

GABRIELLA QUEIROZ DE ALMEIDA

**CARACTERIZAÇÃO E CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE TOMATEIRO PARA
RESISTÊNCIA À PINTA-PRETA E REQUEIMA**

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

Orientador: Carlos Nick Gomes

Coorientador: Pedro Crescêncio S. Carneiro

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

A447c
2021
Almeida, Gabriella Queiroz de, 1986-
Caracterização e capacidade combinatória de tomateiro para
resistência à pinta-preta e requeima / Gabriella Queiroz de
Almeida. – Viçosa, MG, 2021.
61 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Carlos Nick Gomes.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 53-61.

1. Tomate - Doenças e pragas. 2. Pinta-preta. 3. Requeima.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia.
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 635.64294

Bibliotecário(a) responsável: Renata de Fatima Alves CRB6/2578

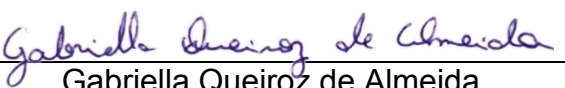
GABRIELLA QUEIROZ DE ALMEIDA

**CARACTERIZAÇÃO E CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE TOMATEIRO PARA
RESISTÊNCIA À PINTA-PRETA E REQUEIMA**


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

APROVADA: 06 de abril de 2021.

Assentimento:



Gabriella Queiroz de Almeida
Autor



Carlos Nick Gomes
Orientador

Aos meus pais e irmãos

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realizar o doutorado no seu programa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Carlos Nick, pela orientação, paciência e confiança que depositou em mim, durante o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Professor Pedro Crescêncio Souza Carneiro, pela orientação e pela disposição que sempre teve para me ajudar nos assuntos estatísticos.

Às maravilhosas pessoas do NEO e da “Horta Velha” que me ajudaram no desenvolvimento das minhas pesquisas.

Finalmente, à minha família e a Deus que foram a minha força nos momentos mais difíceis desse processo.

“O único lugar aonde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário”.

(Albert Einstein)

RESUMO

ALMEIDA, Gabriella Queiroz de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2021. **Caracterização e capacidade combinatória de tomateiro para resistência à pinta-preta e requeima.** Orientador: Carlos Nick Gomes. Coorientador: Pedro Crescêncio Souza Carneiro.

O tomate é uma hortaliça-fruto muito consumida em todo o mundo, mas encontra em seus campos de produção problemas fitossanitários em decorrência da ação de fitopatógenos. Diante disso, pesquisadores em todo mundo vêm desenvolvendo pesquisas voltadas a detecção de indivíduos resistentes para compor programas de melhoramento. Que tem início com a seleção de materiais promissores, proporcionando a população de trabalho alta variabilidade genética e alta frequência de alelos favoráveis. Baseados nas premissas acima apresentadas, objetivo-se selecionar genótipos de tomateiro, obtidos de dois dialelos parciais, como possíveis fontes de resistência a pinta-preta e a requeima para compor futuros programas de melhoramento. O primeiro dialelo parcial (12x6) foi formado por dezoito acessos de *Solanum lycopersicum* caracterizados como possíveis fontes de resistência a pinta-preta em trabalhos desenvolvidos no Banco de Germoplasma de Hortaliças (BGH) da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Já o segundo dialelo parcial (3x12) foi formado por três híbridos comerciais e doze acessos de *Solanum lycopersicum* caracterizados como possíveis fontes de resistência a requeima em trabalhos desenvolvidos no BGH da UFV. Foram montados dois experimentos para a avaliação do desempenho dos genitores e dos híbridos F1 obtidos dos dialelos parciais, além disso, foi acrescentado nos dois experimentos uma testemunha suscetível (Santa Clara). Os experimentos foram realizadas a campo, na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em manejo, produção, melhoramento e conservação de recursos fitogenéticos de hortaliças e sistemas agroecológicos, MFHA – “Horta Velha”, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, em delineamento de blocos ao acaso com três repetições e cinco plantas por parcela, das quais avaliaram-se três. Com a utilização do agrupamento multivariado de curvas foi possível selecionar os híbridos experimentais BGH-4309 x BGH-2032, BGH-2057 x BGH-2032 e BGH-2065 x BGH-2032 como potenciais fontes de resistência do tomateiro à pinta-preta (*Alternaria tomatophila*). Além disso, com

base na capacidade geral e específica de combinação os híbridos BGH-2065 x BGH-2032, BGH-2065 x BGH-2029, BGH-2057 x BGH-2032, BGH-2057 x BGH-0184 e BGH-0991 x BGH-2032 também foram selecionados por apresentarem alta diversidade genética e alta frequência de alelos favoráveis. Com relação a resistência a requeima (*Phytophthora infestans*), os genótipos BGH-0184 e BGH-2065 se destacaram com alta frequência de alelos favoráveis e o cruzamento entre os genitores Laura x BGH-0674 apresentou divergência genética e alta frequência de alelos favoráveis. Todo esse material selecionado como fontes promissoras de resistência a pinta-preta e a requeima podem ser aproveitados em diferentes programas de melhoramento, como por exemplo em programas de seleção recorrente.

Palavras-chave: *Alternaria tomatophila*. Capacidade combinatória. Melhoramento de plantas. *Phytophthora infestans*. Recursos genéticos. *Solanum lycopersicum*.

ABSTRACT

ALMEIDA, Gabriella Queiroz de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2021. **Characterization and combining ability of tomato plants for early blight and late blight resistance.** Adviser: Carlos Nick Gomes. Co-adviser: Pedro Crescêncio Souza Carneiro.

Tomato is a fruit vegetable widely consumed all over the world, but it encounters phytosanitary problems in its production fields as a result of the action of phytopathogens. Therefore, researchers around the world have been developing research aimed at detecting resistant individuals to compose improvement programs. That starts with the selection of promising materials, providing the working population with high genetic variability and high frequency of favorable alleles. Based on the above assumptions, the objective is to select tomato genotypes, obtained from two partial diallels, as possible sources of resistance to early blight and late blight to compose future breeding programs. The first partial diallel (12x6) was formed by eighteen accessions of *Solanum lycopersicum* characterized as possible sources of resistance to early blight in works developed at the BGH of Universidade Federal de Viçosa (UFV). The second partial diallel (3x12) was formed by three commercial hybrids and twelve *Solanum lycopersicum* accessions characterized as possible sources of late blight resistance in works developed at the germplasm bank of vegetables (BGH) of UFV. Two experiments were set up to evaluate the performance of parents and F1 hybrids obtained from the partial diallels, in addition, a susceptible control (Santa Clara) was added in both experiments. The experiments were carried out in the field, at the Teaching, Research and Extension Unit in the management, production, improvement and conservation of plant genetic resources of vegetables and agroecological systems, MFHA – “Horta Velha”, of the Federal University of Viçosa, in Viçosa -MG, in a randomized block design with three replications and five plants per plot, of which three were evaluated. Using the multivariate grouping of curves, it was possible to select the experimental hybrids BGH-4309 x BGH-2032, BGH-2057 x BGH-2032 and BGH-2065 x BGH-2032 as potential sources of resistance to early blight in tomato plants (*Alternaria tomatophila*). Furthermore, based on the

general and specific combining ability, the hybrids BGH-2065 x BGH-2032, BGH-2065 x BGH-2029, BGH-2057 x BGH-2032, BGH-2057 x BGH-0184 and BGH-0991 x BGH-2032 were also selected for their high genetic diversity and high frequency of favorable alleles. Regarding resistance to late blight (*Phytophthora infestans*), the BGH-0184 and BGH-2065 genotypes stood out with a high frequency of favorable alleles and the cross between the Laura x BGH-0674 parents showed genetic divergence and high frequency of favorable alleles. All this material selected as promising sources of resistance to early blight and late blight can be used in different improvement programs, such as in recurrent selection programs.

Keywords: *Alternaria tomatophila*. Combination ability. Genetic resources. *Phytophthora infestans*. Plant breeding. *Solanum lycopersicum*.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	12
CAPÍTULO 1	
ABORDAGEM MULTIVARIADA NA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE TOMATEIRO RESISTENTES À <i>Alternaria tomatophila</i>	14
RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	14
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
2.1 Local e condução do experimento.....	16
2.2 Material genético.....	17
2.3 Obtenção e preparo dos isolados.....	18
2.4 Inoculação do patógeno.....	19
2.5 Avaliação da severidade da doença.....	19
2.6 Análises estatísticas.....	20
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
3.1 Estatística descritiva.....	20
3.2 Dinâmica da doença.....	22
4 CONCLUSÕES.....	24
CAPÍTULO 2	
ANÁLISE DIALÉLICA NO MELHORAMENTO DE TOMATEIRO VISANDO RESISTÊNCIA À PINTA-PRETA	25
RESUMO.....	25
ABSTRACT.....	26
1 INTRODUÇÃO.....	26
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	27

2.1 Material genético.....	27
2.2 Local e condução do experimento.....	29
2.3 Obtenção e preparo dos isolados.....	30
2.4 Inoculação do patógeno.....	31
2.5 Avaliação da severidade da doença.....	32
2.6 Caracteres de fruto.....	32
2.7 Análises genético-estatísticas.....	33
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4 CONCLUSÕES.....	39
CAPÍTULO 3	
SELEÇÃO DE GENITORES VISANDO RESISTÊNCIA À REQUEIMA EM	
TOMATEIRO.....	40
RESUMO.....	40
ABSTRACT.....	41
1 INTRODUÇÃO.....	41
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	42
2.1 Material genético.....	42
2.2 Local e condução do experiemnto.....	43
2.3 Avaliação da severidade da requeima.....	44
2.4 Análises genético-estatísticas.....	44
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4 CONCLUSÕES.....	51
CONCLUSÕES GERAIS.....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

INTRODUÇÃO GERAL

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma espécie nativa da América do Sul sendo uma hortaliça-fruto que possui importância econômica, nutricional e como organismo-modelo para pesquisas biotecnológicas. Na produção do tomate, seja para indústria ou para consumo *in natura*, a ocorrência de doenças nos campos de produção é motivo de preocupação em diversas áreas de produção ao redor do mundo.

As doenças causam grandes perdas econômicas devido a redução do rendimento decorrentes destas moléstias na lavoura. Dessa forma, o melhoramento visando a resistência genética é uma ferramenta importante para o manejo, que em última análise, visa eliminar ou reduzir o uso de agrotóxicos na produção de tomate (Foolad, 2007).

A pinta-preta e a requeima são exemplos de doenças foliares da cultura do tomateiro, responsáveis por reduções significativas na produção (Upadhyay et al. 2016; Nowicki et al. 2012). A primeira é causada pelo fungo *Alternaria spp.* (Lourenço Jr. et al. 2009; Rodrigues et al. 2010), principalmente pelas espécies *A. solani* Sorauer (Rotem 1994) e *A. tomatophila* (Simmons 2000), por serem morfológicamente muito semelhantes elas passaram a fazer parte da espécie *A. lineariae* (Woudenberg et al. 2014). A segunda é causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary.

As epidemias de pinta-preta podem ocorrer em qualquer época do ano, porém ela é mais severa em regiões com alta umidade relativa (tempo de molhamento acima de 4h) combinadas a faixa de temperatura entre 25 e 30°C (Batista et al. 2006; Salustiano et al. 2006).

O sucesso de *P. infestans* como agente fitopatogênico está relacionado ao seu ciclo reprodutivo, que pode ocorrer na forma assexuada ou sexuada (Nowicki et al. 2012). Os esporângios podem germinar de modo direto formando tubo germinativo em temperaturas de 20-25°C e umidade relativa acima de 90%, ou indireto, formando zoósporos a temperaturas entre 10 e 15 °C (Lima et al. 2009). Esse amplo desenvolvimento da doença se deve a variabilidade genética das populações dos patógenos, que tem capacidade de se adaptarem a diversas condições ambientais (Foolad et al. 2008).

No tomateiro, os mecanismos de resistência a pinta-preta são de herança

quantitativa, já no caso da requeima a herança é qualitativa (monogênica ou oligogênica) e quantitativa (poligênica), as quais tem sido alvo de interesse dos programas de melhoramento durante anos.

Em programas de melhoramento, a introgressão dos genes de herança qualitativa podem ser realizada com sucesso a partir da utilização de retrocruzamento. No entanto, plantas com resistência a raças específicas por meio de genes principais (resistência vertical) são eficazes na proteção apenas no início da infecção (Fry et al. 1993; Klarfeld et al. 2009). Para os genes de herança quantitativa recomenda-se o método de melhoramento de seleção recorrente.

É desejável que a seleção quanto à resistência seja feita dentro da espécie cultivada (*Solanum lycopersicum* L.) ou derivada de cruzamentos intra-específicos (dentro do grupo *Lycopersicon*), para que a seleção de caracteres de interesse agrônomo e de qualidade de frutos não seja perdida com o arraste de ligação de cruzamentos interespecíficos.

Nesse sentido o objetivo desse estudo foi selecionar genótipos promissores de tomateiro resistentes a pinta-preta e a requeima para formar a população base de programas de Seleção Recorrente.

CAPÍTULO 1

AGRUPAMENTO MULTIVARIADO DE CURVAS NA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE TOMATEIRO RESISTENTES À *Alternaria tomatophila*

RESUMO - O objetivo com este estudo foi identificar genótipos de tomateiro resistentes à pinta-preta mediante agrupamento multivariado de curvas de progresso da doença. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG, em delineamento de blocos ao acaso com três repetições. A resistência a pinta-preta foi avaliada em 59 genótipos de tomateiro, entre eles, 18 acessos de *Solanum lycopersicum* L. do Banco de Germoplasma de Hortaliças (BGH) da UFV, 40 híbridos experimentais e a cultivar Santa Clara (testemunha suscetível). Ajustou-se o modelo exponencial aos dados de porcentagem de severidade da doença. As estimativas obtidas quanto à incidência inicial da doença (y_0) e a taxa de progresso da doença (r) foram submetidas à análise de variância multivariada (Manova). Posteriormente as médias das estimativas, para cada genótipo, foram submetidas à análise de agrupamento pelo método centroide. Seis grupos distintos foram formados, o que possibilitou identificar genótipos com diferentes padrões de resposta aos patógenos. Genótipos resistentes foram aqueles com as menores taxas de curva de progresso da doença. Dentre os genótipos, os híbridos experimentais BGH-4309 X BGH-2032, BGH-2057 X BGH-2032 e BGH-2065 X BGH-2032 se destacaram quanto a resistência à *A. tomatophila*.

Palavras-chave: Melhoramento de plantas, pinta-preta, resistência a doenças, *Solanum lycopersicum*.

MULTIVARIATE APPROACH FOR SELECTION OF TOMATO GENOTYPES RESISTANT TO *Alternaria tomatophila*

ABSTRACT –The objective of this study was to identify tomato genotypes resistant to early blight by grouping disease progress curves. The experiment was conducted at the Federal University of Viçosa (UFV), in Viçosa-MG, in an outline random blocks with three repetitions. 59 tomato genotypes were evaluated, among them, 18 accessions

of *Solanum lycopersicum* L. from the Vegetable Germplasm Bank (BGH) at UFV, 40 experimental hybrids and the cultivar Santa Clara (susceptible control). The exponential model was adjusted to the data on the percentage of disease severity. The estimates obtained regarding the initial incidence of the disease (y_0) and the rate of disease progression (r) were submitted to multivariate analysis of variance (Manova). Subsequently, the averages of the estimates, for each genotype, were submitted to cluster analysis by the centroid method. Six distinct groups were formed, which made it possible to identify genotypes with different patterns of response to pathogens. Resistant genotypes were those with the lowest rates of disease progress curve. Among the genotypes, the experimental hybrids BGH-4309 X BGH-2032, BGH-2057 X BGH-2032 and BGH-2065 X BGH-2032 stood out in terms of resistance to *A. tomatophila*.

