



**MAIARA OLIVEIRA FERNANDES**

**CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO E SELEÇÃO DE CLONES  
DE BATATA VISANDO RESISTÊNCIA À PODRIDÃO MOLE**

**LAVRAS – MG  
2018**

**MAIARA OLIVEIRA FERNANDES**

**CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO E SELEÇÃO DE CLONES DE BATATA  
VISANDO RESISTÊNCIA À PODRIDÃO MOLE**

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

Prof. Dr. César Augusto Brasil Pereira Pinto  
Orientador

Dra. Silvia Regina Rodrigues de Paula Ribeiro  
Co-orientadora

**LAVRAS – MG**

**2018**

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

Fernandes, Maiara Oliveira.

Capacidade geral de combinação e seleção de clones de batata  
visando resistência à podridão mole : / Maiara Oliveira Fernandes.  
- 2018.

55 p. : il.

Orientador(a): César Augusto Brasil Pereira Pinto.

Coorientador(a): Silvia Regina Rodrigues de Paula Ribeiro.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Solanum tuberosum. 2. Melhoramento de plantas. 3.  
Resistência. I. Pinto, César Augusto Brasil Pereira. II. Ribeiro,  
Silvia Regina Rodrigues de Paula. III. Título.

**MAIARA OLIVEIRA FERNANDES**

**CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO E SELEÇÃO DE CLONES DE BATATA  
VISANDO RESISTÊNCIA À PODRIDÃO MOLE**

**COMBINING ABILITY AND POTATO CLONES SELECTION FOR SOFT-ROT  
RESISTANCE**

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

APROVADA em 01 de agosto de 2018.

Dr. Ricardo Magela de Souza UFLA

Dra. Silvia Regina Rodrigues de Paula Ribeiro UFLA

Dr. Arione da Silva Pereira EMBRAPA

Prof. Dr. César Augusto Brasil Pereira Pinto  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2018**

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Idalma e Osmar, e irmãos, Natália e Bruno, por toda a compreensão e apoio nas decisões tomadas em minha vida.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Biologia, pela estrutura e oportunidade.

Às agências de fomento, CNPq pela concessão da bolsa de mestrado, CAPES e FAPEMIG pelos auxílios concedidos.

Aos professores do Programa de pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, em especial ao Prof. Dr. César Augusto Brasil Pereira Pinto, pelos conhecimentos passados ao longo desses dois anos, pela orientação e amizade.

Aos amigos do GEN, em especial Flaviane, Brena, Guilherme, Vítor e Getúlio, meu muito obrigada, sem vocês tudo seria mais difícil!

Aos amigos do PROBATATA, Marcinho, Mário Bola, Rafa, Luana, Bisou, Claudio e Ramon por todo companheirismo e auxílio na condução dos trabalhos.

Aos funcionários do Departamento de Biologia Dona Iron, Lílian, Rafa e Zélia.

## RESUMO

Diversas doenças influenciam negativamente a produtividade da cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) no Brasil. A podridão mole, causada pelas bactérias do gênero *Pectobacterium* spp. e *Dickeya* spp. por exemplo, é uma das doenças mais importantes, causando apodrecimento dos tubérculos, tanto em condições de campo quanto em pós-colheita, no armazenamento. O controle é difícil, principalmente devido à escassez de produtos químicos; o manejo nutricional e da irrigação são importantes, porém ineficientes. Assim, a resistência genética torna-se o método mais promissor, buscando a obtenção de clones com bons níveis de resistência. Neste trabalho, foi realizado um cruzamento dialélico entre genitores do programa de melhoramento de batata (PROBATATA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), visando à identificação de clones resistentes à podridão mole, com caracteres agronômicos desejáveis, como alta produtividade. Além disso, objetivou-se a identificação dos melhores genitores e famílias, através das estimativas de capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). Foram cruzados seis clones do PROBATATA num dialelo completo, obtendo 356 clones pertencentes a quinze famílias. Na safra de inverno de 2017 foi realizado um experimento em campo para avaliação do desempenho agronômico desses genótipos, em delineamento de blocos aumentados com cinco testemunhas. Foram avaliados os caracteres produtividade total e de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos. Posteriormente, foi realizado um experimento de reação dos clones à *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, no Laboratório de Bacteriologia da UFLA. A classificação dos clones foi feita com base na média BLUP de diâmetro da lesão das testemunhas, discriminando-os em quatro classes: resistente, moderadamente resistente, moderadamente suscetível e suscetível. Observou-se diferenças significativas para o efeito de clones para produtividade total, peso específico, diâmetro e profundidade das lesões. A análise dialélica mostrou significância da CGC para a profundidade de lesão, enquanto a CEC foi significativa somente para o diâmetro de lesão. Verificou-se que os genitores RVS 06-37, PRM 348 e CBM 09-10 contribuíram efetivamente no aumento da resistência e três famílias apresentaram as melhores estimativas de CEC para o diâmetro de lesão. Os clones MOF 03-18, MOF 12-22 e MOF 13-27 apresentaram médias de diâmetro de lesão menores que a média do clone CBM 09-10, sendo classificados como resistentes, e também médias de produtividade e peso específico acima da média geral.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*. Melhoramento de plantas. *Pectobacterium carotovorum*. Resistência.

## ABSTRACT

Several diseases negatively affect potato yield in Brazil. Soft rot, caused by *Pectobacterium* spp., is one of the most important diseases in potato crop causing tuber rot at field and storage conditions. Its control is difficult once there are no efficient chemical products. Cultural practices such as adequate plant nutrition and water management are somehow effective in reducing soft rot in the field but genetic resistance has a major role in soft rot control by identifying clones with considerable genetic resistance and good agronomic traits. In this context, six clones from the potato-breeding program (PROBATATA) at Federal University of Lavras (UFLA) were crossed in order to find clones with high resistance levels to *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. In 2017, a field experiment was conducted for evaluating clone's agronomic performance, in augmented block design with 356 clones and five check treatments. After harvesting, we evaluated yield and specific gravity. Later, a laboratory experiment was conducted to evaluate the clone's reaction to soft rot. This experiment was set in the Bacteriology Laboratory at Phytopathology Department at UFLA. Genotype effect was significant for total yield and specific gravity, besides the diameter and depth of lesions caused by the pathogen. The diallel analysis showed significance for the general combining ability (GCA) for the injury depth and the specific combining ability (SCA) for the diameter, considering 5% of probability. The parents RVS 06-37, PRM 348 and CBM 09-10 contributed effectively for the resistance enhancement according to their GCA and the families 3, 5 and 7 showed the best estimates for SCA. Clone's classification was based on the diameter means of the control treatments, discriminating clones into four categories. MOF 03-18, 12-22 and 13-27 clones were classified as resistant and showed high means for yield and tuber dry matter.

**Keywords:** *Solanum tuberosum*. Plant breeding. *Pectobacterium carotovorum*. Resistance.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Importância da cultura da batata .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>Bactérias do gênero <i>Pectobacterium</i> spp. e <i>Dickeya</i> spp. e a podridão mole .....</b>	<b>11</b>
<b>2.3</b>	<b>Melhoramento de batata e a resistência à podridão mole .....</b>	<b>14</b>
<b>2.4</b>	<b>Cruzamentos dialélicos.....</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1</b>	<b>Desempenho agronômico .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2</b>	<b>Reação a <i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Origem do isolado, teste de patogenicidade e preparo das suspensões.....</b>	<b>21</b>
<b>3.2.2.</b>	<b>Inoculação, delineamento e avaliações.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3</b>	<b>Análises estatísticas .....</b>	<b>23</b>
<b>3.4</b>	<b>Análise dialélica da resistência .....</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1</b>	<b>Análise do desempenho agronômico dos clones.....</b>	<b>27</b>
<b>4.2</b>	<b>Análise da reação a <i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> .....</b>	<b>31</b>
<b>4.3</b>	<b>Análise dialélica .....</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>41</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>
	<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma importante fonte de alimento, consumida em muitos países, sendo a quarta cultura mais plantada no mundo. A produtividade da cultura no Brasil é baixa quando comparada à produtividade de países da Europa e Estados Unidos, pois a ocorrência de patógenos no Brasil é intensificada devido às condições climáticas tropicais e subtropicais mais favoráveis, dentre outros fatores.

Dentre os fitopatógenos de importância para a bataticultura estão as bactérias do gênero *Pectobacterium* spp. e *Dickeya* spp., antes pertencentes ao gênero *Erwinia* spp., causadoras de doenças como a podridão mole e canela-preta. A podridão mole é uma doença que acarreta o apodrecimento do tubérculo e se destaca por causar perdas em todo o ciclo da cultura, especialmente em pós-colheita, na ocasião do armazenamento dos tubérculos.

O controle da doença é bastante complicado, uma vez que os métodos usados são ineficientes e onerosos. Por um longo tempo, a produção e o uso de tubérculos-semente certificados era usado como forma de controle, contudo ainda ineficiente, pois esse método não detecta a bactéria em estado latente. Outros meios de controle estão relacionados à exclusão, ou seja, evitar plantios em áreas que já tenham histórico da doença ou evitar a entrada do patógeno em novas áreas. O manejo da cultura também é importante, como a adequada nutrição e especialmente o manejo da irrigação, pois a bactéria necessita de umidade para se locomover e também para se multiplicar. Diante de tantas dificuldades, a resistência genética apresenta-se como alternativa promissora, buscando genótipos que apresentem níveis consideráveis de resistência com desempenho agrônomico satisfatório, principalmente alta produtividade.

