usados como fonte de resistência à requeima tem sido realizada no Banco de Germoplasma de Hortaliças da UFV (ABREU *et al.*, 2008; FIORINI *et al.*, 2010; ELSAYED *et al.*, 2011; NICK *et al.*, 2013).

Resistência à requeima foi identificada na espécie silvestre *S. habrochaites* (ABREU *et al.*, 2008). No entanto, quando as fontes de resistência são da mesma espécie que se deseja melhorar há maior facilidade de intercruzamentos para transferência de genes (ABREU *et al.*, 2008) e recuperação mais rápida das características agrônômicas (ADALID *et al.*, 2012). Nesse contexto, a busca por fontes de resistência à requeima em acessos pertencentes a *S. lycopersicum* são desejáveis.

No desenvolvimento de cultivares de tomateiro competitivas e com resistência à requeima destaca-se a utilização de genitores resistentes que possuam elevada frequência de alelos favoráveis e divergentes.

A divergência genética tem sido quantificada por meio de técnicas biométricas e por processos preditivos. Dentre os métodos fundamentados em modelos biométricos, que se destinam à quantificação da divergência dos genitores destacam-se os dialelos, que permitem estimar tanto a capacidade geral, quanto a capacidade específica de

combinação dos genitores, além da heterose manifestada nos híbridos (CRUZ *et al.*, 2012).

A capacidade geral de combinação (CGC) está associada aos efeitos genéticos aditivos e à frequência de alelos favoráveis dos genitores, enquanto a capacidade específica de combinação (CEC) está associada aos efeitos genéticos não aditivos, devido à dominância (CRUZ & VENCOVSKY, 1989). Estas estimativas permitem a escolha dos melhores genitores e dos melhores híbridos a serem utilizados nos programas de melhoramento (CRUZ & REGAZZI, 2001). Valores significativos dos quadrados médios da CEC indicam a manifestação de genes de efeitos não aditivos para o caráter (CRUZ & REGAZZI, 2001), enquanto a ausência de significância indica que os genitores não possuem entre si um apreciável grau de complementação gênica.

Este estudo faz parte de um programa de pré-melhoramento, e na presente etapa, a intenção é a escolha de genitores. Estes genitores devem possuir elevada frequência de alelos favoráveis, porém divergentes, para serem utilizados em cruzamentos futuros.

Dessa forma, o objetivo com o presente estudo foi estimar as capacidades geral e específica de combinação de seis acessos de *S. lycopersicum* com resistência à requeima, visando à escolha de potenciais genitores para o pré-melhoramento da resistência a esta doença.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local de condução dos experimentos

O experimento foi conduzido no campo experimental do setor de olericultura da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG, sob coordenadas 20° 45' 14" S, 42° 52' 53" W e altitude de 648,74 m. Segundo a classificação de Koppen, o clima regional é do tipo Cwa, com umidade relativa média anual do ar de 80%, temperaturas médias máxima e mínima anual são de 26,4 e 14,8 °C, respectivamente, e precipitação média de 1221,4 mm, com concentração de chuvas no verão.

2.2. Origem dos genitores e obtenção dos híbridos experimentais

Para a obtenção dos híbridos experimentais foram utilizados como genitores, seis acessos de *S. lycopersicum*: BGH-2102, BGH-2117, BGH-2127, BGH-2130, BGH-2332 e BGH-2343 do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa – BGH – UFV, previamente selecionados como resistentes à requeima. A procedência, data de coleta, peso médio do fruto e Brix dos genitores são descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Procedência, data de coleta, peso médio do fruto (g) e Brix de seis acessos de tomateiro do BGH – UFV identificados como resistentes à requeima (*Phytophthora infestans*). Viçosa, MG.

Acesso	Local de coleta	Data de Coleta	Peso médio do fruto (g)	Brix
BGH-2102	Universidade Purdue, EUA	1966	127,00	3,33
BGH-2117	Universidade Purdue, EUA	1966	40,00	3,43
BGH-2127	Universidade Purdue, EUA	1966	173,00	2,73
BGH-2130	Universidade Purdue, EUA	1966	101,5	3,03
BGH-2332	Universidade Purdue, EUA	1966	34,00	3,40
BGH-2343	Universidade Purdue, EUA	1966	75,00	2,60

Fonte: www.ufv.br/bgh

Todos os procedimentos para obtenção dos híbridos foram conduzidos em ambiente protegido no campus da Universidade Federal de Viçosa.

No dia 05 de setembro de 2011, as sementes dos genitores resistentes à requeima foram semeadas em bandejas de isopor de 128 células contendo substrato comercial para hortaliças, semeando-se 3 sementes por célula. Após a germinação das sementes

procedeu-se o desbaste deixando uma plântula por célula. Quando as plântulas estavam com quatro folhas definitivas foram transplantadas para vasos plásticos de volumes de 10 litros, preenchidos com solo devidamente adubado de acordo com recomendações para a cultura (RIBEIRO *et al.*, 1999).

Foram conduzidas 10 plantas com três hastes para cada genitor, de modo que o número de flores fosse suficiente para a realização das hibridações e não houvesse problemas com a sincronia de florescimento das plantas. As irrigações foram feitas por gotejamento e os tratos culturais realizados conforme o recomendado por GUIMARÃES *et al.* (2007).

As hibridações manuais tiveram início no dia 09 de novembro de 2011, quando começaram a surgir as primeiras flores, segundo metodologia descrita por LOPES *et al.* (2007).

Os cruzamentos ocorreram em um esquema de dialelo balanceado de meia tabela (Tabela 2). As hibridações realizadas foram identificadas com etiquetas de papel com os códigos dos genitores. Quando os frutos provenientes dos cruzamentos estavam totalmente maduros foram realizadas as colheitas dos mesmos, para a extração, secagem e armazenamento das sementes de acordo com o proposto por LOPES *et al.* (2007).

Tabela 2 – Esquema representativo do dialelo balanceado de meia-tabela envolvendo seis progenitores. Viçosa - MG.