Keywords: Disease resistance, early blight, plant breeding, *Solanum lycopersicum*.

1. INTRODUÇÃO

O tomateiro é uma olerícola pertencente à família *Solanaceae* e está presente diariamente na dieta de grande parte da população, seja pelo consumo *in natura* ou processado (Zeist et al., 2018).

A tomaticultura é uma atividade de alto risco econômico em decorrência da grande quantidade de patógenos que ocasionam doenças. Neste contexto, o melhoramento visando a resistência às doenças é um dos principais objetivos dos programas de melhoramento, uma vez que as doenças ou raças de patógenos estão em constante evolução (Adhikari et al., 2017).

Segundo Azevedo et al. (2012) o formato da curva de progresso de severidade fornece a dinâmica da doença, o que é um critério importante para a seleção de genótipos quanto a resistência. Essa curva permite a visualização da menor área foliar prejudicada tanto no início quanto no final das avaliações. Segundo Laurindo et al. (2015) a prioridade está em selecionar genótipos com a menor área foliar doente na última avaliação, mas estes autores ainda ressaltam que genótipos com menores áreas foliares doentes nos períodos iniciais de avaliação proporcionam métodos de controle de maior eficiência. Ou seja, genótipos que apresentam uma progressão da doença

mais lenta são considerados resistentes, pois sinalizam baixo danos à cultura.

O estudo da resistência às doenças por meio de curvas de progresso com uso de modelos não lineares é uma vantagem, pois, os parâmetros podem ter interpretações biológicas. No entanto, quando o número de genótipos avaliados é elevado, a apresentação das curvas em gráficos fica inviável. Assim, o uso do agrupamento multivariado de curvas é uma alternativa viável e tem se mostrado eficiente no estudo do progresso de doenças (Laurindo et al., 2015).

A taxonomia de *Alternaria*, particularmente no que se refere a pinta-preta, está em revisão (Adhikari et al., 2017). Em 2000, Simmons reconheceu novas espécies entre os isolados de *A. solani* como sendo hospedeiros de Solanaceae e propôs a *Alternaria tomatophila* como “o agente causal comum e amplamente distribuído da pinta-preta do tomate. Posteriormente, Woudenberg et al. (2014) agrupou vários isolados de grandes esporos, incluindo aqueles de Solanaceae, Cucurbitaceae e Scrophulariaceae em uma nova espécie designada *A. lineariae*. *A. solani* e *A. tomatophila* são morfologicamente muito semelhantes, no entanto, com base em um ensaio de folhas de batata e de tomate, isolados de *A. solani* mostraram agressividade semelhante em tomate e batata, enquanto *A. tomatophila* foi altamente agressivo no tomate, mas mais fraco na batata (Gannibal, et al. 2014).

Tomates cultivados (*S. lycopersicum*) são principalmente suscetíveis à pinta-preta, e apenas alguns materiais resistentes estão disponíveis nos EUA, como os híbridos: “Plum Dandy”, “Mountain Magic”, “Mountain Merit” e “Mountain Supreme” (Gardner & Panthee, 2012). Vale ressaltar que atualmente não existem no Brasil cultivares de tomateiro com resistência à pinta-preta, e por isso o controle é feito exclusivamente com aplicações de fungicidas, dessa forma, o objetivo deste trabalho foi estimar curvas de progresso da doença para pinta-preta em genótipos de tomateiro e identificar grupos resistentes para compor futuros programas de melhoramento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e condução do experimento

O experimento foi conduzido na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em manejo, produção, melhoramento e conservação de recursos fitogenéticos de hortaliças e sistemas agroecológicos, MFHA – “Horta Velha”, da Universidade Federal

de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG (20°45'14"S, 42°52'53"W, a 648,74 m de altitude), em delineamento de blocos ao acaso com três repetições e cinco plantas por parcela, sendo a parcela útil constituída pelas três plantas centrais.

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido de 128 células contendo substrato comercial para hortaliças, e o transplântio realizado para o campo em 26/02/2018 quando as plantas possuíam quatro folhas definitivas, no espaçamento de 1,0 x 0,5 m.

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 por Alvarenga (2013). A utilização de defensivos agrícolas foi suspensa 15 dias antes da inoculação e durante todo o período das avaliações para resistência. A irrigação do experimento foi realizada por gotejamento.

Da inoculação até o sexto dia de avaliação (17 de abril a 5 de maio de 2018), as temperaturas médias em Viçosa variaram de 16 a 27°C, e a umidade relativa média foi de 80%, não havendo chuvas durante o período no município. Tais valores, relacionados às variáveis climáticas, são considerados adequados ao desenvolvimento da *A. tomatophila* no campo (Salustiano et al., 2006).

2.2 Material genético

Foram avaliados 18 acessos de *Solanum lycopersicum* L. do Banco de Germoplasma de Hortaliças (BGH) da UFV, selecionados como fonte de resistência à pinta-preta e 40 híbridos F₁ oriundos do cruzamento entre estes acessos (Tabela 1). Como padrão de suscetibilidade foi utilizada a cultivar Santa Clara.

Tabela 1. Identificação dos genótipos utilizados no experimento.

Acessos	Híbridos	Híbridos
BGH-0184	BGH-0674xBGH-0184	BGH-2065xBGH-2032
BGH-0674	BGH-0991xBGH-0184	BGH-2102xBGH-2032
BGH-0991	BGH-2008xBGH-0184	BGH-2144xBGH-2032
BGH-1497	BGH-2035xBGH-0184	BGH-2343xBGH-2032
BGH-2008	BGH-2057xBGH-0184	BGH-4309xBGH-2032
BGH-2029	BGH-2117xBGH-0184	BGH-0674xBGH-2080
BGH-2032	BGH-2343xBGH-0184	BGH-2035xBGH-2080
BGH-2035	BGH-0674xBGH-1497	BGH-2057xBGH-2080
BGH-2057	BGH-2035xBGH-1497	BGH-2065xBGH-2080

BGH-2065	BGH-2057xBGH-1497	BGH-2117xBGH-2080
BGH-2080	BGH-2117xBGH-1497	BGH-2343xBGH-2080
BGH-2102	BGH-4309xBGH-1497	BGH-4309xBGH-2080
BGH-2117	BGH-6878xBGH-1497	BGH-6878xBGH-2080
BGH-2144	BGH-0674xBGH-2029	BGH-0674xBGH-2127
BGH-2127	BGH-2035xBGH-2029	BGH-2008xBGH-2127
BGH-2343	BGH-2065xBGH-2029	BGH-2035xBGH-2127
BGH-4309	BGH-2117xBGH-2029	BGH-2057xBGH-2127
BGH-6878	BGH-4309xBGH-2029	BGH-2102xBGH-2127
Santa Clara	BGH-0991xBGH-2032	BGH-2343xBGH-2127
	BGH-2057xBGH-2032	BGH-4309xBGH-2127

2.3 Obtenção e preparo dos isolados

Para a obtenção da solução de conídios de isolados de *Alternaria tomatophila* foi realizado coletas de isolados na região da Zona da Mata Mineira, nos municípios de Cajuri, Coimbra, Ervália e Viçosa.

Para obtenção destes isolados, folhas com sintomas da pinta-preta foram coletadas e acondicionadas em sacos de papel previamente identificados e transportados para o laboratório de Biologia de Populações de Fitopatógenos, do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, em caixa de isopor. Com o uso de um estilete esterilizado as folhas foram cortadas em pequenos fragmentos com sintomas da pinta-preta, juntamente com parte sadia da folha. Os fragmentos foram submetidos ao tratamento de etanol 70% por 30 segundos, hipoclorito de sódio (2%) por 1 minuto e água destilada por 4 min, sendo 2 min em recipientes diferentes para uma limpeza mais eficiente do hipoclorito. Os isolados foram cultivados em meio BDA para o crescimento micelial.

Para a produção de esporos, os isolados foram cultivados em meio V8 CaCO₃ ágar (175 ml de suco V8, 3 g CaCO₃, 20 g ágar e 1 L de água) a 25 ± 2 °C, sob fotoperíodo de 12h. No quinto dia de incubação, foram adicionados 10 mL de água destilada e realizaram-se fermentos no micélio com alça de Drigalski. As placas foram mantidas sem tampa a 23 ± 2 °C, sob estrutura contendo cinco lâmpadas de luz negra 40W (Sylvânia® - 1,20 m de comprimento, distância de 3 cm entre si, posicionadas a 30 cm de altura das placas) por dois períodos de 24h, sendo cada período composto por um regime de fotoperíodo de 8h de luz negra e 16h de escuro. Os dois períodos foram consecutivos. Após esse tempo, foi transferido para uma placa contendo BDA

apenas um conídio (monospórico) que, após germinado, teve seu micélio preservado usando papel filtro e água destilada esterilizada (Castellani, 1939; Valent et al., 1986). Esse material foi submetido a PCR para a devida caracterização da espécie.

2.4 Inoculação do patógeno

Para a inoculação do patógeno os isolados preservados e identificados como *Alternaria tomatophila* foram cultivados em meio BDA para o crescimento micelial e após cinco dias foram repicados para o meio V8 para a produção de esporos. No quinto dia de incubação, adicionou-se água destilada a cada placa e, com um pincel, retirou-se o micélio. As placas foram mantidas sem tampa a 22 ± 2 °C, sob seis lâmpadas de luz negra 40 W (Havells Sylvania Brasil Iluminação Ltda., São Paulo, SP), de 1,20 m de comprimento, distanciadas a 3 cm entre si e posicionadas a 30 cm de altura das placas, por 24 horas, em fotoperíodo de 16 horas de escuro e 8 horas de luz. Após esse período, os conídios foram removidos com a adição de 10 mL de água destilada em cada placa, seguida de raspagem superficial da colônia com escova de cerdas macias. A suspensão foi filtrada em dupla camada de gaze esterilizada e recolhida em um béquer, e a concentração da suspensão foi ajustada para 2×10^3 conídios mL⁻¹.

A inoculação foi realizada cinquenta dias após o transplante, dia 17 de abril de 2018 no período da tarde, por volta das 16h, com auxílio de pulverizador costal manual. Foram aplicados aproximadamente 10 mL de suspensão por planta, tendo-se ajustado o tempo de aplicação em função da vazão do bico do pulverizador. Nos dias posteriores às inoculações, para garantir alta umidade ao ambiente, as plantas passaram a ser molhadas por microaspersores três vezes ao dia, às 9, 13 e 17h, por 20 min. Durante todo o período de avaliação o molhamento por aspersion foi mantido.

2.5 Avaliação da severidade da doença

Três dias após as inoculações, as avaliações foram iniciadas quanto à severidade da pinta-preta. Foram realizadas seis avaliações a cada três dias. No campo, três avaliadores (um para cada bloco) estimaram a severidade da pinta-preta com o auxílio de escalas diagramáticas. Foram atribuídas notas às folhas de cada

planta e a nota final de cada planta foi constituída pela média das notas de suas folhas. Foi usada a escala diagramática proposta por Duarte et al. (2013), onde se atribui notas de 1 a 10 para as folhas, correspondendo a 0,1%, 1%, 3%, 5%, 10%, 20%, 40%, 60%, 80% e 100% da área foliar lesionada, respectivamente.

2.6 Análises estatísticas

Para descrever o progresso da doença, foi processado o agrupamento de curvas por meio da análise multivariada, pela metodologia apresentada por Fiorini et al. (2010). O modelo exponencial $y_i = y_0 \exp(rt_i) + e_i$, para $i = 1, 2, \dots, 6$, foi ajustado aos dados de percentagem de severidade (y_i) da doença, com o intuito de descrever seu comportamento em função do tempo (t_i), sendo y_0 a incidência inicial da doença, r a taxa de progresso da doença, e e_i o termo de erro aleatório, $e_i \sim N(0, \sigma^2)$, tendo sido consideradas as seis avaliações realizadas. Tal ajuste foi realizado para cada repetição de cada genótipo, mediante o Proc Model (SAS 9.4), o que possibilitou a obtenção de um arquivo com as estimativas geradas por y_0 e r .

Para avaliar a normalidade dos resíduos requeridos pela Manova, utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk generalizado para distribuições multivariadas, mediante o Proc Univariate (SAS 9.4). Posteriormente, foi feita a análise de variância multivariada, utilizando-se o Proc GLM (SAS 9.4), onde foi constatada a influência dos genótipos sobre as estimativas de y_0 e r , e onde foi extraído as médias ajustadas por quadrados mínimos (LSMeans). Tais médias foram submetidas à análise de agrupamento, no Proc Cluster (SAS 9.4), pelo método centroide, onde foram obtidos os valores dos desvios-padrão da raiz do quadrado médio (RMSSTD), em relação ao número de agrupamentos, e foi gerado um gráfico para a identificação do número ótimo de agrupamentos, em relação à máxima curvatura, de acordo com método gráfico apresentado por Cecon et al. (2008). Para complementar a análise, foi utilizado o Proc Tree (SAS 9.4), para verificar quais genótipos pertenciam aos diferentes grupos obtidos pela discriminação estatística, em relação aos vetores dos parâmetros y_0 e r . Para cada grupo obtido, foi gerada uma curva média de progresso.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estatística descritiva

Na primeira avaliação, três dias após a inoculação, foi possível identificar plantas com comprometimento de cerca de 5% da área foliar com sintomas de pinta-preta. Na última avaliação o percentual de área lesionada com a doença chegou a 60%. Possivelmente os genótipos mais resistentes, com os menores valores de severidade da doença, tiveram menor desenvolvimento das estruturas de penetração na superfície das folhas, as quais são responsáveis pelo desenvolvimento das lesões do patógeno segundo Balbi-Peña et al. (2014).

O ajuste do modelo exponencial aos dados de severidade para cada repetição de cada genótipo proporcionou coeficientes de determinação (R^2) acima de 80%. Os resultados das estimativas dos parâmetros do ajuste do modelo exponencial, utilizadas como variáveis dependentes na análise de variância multivariada (Manova), mostraram efeito significativo dos genótipos de tomateiro sobre o vetor de parâmetros y_0 e r , a 5% de significância. O teste de Shapiro-Wilk, generalizado para distribuições multivariadas, mostrou que os resíduos da Manova distribuíam-se como uma normal multivariada (p -valor = 0,1951). Caso o teste apresentasse p -valor $< 0,05$, a condição de normalidade não seria aceita.

Posteriormente utilizou-se a estatística RMSSTD para identificar o número ótimo de grupos, pelo método da máxima curvatura. O RMSSTD estima a homogeneidade dos grupos formados (Liu et al., 2013) e possibilita a identificação de um número ótimo de agrupamentos (Cecon et al., 2008). Houve a redução das 59 curvas para o número ótimo de seis grupos, os quais foram determinados de acordo com o comportamento da estatística RMSSTD (Figura 1). Os valores dos RMSSTD continuaram decrescendo, porém muito lentamente, o que indica que a formação de novos agrupamentos já não reduz efetivamente o RMSSTD. O grupo um ficou com 33 tratamentos, o dois com 14 tratamentos, o três com oito tratamentos, o quatro com dois tratamentos, o cinco e o seis com um tratamento cada.