O melhoramento de batata visando à resistência à podridão mole geralmente busca genes de resistência em espécies selvagens, usando-as em cruzamentos interespecíficos, ou ainda, na formação de híbridos somáticos em face das dificuldades de realização de cruzamentos entre espécies diferentes, que são retrocruzados com *S. tuberosum* para restabelecimento do genoma de alguma cultivar, ou ainda, são feitas hibridizações entre clones que apresentem bons níveis de resistência. Os métodos de avaliação da resistência geralmente são feitos em laboratório e variam bastante, porém usualmente procede-se a inoculação de suspensão bacteriana em tubérculos e avalia-se o tamanho da lesão.

Os objetivos deste trabalho foram estimar as capacidades gerais e específicas de combinação de clones de batata oriundos de um cruzamento dialélico visando resistência à podridão mole causada por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (Pcc). Além

disso, objetivou-se identificar as famílias mais promissoras e selecionar clones que apresentassem níveis mais elevados de resistência a essa doença, aliados à caracteres agronômicos desejáveis.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Importância da cultura da batata

No Brasil, a batata é a hortaliça mais plantada, com produção total de 4,28 milhões de toneladas e rendimento médio de 30,49 t.ha<sup>-1</sup> em 2017. Minas Gerais foi responsável por 29,5% da produção nacional, com rendimento médio de 32,59 t.ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2017). Em termos de produtividade, o Brasil está atrás de vários países, como os Estados Unidos que tem produtividade média de 49,02 t.ha<sup>-1</sup>, a Nova Zelândia com produtividade de 48,98 t.ha<sup>-1</sup> e países europeus, como Alemanha, Dinamarca e Holanda cujas produtividades excedem 40 t.ha<sup>-1</sup> (FAO, 2018).

A menor produtividade se deve a diversos fatores, tais como condições climáticas menos favoráveis, solos mais pobres, uso de batatas-semente de baixa qualidade fitossanitária que podem ser vetores para várias doenças, como, por exemplo, a podridão mole (COSSA, 2013). Além disso, a elevada pressão de patógenos, característica inerente de regiões tropicais e subtropicais, contribui consideravelmente para a redução da produtividade e aumento do custo de produção da cultura, devido à maior necessidade de aplicação de defensivos agrícolas.

### 2.2 Bactérias do gênero *Pectobacterium* spp. e *Dickeya* spp. e a podridão mole

Dentre as doenças que afligem a cultura da batata, pode-se destacar a podridão mole e a canela-preta, causadas por várias espécies do gênero *Pectobacterium* spp. e *Dickeya* spp., da família Enterobacteriaceae, antes classificada como *Erwinia* spp. (HAUBEN et al., 1998). Por anos acreditou-se que as espécies Pcc e *Pectobacterium atrosepticum* (Pa) fossem as únicas causadoras dessas doenças. Porém, com a evolução das técnicas de estudo de filogenia baseada no uso de dados genômicos, a taxonomia dessa família tem mudado bastante. Recentemente foi proposto o desmembramento da família Enterobacteriaceae em sete famílias: Enterobacteriaceae, Erwiniaceae fam. nov., Pectobacteriaceae fam. nov., Yersiniaceae fam. nov., Hafniaceae fam. nov., Morganellaceae fam. nov. e Budviciaceae fam. nov. (ADEOLU et al., 2016). A espécie *P. carotovorum* era subdividida em várias subespécies: *carotovorum*, *odoriferum*, *atrosepticum*, *wasabiae*, *betavasculatorum*, dentre outras. Gardan et al. (2003) propuseram a elevação de três dessas subespécies ao nível de espécie: *P. atrosepticum*, *P. betavasculatorum* e *P. wasabiae*. Considerando tal mudança, *P. carotovorum* passa a ter apenas duas subespécies, *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* e *P. carotovorum* subsp. *odoriferum*. Duarte et al. (2004) caracterizaram uma nova cepa, causadora da canela-

preta no Brasil, que aparenta ser mais virulenta, nomeada *P. carotovorum* subsp. *brasiliensis* (Pcb), posteriormente encontrada na África do Sul (MERWE et al., 2010) e Holanda (LEITE et al., 2014). Koh et al. (2012) caracterizaram uma estirpe causadora de cancro mole em plantas de kiwi, sugerindo mais uma subespécie: *P. carotovorum* subsp. *actinidae* subsp. nov. Recentemente, alguns pesquisadores propuseram a elevação dessas quatro subespécies de *P. carotovorum* ao nível de espécie: *P. carotovorum*, *P. brasiliense*, *P. actinidae* e *P. odoriferum* (ZHANG; FAN; LORIA, 2016). O gênero *Dickeya* spp., anteriormente classificado como *Erwinia chrysanthemi*, também possui espécies causadoras da podridão mole e canela-preta na cultura da batata, como *D. solani*, *D. dianthicola*, *D. dadantii*, *D. zaeae*, dentre outras (ZHANG; FAN; LORIA, 2016)

As espécies *Pa* e *Pcc* diferem entre si por características como temperatura ótima de crescimento: *Pa* cresce melhor em temperaturas abaixo de 25°C e *Pcc* tem maior taxa de crescimento entre 28 e 30°C (PÉROMBELON, 2002). Ainda, *Pcc* tem maior gama de hospedeiros, sendo encontrada em regiões temperadas, tropicais e subtropicais, enquanto a gama de hospedeiros da espécie *Pa* é mais restrita pois esta é frequentemente relacionada às regiões de clima temperado. (PÉROMBELON, 1980, 1992, 2002). O gênero *Dickeya* spp. também possui grande gama de hospedeiros, como a batata, crisântemo, banana, arroz, milho, dentre outras, e, geralmente, na cultura da batata, as espécies desse gênero estão mais associadas à canela-preta (TOTH et al., 2011; CHARKOWSKI, 2018). Segundo Charkowski (2018) a maioria das espécies relacionadas à podridão mole e canela-preta em batata são *Pa*, *Pcc*, *Pcb*, *D. solani* e *D. dianthicola*. Aparentemente, apenas *Pa* e *Dickeya* spp. são causadoras da canela-preta, porém todas essas espécies podem causar podridão mole (CHARKOWSKI, 2018; PÉROMBELON, 2002).

Ambos os gêneros compreendem bactérias do tipo *gram* negativas, anaeróbias facultativas, que não produzem esporos e se movem através de flagelos peritríquios. A principal característica das espécies causadoras da podridão mole é a produção de altas quantidades de enzimas pectolíticas, como as pectinases e celulasas, responsáveis pela maceração dos tecidos vegetais e degradação da lamela média das células hospedeiras (CARVALHO FILHO; MELLO, 2008; HUGOUIVIEUX-COTTE-PATTAT; CONDEMINE; SHEVCHIK, 2014; PÉROMBELON, 2002).

Apesar de ser objeto de estudos por décadas, pouco conhecimento foi adquirido quanto aos mecanismos de sobrevivência dessas bactérias no período de entressafra das culturas. Alguns autores sugerem que elas podem permanecer no solo por um longo período de tempo, dependendo das condições ambientais (CZAJKOWSKI et al., 2011; DAVIDSSON et al.,

2013), sendo capazes de sobreviver durante toda a entressafra (PÉROMBELON, 2002). A bactéria pode ser encontrada na superfície dos tubérculos após o armazenamento destes, porém não são capazes de sobreviver quando há falta de umidade. Também pode ser encontrada nas lenticelas e ferimentos, onde persistem por um longo período em estado latente (PÉROMBELON, 1992).

Dependendo das condições climáticas, batatas-semente contaminadas podem ou não dar início ao processo infeccioso (PÉROMBELON, 2002). Uma vez presente no tecido hospedeiro, a bactéria reside no tecido vascular e em espaços intracelulares dos parênquimas de forma latente, até que ocorram condições favoráveis para o desenvolvimento da doença, em que a presença de água é de suma importância para o crescimento e movimentação da bactéria (CHARKOWSKI, 2018; TOTH et al., 2003; PÉROMBELON, 2002).

A doença se inicia nas lenticelas, no estolão e/ou em ferimentos (mecânicos ou causados por insetos) e a rapidez com que a doença evolui depende muito mais da umidade do solo e, principalmente, da temperatura, do que da própria espécie de bactéria envolvida (LOPES; QUEZADO-DUVAL, 2001). Os sintomas iniciais são lesões encharcadas, que murcham e amolecem com o avanço da doença, os tecidos afetados adquirem coloração creme e ficam levemente apodrecidos, formando uma massa de células desorganizadas (CARVALHO FILHO; MELLO, 2008; CZAJKOWSKI et al., 2011; TOTH et al., 2011), ocasionando perdas tanto no campo quanto no armazenamento.

Os métodos de controle de doenças bacterianas são baseados principalmente no princípio de exclusão do patógeno, isto é, evitar a entrada do patógeno ou evitar plantios em áreas com histórico da doença, pois uma vez que a doença se estabeleceu, seu controle torna-se limitado, já que a multiplicação bacteriana é muito rápida (CZAJKOWSKI et al., 2011).

A principal fonte de inóculo ocorre pelo uso de tubérculos-semente contaminados que liberam a bactéria no solo, sendo então disseminada pela água presente no solo, contaminando tubérculos sadios (GARGE; NERURKAR, 2017). Assim, um dos principais métodos de controle no passado foi a produção e utilização de batata-semente livre do patógeno. Contudo, esse método não foi eficiente por não detectar a presença da bactéria em sua forma latente (CZAJKOWSKI, et al., 2011) e pela carência de protocolos eficientes e viáveis para detecção e eliminação de tubérculos-sementes contaminados (CZAJKOWSKI et al., 2009).