Genitores	1-BGH 2102	2-BGH 2117	3-BGH 2127	4-BGH 2130	5-BGH 2332	6-BGH 2343
1-BGH-2102	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y ₁₄	Y ₁₅	Y ₁₆
2-BGH-2117		Y ₂₂	Y ₂₃	Y ₂₄	Y ₂₅	Y ₂₆
3-BGH-2127			Y ₃₃	Y ₃₄	Y ₃₅	Y ₃₆
4-BGH-2130				Y ₄₄	Y ₄₅	Y ₄₆
5-BGH-2332					Y ₅₅	Y ₅₆
6-BGH-2343						Y ₆₆

2.3. Tratamentos e delineamento experimental

Foram avaliados os seis acessos de *S. lycopersicum*: BGH-2102, BGH-2117, BGH-2127, BGH-2130, BGH-2332 e BGH-2343 e 15 híbridos F₁'s. Utilizou-se como testemunhas resistentes à requeima o acesso BGH-6902 (ABREU *et al.*, 2008) e as linhagens 133A e 163A (FIORINI *et al.*, 2010) originadas do cruzamento interespecífico entre o cultivar Santa Clara pertencente a *S. lycopersicum* e o acesso BGH-6902, *S. habrochaites*. Como padrão de suscetibilidade foram utilizadas os cultivares comerciais Débora, Fanny e Santa Clara.

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com três repetições e cinco plantas por parcela, sendo a parcela útil constituída pelas três plantas centrais.

A semeadura foi realizada em bandejas de 128 células contendo substrato comercial e o transplântio feito quando as plantas possuíam quatro folhas definitivas no espaçamento de 1,0 x 0,5 metros. As plantas foram conduzidas com uma única haste e tutoradas com fitilho na vertical. Os tratos culturais foram realizados de acordo com o recomendado para a cultura, segundo GUIMARÃES *et al.* (2007). A utilização de defensivos agrícolas foi suspensa quinze dias antes da inoculação e durante as avaliações para resistência à requeima.

2.4. Preparo e inoculação dos isolados de *Phytophthora infestans*

A coleta, preparo e inoculação dos isolados de *P. infestans* foi realizada segundo metodologia proposta por ABREU *et al.* (2008) com algumas modificações.

Quarenta e cinco dias após o transplântio, as plantas foram inoculadas com uma mistura de esporângios provenientes de isolados de *P. infestans*, patogênicos a tomate, coletados em diferentes regiões da Zona da Mata Mineira, nas cidades de Cajuri, Coimbra, Ervália e Viçosa. Esse procedimento foi realizado com o intuito incorporar maior número de variantes possíveis de resistência qualitativa.

Nos locais de coleta, foram retirados das plantas folíolos infectados por *P. infestans*, sendo esses colocados dentro de sacos de papel de 1,0 kg previamente identificados com o nome do município em que foram coletados e armazenados em caixas de isopor a 18 °C. O inóculo foi multiplicado no Laboratório de Manejo de Recursos Genéticos da UFV. Para isso, transferiram-se os folíolos dos sacos de papel para bandejas de plástico previamente desinfetadas com álcool 70% e forradas com papel toalha umedecido com água destilada, mantidas a 18 °C por 24 a 48 horas, de modo a criar um microclima favorável ao desenvolvimento do patógeno e promover maior esporulação.

Após este período, para cada isolado, foi preparada uma suspensão de esporângios. A suspensão de esporângios foi homogeneizada, procedendo-se à contagem do número de esporângios em um microscópio óptico. Logo após, ajustou-se a concentração em hemacitômetro para 5×10^3 esporângios mL⁻¹. Após a contagem do número de esporângios, a suspensão foi levada à geladeira por 1 hora para estimular a liberação de zoósporos. A inoculação ocorreu no dia 07 de maio de 2012 ao entardecer,

por volta das 18:00 horas, com o auxílio de um pulverizador costal manual aplicando-se 10 ml de suspensão por planta. O tempo decorrido entre o preparo da suspensão de esporângios e a inoculação não excedeu duas horas, para que os zoósporos permanecessem viáveis.

No dia posterior a inoculação, com o intuito de garantir alta umidade ao ambiente, as plantas passaram a ser irrigadas por aspersão.

2.5. Avaliação da resistência à requeima

Três dias após a inoculação iniciaram-se as avaliações quanto à severidade da requeima, ocorridas entre os dias 10 e 25 de maio de 2012, em intervalos regulares de três dias, totalizando seis avaliações. No período compreendido entre a inoculação e as avaliações, no município de Viçosa-MG foram detectadas temperaturas médias máxima e mínima igual a 22,7°C e 13,8°C respectivamente. A umidade relativa média foi de 86,2% e precipitação de 73,8 mm. De acordo com VALE *et al.* (2007), estas condições climáticas, são consideradas adequadas ao desenvolvimento da requeima no campo.

Para as avaliações de severidade da doença, utilizou-se para treinamento, da equipe de avaliação, o programa Severity PRO (NUTTER, 1997), visando corrigir distorções inerentes à estimativa visual. No campo, foram atribuídas notas às folhas de cada planta, conforme escala diagramática proposta por CORRÊA *et al.* (2009) estimando a porcentagem do tecido vegetal afetado pela doença, ou seja, a severidade.

A nota final de cada planta foi constituída pela média das notas de suas folhas e posteriormente utilizadas para estimar a área abaixo da curva de progresso da doença (AACD), segundo CAMPBELL & MADDEN (1990), por meio da expressão:

$$AACD = \left\{ \sum_{i=1}^{n-1} [(y_i + y_{i+1})/2] * (t_{i+1} - t_i) \right\}$$

em que:

y_i e y_{i+1} = porcentagem de área foliar lesionada observada na avaliação i e na seguinte $i+1$;

t_i e t_{i+1} = intervalo de tempo entre as avaliações; e

n = número total de avaliações.

A seleção para resistência à requeima foi feita no sentido negativo, ou seja, quanto menor a AACPD maior o grau de resistência do indivíduo.

2.6. Análises genético-estatísticas

Os dados de área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foram submetidos à análise de variância. As médias dos genitores e dos F₁'s foram comparadas às médias das testemunhas por meio do teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Procedeu-se a análise dialélica de acordo com o Método 2, genitores e 15 híbridos F₁'s, modelo 1, considerando o efeito de genótipos como fixo de acordo com o modelo de GRIFFING (1956).

O modelo estatístico adotado foi: $Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij}$.

Em que:

Y_{ij} : valor médio da combinação híbrida ($i \neq j$) ou do progenitor ($i=j$);

m : média geral;

g_i, g_j : efeitos da capacidade geral de combinação do i -ésimo e do j -ésimo progenitor, respectivamente;

s_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os progenitores de ordem i e j ;

$\bar{\varepsilon}_{ij}$: erro experimental médio.