Laurindo et al. (2015) utilizando essa metodologia reduziram de 136 curvas obtidas de cada um dos tratamentos para 24 grupos. Outros autores também encontraram resultados satisfatórios ao utilizar essa metodologia (Azevedo et al., 2015; Azevedo et al., 2012; Faria et al., 2012; Fiorini et al., 2010; Maia et al., 2009). Dessa forma, confirma-se que a utilização do RMSSTD é vantajosa, uma vez que facilita a visualização e interpretação dos dados.

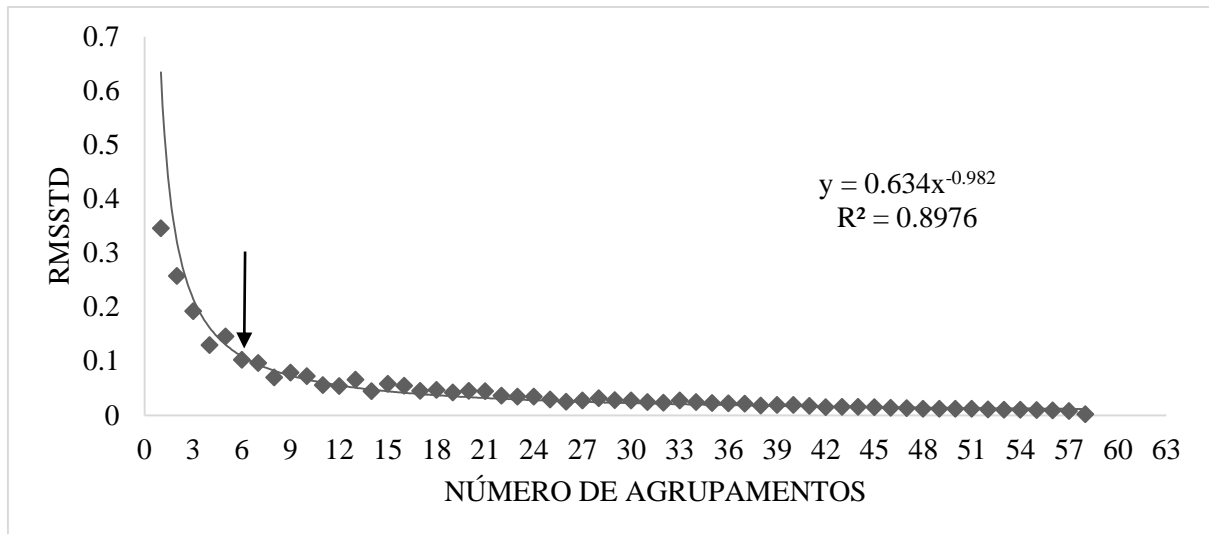


Figura 1. Comportamento da estatística desvio-padrão da raiz do quadrado médio (RMSSTD), em razão do número de agrupamentos para pinta-preta.

3.2 Dinâmica da doença

A curva de progresso da pinta-preta do grupo 2 ficou um pouco acima do grupo 1 até o 15^o dia de avaliação, mas depois passou a apresentar valores menores (Figura 2). Esse resultado mostra que os genótipos do grupo 2, mesmo tendo uma taxa de severidade da doença inicial levemente superior podem ser considerados mais resistentes, uma vez que conseguem controlar a evolução destrutiva da doença. Semelhante ao grupo 2, o único genótipo BGH-4309 x BGH-2080 pertencente ao grupo 6 também sofreu com uma alta severidade inicial, quando comparada com os outros genótipos dos outros grupos até o 12^o dia de avaliação. No entanto, houve uma estabilização na evolução da doença com o passar dos dias, e ao final das avaliações esse híbrido experimental apresentou a menor taxa de severidade para pinta-preta.

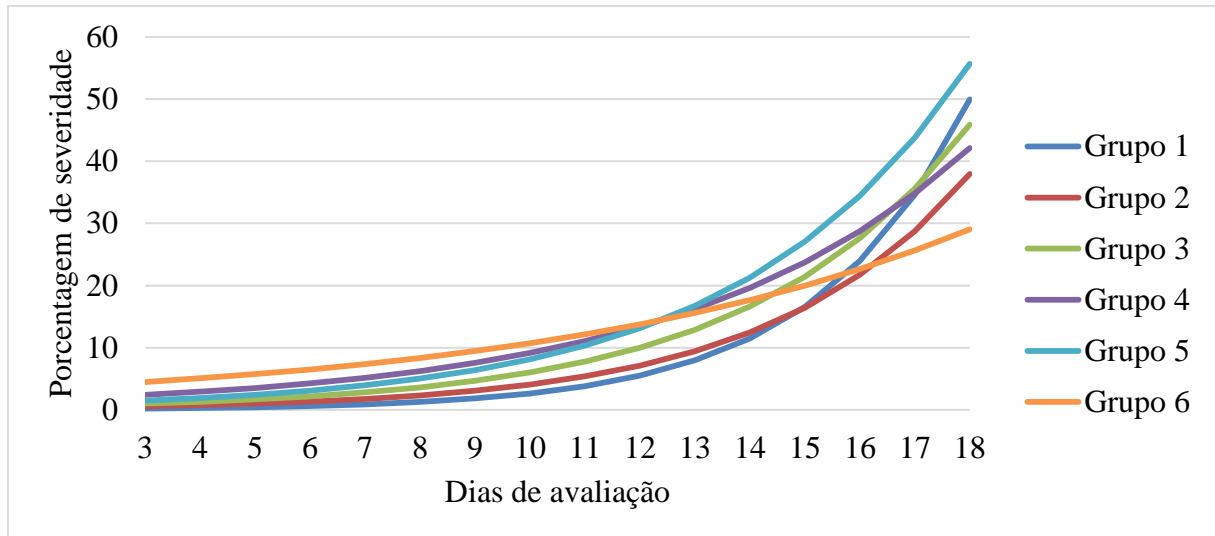


Figura 2. Curvas de progresso da pinta-preta, ajustadas pelo modelo exponencial, obtidas em seis grupos de tomateiro com diferentes genótipos.

O grupo 5 (Figura 2), contendo o híbrido experimental BGH-2144 x BGH-2032, foi considerado mais susceptível que o grupo 1 (onde a testemunha suscetível ficou alocada), resultados semelhantes foram encontrados por Laurindo et al. (2015) e Grigolli et al. (2011) que encontraram acessos mais susceptíveis que a cultivar Santa Clara (testemunha suscetível). O grupo seis, composto pelo híbrido experimental BGH-4309 x BGH-2080, obteve $R^2 = 80\%$, enquanto os outros grupos obtiveram valores maiores que 90%.

Até o nono dia de avaliação (59 dias depois do transplante) o nível de severidade da doença se encontrava abaixo de 10% (Figura 2), resultados semelhantes foram encontrados por Salustiano et al. (2006) e Catão et al. (2017) que relataram níveis de severidade da pinta-preta abaixo de 10% até 54 dias e 51 dias (respectivamente) depois do transplante. Esses autores relataram que o aumento da gravidade e do processo epidemiológico ocorreram após esses dias devido ao aumento da umidade relativa do ar e a diminuição da temperatura, o que corrobora com esse estudo.

Nas curvas de progresso da pinta-preta, foi observada menor taxa de progresso da doença no grupo 2, na seguinte ordem (do mais resistente para o menos resistente): BGH-4309 x BGH-2032, BGH-2057 x BGH-2032, BGH-2032, BGH-2065 x BGH-2032, BGH-2127, BGH-2117 x BGH-2080, BGH-2008 x BGH-2127, BGH-0674 x BGH-2080, BGH-2343 x BGH-2080, BGH-2080, BGH-2343 x BGH-2127, BGH-

2035, BGH-2102 e BGH-2057 x BGH-2080; e no grupo 6 (BGH-4309 x BGH-2080) (Figura 3). Dessa forma, podem ser fontes potenciais de resistência a *Alternaria tomatophila*. A resistência a pinta-preta, normalmente é encontrada em espécies silvestres, principalmente *Solanum habrochaites* (Adhikari et al., 2017), o que dificulta a seleção de genótipos com características agrônômicas desejadas. Assim, a identificação de genes de resistência na mesma espécie é vantajosa, uma vez que a transferência de alelos favoráveis é facilitada.

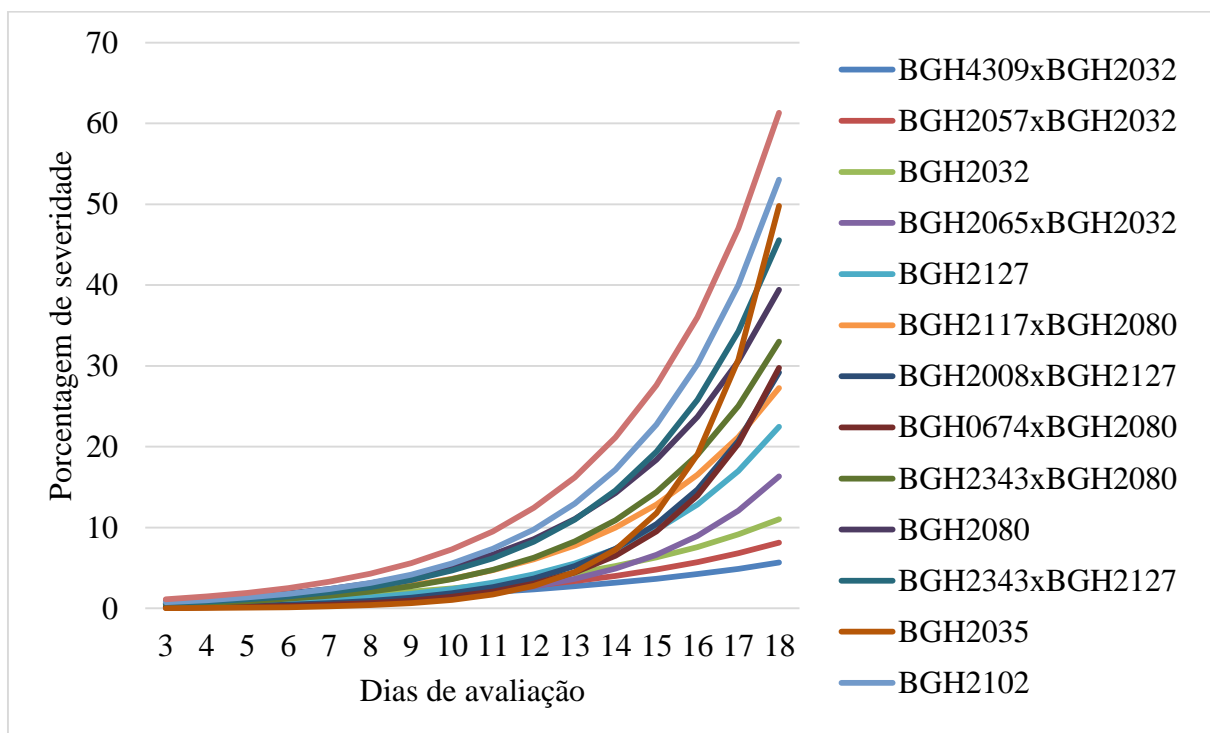


Figura 3. Curvas de progresso da pinta-preta do grupo 2, que obteve as menores porcentagem de severidade, ajustadas pelo modelo exponencial.

4. CONCLUSÕES

- Com a redução do número de curvas de progresso da doença de 59 para 6 com base na análise de agrupamento multivariada, foi possível visualizar com mais clareza os genótipos de tomateiro (*Solanum lycoperscium*) resistentes à pinta-preta (*Alternaria tomatophila*).
- Dentro do grupo com as menores porcentagem de severidade da doença, os híbridos experimentais BGH-4309 X BGH-2032, BGH-2057 X BGH-2032 e BGH-

2065 X BGH-2032 são potenciais fontes de resistência à pinta-preta.

CAPÍTULO 2

ANÁLISE DIALÉLICA NO MELHORAMENTO DE TOMATEIRO VISANDO RESISTÊNCIA À PINTA-PRETA

RESUMO – Objetivou-se avaliar em um dialelo parcial acessos caracterizados como possíveis fontes de resistência a pinta-preta em tomateiro para formação de uma população de trabalho capaz de ser explorada em programas de melhoramento. Esse trabalho teve início com a seleção de vinte acessos de *Solanum lycopersicum* do BGH da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Posteriormente conduziu-se um dialelo parcial (12 x 6), com o intuito de predizer os valores genéticos das capacidades geral e específica de combinação da área abaixo da curva de progresso da doença pinta-preta (AACPD) como ferramenta de seleção. A avaliação do desempenho dos genitores, dos híbridos F1 e de uma testemunha suscetível (Santa Clara) foram realizadas a campo, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG, em delineamento de blocos ao acaso com três repetições e cinco plantas por parcela, das quais avaliaram-se as três plantas centrais. Como nem todas as combinações do dialelo parcial foram obtidas, o experimento ficou geneticamente desbalanceado, dessa forma para a predição dos valores genéticos foi necessário o uso da metodologia de modelos mistos, que foi realizada no software ASReml. A seleção dos melhores acessos para compor a população de trabalho foi feita com base nas maiores capacidades gerais com sinais negativos de cada grupo, e complementadas com as maiores e negativas capacidades específicas detectadas. Conclui-se dessa forma que devido a alta heterose detectada, sugere-se como ferramenta para o melhoramento um programa de Seleção Recorrente Interpopulacional com o objetivo de obter híbridos resistentes à pinta-preta em tomateiro. Para isso recomenda-se a formação de duas populações base com os genitores BGH-2065, BGH-2057 e BGH-0991 no grupo 1 e os genitores BGH-2032, BGH-2029 e BGH-0184 no grupo 2, garantindo desta forma alta diversidade genética e alta frequência de alelos favoráveis nos sucessivos ciclos de seleção desse programa.

Palavras-chave: Tomate; Capacidade de combinação; Seleção Recorrente.

DIALELIC ANALYSIS IN THE IMPROVEMENT OF TOMATO FOR A RESISTANCE TO EARLY BLIGHT

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate, in a partial diallel, accesses characterized as possible sources of resistance to early blight in tomato for the formation of a working population capable of being exploited in breeding programs. This work began with the selection of twenty accessions of *Solanum lycopersicum* from the BGH of the Federal University of Viçosa (UFV). Subsequently, a partial diallel (12 x 6) was conducted in order to predict the genetic values of the general and specific combining abilities of the area under the early blight disease progress curve (AUDPC) as a selection tool. The performance evaluation of parents, F1 hybrids and a susceptible control (Santa Clara) were carried out in the field, at the Federal University of Viçosa (UFV), in Viçosa-MG, in a randomized block design with three replications and five plants per plot, from which the three central plants were evaluated. As not all combinations of the partial diallel were obtained, the experiment was genetically unbalanced, thus for the prediction of genetic values it was necessary to use the mixed model methodology, which was performed in the ASReml software. The selection of the best accesses to compose the working population was based on the greatest general capacities with negative signs in each group, and complemented with the greatest and negative specific capacities detected. It is concluded that, due to the high detected heterosis, a Recurrent Interpopulation Selection program is suggested as a tool for breeding, aiming to obtain hybrids resistant to early blight in tomato. For this it is recommended the formation of two base populations with the parents BGH-2065, BGH-2057 and BGH-0991 in group 1 and the parents BGH-2032, BGH-2029 and BGH-0184 in group 2, thus ensuring high genetic diversity and high frequency of favorable alleles in the successive selection cycles of this program.