Carvalho Filho e Mello (2008) reiteram a importância da remoção de todos os restos culturais dos armazéns, além da necessidade de desinfestação desses locais com sulfato de cobre. É importante salientar que produtos à base de cobre removem o inóculo presente na periderme dos tubérculos, mas não eliminam o patógeno presente nos tecidos vasculares do

hospedeiro (CZAJKOWSKI et al., 2013). A limpeza e a desinfestação de máquinas e implementos agrícolas usados nos tratamentos culturais, em especial na colheita, também são formas de reduzir a contaminação dos tubérculos (TOTH et al., 2011). Outras medidas importantes para o controle do patógeno são realizadas durante o armazenamento, que deve ocorrer em condições de baixas temperaturas (em torno de 5°C) e ventilação adequada (CARVALHO FILHO; MELLO, 2008; PÉROMBELON, 1992).

O manejo da fertilidade tem papel importante na resistência natural das plantas, por exemplo, o manejo de cálcio - este nutriente atua na estrutura e integridade da parede celular, aumentando a resistência às doenças que envolvem a maceração de tecidos (CZAJKOWSKI et al., 2011; FÉLIX et al., 2017). Além do manejo nutricional, o manejo da irrigação auxilia o controle da doença no campo, pois, além da importância da água como meio de disseminação e multiplicação da bactéria, solos encharcados têm menor concentração de oxigênio, propiciando um ambiente favorável (anaeróbico) para a bactéria (CARVALHO FILHO; MELLO, 2008).

Estudos identificaram um mecanismo de comunicação conhecido como *quorum-sensing* (QS), em que bactérias *gram* negativas são capazes de regular a expressão de genes de virulência através da percepção da concentração de moléculas sinalizadoras produzidas pela população bacteriana, por exemplo, a *N-acyl homoserine lactones* (NAHSL) (FUQUA et al., 2001; CRÉPIN et al., 2012; GARGE; NERURKAR, 2017). Os sinais NAHSL são responsáveis pelo controle de fatores de virulência produzidos pelas bactérias, como as enzimas pectinases e celulases, responsáveis pela degradação da célula hospedeira (GARGE & NERURKAR, 2017). Dessa forma, estratégias de controle biológico são promissoras através de alterações na microflora que estimulem o crescimento de organismos antagonistas, capazes de degradar as moléculas NAHSL e interferir no mecanismo QS, prevenindo o início da infecção. Alguns trabalhos nesse sentido foram realizados com *Rhodococcus erythropolis* (CRÉPIN et al., 2012) e bactérias do gênero *Bacillus* spp. (GARGE; NERURKAR, 2017; GERAYELI; BAGHAEE-RAVARI; TARIGHI, 2018).

### **2.3 Melhoramento de batata e a resistência à podridão mole**

Evidentemente, o melhoramento de plantas tem papel importante para o controle às principais doenças que acometem a cultura da batata ( $2n=4x=48$ ), através do lançamento de cultivares mais resistentes. Atualmente, nenhuma cultivar é considerada resistente à podridão

mole, talvez porque os programas de melhoramento de batata não priorizem a obtenção de genótipos resistentes à esta doença (CZAJKOWSKI et al., 2011).

Alguns trabalhos realizados nessa linha de pesquisa sugerem que híbridos obtidos a partir de cruzamentos entre espécies selvagens de *Solanum* e *S. tuberosum* têm níveis de resistência elevados. Hibridações entre *S. tuberosum* e *S. chacoense*, *S. sparsipillum* e *S. multidissectum* resultaram em clones com bons níveis de resistência à canela-preta (CARPUTO et al., 1997), contudo hibridações com espécies selvagens podem resgatar características indesejáveis, diminuindo a produtividade e piorando caracteres visuais dos tubérculos. Gebhardt e Valkonen (2001), utilizando marcadores moleculares do tipo AFLP e RFLP, mapearam o genoma de híbridos diploides obtidos através do cruzamento entre *S. tuberosum* com as espécies selvagens *S. yungasense* e *S. chacoense* e observaram genes relacionados à resistência a Pa em todos os 12 cromossomos, indicando que a resistência à podridão mole é um caráter quantitativo.

Devido à dificuldade de realizar cruzamentos entre a espécie *S. tuberosum* e espécies selvagens, que são geralmente diploides, a obtenção de híbridos somáticos tornou-se uma técnica bastante difundida. Os híbridos somáticos são obtidos através da fusão de protoplastos das espécies. Posteriormente, ocorre a regeneração das plantas e a identificação de possíveis genótipos resistentes à doença através do fenótipo, técnicas citogenéticas ou ainda pelo uso de marcadores moleculares (TIWARI et al., 2018)

Vários trabalhos mostram a viabilidade da hibridação somática no melhoramento visando resistência a doenças na cultura da batata, por exemplo, Chen et al. (2016) utilizaram um híbrido somático de *S. tuberosum* e *S. chacoense* em retrocruzamento com a espécie comum e identificaram quatro alelos relacionados à resistência à murcha-bacteriana nas progênes. McGrath et al. (2002) também realizaram retrocruzamentos com híbridos somáticos obtidos entre as espécies *S. tuberosum* e *S. brevidens* e concluíram que após quatro gerações de retrocruzamentos pelo menos um loco relacionado à resistência à podridão mole está presente no genoma de *S. tuberosum*.

A transgenia, visando à obtenção de cultivares resistentes à podridão mole, também pode ser eficiente. Essa técnica baseia-se principalmente na inserção de genes que codificam proteínas com efeito bactericida, impedindo a multiplicação do patógeno e prevenindo interações patógeno-hospedeiras (CZAJKOWSKI et al., 2011). Cossa (2013) inseriu um gene que codifica o peptídeo Pg-AMP1 (*Psidium guajava* antimicrobial peptide 1) através da *Agrobacterium tumefaciens* em plantas de tabaco. O autor observou que, no que se refere às folhas, a proteína sintetizada tem efeitos bactericidas contra cepas de Pa e Pcc e sugere a

viabilidade do peptídeo na utilização de transformação genética na obtenção de transgênicos de batata resistentes à podridão mole.

O uso da seleção recorrente em programas de melhoramento possibilita introduzir alelos de interesse em um genótipo, com intuito de combinar características desejáveis. Bradshaw; Dale; Mackay (2009) selecionaram clones de batata resistentes a nematoides e a *Phytophthora infestans* aliados a altas produtividades e características desejáveis para a indústria. Os autores reiteram que a seleção recorrente possibilita melhor utilização das fontes de resistência e sucessivos ganhos com seleção.

O melhoramento da batateira visando resistência à *Pectobacterium* spp. depende ainda da avaliação da resistência nos tubérculos, que geralmente é realizada em laboratório, através da inoculação de suspensão bacteriana em ferimentos feitos no tecido hospedeiro e consequente avaliação dos sintomas. As metodologias encontradas na literatura divergem em alguns aspectos, como o isolado, a concentração da suspensão bacteriana, temperatura e tempo de incubação e métodos de avaliação. Por exemplo, Lapwood, Read e Spokes (1984) realizaram diferentes testes de reação usando isolados de Pcc e Pa. Em um dos testes foram usados dez tubérculos, nos quais foram feitos furos e inoculados 70µl de suspensão bacteriana de concentração  $10^8$  unidades formadoras de colônias (UFCs). Em outro teste, os autores testaram diferentes concentrações de suspensão bacteriana ( $10^6$ ,  $10^7$  e  $10^8$  UFCs/ml) em furos feitos em fatias dos tubérculos. Em ambos os testes foram sugeridas fórmulas para avaliação da resistência, levando em consideração o diâmetro e profundidade da lesão.

Benelli et al. (2004) utilizaram isolados de Pcc, Pa e *Dickeya* spp. e inocularam 100µl de suspensão bacteriana de concentração entre  $10^8$  a  $10^{10}$  UFCs/ml em um ferimento feito com ponteira estéril em ângulo de 45° e profundidade de 2 cm. Após a inoculação, o ferimento foi selado com vaselina e mantido em estufa por 20, 24, 48, 72 e 96h em temperatura de 22°C (Pa), 28°C (Pcc) e 35°C (*Dickeya* spp.). Neste estudo, a podridão foi estimada por perda de massa após remoção do tecido macerado e foi calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD).

Melito et al. (2016) utilizaram de sete a dez tubérculos de cada genótipo avaliado e perfuraram sete furos em cada tubérculo – seis foram inoculados com 20 µl de suspensão bacteriana (isolado Pcc) de concentração  $10^7$  UFC/ml e o último furo foi usado como controle e inoculado água esterilizada. A podridão foi estimada através do diâmetro da lesão, após um corte vertical do tubérculo através do furo feito para inoculação.

Azadmanesh et al. (2016) propuseram uma nova metodologia que consiste na avaliação *in vitro* de plântulas de batata. As plântulas foram inoculadas de duas formas: na primeira,

palitos de dentes esterilizados foram mergulhados em suspensão bacteriana e então a transferência do inóculo na parte aérea da plântula; na segunda metodologia foram feitos ferimentos nas plântulas que, posteriormente, eram mergulhadas na suspensão bacteriana por dez minutos. As avaliações dos ensaios *in vitro* foram feitas pela porcentagem de área lesionada nas folhas e, para validação dos resultados, os autores compararam os ensaios *in vitro* com avaliações convencionais de reação de resistência feitas através da inoculação da bactéria nos tubérculos. Os autores estimaram correlações positivas e significativas que variaram de 0,51 a 0,75 entre as metodologias avaliadas e o comportamento dos genótipos foi semelhante dentre os ensaios.