As análises foram realizadas com auxílio do aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise de variância – resposta à requeima

Por meio da análise de variância (Tabela 3), considerando 27 tratamentos (6 genitores, 15 híbridos, 3 testemunhas resistentes e 3 testemunhas suscetíveis) foram observadas diferenças significativas a 1% de probabilidade pelo teste de F, para todas as fontes de variação quanto à área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), o que denota variabilidade para a característica estudada entre os tratamentos.

Foi observado coeficiente de variação para a AACPD de 47,75% (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados por NICK *et al.* (2013). Valores elevados de coeficiente de variação podem estar associados ao fato desta característica possuir elevada influência ambiental e pela dificuldade em se obter homogeneidade nas notas atribuídas a um mesmo tratamento (ELSAYED, 2010).

Tabela 3 - Análise de variância para Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) em resposta à requeima (*Phytophthora infestans*), avaliada em seis genitores, quinze híbridos, três testemunhas resistentes e três testemunhas suscetíveis de tomateiro. Viçosa – MG.

FV	GL	Quadrados Médios da AACPD
Blocos	2	268,91
Tratamentos (T)	26	39627,74**
Genótipos (G) ^{1/}	20	9160,84**
Testemunhas	5	120412,99**
Genótipos vs Testemunhas	1	245039,59**
Resíduo	52	3789,91
CV (%)	47,75	
Média Geral	128,92	

^{1/} Genitores e híbridos. **: significativo em nível de 1 % de probabilidade pelo teste de F (P<0,01).

O padrão de resistência dos genitores BGH-2102, BGH-2117, BGH-2127, BGH-2130 e BGH-2343 foi o mesmo das testemunhas resistentes BGH 6902 e das linhagens 133 A e 163 A, uma vez que suas médias de AACPD não diferiram estatisticamente, a 5% de probabilidade pelo teste Dunnett dessas testemunhas (Tabela 4). Já o genitor BGH-2332, também considerado resistente, não diferiu apenas da testemunha 163A (Tabela 4).

Tabelas 4 – Médias de Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) em resposta à requeima (*Phytophthora infestans*) considerando seis genitores, quinze híbridos, três testemunhas resistentes (BGH-6902, 133A e 163A) e três testemunhas suscetíveis (Débora, Fanny e Santa Clara). Viçosa – MG.

Tratamentos	Médias	Tratamentos	Médias
BGH-2332 x BGH-2102	249,75 c	BGH-2130	61,61 def
BGH-2332	199,37 f	BGH-2127 x BGH-2117	61,14 def
BGH-2117 x BGH-2102	189,27 ef	BGH-2130 x BGH-2127	58,68 def
BGH-2332 x BGH-2130	140,20 def	BGH-2127 x BGH-2102	55,96 def
BGH-2343 x BGH-2332	139,67 def	BGH-2127 x BGH-2343	52,39 def
BGH-2343 x BGH-2102	120,24 def	BGH-2130 x BGH-2102	48,43 def
BGH-2343	95,75 def	BGH-2343 x BGH-2130	47,90 def
BGH-2343 x BGH-2117	91,32 def	Débora	452,57 a
BGH-2130 x BGH-2117	88,90 def	Fanny	421,12 b
BGH-2102	86,89 def	Santa Clara	362,15 c
BGH-2332 x BGH-2127	80,54 def	BGH-6902	24,86 d
BGH-2127	79,02 def	133A	46,18 e
BGH-2332 x BGH-2117	78,52 def	163A	84,02 f
BGH-2117	64,37 def		

Médias seguidas pela mesma letra que designam as testemunhas, não diferem destas pelo teste de Dunett, a de 5 % de probabilidade.

Estes resultados ilustram o potencial destes genitores para uso em programas de pré-melhoramento visando resistência à requeima, pois estes acessos pertencem à *S. lycopersicum*, e portanto, muito mais fácil a sua incorporação como fonte de resistência do que o acesso BGH 6902, *S. habrohaites*, bem como as linhagens derivadas (133 A e 163 A), devido a presença de diversos genes que controlam características agronomicamente indesejáveis para a utilização do tomateiro para consumo *in natura*.

Acessos com níveis de resistência à requeima e da espécie *S. lycopersicum*, ou seja, semelhantes às cultivares comerciais são imprescindíveis, ainda mais quando se trata de uma característica diferencial como esta. Salienta-se que, a inclusão destes acessos em programas de melhoramento não prejudicaria demasiadamente as demais características de interesse agrônomo em função da não ocorrência de arraste gênico, comum quando genitores silvestres são utilizados para transferência de genes de resistência (MARIM *et al.*, 2009).

Quanto aos híbridos, na grande maioria não foi detectado diferença significativa, considerando o nível de 5% de probabilidade pelo teste Dunnett, em relação às testemunhas resistentes (BGH-6902, 133A e 163A), com exceção dos híbridos BGH-2332 x BGH-2102 e BGH-2117 x BGH-2102. O híbrido BGH-2117 x BGH-2102 com média de AACPD de 189,27 unidades de área (u.a.) diferiu apenas da testemunha mais resistente BGH-6902, enquanto o híbrido BGH-2332 x BGH-2102 com média de

AACPD de 249,75 unidades de área diferiu das três testemunhas resistentes.

Outro ponto importante observado e que deve ser considerado, foi a superioridade de alguns híbridos em relação ao genitor de desempenho mais favorável para o caráter em estudo, este parâmetro é denominado heterobeltiose (CRUZ, 2005). Neste aspecto destacaram-se os híbridos BGH-2127 x BGH-2117 (61,14 u.a.); BGH-2130 x BGH-2127 (58,68 u.a.); BGH-2127 x BGH-2102 (55,96 u.a.); BGH-2127 x BGH-2343 (52,39 u.a.); BGH-2130 x BGH-2102 (48,43 u.a.) e BGH-2343 x BGH-2130 (47,90 u.a.). Estes resultados dão indícios da diversidade genética existente entre os genitores e da complementação gênica quando estes são cruzados.

3.2. Análise dialélica

O efeito de tratamentos (genitores e híbridos) foi significativo, a 1 % de probabilidade pelo teste F, para a AACPD. Na decomposição da soma de quadrados de tratamentos em efeitos de capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC), Tabela 5, foi evidenciada significância apenas para a CGC, a 1 % de probabilidade pelo teste de F.