Keywords: Tomato; Combination ability; Recurring selection.

1. INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma espécie diploide ($2n=2x=24$), nativa

da América do Sul, que se destaca como hortaliça em importância econômica no mundo. Com uma produção dividida em dois grandes grupos, industrial e *in natura*. Goiás se destaca como o maior produtor de tomate para indústria, responsável por 36,6% da produção nacional. Outros produtores importantes de tomates são: São Paulo (19,8% do total nacional), Minas Gerais (12,6%), Bahia (6,4%), Espírito Santo (3,9%), Rio de Janeiro (3,8%), Paraná (3,4%), Santa Catarina (4,3%), Ceará (3,0%) e Rio Grande do Sul (2,9%) (IBGE, 2019).

A pinta-preta é uma das principais doenças foliares da cultura do tomateiro, com reduções de rendimento de produção de até 78% (Upadhyay et al., 2016). Lourenço Jr. et al. (2009) e Rodrigues et al. (2010) relataram que ela é causada pelo fungo *Alternaria spp.* principalmente pelas espécies *A. solani* Sorauer (Rotem, 1994) e *A. tomatophila* Simmons (Simmons, 2000). Por serem morfológicamente muito semelhantes elas passaram a fazer parte da espécie *A. lineariae* (Woudenberg et al., 2014).

A pinta-preta é de difícil controle, pois o patógeno é altamente virulento e possui um ciclo de vida curto, além disso seus conídios são disseminados pelo vento, podendo chegar a longas distâncias (Kemmitt, 2002). O controle se baseia quase que exclusivamente em aplicações intensivas de fungicidas, pois até o momento não existem cultivares comerciais de tomateiro resistentes à pinta-preta no Brasil. Já nos EUA existem cultivares comercializadas como resistentes a pinta-preta, obtidas de linhagens que apresentavam padrões de resistência, como os híbridos simples: Mountain Magic, Iron Lady e Jasper.

O sucesso de um programa de seleção recorrente depende da formação da população base, com alta variabilidade genética para serem aproveitados em ciclos sucessivos de seleção. Sendo assim, este estudo teve como objetivo prever os valores genéticos das capacidades geral e específica de combinação para resistência a pinta-preta de acessos de tomateiro a partir de uma análise dialélica parcial, a fim de selecionar os mais promissores para compor a população base de um programa de seleção recorrente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material genético

Com o intuito de trabalhar com resistência a pinta-preta em uma população base com variabilidade genética para resistência a diversas pragas e doenças, selecionou-se 18 acessos de *Solanum lycopersicum* L. do Banco de Germoplasma de Hortaliças (BGH) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) caracterizados como possíveis fontes de resistência a pinta-preta, requeima, geminivirus, mosca-branca, mosca minadora e traça-do-tomateiro. Para essa seleção inicial levou-se em consideração: artigos publicados (Tabela 1), trabalhos desenvolvidos dentro do BGH por estudantes de iniciação científica e características de fruto (coloração, brix e tamanho).

Tabela 1. Acessos selecionados do Banco de Germoplasma de Hortaliças (BGH) da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Acessos	Referências/Resistências
BGH0184	BGH/Pinta-Bacteriana; Ribeiro et al.,2006/Requeima
BGH0674	BGH/Requeima; Oliveira et al.,2009/Traça-do-tomateiro
BGH0991	BGH/Pinta-Bacteriana; Fernandes et al.,2012/Mosca Minadora
BGH1497	BGH/Pinta-Preta; Fiorini et al.,2010/Requeima; Antônio et al.,2011/Traça-do-tomateiro
BGH2008	Grigolli et al.,2011/ Pinta-Preta
BGH2029	BGH/Pinta-Bacteriana; Fernanades et al.,2011/ Mosca-Branca
BGH2032	Grigolli et al.,2011/ Pinta-Preta
BGH2035	BGH/Pinta-Bacteriana; Grigolli et al.,2011/ Pinta-preta
BGH2057	Grigolli et al.,2011/Pinta-Preta; Fernanades et al.,2011/Mosca-Branca
BGH2065	Grigolli et al.,2011/ Pinta-Preta
BGH2080	Grigolli et al.,2011/Pinta-Preta; Aguilera et al.,2014/Geminivirus
BGH2102	BGH/Pinta-Bacteriana; Laurindo et al.,2016/Requeima; Fernandes et al.,2009/Mosca-Branca
BGH2117	Laurindo et al.,2016/Requeima
BGH2127	Laurindo et al.,2016/Requeima
BGH2144	Aguilera et al.,2014/Geminivirus
BGH2343	Laurindo et al.,2016/Requeima
BGH4309	BGH/Pinta-Preta; Fernandes et al.,2015/Traça-do-tomateiro
BGH6878	Aguilera et al.,2014/Geminivirus

Optou-se por estudar os 18 acessos em um esquema de dialelo parcial (12 x 6), sorteando-se os que compuseram o grupo um e os que compuseram o grupo dois. Em 2017, em casa de vegetação, foram realizados os cruzamentos, onde os acessos BGH-0674, BGH-0991, BGH-2008, BGH-2035, BGH-2057, BHG-2065, BGH-2102, BGH-2117, BGH-2144, BGH-2343, BGH-4309, BGH-6878 foram os receptores de pólen (grupo 1) e os acessos BGH-0184, BGH-1497, BGH-2029, BGH-2032, BGH-2080 e BGH-2127 foram os doadores de pólen (grupo 2). Devido ao baixo pegamento dos cruzamentos nem todas as combinações foram obtidas, mas chegou-se a 40

híbridos F1, essas sementes, assim como as sementes dos pais, foram armazenadas em câmara fria.

2.2 Local e condução do experimento

Em 2018 esses 40 híbridos F1, os seus pais (18 acessos) e a cultivar Santa Clara (padrão de susceptibilidade) foram avaliados a campo (área visivelmente heterogênea) com o objetivo de verificar o desempenho desse material quanto a resistência a pinta-preta em tomateiro (Tabela 2). O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições e cinco plantas por parcela, no espaçamento de 1,0x0,5 m, sendo a parcela útil constituída pelas três plantas centrais, além de duas linhas externas de bordaduras (nas extremidades da área experimental) com material suscetível.

Tabela 2. Identificação dos genitores e dos híbridos utilizados no experimento.

Genitores	Híbridos	Híbridos
Grupo 1:	BGH-0674xBGH-0184	BGH-2065xBGH-2032
BGH-0674	BGH-0991xBGH-0184	BGH-2102xBGH-2032
BGH-0991	BGH-2008xBGH-0184	BGH-2144xBGH-2032
BGH-2008	BGH-2035xBGH-0184	BGH-2343xBGH-2032
BGH-2035	BGH-2057xBGH-0184	BGH-4309xBGH-2032
BGH-2057	BGH-2117xBGH-0184	BGH-0674xBGH-2080
BGH-2065	BGH-2343xBGH-0184	BGH-2035xBGH-2080
BGH-2102	BGH-0674xBGH-1497	BGH-2057xBGH-2080
BGH-2117	BGH-2035xBGH-1497	BGH-2065xBGH-2080
BGH-2144	BGH-2057xBGH-1497	BGH-2117xBGH-2080
BGH-2343	BGH-2117xBGH-1497	BGH-2343xBGH-2080
BGH-4309	BGH-4309xBGH-1497	BGH-4309xBGH-2080
BGH-6878	BGH-6878xBGH-1497	BGH-6878xBGH-2080
Grupo 2:	BGH-0674xBGH-2029	BGH-0674xBGH-2127
BGH-0184	BGH-2035xBGH-2029	BGH-2008xBGH-2127
BGH-1497	BGH-2065xBGH-2029	BGH-2035xBGH-2127

BGH-2029	BGH-2117xBGH-2029	BGH-2057xBGH-2127
BGH-2032	BGH-4309xBGH-2029	BGH-2102xBGH-2127
BGH-2080	BGH-0991xBGH-2032	BGH-2343xBGH-2127
BGH-2127	BGH-2057xBGH-2032	BGH-4309xBGH-2127

A semeadura do material foi realizada em bandejas de poliestireno expandido de 128 células contendo substrato comercial para hortaliças no dia 22 de janeiro de 2018, na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em manejo, produção, melhoramento e conservação de recursos fitogenéticos de hortaliças e sistemas agroecológicos, MFHA – “Horta Velha”, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG (20°45'14"S, 42°52'53"W, a 648,74 m de altitude). O transplante para o campo ocorreu dia 26/02/2018 quando as plântulas apresentavam quatro folhas definitivas, no espaçamento de 1,0 x 0,5 m. 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 por Alvarenga (2013) e a irrigação do experimento foi realizada por gotejamento. No dia 02/04/2018, 15 dias antes da inoculação de isolados de *Alternaria tomatophila*, as aplicações de fungicida na área experimental foram suspensas e permaneceram suspensas até o final das avaliações.

2.3 Obtenção e preparo dos isolados

Quarenta e cinco dias após o transplante, as plantas foram inoculadas com uma mistura de conídios de isolados de *Alternaria tomatophila*, provenientes de diferentes regiões da Zona da Mata Mineira, nos municípios de Cajuri, Coimbra, Ervália e Viçosa, para incorporar a maior variabilidade genética do patógeno, para seleção de genótipos com resistência quantitativa.

O processo de obtenção dos isolados de *Alternaria tomatophila* começou com a coleta de folhas com sintomas da pinta-preta. Essas foram acondicionadas em sacos de papel previamente identificados e transportados para o laboratório de Biologia de Populações de Fitopatógenos, do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, em caixa de isopor. Os fragmentos das folhas com sintomas da pinta-preta, juntamente com parte sadia da folha foram submetidos ao

tratamento de etanol 70% por 30 segundos, hipoclorito de sódio (2%) por 1 minuto e água destilada por 4 minutos, sendo 2 minutos em recipientes diferentes para uma limpeza mais eficiente do hipoclorito.

Os isolados foram cultivados em meio BDA para o crescimento micelial. Posteriormente eles foram cultivados em meio V8 CaCO₃ ágar (175 ml de suco V8, 3 g CaCO₃, 20 g ágar e 1 L de água) a 25 ± 2 °C, sob fotoperíodo de 12h. No quinto dia de incubação, foram adicionados 10 mL de água destilada e realizaram-se fermentos no micélio com alça de Drigalski. As placas foram mantidas sem tampa a 23 ± 2 °C, sob estrutura contendo cinco lâmpadas de luz negra 40W (Sylvânia® - 1,20 m de comprimento, distância de 3 cm entre si, posicionadas a 30 cm de altura das placas) por dois períodos de 24h, sendo cada período composto por um regime de fotoperíodo de 8h de luz negra e 16h de escuro. Os dois períodos foram consecutivos. Após esse tempo, foi transferido para uma placa contendo BDA apenas um conídio (monospórico) que, após germinado, teve seu micélio preservado usando papel filtro e água destilada esterilizada (Castellani, 1939; Valent *et al.*, 1986).

2.4 Inoculação do patógeno

Alguns dias antes da inoculação do experimento, com os isolados preservados e caracterizados por análise de PCR como *Alternaria tomatophila*, foram cultivados em meio BDA para o crescimento micelial e após cinco dias foram repicados para o meio V8 para a produção de esporos, no quinto dia de incubação, adicionou-se água destilada a cada placa e, com um pincel, retirou-se o micélio.

As placas foram mantidas sem tampa a 22±2 °C, sob seis lâmpadas de luz negra 40 W (Havells Sylvania Brasil Iluminação Ltda., São Paulo, SP), de 1,20 m de comprimento, distanciadas a 3 cm entre si e posicionadas a 30 cm de altura das placas, por 24 horas, em fotoperíodo de 16 horas de escuro e 8 horas de luz. Após esse período, os conídios foram removidos com a adição de 10 mL de água destilada em cada placa, seguida de raspagem superficial da colônia com escova de cerdas macias. A suspensão foi filtrada em dupla camada de gaze esterilizada e recolhida em um béquer, e a concentração da suspensão foi ajustada para 2x10³ conídios mL⁻¹.

A inoculação foi realizada dia 17 de abril de 2018 no período da tarde, por volta das 16h, com auxílio de pulverizador costal manual. Foram aplicados

aproximadamente 10 mL de suspensão por planta, tendo-se ajustado o tempo de aplicação em função da vazão do bico do pulverizador. Nos dias posteriores à inoculação e durante todo o período de avaliação, para garantir alta umidade ao ambiente, as plantas passaram a ser molhadas por microaspersores três vezes ao dia, às 9, 13 e 17h, por 20 min.

2.5 Avaliação da severidade da doença

Três dias após à inoculação, as avaliações foram iniciadas quanto à severidade da pinta-preta. Foram realizadas seis avaliações de três em três dias. No campo, três avaliadores (um para cada bloco) estimaram a severidade da doença com o auxílio de escala diagramática proposta por Duarte et al. (2013); variando de 1 a 10, correspondendo a 0,1%, 1%, 3%, 5%, 10%, 20%, 40%, 60%, 80% e 100% da área foliar lesionada, respectivamente. Foram atribuídas notas às folhas de cada planta e a nota final de cada planta foi constituída pela média das notas de suas folhas.

As notas médias de severidade da doença (obtidas na parcela útil) foram utilizadas para estimar a área abaixo da curva de progresso da pinta-preta (AACPD), segundo Campbell & Madden (1990), por meio da expressão: $AACPD = \left\{ \sum [(y_i + y_{i+1})/2] \cdot (t_{i+1} - t_i) \right\}$, em que y_i e y_{i+1} são as percentagens de área foliar lesionada observadas na avaliação i e na seguinte ($i+1$); t_i e t_{i+1} são os intervalos entre as avaliações; e n é número total de observações. Considerou-se como epidemia o tempo decorrido entre a primeira e a última avaliação. A seleção para resistência foi feita no sentido negativo, ou seja, quanto menor a AACPD maior o grau de resistência do indivíduo.

2.6 Caracteres de Fruto

Após as avaliações de pinta-preta os frutos foram colhidos e levados ao laboratório para a realização das análises de caracteres de frutos, respeitando para isso o estágio de maturidade fisiológica (frutos maduros). Os dados foram obtidos de amostras de três frutos por planta, considerando as três plantas centrais de cada parcela, colhidos no segundo cacho. As avaliações foram realizadas conforme normas analíticas propostas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

Na avaliação de formato de fruto, foi utilizado paquímetro digital da marca Stainless Worker e Digimess, com leitura em mm. A seção transversal, foi definida como diâmetro equatorial do fruto (DEF). Já o diâmetro longitudinal foi mensurado do pedúnculo até a região da cicatriz estilar (DLF).

Para a avaliação de firmeza (FF) utilizou-se penetrômetro manual de bancada da marca Force Gauge com ponteira de 8 mm de diâmetro, tomando-se uma leitura na região equatorial de cada fruto. No momento em que a superfície do fruto é perfurada pela ponteira, o registrador marca a força que foi utilizada, que é proporcional à firmeza do fruto. Os resultados foram expressos em N (Newton).

Na determinação dos parâmetros pH e sólidos solúveis totais (SST) as três amostras foram trituradas com o auxílio de um liquidificador da marca Arno, e assim, tornando uma amostra única. O pH foi tomado com a utilização de phmetro de bancada da marca Digimed calibrado seguindo a metodologia AOAC (1997). As medições foram realizadas diretamente na polpa obtida dos três frutos de cada genótipo. Os sólidos solúveis totais foram mensurados com a utilização de refratômetro digital HI 96801 da marca Hanna segundo a metodologia de AOAC (1997). Para cada amostra avaliada, foram depositadas uma pequena quantidade da polpa obtida sobre a lâmina de leitura do refratômetro. O valor de sólidos solúveis totais presentes na polpa foram mensurados em °Brix.