No Programa de Melhoramento de Batata (PROBATATA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) já foram realizados vários trabalhos de reação de clones a Pcc. Silva et al (2003) realizaram trabalhos de reação de tubérculos à resistência à podridão mole e obtiveram clones com bons níveis de resistência, como o CBM 09-10, utilizado até hoje como padrão de resistência. Assis (2007) avaliou mais de 200 clones de batata gerados pelo programa visando identificação de clones com bons níveis de resistência a Pcc. Os clones CBM 09-10, CBM 22-19, GSI 01-17, RVS 06-37, PRM 348 e ESL 58 se mostraram resistentes à bactéria, sendo que os quatro primeiros apresentaram ainda altas produtividades. Oliveira (2011) selecionou clones promissores a partir do trabalho conduzido por Assis (2007) e os inter cruzou. Avaliando as progênies obtidas, vários clones puderam ser classificados como resistentes à podridão mole, por exemplo, CLO 01-62, CLO 01-66, CLO 01-41 e CLO 02-34. Por fim, Chagas (2017) avaliando a resistência a Pcc de clones de batata previamente selecionados para tolerância ao calor, destacou os clones CTB 32-24 e SR3 17-16, que foram tão resistentes quanto o clone CBM 09-10, padrão de resistência usado no trabalho. A metodologia usada nesses trabalhos difere das demais em alguns aspectos, por exemplo, apenas dois furos são feitos nos tubérculos, o isolado geralmente é de Pcc, o volume de suspensão inoculado é de 50 µl e a temperatura de incubação é 28°C (ASSIS, 2007; CHAGAS, 2017; DE OLIVEIRA, 2011; SILVA, 2003)

## **2.4 Cruzamentos dialélicos**

O sucesso do melhoramento depende da escolha acurada de populações com potencial considerável para o caráter em questão, bem como da magnitude de variabilidade. Assim, o uso de cruzamentos dialélicos apresenta-se como estratégia interessante, possibilitando estimar parâmetros genéticos importantes para a seleção de genitores e obter informações sobre a ação gênica envolvida em caracteres de interesse.

O termo dialélico tem sido utilizado para expressar um conjunto de  $p(p - 1)/2$  híbridos resultantes do cruzamento entre  $p$  genitores, podendo incluir os parentais, híbridos recíprocos e até as gerações  $F_2$  e retrocruzamentos (CRUZ et al., 2012). Os cruzamentos dialélicos possibilitam estimar a capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). Tais parâmetros têm extrema importância para a evolução dos programas de melhoramento, possibilitando inferências sobre os melhores genitores e ainda sobre os efeitos aditivos e de dominância do caráter em questão (CRUZ et al., 2012). A CGC infere sobre o envolvimento de genes de efeito aditivo no controle do caráter, enquanto a CEC indica que genes de efeito não-aditivos controlam o caráter (VIVAS et al., 2012).

Estimativas de CGC negativas foram obtidas para a severidade da pinta-preta em mamoeiro. No caso de resistência às doenças, os genótipos que apresentam CGC negativas são potencialmente superiores por que contribuem para a redução da doença na descendência (VIVAS et al., 2012). Estudos com clones de batata também obtiveram estimativas de CGC e CEC negativas para caracteres como produtividade de tubérculos (GUEDES, 2014), número de tubérculos e massa de tubérculos (SILVA et al., 2013), porém para tais caracteres, valores negativos de CGC e CEC indicam que os genitores contribuíram de forma negativa, sendo responsáveis pela transferência de alelos indesejáveis às progênies.

As metodologias mais comuns para análise dialélica foram propostas por Griffing (1956) e Gardner e Eberhart (1966).

Griffing (1956) propôs quatro métodos:

1. são inclusas todas as  $p^2$  combinações
2. são inclusas todas as combinações com exceção dos recíprocos
3. são inclusas todas as combinações com exceção dos genitores
4. são inclusas apenas a geração  $F_1$

Gardner e Eberhart (1966) propuseram uma metodologia que inclui no mínimo a geração  $F_1$ , contudo é aplicada a dialélicos obtidos a partir de progenitores em equilíbrio de Hardy-Weinberg, possibilitando obtenção de informações a respeito das linhagens *per se* e da heterose nos híbridos (CRUZ et al., 2012).

Contudo, essas metodologias não possibilitam o uso de informações de parentesco. Faz-se necessário então o uso do procedimento BLUP, que possibilita utilizar as informações de parentesco de forma a maximizar o uso dos dados que um programa de melhoramento geralmente oferece (BERNARDO, 2010).

A análise dialélica via modelos mistos não envolve nenhum efeito genético diferente, contudo ela generaliza a definição dos efeitos introduzidos pelas metodologias tradicionais, de

Griffing (1956) e Gardner e Eberhart (1966), colocando-os em um modelo que possibilita a análise de dialelos usando modelos mistos (MÖHRING; MELCHINGER; PIEPHO, 2011).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas avaliações de caracteres agrônômicos e de reação a Pcc. Utilizou-se 356 clones de batata do Programa de Melhoramento da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Para obtenção desses clones, foi realizado um cruzamento dialélico com seis genitores (TABELA 1): CBM 09-10, CBM 22-19, PRM 348, RVS 06-37, ESL 58 e GSI 01-17, selecionados a partir do trabalho realizado por Assis (2007). As sementes botânicas obtidas nos cruzamentos foram semeadas em bandejas de isopor em casa de vegetação e posteriormente transplantadas para vasos individuais, onde permaneceram até o fim do ciclo. A partir das famílias clonais foram escolhidos clones com melhor aparência de tubérculos e estes foram multiplicados em campo. Os tubérculos obtidos na multiplicação foram conservados em câmara fria, em temperatura de 4°C e 85% de umidade relativa.

Tabela 1 - Genealogia das famílias clonais e número de clones.

<b>Genitor</b>	<b>CBM 22-19</b>	<b>ESL 58</b>	<b>RVS 06-37</b>	<b>GSI 01-17</b>	<b>CBM 09-10</b>
<b>PRM 348</b>	MOF 1 (21)*	MOF 11 (24)	MOF 7 (33)	MOF 8 (30)	MOF 14 (17)
<b>CBM 22-19</b>	-	MOF 6 (23)	MOF 5 (28)	MOF 12 (24)	MOF 15 (22)
<b>ESL 58</b>	-	-	MOF 10 (20)	MOF 4 (19)	MOF 3 (22)
<b>RVS 06-37</b>	-	-	-	MOF 13 (35)	MOF 2 (18)
<b>GSI 01-17</b>	-	-	-	-	MOF 9 (20)

\* O número entre parênteses corresponde ao número de clones da família.

Fonte: Fernandes (2018).

#### 3.1 Desempenho agrônômico

Foi conduzido um experimento para avaliação de caracteres agrônômicos dos clones, instalado na fazenda experimental da UFLA (Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), localizada no município de Lavras – MG (latitude: 21°14'43''S, longitude: 44°59'59''O, altitude de 919 metros) na safra de inverno (maio a agosto) de 2017. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos aumentados (FEDERER, 1956) com cinco testemunhas – as cultivares Ágata, Asterix, Cupido, Camila e o clone CBM 16-16, e os 356 clones advindos do dialelo, distribuídos em 15 blocos com 29 tratamentos cada, totalizando

435 parcelas com cinco plantas cada, num espaçamento de 0,3 m entre plantas e 0,8 m entre linhas.

O solo foi preparado com aração e gradagem, a área sulcada e adubada com 3000 kg.ha<sup>-1</sup> do formulado comercial 4-14-8 (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) e 30 dias após o plantio, na ocasião da amontoa, foi realizada adubação de cobertura com 300 kg.ha<sup>-1</sup> do formulado 20-0-20. A irrigação foi feita via aspersão de acordo com a necessidade, seguindo o manejo de cultivos comerciais de batata da região.

As avaliações realizadas após a colheita foram:

- a) Produtividade total de tubérculos (g.planta<sup>-1</sup>);
- b) Produtividade de tubérculos graúdos, isto é, tubérculos com diâmetro transversal acima de 45 mm (g.planta<sup>-1</sup>);
- c) Peso específico de tubérculos (PET): determinado pela expressão:

$$PET = \frac{\text{Peso no ar}}{(\text{Peso no ar} - \text{Peso na água})}$$

Os pesos foram obtidos em balança hidrostática.

### **3.2 Reação a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum***

A avaliação da reação dos clones a Pcc foi realizada no Laboratório de Bacteriologia, no Departamento de Fitopatologia da UFLA. Após a colheita do experimento de campo instalado na safra de inverno de 2017, os tubérculos foram armazenados por seis meses em câmara fria, a 4° C e 85% de umidade relativa e então procedeu-se o experimento.

#### **3.2.1 Origem do isolado, teste de patogenicidade e preparo das suspensões**

Utilizou-se um isolado (n° 55) da coleção de culturas de fitobactérias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) pertencente à espécie Pcc e que foi conservada em *tubos eppendorf* em temperatura de -80° C. A bactéria foi então repicada em placas de *petri* com meio 523 Kado e Heskett (1970), meio comumente utilizado para isolamento, cultivo e manutenção de bactérias fitopatogênicas no Laboratório de Bacteriologia da UFLA.

No teste de patogenicidade foram inoculados tubérculos sadios da cultivar Ágata (suscetível) com agulha estéril a partir das placas de *petri* com o isolado. Os tubérculos foram então colocados em bandejas com chumaços de algodão úmidos e fechadas com sacos plásticos.

As bandejas foram colocadas em BODs, em temperatura de 28°C por 72 h. Após esse período foram observados os sintomas de podridão mole, confirmando a patogenicidade do isolado.