Estes resultados, associados à maior SQCGC relativa à SQCEC, evidenciam existência de variabilidade genética aditiva entre os genitores e predominância de efeitos gênicos aditivos envolvidos na determinação da AACPD. ELSAYED *et al.* (2012) também verificaram maior importância dos efeitos aditivos na expressão da resistência à requeima em tomateiro. A não significância da CEC indica pequena divergência genética entre os genitores avaliados. Este fato pode ser devido à seleção prévia destes genitores para maior resistência à requeima, o que pode ter reduzido a variabilidade entre eles.

Cabe ressaltar que os efeitos de CEC foram não significativos, mas com uma probabilidade muito baixa ($P=7,75\%$), e que valores elevados do coeficiente de variação ($CV=47,75\%$) pode afetar este teste. Ademais, observou-se estimativa do componente quadrático para CEC maior que para CGC (Tabela 5), o que indica a ocorrência de efeitos gênicos não aditivos no controle genético da característica AACPD e diversidade genética entre os genitores avaliados.

Tabela 5 – Análise de variância para Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) segundo modelo proposto por Griffing (1956), para dialelo envolvendo seis genitores e quinze híbridos F₁'s. Viçosa – MG.

FV	GL	SQ	QM	Componentes Quadráticos
Tratamentos	20	183214,50	9160,72**	
CGC	5	10325,75	20065,15**	705,22
CEC	15	82888,75	5525,92 ^{ns}	795,32
Resíduo	40		3139,95	

** : significativo em nível de 1 % de probabilidade pelo teste de F (P<0,01). ^{ns}: Não significativo em nível de 1 % de probabilidade.

3.3. Efeitos da capacidade geral de combinação - CGC

Com base nas estimativas dos efeitos da CGC (\hat{g}_i) para a AACPD (Tabela 6), verificou-se para os genitores BGH-2127, BGH-2130, BGH-2117 e BGH-2343 as estimativas mais negativas, com valores de -28,74; -23,66; -7,34 e -6,70 respectivamente. Estes valores foram significativamente diferentes pelo teste t, a 1 % de probabilidade dos valores de \hat{g}_i dos demais genitores. Por outro lado, para os genitores BGH-2102 e BGH-2332 foram observadas estimativas positivas de \hat{g}_i , com valores de 17,60 e 48,84 respectivamente. Estimativas elevadas de \hat{g}_i em valores absolutos, ocorrem em geral para genitores cujas frequências dos alelos favoráveis são consistentemente maiores ou menores do que a média dos alelos favoráveis em todos os demais genitores e ainda proporcionam informações sobre a concentração de genes de efeitos aditivos. Portanto, genitores com estimativas de CGC altas e positivas são os que mais contribuem para o aumento da expressão do caráter, enquanto aqueles com valores mais negativos contribuem para a redução de sua manifestação (CRUZ *et al.*, 2012).

Os efeitos de \hat{g}_i são interpretados de acordo com o interesse do melhorista. A seleção para resistência à requeima é feita no sentido negativo, de modo que, os menores valores de AACPD estão relacionados com o maior nível de resistência do indivíduo. Valores mais negativos de \hat{g}_i são os de maior interesse, indicado que a média dos genitores envolvidos em determinado cruzamento é menor do que a média geral dos demais cruzamentos envolvidos no dialelo. Adicionalmente, esses valores são indicativos da importância dos genes de efeitos aditivos na variabilidade genética dos materiais utilizados. Assim, os genitores BGH-2127, BGH-2130, BGH-2117 e BGH-2343 são, nesta ordem, superiores aos demais com relação à frequência de alelos de

resistência (favoráveis) à requeima. Segundo AMARAL-JÚNIOR *et al.* (1996), uma vez que possuem maiores valores para CGC, podem ser recomendados para programas de melhoramento intrapopulacional visando a extração de linhagens superiores quanto a resistência à requeima. Entretanto, há a necessidade de complementar estas informações com suas estimativas de capacidade específica de combinação visando à escolha daqueles mais divergentes.

Tabela 6 – Estimativas das médias e dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) para Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) de seis genitores de tomateiro e quinze híbridos F₁'s. Viçosa – MG.

Genitores (G)	BGH-2102	BGH-2117	BGH-2127	BGH-2130	BGH-2332	BGH-2343	\hat{g}_i
BGH-2102	86,89	189,27	55,96	48,43	249,75	120,24	17,60
BGH-2117		64,36	61,13	88,90	78,52	91,31	- 7,34
BGH-2127			79,02	58,68	80,53	52,39	- 28,74
BGH-2130				61,61	140,20	47,90	- 23,66
BGH-2332					199,36	139,67	48,84
BGH-2343						95,75	- 6,70
^{1/} DP (Gi)							10,44
DP (Gi - Gj)							16,18

^{1/} Desvio padrão.

3.4. Heterose e efeitos da capacidade específica de combinação – CEC

Foram observadas estimativas de \hat{s}_{ii} com valores positivos para os genitores BGH-2127, BGH-2130, BGH-2332 e BGH-2343 e negativos para os genitores BGH-2102 e BGH-2117 (Tabela 7). Segundo CRUZ E VESCOVSKY (1989) valores positivos e negativos de \hat{s}_{ii} indicam a existência de desvios de dominância bidirecional no controle do caráter em questão. Os autores ainda ressaltam que valores positivos de \hat{s}_{ii} indicam desvios de dominância negativos envolvidos no controle genético do caráter e vice-versa para valores negativos de \hat{s}_{ii} .

Com base nos valores de \hat{s}_{ii} dos genitores BGH-2117, BGH-2127, BGH-2130 e BGH-2343, verifica-se que, com exceção do primeiro, os demais possuem valores de \hat{s}_{ii} positivos, indicando maior frequência de alelos favoráveis com desvios de dominância negativos. Por outro lado, o genitor BGH-2117 possui valor negativo de \hat{s}_{ii} , denotando maior frequência de alelos favoráveis com desvios de dominância positivos, por isso, divergente em relação aos três anteriores.

Tabela 7 – Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (\hat{s}_{ii} e \hat{s}_{ij}) para Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) em seis genitores, quinze combinações híbridas F₁'s e desvio-padrão (DP) dos efeitos de dois F₁'s com e sem genitor comum. Viçosa – MG.