2.7 Análises genético-estatísticas

Como o cruzamento em esquema de dialelo parcial ficou desbalanceado geneticamente foi necessário o uso da análise de modelos mistos para prever os valores genéticos de capacidade geral e específica de combinação. O modelo utilizado foi baseado no proposto por Mohring et al (2011), conforme modelo a seguir: $y = Xb + Z1a1 + Z2a2 + W1d1 + W2d2 + e$, em que y é o vetor de dados; b é o vetor dos efeitos fixos de blocos somados às médias dos pais, testemunhas e híbridos; $a1$ é o vetor aleatório dos efeitos aditivos dos pais do grupo um (capacidade geral dos pais do grupo um); $a2$ é o vetor aleatório dos efeitos aditivos dos pais do grupo dois (capacidade geral dos pais do grupo dois); $d1$ é o vetor aleatório dos efeitos de dominância dos híbridos (capacidade específica de combinação dos híbridos); $d2$ é o vetor aleatório dos efeitos dos pais, e e é o efeito aleatório de resíduos; $Z1$, $Z2$, $W1$ e

W2 representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. Os componentes de variância foram estimados pela máxima verossimilhança restrita (REML) e sua significância foi obtida pelo cálculo da deviance. Já os valores genéticos foram preditos via melhor preditor linear não viesado (BLUP). As análises foram processadas no software ASReml 4.1 (Gilmour et al., 2015).

Os dados da AACPD e dos caracteres de frutos foram submetidos à análise de variância e posteriormente suas médias foram comparadas por meio do teste de Dunnett, a 5% de significância. Além disso, foram estimados os parâmetros genéticos para todas as variáveis estudadas. Análises realizadas no software Genes (Cruz, 2013).

Com o intuito de orientar o programa de seleção recorrente na formação da população base foram estimados os ganhos diretos da AACPD e os ganhos indiretos nos caracteres de frutos. As estimativas de ganhos foram obtidas por meio do estimador: $GS_i = DS_i \times h^2$, em que GS_i é o ganho de seleção direta predito para o caráter i ; DS_i é o diferencial de seleção praticado na população; e h^2 é a herdabilidade no sentido amplo. Para a seleção indireta, os ganhos foram estimados com a expressão: $GS_{i(j)} = DS_{i(j)} \times h^2$, em que $GS_{i(j)}$ é o ganho de seleção no caráter i pela seleção no caráter j ; $DS_{i(j)}$ é o diferencial de seleção indireta, em que a média dos selecionados é obtida em relação às progênies que apresentam superioridade para a variável auxiliar j ; e h^2 é o coeficiente de herdabilidade da variável principal i . Para evitar que exista superestimação devido a heterose, o cálculo do diferencial de seleção foi feito com a média da população selecionada pelos cinco melhores genótipos com base na CGC. Análise realizada no software Genes (Cruz, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Obteve-se variância significativa entre os efeitos da capacidade geral de combinação dos genitores do grupo 1 (CGC1) e dos pais em relação as nove características avaliadas. Já para os efeitos da capacidade geral de combinação dos genitores do grupo 2 (CGC2) não foi detectada variância significativa para a variável firmeza. Em última análise, os efeitos da capacidade específica de combinação entre os genitores dos diferentes grupos (CEC) para a firmeza não houve variância significativa. Nesses casos onde a variância não foi significativa observou-se baixa

acurácia, logo esses testes podem ter sido afetados por esse motivo (Tabela 3). O efeito significativo da CGC em um dialelo parcial é um indicador da diferença na concentração de alelos favoráveis entre os genitores do mesmo grupo e o efeito significativo da CEC indica a divergência genética entre genitores de grupos diferente.

Tabela 3. Componentes de variância e acurácias de nove caracteres, oriundos das combinações híbridas resultantes do cruzamento dialético parcial (12 x 6) desbalanceado geneticamente.

Componentes	GL	DEF	DLF	FF	SST	pH	AACPD
CGC (Grupo 1)	11	42,9625*	10,1014*	0,0829*	0,0188*	0,0005*	1301,65*
CGC (Grupo 2)	5	9,4533*	24,1494*	0,0000 ^{ns}	0,0130*	0,0012*	567,808*
CEC	39	0,1587*	5,5693*	0,0000 ^{ns}	0,0336*	0,0026*	184,555*
Pais	17	93,0225*	67,3945*	1,0324*	0,0292*	0,0115*	270,189*
Acurácia Média		0,5193	0,6754	0,2108	0,6455	0,6149	0,5839
AM de CGC1		0,9376	0,7671	0,3637	0,6373	0,4045	0,6630
AM de CGC2		0,8767	0,8694	0,0130	0,6759	0,6632	0,5371
AM de CEC		0,1460	0,5118	0,0104	0,6322	0,5736	0,3939
AM dos pais		0,9507	0,9132	0,6200	0,6705	0,8307	0,5774

DEF, diâmetro equatorial de fruto em mm; DLF, diâmetro longitudinal de fruto em mm; FF, firmeza de fruto em N; SST, sólidos solúveis totais em °Brix; pH; AACPD, área abaixo da curva de progresso da doença pinta-preta em %. * significativo a 5% pelo critério da deviance; ns não-significativo pelo critério da deviance.

Como a variável AACPD é a mais importante nesse estudo, faz-se necessário uma análise mais aprofundada dos resultados de capacidade combinatórios encontrados. Dessa forma, verificou-se que a variância aditiva do grupo 1, expressa pelo componente de variância da CGC do grupo 1, é comparativamente maior que a do grupo 2 as quais são comparativamente superiores a variância não aditiva expressa pela CEC (Tabela 3). Dessa forma a formação de uma população-base, a partir de genitores geneticamente superiores dos dois grupos é viável e tem potencial para proporcionar ganhos satisfatórios.

Com base nas predições dos valores genéticos da CGC de cada grupo para a AACPD (Tabela 4), os genitores com valores negativos do grupo 1 foram: BGH-0674, BGH-0991, BGH-2057, BGH-2065, BGH-2117, BGH-6878 e BGH-2102; e do grupo 2 foram: BGH-0184, BGH-2029 e BGH-2032. Entretanto, essas informações devem ser complementadas com estimativas de CEC, para a escolha dos genótipos mais divergentes.

A partir da maior CGC negativa (maior número de alelos favoráveis) chegou-se ao genitor BGH-2065 do grupo 1 e ao genitor BGH-2032 do grupo 2. A partir da CEC

pode-se selecionar os mais divergentes em relação a estes genitores, que são BGH-0991 e BGH-4309 do grupo 1 e BGH-2029 e BGH-2080 do grupo 2 (Tabela 4). Os genótipos identificados como fontes de resistência podem possibilitar a redução do progresso da doença no campo, das perdas decorrentes da doença e do número de aplicações de fungicidas para o seu controle. Desse modo, esses materiais apresentam potencial para serem incluídos em programas de melhoramento interpopulacional, para obtenção de híbridos superiores quanto à resistência à pinta-preta.

Tabela 4. Os valores genéticos preditos dos efeitos de capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para área abaixo da curva de progresso da doença pinta-preta (AACPD) entre genitores de tomateiro dos grupos 1 e 2.

G1/G2	BGH-0184	BGH-1497	BGH-2029	BGH-2032	BGH-2080	BGH-2127	CGC1
BGH-0674	-9,674	-6,563	5,320		-11,130	17,830	-0,602
BGH-0991	2,851			-32,020			-4,163
BGH-2008	6,344					3,292	1,375
BGH-2035	9,020	31,150	0,882		49,160	-12,850	11,040
BGH-2057	-24,640	-5,777		-21,830	58,300	-13,540	-1,070
BGH-2065			-25,260	-8,733	-33,730		-9,666
BGH-2117	-3,063	-3,465	-20,630		0,698		-3,777
BGH-2343	-10,310			-28,470	5,238	38,270	0,6735
BGH-4309		15,640	6,451	-28,610	42,690	-15,560	2,942
BGH-6878		-17,680			-20,490		-5,448
BGH-2102				10,490		-12,390	-0,2715
BGH-2144				62,800			8,964
CGC2	-6,132	2,768	-6,914	-9,644	18,870	1,050	

Alves et al. (2017) explicam que a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), baseada em uma série de seis avaliações ao longo do tempo, é amplamente utilizado por epidemiologistas em estudos de doenças policíclicas, especialmente aquelas referentes à resistência quantitativa de genótipos. Essas informações são importantes, uma vez que, segundo Kumar & Srivastava (2013), poucos estudos apresentam fontes de resistência a pinta-preta dentro da espécie cultivada de tomateiro. De acordo com esses mesmos autores, a maioria dos acessos resistentes à pinta-preta pertence à espécie *S. habrochaites*.

Além desses valores genéticos a heterose é uma característica altamente relevante para o melhor aproveitamento de uma população de trabalho. Santos et al. (2011) explicam que a heterose negativa, resultante do comportamento médio inferior

de um híbrido em relação à média de seus parentais, deve ser justificada pela dominância direcionada à redução da expressão do caráter, no caso de resistência a pinta-preta esse é o desejado. Nesse trabalho detectou-se 31 valores negativos e 9 positivos (Tabela 5), o que evidencia o alto potencial dos genitores utilizados neste estudo, já que existe controle predominante de desvios de dominância negativos para a herança da resistência a pinta-preta em tomateiro. Além disso, foi verificado heterobeltiose para resistência a pinta-preta para 22 híbridos experimentais, com destaque para os híbridos BGH-2029 x BGH-2065, BGH- BGH-2032 x BGH-0991, BGH-2032 x BGH-2343 e BGH-2032 x BGH-4309.

Tabela 5. Heterose resultante do cruzamento entre dois grupos de genitores de tomateiro, com relação a área abaixo da curva de progresso da doença pinta-preta (AACPD).

G1/G2	BGH-0184	BGH-1497	BGH-2029	BGH-2032	BGH-2080	BGH-2127	Média
BGH-0674	-48,3	-66,15	3,55		-40,65	34,25	106,70
BGH-0991	-26,9			-59,4			107,00
BGH-2008	-14,55					-14,7	150,60
BGH-2035	-13,1	6,95	-7,35		77,45	-28,95	134,10
BGH-2057	-72,8	-59,25		-30,05	103,05	-22,95	95,10
BGH-2065			-47,75	0,35	-76,05		69,30
BGH-2117	-43,75	-68,6	-56,8		-25,7		117,60
BGH-2343	-33,05			-32,1	-12,2	91,5	76,20
BGH-4309		-32,5	-4,8	-59,5	56	-42,9	135,00
BGH-6878		-76,2			-47,2		72,80
BGH-2102				-18,35		-73,35	202,10
BGH-2144				120,7			151,00
Média	138,10	204,00	92,60	56,80	167,00	97,00	
Santa Clara	108,70						

No experimento realizado evidenciou-se a existência de diferença significativa entre os genótipos em relação aos caracteres de frutos (tamanho, firmeza, sólidos solúveis totais e pH) e em relação AACPD (Tabela 6), demonstrando a presença de variabilidade genética, ponto de partida para um programa de melhoramento. No entanto, quando as médias dos caracteres de frutos e AACPD avaliados foram comparadas com as médias da testemunha não foi encontrado diferença significativa pelo teste de Dunnett a 5% de significância, o que demonstra que a cultivar Santa Clara apresenta um valor intermediário em relação a todas as características. No caso dos caracteres de frutos avaliados nesse experimento, todos os genótipos que compõe a população de estudo apresentam padrões de formato (DEF e DLF), sólidos solúveis totais (SSL), firmeza (FF) e pH estatisticamente iguais a Santa Clara, o que

é uma vantagem, pois programas de melhoramento de tomateiro para resistência a doenças tem como gargalo a perda de qualidade de fruto.

Já no caso da AACPD, como não houve diferença significativa entre os genótipos avaliados e a cultivar Santa Clara, conclui-se que para esse caractere de avaliação de resistência a pinta-preta essa cultivar não é a mais indicada como testemunha suscetível. Grigolli et al. (2011) usando da mesma testemunha encontrou acessos do BGH/UFV com padrão de suscetibilidade maior que a cultivar Santa Clara.

Tabela 6. Análise de variância e estimativas de parâmetros genéticos de nove caracteres avaliados em 59 genótipos (uma testemunha, 18 linhagens e 40 híbridos F1 de tomateiro).

FV	GL	DEF	DLF	FF	SST	pH	AACPD
Blocos	2	37,7064	25,5825	4,1233	0,0503	0,0132	118296,3
Genótipos	58	149,492**	163,482**	6,7580*	0,2519**	0,0398**	7905,244**
Resíduo	116	12,5694	26,8205	4,5301	0,0965	0,0127	3874,325
Média		52,37	48,24	13,24	3,84	4,12	107,26
CV(%)		6,77	10,74	16,08	8,09	2,74	58,03
CVg(%)		12,9	13,99	6,51	5,93	2,31	34,17
CVg/CVe		1,91	1,3	0,40	0,73	0,84	0,59
S ² genética		45,6408	45,5537	0,7426	0,0518	0,009	1343,64
S ² ambiental		12,5694	26,8205	4,5301	0,0965	0,0127	3874,325
Herdabilidade(%)		91,59	83,59	32,97	61,68	68,01	50,99
GS(dir)							-11,5077
GS(ind)		-4,7147	0,5267	0,4577	0,1000	0,099	

DEF, diâmetro equatorial de fruto em mm; DLF, diâmetro longitudinal de fruto em mm; FF, firmeza de fruto em N; SST, sólidos solúveis totais em °Brix; pH; AACPD, área abaixo da curva de progresso da doença pinta-preta em %. ** e * significativos a 1 e 5% respectivamente; pelo teste F; ns não-significativo pelo teste F.

Os coeficientes de variação (CV) para as características de fruto e AACPD variaram de 2,74% a 58,03% (Tabela 6). Sendo que este último refere-se ao coeficiente de variação para AACPD, valor superior ao encontrado por Catão et al. (2017). Uma explicação para esse elevado coeficiente de variação pode estar associado à elevada influência ambiental dessa característica devido à dificuldade de homogeneidade nas notas atribuídas a um mesmo tratamento. Alta variabilidade genética, altas estimativas de herdabilidade (h^2) e a relação CVg/CVe superior a “um” refletem uma situação favorável à seleção. As herdabilidades encontradas nesse experimento variaram de 32,97% a 91,59%, já a relação CVg/CVe variou de 0,40 a 1,91.

A resistência a pinta-preta é uma característica complexa (interação não

aditiva) de herança quantitativa (governada por vários genes onde a planta produz barreiras físicas e químicas que impedem parcialmente a penetração, infecção e colonização pelo patógeno) de baixa herdabilidade (Foolad et al., 2008). Diante disso com relação a AACPD, que se trata da característica mais importante nessa pesquisa obteve-se herdabilidade na ordem de 55,99% (Tabela 6) e a estimativa do ganho de seleção direto foi negativa (-11,5077) com base nos genótipos BGH-2065, BGH-2032, BGH-2029, BGH-0184 e BGH-6878, que apresentaram as cinco maiores e negativas capacidades gerais de combinação, demonstrando, de uma maneira geral, o alto potencial genético para resistência à pinta-preta em tomateiro dos genitores dessa população de trabalho. Já os ganhos indiretos nas características de frutos foram positivos, o que significa que para esse primeiro ciclo de seleção não existe perda para diâmetro longitudinal de fruto, firmeza de fruto, sólidos solúveis totais em °Brix e pH, no entanto para diâmetro equatorial de fruto houve ganho negativo (-4,7147) o que indica que para essa característica ao melhorara para resistência a pinta-preta existe perda em DEF.