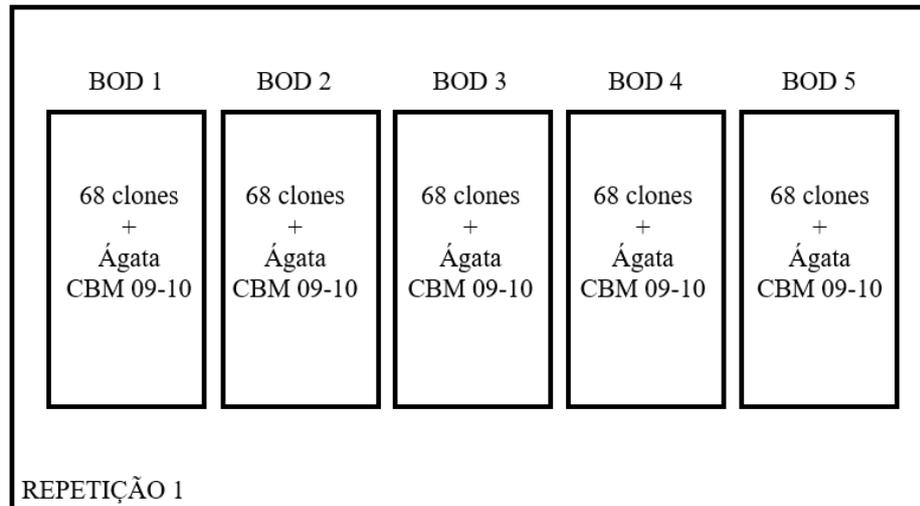
Para o preparo das suspensões foram adicionados às placas uma solução salina 0,75% para diluição das colônias e formação da suspensão bacteriana. As suspensões foram ajustadas para densidade ótica de  $A_{580} = 1,9$ , medida em espectrofotômetro, que corresponde à concentração de  $10^8$  a  $10^{10}$  UFC's.mL<sup>-1</sup>.

### **3.2.2. Inoculação, delineamento e avaliações**

Previamente à inoculação, os tubérculos foram lavados com água e sabão neutro e desinfestados em solução 1:1 de hipoclorito de sódio 2% e água destilada por 5 min. Logo depois foram enxaguados com água destilada esterilizada para retirada do excesso de hipoclorito. Para a inoculação, foram feitos dois furos de 15 mm de profundidade e 6 mm de diâmetro em lados longitudinais opostos de cada tubérculo, com uma ponteira estéril. Foram então depositados, com micropipeta, 50 µl da suspensão bacteriana em cada ferimento. Após a inoculação, os orifícios foram selados com vaselina e os tubérculos distribuídos em bandejas plásticas, previamente lavadas e desinfestadas com álcool 70%, contendo chumaços de algodão úmidos para a conservação da umidade. Por fim, as bandejas foram embaladas em sacos plásticos, formando uma câmara úmida. As bandejas foram então colocadas em BODs, por 72 h à temperatura de 28°C. Decorridas 72 h, as lesões foram lavadas com água corrente, o tecido apodrecido foi retirado e, com um paquímetro digital, foram mensurados o diâmetro e profundidade das lesões. Posteriormente, foram subtraídos 6 mm dos dados de diâmetro e 15 mm dos dados de profundidade, referentes às medidas dos furos realizados na ocasião da inoculação.

O experimento foi realizado em delineamento de blocos incompletos do tipo alfa-látice 5x68 (FIGURA 1), com dois tratamentos adicionais correspondentes às testemunhas: a cultivar Ágata (suscetível) e o clone CBM 09-10 (resistente), alocados em todos os blocos (BODs), de tal forma que cada BOD continha 68 tubérculos de clones diferentes mais dois tubérculos, um de cada testemunha, totalizando 350 tubérculos inoculados em cada repetição. Foram utilizados três tubérculos de cada clone, representando três repetições.

Figura 1 - Desenho esquemático de uma repetição do delineamento alfa-látice.



Fonte: Fernandes (2018).

### 3.3 Análises estatísticas

Todas as análises foram realizadas utilizando o software ASREML-R (GILMOUR et al., 2005) e os gráficos no pacote ggplot2 (WICKHAM, 2009) implementado no software R. Utilizou-se a abordagem de modelos mistos em todas as análises e as estimativas dos componentes de variância foram feitas pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML).

Os dados de produtividade e peso específico foram submetidos à análise com base no modelo abaixo:

$$Y = X\beta + Z_1b + Z_2c + e$$

Em que:

$Y$  é o vetor de observações;

$\beta$  é o vetor de efeitos fixos das testemunhas;

' $b$ ', ' $c$ ' e ' $e$ ' são vetores dos efeitos aleatórios de bloco, clones e resíduos, respectivamente;

$X$ ,  $Z_1$  e  $Z_2$  são as matrizes de incidência que relacionam as observações aos efeitos das testemunhas, blocos e clones, respectivamente.

Os efeitos aleatórios do modelo foram assumidos seguirem distribuição normal com médias e variâncias definidas como:

$$\begin{bmatrix} b \\ c \\ e \end{bmatrix} \sim N \left\{ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} I\sigma^2_b & 0 & 0 \\ 0 & I\sigma^2_c & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma^2_e \end{bmatrix} \right\}$$

Em que:

$\sigma^2 b$  é o componente de variância associado aos blocos;

$\sigma^2 c$  é o componente de variância associado aos clones;

$\sigma^2 e$  é o componente de variância residual.

Os dados de diâmetro e profundidade de lesão médios foram analisados com base no modelo abaixo:

$$Y = X\beta + Z_1 b + Z_2 c + e$$

Em que:

$Y$  é o vetor de observações;

$\beta$  é o vetor de efeitos fixos da repetição;

' $b$ ', ' $c$ ' e ' $e$ ' são vetores dos efeitos aleatórios, de bloco dentro da repetição, clones e resíduos, respectivamente;

$X$ ,  $Z_1$  e  $Z_2$  são as matrizes de incidência que relacionam as observações aos efeitos das repetições, blocos dentro de repetições e clones, respectivamente.

Os efeitos aleatórios do modelo foram assumidos seguirem distribuição normal com médias e variâncias definidas como:

$$\begin{bmatrix} b \\ c \\ e \end{bmatrix} \sim N \left\{ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} I\sigma^2_b & 0 & 0 \\ 0 & I\sigma^2_c & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma^2_e \end{bmatrix} \right\}$$

Em que:

$\sigma^2 b$  é o componente de variância associado aos blocos dentro das repetições;

$\sigma^2 c$  é o componente de variância associado aos clones;

$\sigma^2 e$  é o componente de variância residual.

Após as análises foram verificadas a significância dos efeitos aleatórios pelo teste LRT (*Likelihood Ratio Test*) e a qualidade experimental foi mensurada pelo coeficiente de variação ambiental e pela acurácia.

O coeficiente de variação ambiental foi estimado pela seguinte expressão:

$$CVe(\%) = \frac{\sqrt{\sigma^2_e}}{\bar{y}} * 100$$

Em que:

$\sigma^2_e$  é o componente de variância residual;

$\bar{y}$  é a média geral do experimento.

A acurácia seletiva ( $\hat{r}_{gg}$ ) (RESENDE; DUARTE, 2007) foi estimada pela seguinte expressão:

$$(\hat{r}_{gg}) = \sqrt{1 - \left(\frac{PEV}{\sigma_c^2}\right)}$$

Em que:

$PEV$  é a variância do erro de predição dos BLUPs;

$\sigma_c^2$  é o componente da variância genética de clones.

A classificação dos clones foi feita a partir das médias BLUP de diâmetro e profundidade da lesão e comparadas às médias das testemunhas. Os clones que tiveram médias BLUP menores que a do clone CBM 09-10 (testemunha resistente) foram considerados resistentes e os clones que tiveram médias maiores que a da cultivar Ágata (testemunha suscetível) foram considerados suscetíveis. Calculou-se ainda, a média entre as médias BLUP das testemunhas a fim de classificar os clones em outras duas classes intermediárias: moderadamente resistentes e moderadamente suscetíveis.

### 3.4 Análise dialélica da resistência

A análise dialélica também foi realizada através do uso de abordagem de modelos mistos com incorporação de informações de parentesco dos clones visando obtenção das estimativas de capacidades geral e específica de combinação dos genitores. Foi utilizado o método de máxima verossimilhança restrita (REML) para a estimação dos componentes de variância, segundo o modelo descrito abaixo:

$$Y = X\beta + Z_1b + Z_2g + Z_3s + Z_4c + e$$

Em que:

$Y$  é o vetor de observações

$\beta$  é o vetor de efeitos fixos da repetição

'*b*', '*g*', '*s*', '*c*' e '*e*' são vetores de efeitos aleatórios de bloco dentro da repetição, capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC), clones e resíduo, respectivamente;

$X$ ,  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$  e  $Z_4$  são as matrizes de incidência que relacionam as observações aos efeitos '*β*', '*b*', '*g*', '*s*' e '*c*', respectivamente.

Os efeitos aleatórios do modelo foram assumidos seguirem distribuição normal com médias e variâncias definidas a seguir:

$$\begin{bmatrix} b \\ g \\ s \\ c \\ e \end{bmatrix} \sim N \left\{ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} I\sigma_b^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & I\sigma_g^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_s^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & A\sigma_c^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix} \right\}$$

Em que:

$\sigma_b^2$  é o componente de variância associado aos blocos dentro das repetições;

$\sigma_g^2$  é o componente de variância associado à CGC;

$\sigma_s^2$  é o componente de variância associado à CEC;

$\sigma_c^2$  é o componente de variância associado aos clones;

$\sigma_e^2$  é o componente de variância residual.