Genitores	BGH-2102	BGH-2117	BGH-2127	BGH-2130	BGH-2332	BGH-2343
BGH-2102	- 47,83	79,49	- 32,42	- 45,02	83,78	9,82
BGH-2117		-20,46	- 2,31	20,39	-62,50	5,85
BGH-2127			36,97	11,56	- 39,09	- 11,69
BGH-2130				9,42	15,50	- 21,25
BGH-2332					2,15	- 1,99
BGH-2343						9,63
DP (\hat{s}_{ii})		23,68				
DP ($\hat{s}_{ii} - \hat{s}_{jj}$)		32,35				

Além disso, observou-se estimativas de heterose percentual com seis valores positivos e nove negativos (Tabela 8), o que corrobora os desvios de dominância bidirecional envolvidos no controle genético da requeima e predominância de desvios negativos.

Tabela 8 – Estimativas da heterose percentual para Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) em quinze combinações híbridas F₁'s de tomateiro. Viçosa – MG.

Genitores	BGH-2102	BGH-2117	BGH-2127	BGH-2130	BGH-2332	BGH-2343
BGH-2102	-	150,26	- 32,54	- 34,77	74,50	31,67
BGH-2117		-	- 14,74	41,13	- 40,45	14,06
BGH-2127			-	- 16,55	- 42,17	- 40,05
BGH-2130				-	7,44	- 39,12
BGH-2332					-	- 5,34
BGH-2343						-

Com base na CEC dos três genitores que possuem desvios de dominância negativos (BGH-2127, BGH-2130 e BGH-2343) (Tabela 7), pode-se escolher aqueles mais divergentes em relação ao genitor BGH-2127 de maior frequência de alelos favoráveis ($\hat{g}_i = -28,72$). A CEC do cruzamento entre os genitores BGH-2127 x BGH-2130 foi positiva e igual a 11,56, enquanto a CEC do cruzamento entre os genitores BGH-2127 x BGH-2343 foi negativa e igual -11,69, indicando maior divergência entre esses genitores. Assim, os genitores BGH-2127, BGH-2343 e BGH-2117 possuem potencial para serem incluídos em programas de melhoramento intrapopulacional,

visando a extração de linhagens superiores quanto à resistência à requeima.

No melhoramento intrapopulacional de plantas autógamas é comum a avaliação de famílias endogâmicas visando à extração de linhagens superiores. Na etapa de seleção das melhores famílias para extração dessas linhagens, a dominância bidirecional torna-se um inconveniente, pois em famílias com elevadas frequências de genes com desvios positivos e negativos, suas médias são reduzidas em função desses desvios, o que pode levar aos seus descartes. Dessa forma, seria recomendado a abertura de famílias em gerações mais avançadas de endogamia, F_4 por exemplo.

Segundo PALMER (1989) e MARSHALL (1989), o pré-melhoramento é a identificação e transferência de caracteres de importância econômica para linhas avançadas, sendo, portanto, um elo entre os recursos genéticos dos bancos de germoplasma e os programas de melhoramento. De modo geral, os acessos armazenados em bancos de germoplasma são pouco adaptados, necessitando serem pré-melhorados para que possam ser incluídos em programas de melhoramento sem prejudicar os ganhos com a seleção. Além disso, espera-se que os genes que conferem resistência encontram-se presentes em diferentes acessos. Neste sentido, o melhoramento intrapopulacional de fontes de resistência à requeima é etapa crucial visando a reunir estes genes em linhagens para uso nos programas de melhoramento da resistência à requeima. A recuperação de segregantes transgressivos em uma população é maior quando nesta população houver maior contribuição relativa do genitor que possui maior frequência de alelos favoráveis. Assim, para o caso de três genitores de interesse a população segregante seria obtida a partir de um híbrido triplo.

Desta forma, considerando os três genitores (BGH-2127, BGH-2117 e BGH-2343) de potencial para o melhoramento intrapopulacional da resistência à requeima, seriam cruzados inicialmente os genitores com menor frequência de alelos favoráveis (BGH-2117 x BGH-2343) e, na sequência, o híbrido simples produzido seria cruzado com o genitor BGH-2127, o de maior frequência de alelos favoráveis. A possível ação dos genes de resistência presentes nestes genitores possibilita a utilização destes em etapas subsequentes de programas de melhoramento genético do tomateiro.

4. CONCLUSÕES

A análise dialélica foi eficiente na seleção de genitores visando o pré-melhoramento da resistência à requeima.

Os acessos BGH-2117, BGH-2127 e BGH-2343 destacaram-se como os de maior frequência de alelos favoráveis e divergentes, por isso devem ser incluídos em cruzamentos visando o pré-melhoramento da resistência à requeima.

Na obtenção da população segregante seria recomendado os cruzamentos (BGH-2117 / BGH-2343 // BGH-2127).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ABREU, F.B ; SILVA, D.J.H. ; CRUZ, C.D. ; MIZUBUTI, E.S.G. Inheritance of resistance to *Phytophthora infestans* (Peronosporales, Pythiaceae) in a new source of resistance in tomato (*Solanum* sp.) formerly *Lycopersicon* sp.) Solanales, Solanaceae). **Genetics and Molecular Biology**, v.31, p.493-497, 2008.

ADALID, A.M.; ROSELLO, S.; VALCARCEL, M.; NUEZ, F. Analysis of the genetic control of b-carotene and L-ascorbic acid accumulation in an orange-brownish wild cherry tomato accession. **Euphytica**, v.184, p.251–263, 2012.

AGRIFANUAL 2013 – **Anuário da Agricultura Brasileira**. Campo Grande: FNP Consultoria e Comércio, 2013. 480 p.

AMARAL JÚNIOR, A.T.; CASALI, V.W.D.; CRUZ, C.D.; FINGER, F.L. Utilização das variáveis canônicas e de análise de agrupamentos na avaliação da divergência genética entre acesso de moranga. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.14, n.2, p.182-184, 1996.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. (Ed.). Introduction to plant disease epidemiology. New York, NY: Wiley, 1990. 532p.

CHEN, C.H.; SHEU, Z.M.; WANG, T.C. Host specificity and tomato-related race composition of *Phytophthora infestans* isolates in Taiwan during 2004 and 2005. **Plant Disease**, v.92, p.751-755, 2008.

CHUNWONGSE, J.; CHUNWONGSE, C.; BLACK, L.; HANSON, P. Molecular mapping of the Ph-3 gene for late blight resistance in tomato. **Journal Horticultural Science Biotechnology**, v.77, p.281-286, 2002.

CARVALHO, P. G. B.; MACHADO, C. M. M.; MORETTI, C. L.; FONSECA, M. E. N. Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.4, p.397-404, 2006.