Paralelo ao encontrado por Grigolli et al. (2011) em estudos de caracterização no BGH/UFV onde os acessos BGH-2057, BGH-2035, BGH-2065, BGH-2008, e BGH-2032 foram classificados como possíveis fontes de resistência para pinta-preta, com base em teste de comparação de médias. Tem-se esse estudo de capacidade combinatória, fortalecendo a ideia do uso dos híbridos BGH-2065 x BGH-2032, BGH-2065 x BGH-2029, BGH-2057 x BGH-2032, BGH-2057 x BGH-0184 e BGH-0991 x BGH-2032 em programas de melhoramento, as populações segregantes oriundas desses cruzamentos são promissoras na extração de linhagens com resistência à pinta-preta e caracteres agronômicos desejáveis.

4. CONCLUSÕES

- Com base nesse estudo que evidenciou heterose e uma população de trabalho com alta variabilidade genética, sugere-se como ferramenta para o melhoramento um programa de Seleção Recorrente Interpopulacional com o objetivo de obter híbridos resistentes à pinta-preta em tomateiro.
- Para isso recomenda-se a formação de duas populações base com os genitores BGH-2065, BGH-2057 e BGH-0991 no grupo 1 e os genitores BGH-2032, BGH-

2029 e BGH-0184 no grupo 2, garantindo desta forma alta diversidade genética e alta frequência de alelos favoráveis nos sucessivos ciclos de seleção desse programa.

CAPÍTULO 3

SELEÇÃO DE GENITORES VISANDO RESISTÊNCIA À REQUEIMA EM TOMATEIRO

RESUMO – A requeima é uma das doenças foliares mais devastadoras do tomateiro e no Brasil não estão disponíveis cultivares de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) resistentes a esse patógeno. Diante disso, esse estudo teve como objetivo, utilizando as capacidades gerais e específicas de combinação obtidas de uma análise dialélica parcial, selecionar genótipos de tomateiro resistentes à requeima para compor futuros programas de melhoramento genético. Primeiramente foi conduzido um dialelo parcial (3 x 12) entre três híbridos comerciais e doze acessos de *Solanum lycopersicum* pertencentes ao Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa (BGH-UFV) e posteriormente o desempenho dos genitores, combinações híbridas e uma testemunha suscetível (Santa Clara) foram avaliados em campo, na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão “Horta Velha” da UFV, em Viçosa-MG, em delineamento de blocos ao acaso com três repetições e cinco plantas por parcela, das quais avaliaram-se as três plantas centrais. A porcentagem de severidade final da requeima foi estimada atribuindo-se notas às folhas de cada planta, de acordo com escala diagramática e os dados de porcentagem final de severidade da requeima foram submetidos à análise dialélica parcial. Com base na capacidade geral de combinação os genitores BGH-0184 e BGH-2065 se destacaram quanto à frequência de alelos favoráveis quanto à severidade da requeima, sendo recomendados em programas de melhoramento intrapopulacional. Já com base na capacidade específica de combinação o cruzamento entre os genitores Laura x BGH-0184 apresentou divergência genética, sendo indicado na extração de linhagens superiores quanto à resistência à requeima.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*; *Phytophthora infestans*; melhoramento

genético; recursos genéticos.

PARENTAL SELECTION FOR RESISTANCE TO LATE BLIGHT IN TOMATO

ABSTRACT - Late blight is one of the most devastating leaf diseases of tomato and in Brazil there are no tomato cultivars (*Solanum lycopersicum*) resistant to this pathogen. Therefore, this study aimed, using the general and specific combining abilities obtained from a partial diallel analysis, to select tomato genotypes resistant to late blight to compose future breeding programs. First, a partial diallel (3 x 12) was conducted between three commercial hybrids and twelve accessions of *Solanum lycopersicum* belonging to the Germplasm Bank of Vegetables of the Federal University of Viçosa (BGH-UFV) and later the performance of the parents, hybrid combinations and a witness susceptible (Santa Clara) were evaluated in the field, at the Teaching, Research and Extension Unit “Horta Velha” at UFV, in Viçosa-MG, in a randomized block design with three replications and five plants per plot, from which were evaluated the three central plants. The percentage of final blight severity was estimated by assigning notes to the leaves of each plant, according to a diagrammatic scale, and the data on the final percentage of blight severity were subjected to partial diallel analysis. Based on the general combining ability, the parents BGH-0184 and BGH-2065 stood out in terms of the frequency of favorable alleles as to the severity of late blight, being recommended in intrapopulation breeding programs. Based on the specific combining ability, the crossing between the parents Laura x BGH-0184 showed genetic divergence, being indicated in the extraction of superior strains in terms of resistance to late blight.

Keywords: *Solanum lycopersicum*; *Phytophthora infestans*; plant-breeding; genetic resources.

1. INTRODUÇÃO

A requeima é uma das principais doenças foliares da cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum*), causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) de

Bary. Nowick et al. (2012) relatam que este patógeno é um dos mais destrutivos do tomateiro cultivado, o que resulta em perdas significativas na produção da cultura, uma vez que a maioria das cultivares de tomate disponíveis no país são suscetíveis à requeima.

A ausência de cultivares resistentes à *P. infestans* se deve à dificuldade de trabalhar com esse patógeno, em programas de melhoramento, em razão da alta variabilidade das raças do patógeno (Arafa et al., 2017). Além disso, alguns trabalhos indicam que a herança associada à resistência à requeima seja quantitativa (Abreu et al., 2008) e, existe a dificuldade de se identificar fontes de resistência a esse patógeno em tomateiro.

Alguns genes de resistência à requeima foram identificados nas espécies silvestres *Solanum habrochaites* S.Knapp & D.M. Spooner (Brower et al., 2004) e *Solanum pimpinellifolium* (Foolad et al., 2014). Contudo, quando as fontes são da mesma espécie que se deseja melhorar, há maior facilidade de cruzamentos para transferência de genes e a recuperação mais rápida das características agrônômicas desejadas (Adalid et al., 2012). Nesse contexto, busca-se por fontes de resistência em acessos pertencentes à espécie *S. lycopersicum*.

O sucesso de um programa de melhoramento por hibridação depende da escolha de genitores que possibilite a obtenção de populações segregantes com média desejável e variabilidade suficiente para o caráter sob seleção (Ramalho et al., 2012). Dentre os métodos de seleção de genitores e ou populações segregantes destacam-se os cruzamentos dialélicos (Cruz et al., 2004). Estes utilizam o desempenho *per se* dos genitores, associados ao desempenho de seus híbridos. A escolha dos potenciais genitores é feita com base nos valores genéticos, e principalmente, na capacidade de se combinarem em híbridos que produzam populações segregantes promissoras para a característica de interesse (Fehr, 1987).

Sendo assim, este estudo teve como objetivo utilizar análise dialélica para selecionar genótipos de tomateiro resistentes à requeima para compor futuros programas de melhoramento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material genético

Trinta e seis combinações híbridas obtidas a partir de um cruzamento em esquema de dialelo parcial (3x12) foram utilizadas nesse estudo. O grupo 1 do dialelo parcial, utilizado como receptor de pólen, foi composto por três cultivares (os híbridos simples Laura, Tyna e Valerin). Já o grupo 2, utilizado como doador de pólen, foi composto por doze acessos de *Solanum lycopersicum* L. do Banco de Germoplasma de Hortaliças (BGH) da Universidade Federal de Viçosa (Tabela 1). Esses acessos foram selecionados com base em artigos publicados, que os classificaram como “possível fonte de resistência” para mais de um praga e doença, são elas: pinta-preta, requeima, geminivirus, mosca-branca, mosca minadora e traça-do-tomateiro; tendo como foco principal a requeima e a pinta-preta.

Tabela 1- Identificação dos acessos de *Solanum lycopersicum* L., oriundos do BGH-UFV utilizados como genitores do grupo 2 do dialelo parcial

Acesso	Origem	Nome comum	Data de coleta
BGH-0184	Vitória de Santo Antão, PE	Tomate bilocular	27/09/1966
BGH-0674	São Gonçalo do Sapucaí, MG	Tomate miado	15/12/1966
BGH-1497	São Paulo, SP (CAC)	Tomate Santa Cruz	10/01/1967
BGH-2008	Universidade de Purdue, USA	IVV 145-1-1-2-1-11	01/11/1966
BGH-2029	Universidade de Purdue, USA	Heinz 1630	01/11/1966
BGH-2032	Universidade de Purdue, USA	PI 112835	01/11/1966
BGH-2035	Universidade de Purdue, USA	Cusda 65 B 310	01/11/1966
BGH-2065	Universidade de Purdue, USA	VR Sugawaner	01/11/1966
BGH-2080	Universidade de Purdue, USA	Kineanly	01/11/1966
BGH-2117	Universidade de Purdue, USA	PI 280060	01/11/1966
BGH-2127	Universidade de Purdue, USA	Corly Finelall	01/11/1966
BGH-2343	Universidade de Purdue, USA	Red Toh	01/11/1966

2.2 Local e condução do experimento

O experimento foi instalado na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em manejo, produção, melhoramento e conservação de recursos fitogenéticos de hortaliças e sistemas agroecológicos, MFHA – “Horta Velha”, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG (20°45'14"S, 42°52'53"W, a 648,74 m de altitude).

A semeadura foi realizada no dia 20/08/2018 em bandejas de poliestireno expandido de 128 células contendo substrato comercial para hortaliças. O transplante para o campo foi realizado quando as plantas estavam com quatro folhas definitivas, dia 11/10/2018, no espaçamento de 1,0 x 0,5 m. As plantas foram conduzidas com uma única haste e tutoradas com fitilho na vertical.

Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com três repetições e cinco plantas por parcela, sendo a parcela útil constituída pelas três plantas centrais. Foram avaliados 36 híbridos F₁'s e 15 genitores, a cultivar Santa Clara foi utilizada como testemunha suscetível e o genitor BGH-2127 como testemunha resistente, de acordo com Laurindo et al. (2018), totalizando 52 tratamentos.

A irrigação do experimento foi realizada por gotejamento. Os tratamentos culturais foram realizados de acordo com o recomendado para a cultura por Alvarenga (2013).

2.3 Avaliação da severidade da requeima

A aplicação de fungicidas foi suspensa dia 13/11/2018, e em decorrência da alta incidência de chuvas avaliou-se a severidade da requeima dia 4/12/2018, quando se observou as bordaduras com 77% de área foliar lesionada.

A porcentagem de severidade da requeima foi estimada atribuindo-se notas às folhas de cada planta, de acordo com escala diagramática proposta por Corrêa et al. (2009), variando de 0 a 6, correspondendo a 0%, 3%, 12%, 22%, 40%, 60% e 77% da área foliar lesionada, respectivamente. A nota final de cada planta foi constituída pela média das notas de suas folhas.

2.4 Análises genético-estatísticas

Os dados de porcentagem de severidade da requeima foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, a 5% de significância. Assim como suas médias (testemunhas, genitores e combinações híbridas) foram agrupadas por meio do teste de Scott e Knott, a 5% de significância. Também foi realizada análise dialélica parcial, de acordo com o modelo estatístico de Geraldi e Miranda Filho (1988), em uma adaptação do modelo proposto por Griffing (1956), conforme modelo a seguir: $Y_{ij} = \mu + \frac{1}{2}(d_1 + d_2) + g_i + g'_j + s_{ij} + e_{ij}$, em que Y_{ij} é a média do cruzamento que inclui o i-ésimo genitor do grupo 1 e o j-ésimo genitor do grupo 2; μ é a média geral do dialelo; d_1 e d_2 são os contrastes que incluem as médias dos grupos 1 e 2 e a média geral; g_i é o efeito da capacidade geral de combinação do i-ésimo genitor do grupo 1; g'_j é o efeito da capacidade geral de combinação do j-ésimo genitor do grupo 2; s_{ij} é o efeito da capacidade específica de combinação entre o i-ésimo genitor do grupo 1 e j-ésimo

genitor do grupo 2; e e_{ij} é o erro experimental médio. As análises estatísticas foram realizadas no software Genes (Cruz, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variancia foi detectada diferença significativa entre os genótipos para a porcentagem de severidade da requeima. Pelo teste de Scott e Knott houve a formação de dois grupos. O primeiro grupo “a” onde a testemunha suscetível (cultivar Santa Clara) ficou alocada, sendo o grupo mais suscetível à requeima e o grupo “b” onde a testemunha resistente ficou alocada (BGH-2127) ficando com os materiais mais resistentes à requeima. Entre os genótipos do grupo “b” os híbridos Laura x BGH-0184 e Laura x BGH-2008 se destacaram com as menores porcentagens de severidade da doença (Tabela 2). Entre os doze acessos, apenas três BGH-2029, BGH-2032 e BGH-2080, foram alocados no grupo mais suscetível à requeima.

Tabela 2. Média da porcentagem de severidade da requeima, causada por *Phytophthora infestans* em tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), de uma testemunha suscetível (cultivar Santa Clara), 36 híbridos experimentais F1 e 15 genitores, sendo o genitor BGH-2127 padrão de resistência.

Tratamentos	Média (%)	Grupo	Tratamentos	Média (%)	Grupo
BGH-2029	59	a	BGH-0674	41	b
BGH-2080	53	a	BGH-1497	41	b
Laura	53	a	BGH-2008	41	b
Santa Clara	53	a	BGH-2035	41	b
Laura x BGH-2029	53	a	Tyna	41	b
Laura x BGH-2032	53	a	Tyna x BGH-0184	41	b
Tyna x BGH-2080	53	a	Valerin x BGH-0674	41	b
Tyna x BGH-2343	53	a	Valerin x BGH -1497	41	b
Valerin x BGH-2343	53	a	Valerin x BGH -2032	41	b
Tyna x BGH-2035	52	a	Tyna x BGH-2065	41	b
Tyna x BGH-2029	47	a	Valerin x BGH-2065	41	b
Valerin x BGH-2117	47	a	Valerin x BGH-2080	41	b
Valerin x BGH- 2127	47	a	Tyna x BGH- 2117	41	b
BGH-2032	47	a	Tyna x BGH-0674	40	b
Valerin	47	a	Laura x BGH-1497	40	b
Laura x BGH-0674	47	a	Tyna x BGH-2008	40	b
Valerin x BGH-2008	47	a	Tyna x BGH-2032	40	b
Valerin x BGH-2029	47	a	Laura x BGH- 2035	40	b
Valerin x BGH -2035	47	a	Tyna x BGH- 2127	40	b

Laura x BGH-2080	47	a	BGH-0184	35	b
Laura x BGH-2117	47	a	BGH-2343	35	b
Laura x BGH-2127	47	a	BGH-2065	34	b
			BGH-2117	34	b
			Valerin x BGH-0184	34	b
			Tyna x BGH-1497	34	b
			Laura x BGH-2065	34	b
			Laura x BGH-2343	34	b
			Laura x BGH-0184	28	b
			Laura x BGH-2008	28	b
			BGH-2127	28	b

Médias seguidas de letras iguais pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott a 5% de significância

Da suspensão dos fungicidas (13/11/2018) até a avaliação de severidade da requeima (4/12/2018), as temperaturas médias em Viçosa variaram de 16 a 29°C, e a umidade relativa média foi de 90%, havendo chuvas durante o período no município (UFV, 2020). Tais valores, relacionados às variáveis climáticas, são considerados adequados ao desenvolvimento de *P. infestans* no campo segundo Foolad et al. (2008). Esses autores descreveram que esse patógeno exige um desenvolvimento ótimo de temperaturas relativamente baixas (12 - 25°C), alta umidade relativa do ar (90%) e molhamento foliar, podendo ocorrer em regiões de clima quente, desde que as noites sejam frias.