A significância dos efeitos aleatórios foi obtida pelo teste LRT e a qualidade experimental foi mensurada pelo coeficiente de variação ambiental e pela acurácia seletiva já descritos.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Análise do desempenho agronômico dos clones**

Os resultados apresentados na Tabela 2 indicam que houve diferenças significativas para o efeito de clones para os caracteres produtividade total de tubérculos e peso específico a 5% de significância. As estimativas de acurácia são consideradas moderadas segundo (RESENDE & DUARTE, 2007) e os coeficientes de variação ambiental foram de 31%, 52% e 0,68% para produtividade total, produtividade de tubérculos graúdos e peso específico, respectivamente.

Tabela 2 - Estimativas de variâncias, variância do erro de predição (PEV), acurácia e média para produtividade total (g.planta<sup>-1</sup>), produtividade de tubérculos graúdos (g.planta<sup>-1</sup>) e peso específico.

Fonte de variação	Produtividade total		Produtividade de graúdos		Peso específico	
	Variância	Erro padrão	Variância	Erro padrão	Variância	Erro padrão
Clones	27.830,45*	11.616,0	18.958,41 <sup>ns</sup>	11.344,29	4,74 x 10 <sup>-5</sup> *	1,23 x 10 <sup>-5</sup>
Blocos	11.512,88*	5.368,0	7.907,65*	3.963,34	1,08 x 10 <sup>-6</sup> <sup>ns</sup>	1,62 x 10 <sup>-6</sup>
Resíduo	54.661,0	9.656,40	54.135,0	9.727,01	5,53 x 10 <sup>-5</sup>	9,52 x 10 <sup>-6</sup>
PEV	18698,53		14421,85		2,6 x 10 <sup>-5</sup>	
r <sub>gg</sub>	0,57		0,49		0,67	
CVe (%)	31,0		52,43		0,68	
Média	754,02		443,76		1,081	

Significância: \*' 0.05; <sup>ns</sup> - não significativo.

Fonte: Fernandes (2018).

Houve diferenças significativas entre as testemunhas para os caracteres produtividade total, produtividade de tubérculos graúdos e peso específico com 5% de significância pelo teste de Wald (TABELA 3), indicando que pelo menos uma testemunha teve desempenho diferente das demais.

Tabela 3 - Análise de variância do efeito de testemunhas para produtividade total ( $\text{g.planta}^{-1}$ ), produtividade de graúdos ( $\text{g.planta}^{-1}$ ) e peso específico.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Wald
Produtividade total	5	898.148,0	179.629,6	16,43*
Produtividade de graúdos	5	2.202.672,0	440.534,4	40,69*
Peso específico	5	0,004	0,0008	81,0*

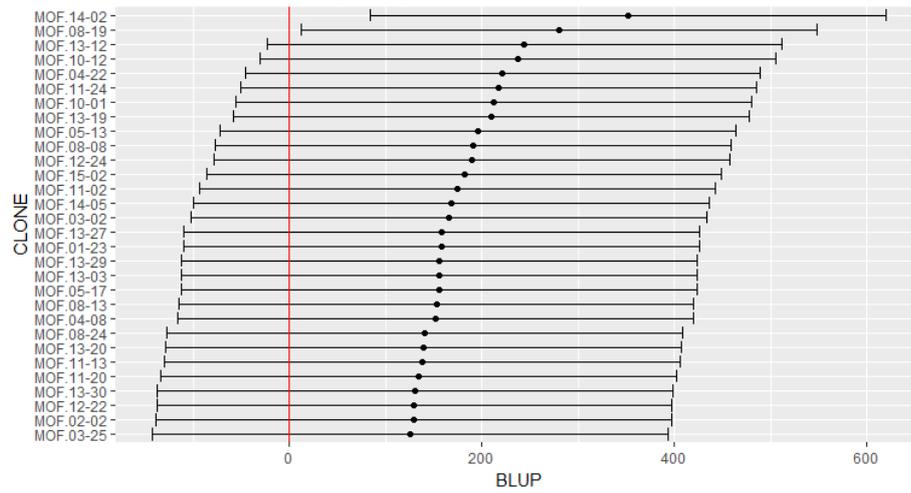
Significância: \* $\leq$  0,05; <sup>ns</sup> - não significativo.

Fonte: Fernandes (2018).

As Figuras 2 e 3 mostram o ordenamento dos melhores clones para produtividade total e de tubérculos graúdos, levando em consideração o erro padrão associado à estimativa BLUP com 95% de confiança. Verifica-se que os clones MOF 14-02 e MOF 08-19 apresentaram BLUPs significativos para produtividade total de tubérculos. Além disso, apresentaram médias de produtividade total de 1105,98 e 1034,12, respectivamente, que são médias mais altas que a média da melhor testemunha. Já para a produtividade de tubérculos graúdos, não houve BLUPs significativos (FIGURA 3).

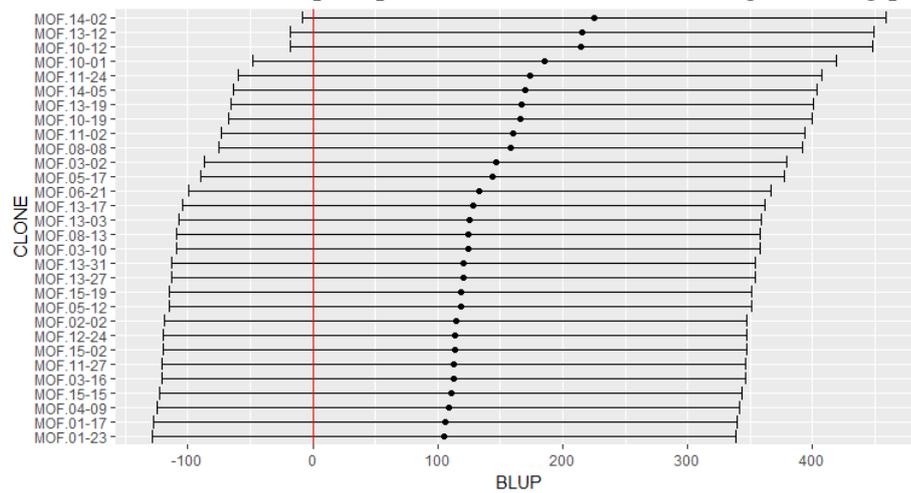
No gráfico de ordenamento dos BLUPs para peso específico (FIGURA 4) é possível observar que nove clones (MOF 15-21, MOF 01-04, MOF 01-05, MOF 02-13, MOF 03-15, MOF 05-28, MOF 02-18, MOF 02-01 e MOF 02-15) tiveram BLUPs significativos, no sentido de aumentar o peso específico e, conseqüentemente, a matéria seca dos tubérculos, característica importante para a indústria de processamento de batata.

Figura 2 - BLUPs dos clones para produtividade total de tubérculos ( $\text{g.planta}^{-1}$ ).



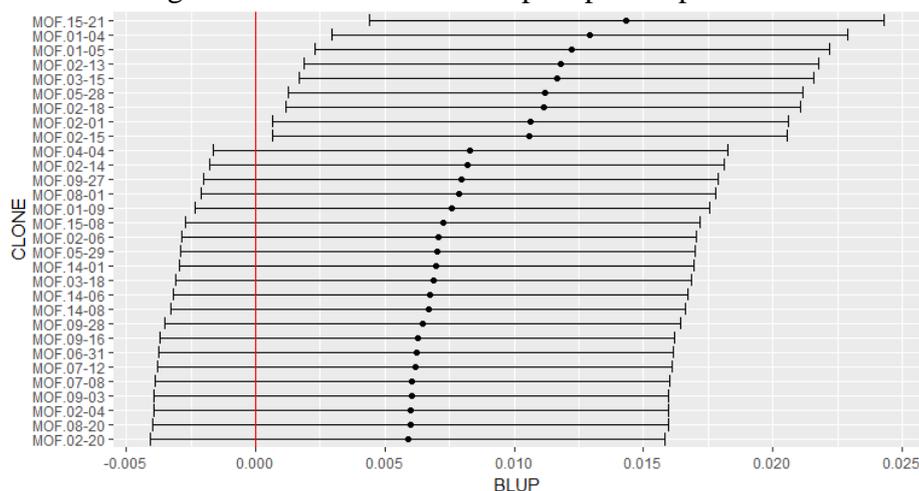
Fonte: Fernandes (2018)

Figura 3 - BLUPs dos clones para produtividade de tubérculos graúdos ( $\text{g.planta}^{-1}$ ).



Fonte: Fernandes (2018)

Figura 4 - BLUPs dos clones para peso específico.



Fonte: Fernandes (2018)

#### 4.2 Análise da reação a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*

A Tabela 4 traz as estimativas de variância para diâmetro e profundidade de lesão ocasionada pela inoculação da Pcc nos tubérculos. Verifica-se que houve diferenças significativas entre os clones para ambas os caracteres com 5% de probabilidade do erro.

Tabela 4 - Estimativas de variância, variância do erro de predição (PEV), acurácia, coeficiente de variação ambiental e média para diâmetro (mm) e profundidade (mm) da lesão.

Fonte de variação	Diâmetro		Profundidade	
	Variância	Erro padrão	Variância	Erro padrão
Clone	2,66*	0,33	1,14*	0,21
Bloco(Repetição)	0,46*	0,22	0,604*	0,27
Resíduo	4,29	0,24	4,10	0,22
PEV	0,97		0,64	
$r_{gg}$	0,79		0,66	
CVe (%)	19%		21%	
Média (mm)	10,51		9,81	

Significância: \* $p < 0,05$ ; ns - não significativo.

Fonte: Fernandes (2018).