CORRÊA, F.M.; BUENO FILHO, J.S.S.; CARMO, M.G.F. Comparison of three diagrammatic keys for the quantification of late blight in tomato leaves. **Plant Pathology**, n. 58, p.1128–1133, 2009.

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

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 2005. 394 p.

CRUZ CD, REGAZZI AJ, CARNEIRO PCS. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. Viçosa, MG: UFV, 2012. 514 p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV. 2001. 390p.

CRUZ, C. D., VENCOVSKY, R.. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, p.425-438. 1989.

ELSAYED, A.Y.A.M.; SILVA, D.J.H.; CARNEIRO, P.C.; MIZUBUTI, E.S.G. The Inheritance of late blight resistance derived from *Solanum habrochaites*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v. 12, p. 199-205, 2012.

ELSAYED, A.Y.A.M.; SILVA, D.J.H.; MIZUBUTI, E.S.G.; CARNEIRO, P.C. Combing the monogenic and polygenic resistant genes to late blight in tomato. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v.3, p.251-259, 2011.

ELSAYED A.Y.A.M. **Inheritance of resistance to tomato late blight in apopulation of *Solanum lycopersicum* x *Solanum habrochaites***. 2010. 101 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

FIORINI, C.V.A.; SILVA, D.J.H. da; MIZUBUTI, E.S.G.; BARROS, J. de S.; SILVA, L.J. da; MILAGRES, C.; ZAPAROLI, M.R. Caracterização de linhagens de tomateiro originadas de cruzamento interespecífico quanto à resistência à requeima. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.197-202, 2010.

FONTES, P.C.R.; SILVA, D.J.H. Cultura do tomate. In: REZENDE, P.C. **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa, MG: UFV, 2005. p.457-475.

FOOLAD, M.R.; MERK, H.L.; ASHRAFI, H. Genetics, Genomics and Breeding of Late Blight and Early Blight Resistance in Tomato. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.27, p.75-107, 2008.

GRIFFING B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Aust J Biol Sci**, v.9, p.463-493, 1956.

GUIMARÃES, M.A.; CALIMAM F.R.B.; SILVA, D.J.H.; MARIM, B.G.; SOUZA, J.B. Tratos culturais do tomateiro. In: Silva DJH and Vale FXR do. (Ed.). **Tomate: tecnologia de produção**. Suprema, Visconde do Rio Branco. p. 85-99, 2007.

KOLE, C.; ASHRAFI, H.; LIN, G.; FOOLAD, M. Identification and molecular mapping of a new R gene, Ph-4, conferring resistance to late blight in tomato. Solanaceae Conf. Univ. of Wisconsin, Madison, **Abstr.** 449, 2006.

LOPES, F.R.; RODRIGUES, G.B.; ALVARENGA, E.M.; NAKADA, P.G.; RODRIGUES, R.G. Produção de sementes de tomate. In: Silva, D.J.H. e Vale F.X.R. (Ed.). **Tomate: tecnologia de produção**. Suprema, Visconde do Rio Branco. p.85-99, 2007.

LOPES, C.A.; REIS, A.; BOITEUX, L.S. Doenças fúngicas. In: LOPES CA & ÁVILA AC (Ed.). **Doenças do tomateiro**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças. p. 17-52, 2005.

MARSHALL, D. R. Limitations to the use of germplasm collections. In: BROWN, A. D. H.; MARSHALL, D. R.; WILLIAMS, J. T. **The use of plant genetic resources**. Cambridge. Cambridge University Press. p. 105-120, 1989.

MIRANDA, B.E.C.; SUASSUNA, N.D.; REIS, A. Mating type, mefenoxam sensitivity, and pathotype diversity in *Phytophthora infestans* isolates from tomato in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.671-679, 2010.

MIZUBUTI, E.S. Requeima ou mela da batateira e do tomate. In: LUZ, E.D.M.N.; SANTOS, A.F.; MATSUOKA, K.; BEZERRA, J.L. **Doenças causadas por *Phytophthora* no Brasil**. Campinas: Livraria e Editora Rural, 2001, p. 100-174.

MOREAU, P.; THOQUET, P.; OLIVIER, J.; LATERROT, H.; GRIMSLEY, N. Genetic mapping of *Ph-2*, a single locus controlling partial resistance to *Phytophthora infestans* in tomato. **Molecular Plant–Microbe Interact**, v.11, p.259–269, 1998.

NICK, C.; LAURINDO, B.S.; ALMEIDA, V.S.; FREITAS, R.D.; AGUILERA, J.G.; SILVA, E.C.F.; CRUZ, C.D.; SILVA, D.J.H. Seleção simultânea para qualidade do fruto e resistência à requeima em progênies de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.51-58, 2013.

NUTTER, J.R.F.W. 1997. Disease severity assessment training. In: FRANCL LJ; NEHER DA. (eds). *Exercises in plant disease epidemiology*. St. Paul: **The American Phytopatological Society Press**. p.1-7.

PALMER, R. G. Germplasm collections and the experimental biologist. In: BROWN, A. H. D.; MARSHALL, D. R.; FRANKEL, O. H.; WILLIAMS. J. T. (Ed). **The use of plant genetic resources**. Cambridge: Cambridge University Press. p. 2-45, 1989.

PEIRCE, L. C. Linkage tests with *Ph* conditioning resistance to race 0, *Phytophthora infestans*. Rep. Tomato Genet. Coop. p.21-30, 1971.

REIS, A. **Requeima: doença destrutiva e comum ao tomateiro e à batateira**. Brasília – DF: Embrapa Hortaliças. 7p. 2010.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.C.; ALVAREZ, V.V.H. (Eds.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa: **CFSEMG**. 359 p. 1999.

VALE, F.X.R.; JESUS JUNIOR, W.C.; RODRIGUES, F.A.; COSTA, H.; SOUZA, C.A. Manejo de Doenças Fúngicas em Tomateiro. In: SILVA, D.J.H.; VALE, F.X.R. (Ed.). **Tomate -Tecnologia de Produção**. Visconde do Rio Branco, Suprema p.159-198, 2007.

6. APÊNDICE

APÊNDICE A - Avaliação e seleção de acessos de tomateiro do BGH-UFV quanto a resistência à requeima

Os experimentos foram conduzidos no campo experimental do setor de olericultura da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG, sob coordenadas 20° 45' 14'' S, 42° 52' 53'' W, altitude de 648,74 .