Esses resultados indicam que embora não tenha sido realizada a inoculação artificial do patógeno em campo, as condições foram adequadas para o desenvolvimento natural da doença em campo. Segundo Solankey et al. (2017) a avaliação de doenças em condições naturais de ocorrência é um procedimento confiável por apresentar condições ambientais adequadas tanto para hospedeiro como para patógeno, permitindo realizar uma boa discriminação dos genótipos envolvidos na avaliação.

Com a incidência natural de *P. infestans* não foi possível a avaliação através da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) como proposto por Madden et al. (2007) e comumente utilizada para avaliação da severidade de requeima em tomateiro. Contudo, Gopal & Singh (2003) discorrem que embora a AACPD seja rotineiramente utilizada, essa metodologia também apresenta limitações como: o grande número de avaliações por experimento, sobretudo nos casos que

envolvem a avaliação de grande número de genótipos; a influência do período de observação nos resultados; e o menor número de classes para descrever o nível de resistência dos genótipos. Diante disso, Alves et al. (2017) encontraram correlação de 94% usando apenas duas avaliações. Demonstrando que o mais importante nesses estudos é o uso das escalas diagramáticas, que segundo Akathar et al. (2012) apresentam a maior discriminação entre os genótipos sendo indicados como eficientes na avaliação quanto à severidade da requeima do tomateiro.

O coeficiente de variação experimental (CV) situou-se abaixo de 21% para a característica avaliada, indicando boa precisão experimental (Tabela 3). Esses valores estão abaixo dos relatados para experimentos desta natureza, como relatados por Nick et al. (2014) e Laurindo et al. (2016), na avaliação da severidade da requeima. Os autores citados obtiveram valores de CV experimental de 37,09 e 47,05, respectivamente.

Tabela 3. Análise de variância da porcentagem final de severidade da requeima no tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), para um dialelo parcial (3 x 12)

FV	GL	SQ	QM	F	P-Valor
TRATAMENTOS	50	8053,3460	161,0669	2,0280**	0,0014
GRUPOS	1	307,5233	307,5233	3,8721*	0,0519
CGC G1	2	27,5139	13,7569	0,1732 ^{ns}	100
CGC G2	11	3370,8690	306,4426	3,8585**	0,0001
CEC	36	4347,4400	120,7622	1,5206*	0,0539
RESÍDUO	100	7941,9870	79,4199		
CV(%)	20,92				
Média geral (%)	42,60				
Média G1 (%)	46,89				
Média G2 (%)	40,58				
Média Híbridos (%)	42,92				

FV, fonte de variação; GL, grau de liberdade; SQ, soma de quadrado; QM, quadrado médio; F, teste F; CGC G1, capacidade geral de combinação do grupo 1; CGC G2, capacidade geral de combinação do grupo 2 e CEC, capacidade específica de combinação. ^{ns}Não significativo. **Significativo pelo teste F, a 1%. *Significativo pelo teste F, a 5%.

Os graus de liberdade da fonte de variação “tratamentos” foram desdobrados no contraste entre a média dos genitores dos dois grupos (G₁ x G₂) e, nos efeitos de capacidade geral (grupo 1 e 2) e específica de combinação (Tabela 3). O contraste

entre os grupos foi significativo, indicando diferenças genotípicas entre os grupos. Comparando as médias de severidade da doença verificou-se a superioridade do grupo 2 em relação ao grupo 1, pois o grupo 2 apresentou menor média de severidade da doença. Vale lembrar que neste caso o interesse é em notas menores, que traduzem menor severidade da doença. Esses resultados eram esperados, pois os genitores do grupo 1 foram selecionados por apresentarem características agrônomicas de interesse, no entanto, são suscetíveis à requeima. Já no grupo 2, foram selecionados genótipos (acessos) do BGH-UFV, como potenciais fontes de resistência à requeima. O uso dos dialelos parciais apresenta como uma das principais vantagens a maximização da exploração dos cruzamentos entre grupos de genitores que são complementares em relação a fenótipos desejáveis (Miranda Filho & Geraldi, 1984). Nesse caso, objetiva-se obter genótipos de tomate com características agrônomicas desejáveis e resistentes à requeima.

Quanto às estimativas dos efeitos de capacidade geral dos genitores, apenas a CGC do grupo 2 foi significativa (Tabela 3). Esses resultados indicam diferença na concentração de alelos favoráveis apenas entre os genitores do grupo 2. Os genitores BGH-0184 e BGH-2065 se destacaram com a maior frequência de alelos favoráveis dentro do grupo 2, considerando que as frequências alélicas nos genitores de um grupo são relativas aos genitores do outro grupo (Tabela 4). Nesse caso, interessam as estimativas com valores negativos e notas de severidade à requeima menores ou iguais à 41% que são os genitores BGH-0184, BGH-0674, BGH-1497, BGH-2008, BGH-2065, BGH-2117 e BGH-2127. Esses resultados são indicativos do potencial desses genitores como fonte de resistência à requeima em programas de melhoramento intrapopulacional.

Tabela 4. Efeito da capacidade geral de combinação (CGC) do grupo 1 e 2 e da capacidade específica de combinação (CEC) para a porcentagem de severidade final da requeima no tomateiro (*Solanum lycopersicum*) com base em um dialelo parcial (3x12).

	Laura	Tyna	Valerin	CGC (Grupo 2)
BGH-0184	-9,3739	3,3136	-4,2906	-5,4167
BGH-0674	4,0547	-2,5912	-2,8620	-0,1786
BGH-1497	-0,8025	-6,7816	-1,0525	-1,9881
BGH-2008	-12,8025	-0,7816	4,9475	-1,9881
BGH-2029	2,6261	-3,3531	-4,9572	7,9167
BGH-2032	8,0547	-5,2578	-5,5287	2,4881

BGH-2035	-4,2787	8,0755	1,4713	1,4881
BGH-2065	-4,9930	1,6945	0,7570	-3,7976
BGH-2080	-1,4691	5,2184	-8,3858	5,3452
BGH-2117	4,9118	-1,0674	4,6618	-1,0357
BGH-2127	6,7213	0,0755	6,4713	-2,8452
BGH-2343	-8,8025	10,5517	9,6142	0,0119
CGC (Grupo 1)	-0,2986	-0,3194	0,6181	
DP(Sij)	4,6177			
DP(Gi)	1,0503			
DP(Gj)	1,8619			

DP(Gi) e DP(Gj), desvio-padrão associado aos efeitos de CGC 1 e CGC 2, respectivamente; DP(Sij), desvio-padrão associado ao efeito de CEC.

A estimativa dos efeitos da capacidade específica de combinação foi significativa, indicando divergência genética entre genitores (Tabela 3). Para fins de melhoramento, o cruzamento entre os genitores Laura x BGH-0184 se destacou quanto à severidade da requeima (Tabela 4). As populações segregantes oriundas desse cruzamento são promissoras na extração de linhagens com resistência à requeima e caracteres agrônômicos desejáveis.

Segundo Hallauer & Miranda Filho (1998) as estimativas de CGC dependem da diferença genética de genitores e do efeito médio de substituição alélica no outro grupo e estão associadas aos efeitos aditivos. A CEC, por sua vez, é função dos efeitos de dominância e do produto das diferenças alélicas dos genitores de grupos opostos fazendo com que as mesmas estejam relacionadas aos efeitos de dominância e epistáticos.

Os resultados evidenciaram maior importância dos efeitos aditivos em relação aos efeitos de dominância, expressa pela superioridade do quadrado médio da CGC do grupo 2 em relação ao quadrado médio da CEC (Tabela 3). Resultados semelhantes também foram encontrados por Tung et al. (2018), que destacaram que na herança da resistência a requeima, as ações gênicas aditivas são mais importantes. Para fins de melhoramento, esses resultados indicam que a seleção deve ser realizada, preferencialmente em gerações mais recentes em razão da maior contribuição dos efeitos aditivos.

Laurindo et al. (2016) relatam predominância de efeitos gênicos não aditivos no controle genético da resistência à requeima avaliada pela AACPD através de análise dialélica. Contudo, em estudo de herança envolvendo a espécie *Solanum habrochaites* por Copati et al. (2019) revelaram que a herança de resistência à

P.infestans na espécie em questão é conferida por um gene com efeitos aditivos e de dominância, além do efeito ambiental. Da mesma forma Grisales-Vásquez & Cotes-Torres (2019), com base na capacidade geral e específica de combinação de cultivares elite de *Solanum phureja*, encontraram os melhores genitores e as melhores combinações híbridas para resistência à *P.infestans*.

Considerando a média de genitores e híbridos foram observados desvios positivos e negativos, indicando que genes recessivos e dominantes respectivamente estão envolvidos no controle genético da resistência à requeima do tomateiro (Tabela 5). Desvio de dominância bidirecional no controle genético da requeima também foi relatado por Laurindo et al. (2016) e Elsayed et al. (2012). A ocorrência de genes recessivos e dominantes no controle genético de uma característica é um complicador para o melhoramento de plantas. Uma estratégia que pode ser realizada é avançar gerações de modo que se determinem os alelos recessivos e dominantes, para efetivar a seleção.

Tabela 5. Estimativas da heterose percentual média para severidade da requeima em tomateiro (*Solanum lycopersicum*) com base em um dialelo parcial (3x12).

	Laura	Tyna	Valerin
BGH-0184	-16	3	-6,6667
BGH-0674	-0,3333	-0,6667	-3
BGH-1497	-7	-6,6667	-3
BGH-2008	-19	-0,6667	3
BGH-2029	-2,8333	-2,5	-6,1667
BGH-2032	3,3333	-3,6667	-6
BGH-2035	-7	11,6667	3
BGH-2065	-9,6667	3,3333	0,3333
BGH-2080	-6,6667	6,3333	-9,3333
BGH-2117	3	3,3333	7
BGH-2127	6	5,6667	10
BGH-2343	-10	15,6667	12,6667

Em plantas autógamas, a escolha das populações com alta frequência de alelos favoráveis e alta variabilidade genética maximizam as chances de sucesso no programa de melhoramento (Ramalho et al., 2005). Nesse sentido, as estimativas de capacidade geral e específica de combinação em um dialelo, que é função da frequência de alelos favoráveis e da divergência entre os genitores cruzados, respectivamente, permitem a escolha de potenciais genitores e ou populações

segregantes visando o melhoramento quanto à resistência à requeima em tomateiro.

Nos casos que envolvem o melhoramento de características complexas, muitos melhoristas tem obtido sucesso utilizando a estratégia de seleção recorrente (Ramalho et al. 2005). A seleção recorrente é um processo que envolve a obtenção de indivíduos ou famílias, avaliação, seleção e intercruzamento dos melhores, visando aumentar a frequência dos alelos favoráveis e, conseqüentemente, melhorar a expressão da seleção de caracteres. Amaro et al. (2007) relataram progresso genético de 6,4% por ciclo de seleção fenotípica recorrente para resistência à mancha angular em feijão. Haynes & Qu (2019) observaram que a herdabilidade no sentido restrito para resistência a requeima foi diminuendo com os sucessivos ciclos de seleção recorrente e que a herdabilidade no sentido amplo se manteve alta.

4. CONCLUSÕES

- Os genótipos BGH-0184 e BGH-2065 se destacaram em relação a frequência de alelos favoráveis quanto à severidade da requeima do tomateiro, sendo indicado em caso de melhoramento intrapopulacional.
- O cruzamento entre os genitores Laura x BGH-0184 apresentou divergência genética e alta frequência de alelos favoráveis, sendo indicada na extração de linhagens superiores quanto à resistência à requeima.
- A estratégia de seleção recorrente se apresenta como uma estratégia promissora no melhoramento visando resistência à requeima do tomateiro.

CONCLUSÕES GERAIS

- Usando o agrupamento multivariado de curvas de progresso da doença pinta-preta e usando a capacidade geral de combinação, chegou-se aos genitores BGH-2032 e BGH-2065, como sendo os mais promissores para compor futuros programas de melhoramento.
- Da mesma forma, usando o agrupamento multivariado de curvas de progresso da doença pinta-preta e usando a capacidade específica de combinação, chegou-se aos híbridos BGH-2065 x BGH-2032 e BGH-2057 x BGH-2032 como sendo os mais promissores para compor futuros programas de melhoramento.
- No caso de programas de melhoramento que tenham interesse em trabalhar com pinta-preta e requeira ao mesmo tempo, os genitores BGH-0184 e BGH-2065 se destacaram com altas capacidades gerais de combinação para as duas doenças.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, F. B.; SILVA, D. J. H. das; 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.; ROSELLÓ, S.; VALCÁRCEL, M.; NUEZ, F. Analysis of the genetic control of β -carotene and L-ascorbic acid accumulation in an orange-brownish wild cherry tomato accession. **Euphytica**, v.184, p.251-263, 2012.
- ADHIKARI, P.; OH, Y.; PANTHEE, D. R. Current Status of Early Blight Resistance in Tomato: An Update. **International Journal of Molecular Sciences**, v.18, n.10, p. 2019-2041, 2017.
- AGUILERA, J. G.; HURTADO, F. D.; RAMOS-SOBRINHO, R.; ALMEIDA, V. S.; TAVARES, S. S.; NICK, C.; SOARES, M. O.; XAVIER, C. A. D.; FREITAS, R. D.; ALVARES, G. M.; ZERBINI, F. M.; SILVA, D. J. H. Response of tomato (*Solanum* L. section *Lycopersicon* Mill.) germplasm to begomovirus inoculation under controlled and field conditions. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.61, p. 435-450, 2014.
- AKHTAR, K. P.; SALEEM, M. Y.; ASGHAR, M.; ALI, S.; SARWAR, N.; ELAHI, M. T. Resistance of *Solanum* species to *Phytophthora infestans* evaluated in the detached-leaf and whole-plant assays. **Pakistan Journal of Botany**, v.44, n.3, p.1141–1146, 2012.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: Produção em Campo, Casa de Vegetação e Hidroponia**. Lavras: UFLA, 2013. 455p.
- ALVES, D. P.; TOMAZ, R. S.; LAURINDO, B. S.; LAURINDO, R. D. F.; SILVA, F. F. e; CRUZ, C. D.; NICK, C.; SILVA, D. J. H. da. Artificial neural network for prediction of the area under the disease progress curve of tomato late blight. **Scientia Agricola**, v.74, n.1, p.51-59, 2017.
- AMARO, G. B.; ABREU, A. F. B. ; RAMALHO, M. A. P.; SILVA, F. B. Phenotypic recurrent selection in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with carioca-type grains for resistance to the fungi *Phaeoisariopsis griseola*. **Genetics and Molecular Biology**, v.30, p.584-588, 2007.
- ANTÔNIO, A. C.; SILVA, D. J. H.; PICANÇO, M. C.; SANTOS, N. T.; FERNANDES, M. E. S. Tomato plant inheritance of antixenotic resistance to tomato leafminer.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, p.74-80, 2011.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC Internacional. 16th ed. Washington, 1997.