Houve diferenças significativas também para o efeito de repetição (TABELA 5). Provavelmente esse efeito se deve à idade fisiológica do tubérculo no momento da inoculação, uma vez que as repetições foram feitas em semanas consecutivas, ou seja, os tubérculos

inoculados na segunda e terceira repetições eram, respectivamente, sete e 15 dias mais velhos fisiologicamente que os inoculados na primeira repetição. O fato deste efeito ter se mostrado significativo pode indicar uma relação entre a resistência e a idade fisiológica do tubérculo.

Tabela 5 - Análise de variância do efeito de repetição para diâmetro (mm) e profundidade (mm) da lesão.

FV	GL	SQ	QM	Wald
Diâmetro	2	28,88	14,44	6,73*
Profundidade	2	117,87	58,93	28,76*

Significância: '\*' 0.05; <sup>ns</sup> - não significativo.

Fonte: Fernandes (2018).

Como explicitado anteriormente, a classificação para reação a Pcc foi realizada com base nas médias BLUP das testemunhas. A Tabela 6 evidencia os intervalos de cada classe com base na média do diâmetro. Os clones que tiveram média BLUP menor que a média da testemunha resistente, isto é, o clone CBM 09-10 (8,36 mm) foram classificados como resistentes e os clones que tiveram média BLUP maior que a média da testemunha suscetível, isto é, a cultivar Ágata (13,31 mm) foram classificados como suscetíveis. A média das médias BLUP das testemunhas (10,83 mm) serviu como critério para a divisão das outras classes. Assim, os clones que tiveram média BLUP maior que a da testemunha resistente, porém menor que 10,83 mm, foram classificados como moderadamente resistentes. Já os clones que tiveram média BLUP de diâmetro maior que 10,83 mm, porém menor que a média da testemunha suscetível foram considerados moderadamente suscetíveis. A mesma classificação foi feita para as médias de profundidade da lesão, contudo, a diferença entre as médias das testemunhas foi muito pequena (0,98 mm), então optou-se por classificar os clones primordialmente pelas médias de diâmetro, que ofereceu melhor distinção das classes. Além disso, a estimativa de acurácia para o diâmetro foi aproximadamente 20% mais alta do que a acurácia da profundidade, indicando que o diâmetro discrimina melhor os clones quanto a reação a Pcc do que a profundidade.

Tabela 6 – Critérios de classificação dos clones quanto à reação dos clones a Pcc, com base na média do diâmetro da lesão (mm).

Média BLUP ( $\bar{y}$ )	Classificação
$\bar{y} \leq 8,36$	Resistente
$8,37 \leq \bar{y} \leq 10,83$	Moderadamente resistente
$10,84 \leq \bar{y} \leq 13,3$	Moderadamente suscetível
$\bar{y} \geq 13,31$	Suscetível

Fonte: Fernandes (2018)

As médias ajustadas das testemunhas e dos melhores clones para os caracteres agronômicos avaliados – produtividade e peso específico – bem como as médias de diâmetro da lesão e a classificação atribuída a esses genótipos foram apresentadas na Tabela 7. Verifica-se que foi possível identificar 14 clones com médias de diâmetro da lesão menores que a média da testemunha resistente (CBM 09-10) e, portanto, classificados como resistentes. Dentre esses clones, alguns chamam atenção, por exemplo, os clones MOF 03-11 e MOF 13-27, que apresentaram médias de produtividade de tubérculos graúdos maiores que as cultivares Ágata, Asterix e Camila. Alguns clones considerados neste trabalho como moderadamente resistentes à podridão mole, apresentaram também um desempenho agronômico bastante satisfatório, por exemplo, o clone MOF 10-01 que teve produtividade de tubérculos graúdos 9,13% superior à média de todas as testemunhas (571,82 g.planta<sup>-1</sup>). Com relação ao peso específico foi observada grande variabilidade entre os clones usados neste trabalho, variando de 1,048 a 1,095. A média geral dos clones foi 1,081, enquanto a média das testemunhas foi 1,078. A testemunha CBM 16-16 apresentou média de peso específico de 1,089, a maior para este caráter entre as testemunhas e ainda assim foi possível identificar clones que, além de resistentes, apresentaram peso específico maior que o clone CBM 16-16, como os clones MOF 03-15 e MOF 05-28.

Tabela 7 - Médias ajustadas das testemunhas e dos melhores clones para produtividade total (g.planta<sup>-1</sup>), produtividade de tubérculos graúdos (g.planta<sup>-1</sup>), peso específico, diâmetro da lesão (mm) e classificação quanto à resistência à podridão mole.

Clone	Produtividade total	Produtividade de graúdos	Peso específico	Diâmetro da lesão	Classificação
Ágata	663,61	492,11	1,066	13,31	Controle suscetível
Asterix	755,83	477,67	1,083	NA	NA
Camila	667,95	506,97	1,077	NA	NA
CBM 16-16	952,00	737,00	1,089	NA	NA
Cupido	828,00	645,33	1,078	NA	NA
CBM 09-10	NA	NA	NA	8,36	Controle resistente
MOF 06-34	739,06	482,47	1,083	7,56	Resistente
MOF 03-15	746,21	478,55	1,093	7,74	Resistente
MOF 15-08	717,93	362,17	1,088	7,91	Resistente
MOF 15-18	662,39	382,89	1,080	7,92	Resistente
MOF 05-28	592,05	443,76	1,092	8,12	Resistente
MOF 09-18	714,71	417,34	1,085	8,16	Resistente
MOF 12-23	690,94	369,95	1,081	8,19	Resistente
MOF 03-18	827,59	541,86	1,088	8,21	Resistente
MOF 05-22	845,13	406,15	1,087	8,23	Resistente
MOF 13-05	648,90	346,57	1,086	8,23	Resistente
MOF 13-27	912,57	564,09	1,081	8,27	Resistente
MOF 03-11	818,10	545,93	1,079	8,27	Resistente
MOF 12-22	883,88	503,02	1,081	8,28	Resistente
MOF 08-20	827,18	385,18	1,087	8,32	Resistente
MOF 10-01	966,03	629,29	1,083	9,10	Moderadamente resistente
MOF 09-24	872,09	516,28	1,085	9,90	Moderadamente resistente
MOF 15-19	843,73	561,85	1,085	10,04	Moderadamente resistente
MOF 14-14	813,68	520,05	1,087	10,11	Moderadamente resistente
MOF 02-03	852,49	528,18	1,086	10,38	Moderadamente resistente
MOF 05-04	839,90	521,44	1,085	10,65	Moderadamente resistente

NA – não avaliado.

Fonte: Fernandes (2018).

### 4.3 Análise dialélica

A Tabela 8 mostra que a capacidade geral de combinação (CGC) foi significativa somente para o caráter profundidade da lesão, enquanto a capacidade específica de combinação (CEC) foi significativa para o diâmetro da lesão; ambas com 5% de significância. A significância da CGC indica que houve genitores que contribuíram efetivamente para a redução da profundidade da lesão e, conseqüentemente, para aumentar a resistência dos clones provenientes de cruzamentos em que tais genitores participaram. À semelhança, a significância

da CEC indica que houve famílias, ou seja, cruzamentos específicos que se mostraram superiores para a redução do diâmetro da lesão.

Tabela 8 - Resumo da análise dialélica para diâmetro (mm) e profundidade (mm) da lesão de Pcc.

Fonte de variação	Diâmetro		Profundidade	
	Variância	Erro padrão	Variância	Erro padrão
CGC	0,035 <sup>ns</sup>	0,041	0,055*	0,041
CEC	0,208*	0,174	0	0
Clones	2,202*	0,303	0,916*	0,197
Resíduo	4,232	0,238	4,031	0,227

Significância: '\*' 0.05 ns - não significativo.

Fonte: Fernandes (2018)

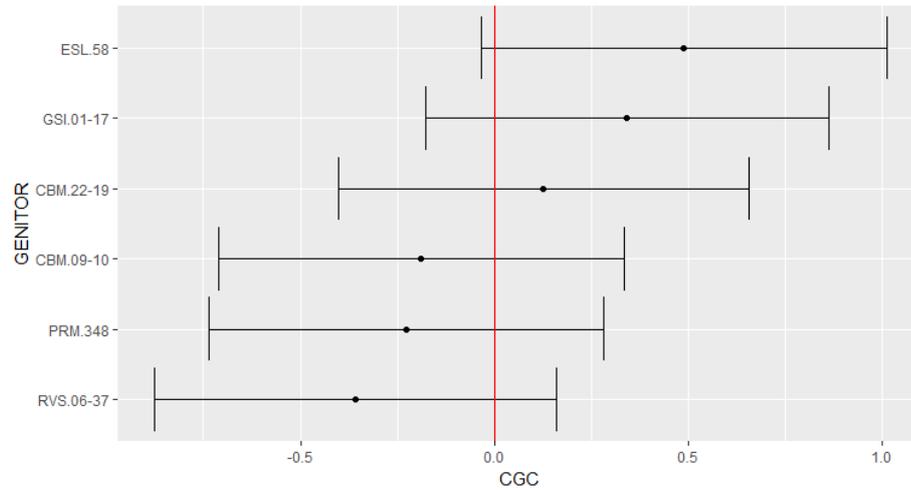
Ao contrário do que ocorreu para caracteres agronômicos, na análise de reação dos clones a Pcc, os melhores BLUPs são os maiores valores negativos, uma vez que o objetivo é reduzir o diâmetro e profundidade da lesão. Assim, percebe-se pelas estimativas de CGC que o genitor que mais contribuiu para a redução da profundidade foi o RVS 06-37, com BLUP de -0,358, seguido do PRM 348 e CBM 09-10 (TABELA 9). Contudo, plotando esses BLUPs em um gráfico *catterpillar* (FIGURA 5) não é possível afirmar que tal predição foi significativa com 95% de confiança.