Cento e noventa e dois acessos de tomateiro do BGH-UFV foram avaliados em quatro experimentos independentes: no primeiro, de janeiro a maio de 2009, foram avaliados 50 acessos; no segundo, de abril a agosto de 2009, foram avaliados 44 acessos; no terceiro, de fevereiro a maio de 2010, e no quarto de março a julho de 2010, 49 acessos. Nos quatro experimentos foram utilizadas como testemunhas suscetíveis à requeima (*Phytophthora infestans*) os cultivares comerciais Débora, Fanny e Santa Clara.

Em todos os experimentos foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com três repetições e cinco plantas por parcela, sendo a parcela útil constituída pelas três plantas centrais.

A semeadura foi realizada em bandejas de isopor de 128 células contendo substrato comercial e o transplântio feito quando as plantas possuíam quatro folhas definitivas no espaçamento de 1,0 x 0,5 metros. As plantas foram conduzidas com uma única haste e tutoradas com fitilho na vertical. Os tratos culturais foram realizados de acordo com o recomendado para a cultura. A utilização de defensivos agrícolas foi suspensa quinze dias antes da inoculação e durante as avaliações para resistência à requeima.

Quarenta e cinco dias após o transplântio, as plantas foram inoculadas com uma mistura de esporângios provenientes de isolados de *P. infestans*, patogênicos a tomate, coletados em diferentes regiões da Zona da Mata Mineira, nas cidades de Cajuri, Coimbra, Ervália e Viçosa, além de algumas regiões dos estados da Bahia, Espírito Santo e Rio Grande do Sul. Esse procedimento foi realizado com o intuito de incorporar o maior número de variantes possíveis de resistência qualitativa.

Nos locais de coleta, foram retirados das plantas folíolos infectados por *P. infestans*, sendo esses colocados dentro de sacos de papel de 1,0 kg previamente identificados com o nome do município em que foram coletados e armazenados em caixas de isopor a 18 °C. O inóculo foi multiplicado no Laboratório de Manejo de

Recursos Genéticos da UFV. Para isso, transferiram-se os folíolos dos sacos de papel para bandejas de plástico previamente desinfetadas com álcool 70% e forradas com papel toalha umedecido com água destilada, mantidas a 18 °C por 24 a 48 horas, de modo a criar um microclima favorável ao desenvolvimento do patógeno e promover maior esporulação.

Após este período, para cada isolado, foi preparada uma suspensão de esporângios. A suspensão de esporângios foi homogeneizada, procedendo-se à contagem do número de esporângios em um microscópio óptico. Logo após, ajustou-se a concentração em hemacitômetro para 5×10^3 esporângios mL^{-1} . Após a contagem do número de esporângios, a suspensão foi levada à geladeira por 1 hora, para estimular liberação de zoósporos.

As inoculações dos quatro experimentos ocorreram nos dias 03 de maio de 2009, 17 de julho de 2009, 30 de abril de 2010 e 07 de julho de 2010 respectivamente. As inoculações foram realizadas ao entardecer, por volta das 18:00 horas, com o auxílio de um pulverizador costal manual aplicando-se 10 ml de suspensão por planta. O tempo decorrido entre o preparo da suspensão de esporângios e a inoculação não excedeu duas horas, para que os zoósporos permanecessem viáveis.

Nos dias posteriores as inoculações, com o intuito de garantir alta umidade ao ambiente, as plantas passaram a ser irrigadas por aspersão.

Três dias após as inoculações iniciaram-se as avaliações quanto à severidade da requeima. As avaliações dos experimentos foram realizadas entre os dias 06 e 18 de maio de 2009; 20 de julho e 04 de agosto de 2009; 03 e 18 de maio de 2010; 10 e 25 de julho de 2010 respectivamente, em intervalos regulares de três dias, totalizando cinco avaliações para o primeiro experimento e seis avaliações para os demais.

Para as avaliações de severidade da doença utilizou-se para treinamento da equipe de avaliação o programa Severity PRO (NUTTER, 1997), visando corrigir distorções inerentes à estimativa visual. No campo, os avaliadores deram notas para cada planta, estimando a porcentagem do tecido vegetal afetado pela doença, ou seja, a porcentagem de severidade.

Os dados de severidade foram transformados para área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), segundo Campbell & Madden (1990), por meio da expressão:

$$AACD = \left\{ \sum_{i=1}^{n-1} [(y_i + y_{i+1})/2] * (t_{i+1} - t_i) \right\}$$

em que:

y_i e y_{i+1} = porcentagem de área foliar lesionada observada na avaliação i e na seguinte $i+1$;

t_i e t_{i+1} = intervalo de tempo entre as avaliações; e

n = número total de avaliações.

A seleção para resistência à requeima foi feita no sentido negativo, ou seja, quanto menor a AACPD maior o grau de resistência do indivíduo.

Os dados de AACPD foram submetidos à análise de variância. Observou-se diferenças significativas entre os tratamentos avaliados a 1% de probabilidade pelo teste F quanto à AACPD, indicando a existência de variabilidade para essa característica. Posteriormente, a variabilidade entre os acessos quanto a resistência à requeima foi evidenciada por meio do teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade com auxílio do aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2013), estes dados encontram-se na tabela 1.

Devido ao elevado número de acessos avaliados nos quatro experimentos foi adotado como critério de seleção, a escolha de três acessos de melhor desempenho em cada experimento, ou seja, aqueles acessos que apresentaram os menores valores médios de AACPD.

Tabela 1 - Médias de AACPD^{1/} para cento e noventa e dois acessos de tomateiro do Banco de Germoplasma de Hortaliças da UFV, avaliados quanto a resistência à requeima (*Phytophthora infestans*) em quatro experimentos independentes. Viçosa-MG.