ARAFI, R. A.; MOUSSA, O. M.; SOLIMAN N. E. K.; SHIRASAWA, K.; KAMEL, S. M.; RAKHA, M.T. Resistance to *Phytophthora infestans* in tomato wild relatives. **African Journal of Agricultural Research**, v.12, n.26, p.2188–2196, 2017.

AZEVEDO, A. M; ANDRADE, JÚNIOR V. C; PEDROSA, C. E; OLIVEIRA, C. M; DORNAS, M. F. S; VALADARES, N. R. Agrupamento multivariado de curvas na seleção de cultivares de alface quanto à conservação pós-colheita. **Horticultura Brasileira**, v.33, p.362-367, 2015.

AZEVEDO, C. F.; SILVA, F. F. e; RIBEIRO, N. B.; SILVA, D. J. H. da; CECON, P. R.; BARILI, L. D.; PINHEIRO, V. R. Classificação multivariada de curvas de progresso da requeima do tomateiro entre acessos do Banco de Germoplasma de Hortaliças da UFV. **Ciência Rural**, v.42, p.414-417, 2012.

BALBI-PEÑA, M. I.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R. Oxidative burst and the activity of defense-related enzymes in compatible and incompatible tomato-*Alternaria solani* interactions. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 35, n. 5, p. 2399-2414, 2014.

BATISTA, D.C.; LIMA, M.A.; HADDAD, F.; MAFFIA, L.A.; MIZUBUTI, E.S.G. Validation of decision support systems for tomato early blight and potato late blight, under Brazilian conditions. **Crop Protection**, v. 25, p. 664-670, 2006.

BGH-Banco de Germoplasma de Hortaliças, Disponível em:<<http://www.bgh.ufv.br/>>. Acesso em: 20 aug. 2016.

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. AND MADDEN, L.V. Introduction to plant disease epidemiology. John Wiley & Sons, New York, 1990. 532p.

CASTELLANI, A. Viability of some pathogenic fungi in distilled water. **Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v.42, p.225, 1939.

CATÃO, H. C. R.; SALES, N. L. P.; MENEZES, J. B. de C.; CAIXETA, F.; COSTA, C. A. Productive potential of the cherry tomato genotype group before infection by *Alternaria tomatophila*. **Revista Caatinga**, v.30, n.2, p.296–302, 2017.

CECON, P. R.; SILVA, F. F.; FERREIRA, A.; FERRÃO, R. G.; CARNEIRO, A. P. S.; DETMANN, E.; FARIA, P. N.; MORAIS, T. S. S. Análise de medidas repetidas na avaliação de clones de café 'Conilon'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1171-1176, 2008.

COPATI, M. G. F.; ALVES, F. M.; DARIVA, F. D.; PESSOA, H. P.; DIAS, F. O.; CARNEIRO, P. C. S.; SILVA, D. J. H.; NICK, C. Resistance of the wild tomato *Solanum habrochaites* to *Phytophthora infestans* is governed by a major gene and polygenes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, n.4, e.20190149, 2019.

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**, v.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.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. v.1, 480p.

DUARTE, H. S. S.; ZAMBOLIM, L.; CAPAUCHO, A. S. C.; NOGUEIRA JUNIOR, A. F.; ROSADO, A. W. C. R.; CARDOSO, C. R.; PAUL, P. A.; MIZUBUTI, E. S. G. Development and validation of a set of standard area diagrams to estimate severity of potato early blight. **European Journal of Plant Pathology**, v.137, p.249–257, 2013.

ELSAYED, A. Y.; SILVA, D. J. H.; CARNEIRO, P. C. S.; 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.

FAOSTAT (2018). Food and Agriculture Organization of the United Nations. In: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Accessed 20 march 2020.

FARIA PN; CECON PR; SILVA AR; FINGER FL; SILVA FF; CRUZ CD; SÁVIO FL. Métodos de agrupamento em estudo de divergência genética de pimentas. **Horticultura Brasileira**, v.30, p.428-432, 2012.

FEHR, W. R. **Principles of line development**. MacMillan, New York, 1987. 525p.

FERNANDES, M. E. de S.; PEREIRA, R. C.; FERNANDES, F. L.; ALVES, F. M.; SILVA, D. J. H. da. Acessos de tomateiros resistentes a Tuta absoluta com potencial para melhoramento genético visando às agriculturas orgânica e agroecológica. **Cadernos de Agroecologia** – ISSN 2236-7934 – v.10, n. 3, 2015. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/16929>>. Acesso em: 25 aug. 2020.

FERNANDES, M. E. S.; FERNANDES, F. L.; SILVA, D. J.; PICANÇO, M. C.; JHAMC, G. N.; CARNEIRO, P. C.; QUEIROZ, R. B. Trichomes and hydrocarbons associated with the tomato plant antixenosis to the leafminer. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v.84, p.201–210, 2012.

FERNANDES, M. E. S.; SILVA, D. J. H.; PICANÇO, M. C.; FERNANDES, F. L.; JHAM, G. N.; CARNEIRO, C. S. Resistance of tomato subsamples to *Bemisia tabaci* biotype B (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae). **Agronomy Journal**. v.103, n.6, p.1849–1861, 2011.

FERNANDES, M. E. S.; SILVA, D. J. H.; FERNANDES, F. L.; PICANÇO, M. C.; GONTIJO, P. C.; GALDINO, T. V. S. Novos acessos de tomateiro resistentes à mosca-branca biótipo B [New accessions of tomato resistant to whitefly biotype B]. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.44, n.11, p.1545–1548, 2009.

FIORINI, C. V. A.; SILVA, D. J. H. da; SILVA, F. F. e; MIZUBUTI, E. S. G.; ALVES, D. P.; CARDOSO, T. de S. Agrupamento de curvas de progresso de requeima em tomateiro originado de cruzamento interespecífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1095-1101, 2010.

FOOLAD, M. R. Genome mapping and molecular breeding of tomato. **International Journal of Plant Genomics**, v.2007, 64358, 2007.

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, n.2, p.75-107, 2008.

FOOLAD, M. R.; SULLENBERGER, M. T.; OHLSON, E. W.; GUGINO, B. K. Response of accessions within tomato wild species, *Solanum pimpinellifolium* to late blight. **Plant Breeding**, v.133, p.401-411, 2014.

FRY, W.; GOODWIN, S.B.; DYER, A.T.; MATUSZAK, J.M.; DRENTH, A.; TOOLEY, P.W.; et al. Historical and Recent Migrations of Phytophthora-Infestans - Chronology,

Pathways, and Implications. **Plant Disease**, v.77, p.653-661, 1993.

GANNIBAL, P.B.; ORINA, A.S.; MIRONENKO, N.V.; LEVITIN, M.M. Differentiation of the closely related species, *Alternaria solani* and *A. tomatophila*, by molecular and morphological features and aggressiveness. **European Journal of Plant Pathology**, v.139, p.609–623. 2014.

GARDNER, R.G.; PANTHEE, D.R. 'Mountain Magic': An Early Blight and Late Blight-Resistant Specialty Type F-1 Hybrid Tomato. **Hortscience**, v.47, p.299–300. 2012.

GERALDI, I. O.; MIRANDA FILHO, J. B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, v.11, n.2, p.419-30, 1988.

GILMOUR, A. R.; GOGEL, B. J.; CULLIS, B. R.; WELHAM, S. J.; THOMPSON, R. ASReml User Guide Release 4.1 Structural Specification VSN International, Hemel Hempstead, UK. 2015.

GOPAL, J.; SINGH, B. P. Screening potatoes for resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) under field conditions. **Potato Research**, v.46, p.47-56, 2003.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, v.9, p.463-493, 1956.

GRIGOLLI, J. F. J.; KUBOTA, M. M. K; ALVES, D. P.; RODRIGUES, G. B.; CARDOSO, C. R.; SILVA, D. J. H. da; MIZUBUTI, E. S. G. Characterization of tomato accessions for resistance to early blight. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.11, p.174-180, 2011.

GRISALES-VÁSQUEZ, N. Y.; COTES-TORRES, J. M. General and Specific Combinatorial Aptitude in a F1 Population of *Solanum phureja* with Resistance to *Phytophthora infestans*. **American Journal of Potato Research**, v.96, p.55–61, 2019.

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2. ed. Ames: Iowa State University Press, 1988. 468 p.

HAYNES, K. G.; QU, X. Three Cycles of Recurrent Maternal Half-Sib Selection Continue to Reduce Foliar Late Blight in a Diploid Hybrid *Solanum phureja*-*S. stenotomum* Population. **American Journal of Potato Research**, v.96, p.1–5, 2019.

IBGE (2019). Indicadores IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Estatística da Produção Agrícola. Available at <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=publicacoes>. Accessed on Jan 22, 2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

KEMMITT, G. Early blight of potato and tomato. *The Plant Health Instructor*, 2002.

KLARFELD, S.; RUBIN, A.; COHEN, Y. 2009. Pathogenic Fitness of Oosporic Progeny Isolates of *Phytophthora infestans* on Late-Blight-Resistant Tomato Lines. **Plant Disease**, v.93, p.947-953, 2009.

KUMAR, S.; SRIVASTAVA, K. Screening of tomato genotypes against early blight (*Alternaria solani*) under field condition. **The Bioscan**, v.8, p.189-193, 2013.

LAURINDO, B. S.; LAURINDO, R. D. F.; AZEVEDO, A. M.; NICK, C.; SILVA, D. J. H. da; MIZUBUTI, E. S. G. M. Seleção de acessos de tomateiro resistentes à pinta-preta pela análise de agrupamento das curvas de progresso da doença. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.2, p.106-114, 2015.

LAURINDO, B. S.; LAURINDO, R. D. F.; NICK, C.; CARNEIRO, P. C. S.; MIZUBUTI, E. S. G. M.; SILVA, D. J. H. da. Potencial de hibridação entre acessos de tomateiro para pre-melhoramento quanto à resistência à requeima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.1, p.27-34, 2016.

LAURINDO, B.S.; LAURINDO, R.D.F.; FONTES, P.P.; VITAL, C.E.; DELAZARI, F.T.; BARACAT-PEREIRA, M.C.; SILVA, D.J.H. da. Comparative analysis of constitutive proteome between resistant and susceptible tomato genotypes regarding to late blight. **Funct Integr Genomics**, v.18, p.11–21, 2018.

LIMA, M. A.; MAFFIA, L. A.; BARRETO, R. W.; MIZUBUTI, E. S. G. *Phytophthora infestans* in a subtropical region: survival on tomato debris, temporal dynamics of airborne sporangia and alternative hosts. **Plant Pathology**, v.58, p.87-99, 2009.

LIU, Y.; LI, Z.; XIONG, H.; GAO, X.; WU, J.; WU, S. Understanding and enhancement of internal clustering validation measures. **IEEE Transactions on Cybernetics**, v.43, p.982-993, 2013.

LOURENÇO, V.; MOYA, A.; GONZÁLEZ-CANDELAS, F.; CARBONE, I.; MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. Molecular diversity and evolutionary processes of *Alternaria solani* in Brazil inferred using genealogical and coalescent approaches.

Phytopathology, v.99, p.765-774, 2009.

MADDEN, L. V.; HUGHES, G.; BOSCH, F. van den. **The study of plant disease epidemics**. St. Paul: APS Press, 2007. 432p.

MAIA, E.; SIQUEIRA, D. L. de; SILVA, F. F. e; PETERNELLI, L. A.; SALOMÃO, L. C. C. Método de comparação de modelos de regressão não-lineares em bananeiras.

Ciência Rural, v.39, p.1380-1386, 2009.

MIRANDA FILHO J. B; GERALDI I. O. An adapted model for the analysis of partial diallel crosses. **Brazilian Journal of Genetics**. v.7, p.677-688, 1984.

MOHRING, J.; MELCHINGER, A. E.; PIEPHO, H. P. REML-based diallel analysis. **Crop Science**, v.51, p.470–478, 2011.

NICK, C.; AGUILERA, J. G.; LAURINDO, B. S.; ALMEIDA, V. DE S.; FREITAS, R. D. DE; CRUZ, C. D. & SILVA, D. J. H. DA. Genetic Parameters and Correlation between Tomato Late Blight Field Resistance and Fruit Quality. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, n. 15, p. 2418–2425, 2014.

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. de; SILVA, D. J. H.; PICANÇO, M. C.; JHAM, G. N. Resistência tipo antixenose em acessos de tomateiro à *Tuta absoluta*. **Magistra**, v.21, n.1, p.8-17, 2009.

RAMALHO, M. A. P, ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. Genetic progress after four cycles of recurrent selection for yield and grain traits in common bean. **Euphytica**, v.144,n.1, p.23-29, 2005.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. UFLA, Lavras, Brazil. 2012. 522p.

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**

32, suplemento, p. 9-98, resumo 53. 2006.

RODRIGUES, T. T. M. S.; BERBEE, M. L.; SIMMONS, E. G.; CARDOSO, C. R.; REIS, A.; MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. G. First report of *Alternaria tomatophila* and *A. grandis* causing early blight on tomato and potato in Brazil. **New disease Reports**, v. 22, n. 28, p. 28, 2010.

ROTEM, J. **The genus *Alternaria* biology, epidemiology, and pathogenicity**. APS Press, St. Paul, 1994. 326p.

SALUSTIANO, M. E; VALE, F. X. R. V; ZAMBOLIM, L; FONTES, P. C. R. O manejo da pinta-preta do tomateiro em épocas de temperaturas baixas. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 4, p. 353-359, 2006.

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

SIMMONS, E. G. *Alternaria* themes and variations (244-286) species on Solanaceae. **Mycotaxon**, v.75, p.1-115, 2000.

SOLANKEY, S. S.; AKHTAR, S.; NEHA, P.; RAY, P. K.; SINGH, R. G. Reaction of tomato (*Solanum lycopersicum*) genotypes for resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) disease. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.87, n.10, p.1358–64, 2017.

TUNG, P. X.; VANDER ZAAG P.; LI, C.; TANG, W. Combining Ability for Foliar Resistance to Late Blight [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary] of Potato Cultivars with Different Levels of Resistance. **American Journal of Potato Research**, v.95, p.670–678, 2018.

UPADHYAY, P.; GANIE, S. H.; RAI, A.; SINGH, M.; SINHA, B. Identification of transcription factors in tomato, potentially related to early blight resistance at invasion in host tissue, using microarray expression profiling. **South African Journal of Botany**, v.106, p.165–173, 2016.

VALENT, B.; CRAWFORD, M. S.; WEAVER, C. G.; CHUMLEY, F. G. Genetic studies of fertility and pathogenicity in *Magnaporthe grisea* (*Pyricularia oryzae*). **Iowa State Journal of Research**, v.60, p.569-594, 1986.

WOUTENBERG, J. H. C.; TRUTER, M.; GROENEWALD, J. Z.; CROUS, P. W. Large-spored *Alternaria* pathogens in section Porri disentangled. **Studies in**

Mycology, v.79, p.1–47, 2014.

ZEIST, A. R.; RESENDE, J. T. V.; FARIA, M. V.; GABRIEL, A.; ADRIANO, E.; LIMA FILHO, R. B. Photosynthetic characteristics in species and interspecific hybrids of tomato. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n.3, p.352-360, 2018.