Experimento I		Experimento II		Experimento III		Experimento IV	
Acessos	*AACPD	Acessos	*AACPD	Acessos	*AACPD	Acessos	*AACPD
BGH-2284	667,00 a	Débora	579,33 a	BGH-2030	515,33 a	BGH-2121	341,00 a
BGH-2306	619,67 a	BGH-3383	548,67 a	Fanny	454,17 a	BGH-2073	339,83 a
Santa Clara	611,00 a	Santa Clara	538,33 a	BGH-2010	454,00 a	Fanny	339,00 a
Débora	604,33 a	BGH-3318	534,00 a	BGH-0971	418,67 a	BGH-2076	332,67 a
BGH-2329	596,33 a	BGH-2420	524,50 a	BGH-2060	409,00 a	BGH-2072	330,67 a
BGH-2327	585,33 a	BGH-2419	522,83 a	BGH-2027	405,17 a	Débora	320,67 a
BGH-2266	583,00 a	BGH-2395	520,67 a	BGH-2033	403,17 a	BGH-2105	289,33 a
BGH-2348	580,33 a	BGH-3320	520,33 a	BGH-2019	400,17 a	BGH-2128	281,33 a
BGH-2370	574,00 a	BGH-3394	519,67 a	BGH-2013	372,33 b	BGH-2145	280,17 a
Fanny	565,67 a	BGH-3115	518,00 a	² BGH-2039	367,67 b	BGH-2133	277,33 a
BGH-2317	562,33 a	BGH-2393	509,00 a	BGH-2048	367,67 b	Santa Clara	275,83 a
BGH-2302	556,00 a	Fanny	504,33 a	³ BGH-2039	367,50 b	BGH-2068	266,67 a
BGH-2294	554,00 a	BGH-3319	502,67 a	BGH-887	359,00 b	BGH-2069	263,17 a
BGH-2364	551,83 a	BGH-2100	500,17 a	BGH-2029	352,17 b	BGH-2116	258,17 a
BGH-2336	550,67 a	BGH-2098	498,67 a	BGH-1985	349,00 b	BGH-2132	241,33 a
BGH-2326	549,67 a	BGH-3385	498,17 a	BGH-2051	339,67 b	BGH-2081	240,67 a
BGH-2345	544,50 a	BGH-3459	497,33 a	Débora	339,67 b	BGH-2071	239,83 a
BGH-2369	541,33 a	BGH-2087	495,33 a	BGH-2041	337,00 b	BGH-2074	229,00 a
BGH-2289	539,00 a	BGH-2390	492,17 a	BGH-2050	328,67 b	BGH-2141	222,83 a
BGH-2283	538,33 a	BGH-2091	492,00 a	BGH-2038	326,33 b	BGH-2114	216,50 a
BGH-2334	536,50 a	BGH-2705	488,50 a	BGH-2049	323,83 b	BGH-2083	211,83 a
BGH-2339	532,83 a	BGH-3380	487,83 a	BGH-2045	321,50 b	BGH-2062	211,17 a
BGH-2362	517,17 a	BGH-2482	481,33 a	BGH-2002	313,17 b	BGH-2143	208,33 a
BGH-2330	514,00 a	BGH-2092	480,33 a	BGH-2026	312,67 b	BGH-2144	204,17 a
BGH-2293	513,50 a	BGH-3384	479,17 a	BGH-2054	311,17 b	BGH-2082	203,83 a
BGH-2338	502,67 b	BGH-2402	477,17 a	BGH-2003	310,83 b	BGH-2064	191,83 b
BGH-2319	501,83 b	BGH-3460	476,67 a	BGH-2020	305,83 b	BGH-2118	188,00 b
BGH-2267	498,67 b	BGH-3388	472,33 b	BGH-2018	304,67 b	BGH-2138	177,83 b
BGH-2299	496,67 b	BGH-2097	471,50 b	BGH-2011	301,67 b	BGH-2134	175,00 b
BGH-2318	496,00 b	BGH-3008	469,33 b	BGH-2025	299,83 b	BGH-2131	169,83 b
BGH-2324	493,00 b	BGH-3386	463,50 b	Santa Clara	292,67 b	BGH-2075	169,67 b
BGH-2280	491,83 b	BGH-3007	462,67 b	BGH-2057	291,67 b	BGH-2122	168,67 b
BHG-2245	491,50 b	BGH-3465	460,50 b	BGH-2006	283,83 c	BGH-2124	163,67 b
BGH-2337	488,33 b	BGH-2442	460,00 b	BGH-2021	278,33 c	BGH-2070	163,17 b
BGH-2300	484,67 b	BGH-2089	452,17 b	BGH-2044	274,67 c	BGH-2065	156,67 b
BGH-2342	479,83 b	BGH-3464	451,00 b	BGH-2008	272,83 c	BGH-2125	156,50 b
BGH-2287	478,67 b	BGH-3463	448,50 b	BGH-2035	270,33 c	BGH-2120	143,50 b
BGH-2328	478,00 b	BGH-2096	444,33 b	BGH-2014	270,17 c	BGH-2115	143,17 b
BGH-2305	475,17 b	BGH-3317	442,33 b	BGH-2052	254,83 c	BGH-2129	141,00 b
BGH-2321	470,17 b	BGH-3462	442,17 b	BGH-2004	251,17 c	BGH-2113	138,00 b
BGH-2267	462,17 b	BGH-3381	440,00 b	BGH-2009	250,83 c	BGH-2077	126,50 b
BGH-2285	459,00 b	BGH-2088	423,17 b	BGH-2034	244,83 c	BGH-2086	115,67 b
BGH-2316	458,83 b	BGH-2765	422,83 b	BGH-2016	241,17 c	BGH-2110	107,33 b
BGH-2314	450,17 b	BGH-3382	421,00 b	BGH-2046	229,83 c	BGH-2123	106,00 b
BGH-2320	447,33 b	BGH-2095	413,67 b	BGH-2023	221,50 c	BGH-2080	93,67 b
BGH-2322	430,83 b	BGH-2102	392,00 b	BGH-2032	215,50 c	BGH-2109	92,50 b
BGH-2288	426,83 b	BGH-2093	381,83 b	BGH-0996	213,00 c	BGH-2135	92,33 b
BGH-2298	419,50 b	-	-	BGH-2040	207,83 c	BGH-2136	80,17 b
BGH-2307	414,33 b	-	-	BGH-0984	201,33 c	BGH-2078	73,33 b
BGH-2282	405,33 b	-	-	BGH-2017	87,83 d	BGH-2127	70,17 b
BGH-2343	404,50 b	-	-	BGH-1025	67,33 d	BGH-2117	67,17 b
BGH-2333	356,00 c	-	-	BGH-0973	31,00 d	BGH-2130	49,17 b
BGH-2332	245,83 d	-	-	-	-	-	-
Média	505,58		479,19		302,38		195,11
CV (%)	11,48		9,19		20,82		37,61

*Significativo pelo teste F (P<0,01); Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade; ^{1/} Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença; ^{2/} Acesso BGH-2039 vermelho; ^{3/} Acesso BGH-2039 amarelo.