Tabela 9 - Estimativas BLUP da capacidade geral de combinação (CGC) para profundidade (mm) da lesão de Pcc.

Genitor	BLUP
PRM 348	-0,226
CBM 22-19	0,128
ESL 58	0,49
RVS 06-37	-0,358
GSI 01-17	0,343
CBM 09-10	-0,189
$\Sigma g_i$	0

Fonte: Fernandes (2018)

Figura 5 - BLUPs da capacidade geral de combinação para profundidade (mm) da lesão de Pcc.



Fonte: Fernandes (2018).

Avaliando as estimativas de CEC, observa-se que os melhores cruzamentos foram os que geraram as famílias 3, 7 e 5, com estimativas BLUP de -0,335, -0,259 e -0,223, respectivamente. É interessante observar que pelo menos um dos genitores que tiveram as melhores CGCs (RVS 06-37, PRM 348 e CBM 09-10), participaram dos cruzamentos que geraram as melhores famílias. Apesar de CGC e CEC terem sido significativas para caracteres diferentes, é visível que tais genitores contribuíram para a diminuição da lesão de alguma forma, seja considerando o diâmetro ou profundidade.

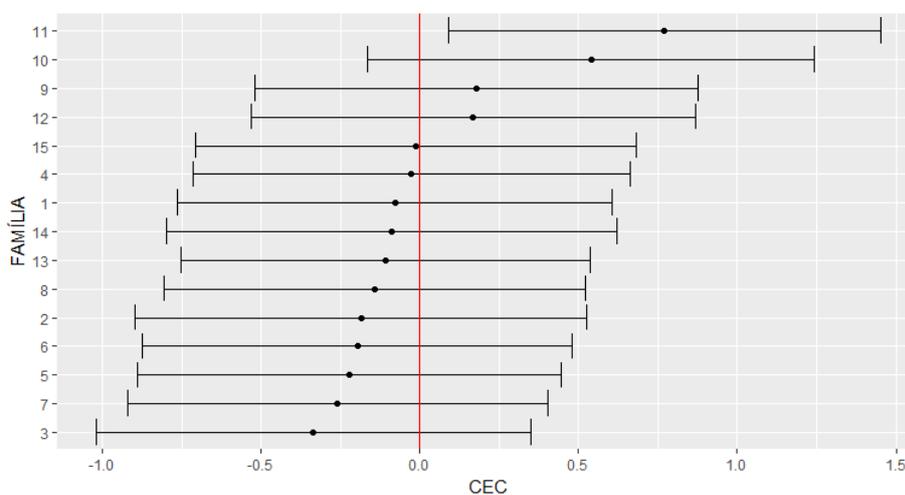
Tabela 10 - Estimativas BLUP da capacidade específica de combinação (CEC) para o diâmetro (mm) da lesão de Pcc.

Família	Cruzamento	BLUP
1	PRM 348 x CBM 22-19	-0,078
2	RVS 06-37 x CBM 09-10	-0,186
3	ESL 58 x CBM 09-10	-0,335
4	ESL 58 x GSI 01-17	-0,026
5	CBM 22-19 x RVS 06-37	-0,223
6	ESL 58 x CBM 22-19	-0,198
7	PRM 348 x RVS 06-37	-0,259
8	PRM 348 x GSI 01-17	-0,143
9	GSI 01-17 x CBM 09-10	0,178
10	ESL 58 x RVS 06-37	0,539
11	PRM 348 x ESL 58	0,771
12	GSI 01-17 x CBM 22-19	0,168
13	RVS 06-37 x GSI 01-17	-0,108
14	PRM 348 x CBM 09-10	-0,088
15	CBM 22-19 x CBM 9-10	-0,012

Fonte: Fernandes (2018).

Na Figura 6 tem-se o ordenamento desses valores de CEC no gráfico *catterpillar*, contudo, à semelhança do ocorrido para a CGC, não é possível inferir que os BLUPs das melhores famílias são diferentes de zero num intervalo de confiança de 95%.

Figura 6 - BLUPs da capacidade específica de combinação para diâmetro (mm) da lesão de Pcc.



Fonte: Fernandes (2018).

## 5 DISCUSSÃO

As principais cultivares de batata utilizadas no Brasil são de origem de países de clima temperado, como Asterix, Ágata e Cupido. Quando cultivadas em países de clima tropical e subtropical essas cultivares mostram deficiência para caracteres que não foram considerados durante a seleção nos países de origem, como exemplo, resistência a alguns patógenos.

As bactérias do gênero *Pectobacterium* spp., causadoras da podridão mole, provocam perdas no campo e em pós-colheita, causando apodrecimento dos tubérculos. O controle da doença é difícil, pois, como o patógeno fica protegido nas lenticelas e ferimentos, o controle químico normalmente é pouco eficaz, não sendo disponível, atualmente, nenhum bactericida que evite o apodrecimento dos tubérculos (LOPES & QUEZADO-DUVAL, 2001). Algumas alternativas são os métodos de controle cultural, como manejo da irrigação e manejo nutricional, tratamento dos tubérculos com água quente, dentre outros. Em vista das dificuldades de controle de doenças bacterianas, a resistência genética é a alternativa mais viável para seu controle.

Os programas de melhoramento visam desenvolver genótipos resistentes à podridão mole aliados a características agronômicas desejáveis, como altas produtividades. A busca por alelos de resistência geralmente é feita através de hibridações com espécies selvagens, ou ainda o cruzamento de clones que já apresentem algum nível de resistência. No melhoramento de batata, além da dificuldade em avaliar dois caracteres quantitativos – resistência e produtividade – atenção deve ser dada a caracteres visuais na intenção de atender as demandas do mercado. A necessidade do uso de espécies selvagens como fonte de alelos de resistência pode resgatar características indesejáveis, o que acarreta em maior tempo para obtenção de um clone superior.

Neste trabalho os genitores utilizados no cruzamento dialélico foram testados previamente em experimentos de reação a Pcc, demonstrando bons níveis de resistência por Assis (2007) e por isso foram escolhidos. Os resultados obtidos na análise dialélica revelaram três genitores que efetivamente contribuíram para o aumento da resistência. O clone RVS 06-37, oriundo de um cruzamento que tem a espécie *S. chacoense* como um dos parentais, foi o genitor com melhor estimativa de capacidade geral de combinação (CGC), seguido dos clones PRM 348 e CBM 09-10, ou seja, esses genitores conseguiram transmitir alelos de resistência aos seus descendentes (TABELA 9). Diversos trabalhos reportam a presença de alelos de resistência em espécies selvagens, como *S. chacoense*, fato que pode explicar a estimativa de CGC do clone RVS 06-37.

Na Tabela 8 foi observado que as estimativas da CEC foram significativas apenas para o diâmetro da lesão. A família 3, que corresponde ao cruzamento entre ESL 58 e CBM 09-10, teve a melhor estimativa de CEC, isto é, CEC maior e negativa dado que a intenção é reduzir o diâmetro da lesão de Pcc (TABELA 10). É interessante observar que o genitor ESL 58 teve a maior estimativa positiva de CGC, ou seja, contribuiu para o aumento da suscetibilidade dos clones, porém, quando cruzado com o genitor CBM 09-10 gerou a melhor família. Como a CEC está relacionada aos efeitos não-aditivos, ou seja, efeitos de dominância, isto indica que estes genitores possuem alto grau de complementariedade no que diz respeito a resistência à podridão mole.

Nota-se neste trabalho que as estimativas de CEC (0,208) para o diâmetro da lesão foram aproximadamente seis vezes maiores que a estimativa da CGC (0,035) (TABELA 8), indicando que a capacidade específica de combinação foi relativamente mais importante. Tung et al. (1990) estudaram os efeitos de CCG e CEC para resistência a *Pseudomonas solanacearum* e relatam que o fato de um clone transmitir alelos de resistência para seus descendentes em apenas alguns cruzamentos, como foi observado pelos autores, indica a importância da CEC para a resistência a doenças. Em contrapartida, Subekti & Salazar (2007) observaram que as estimativas de CGC foram mais importantes que as de CEC quando avaliaram a resistência de linhagens de milho à *Dickeya zaeae* (syn. *Erwinia chrysanthemi*), porém, alguns autores evidenciam que a importância da CGC ou CEC depende do caráter e da população em questão (SILVA et al. 2013) e também das condições ambientais e delineamento experimental (MANIVEL et al. 2010).

A classificação dos clones foi realizada com base nas médias de diâmetro da lesão, pois foi observado que tal caráter demonstrou maior poder discriminativo do que a profundidade da lesão, devido à pequena diferença observada entre as médias BLUP de profundidade da lesão das testemunhas e também devido à maior acurácia obtida para o diâmetro. Dessa forma, foram identificados clones com médias de diâmetro de lesão menores que a média da testemunha resistente (CBM 09-10), por exemplo, os clones MOF 03-11, MOF 03-15, MOF 03-18, MOF 06-34, MOF 12-22, e MOF 13-27, que foram classificados como resistentes, ainda apresentaram produtividade de tubérculos graúdos maiores que a média geral (TABELA 11 – APÊNDICE A).

Diversos trabalhos (Assis, 2007; Carputo et al., 2007; Oliveira, 2011) sugerem o diâmetro da lesão como caráter mais adequado para a classificação dos clones, como os trabalhos de, apesar da magnitude das médias diferirem. Por exemplo, neste estudo classificou-se como resistentes os clones com médias inferiores a 8,3 mm, enquanto Carputo et al. (2007)

consideraram resistentes clones com médias de diâmetro menores que 4 mm. Contudo, tais autores inocularam apenas 20 µl de suspensão bacteriana, com concentração de  $10^7$  UFC's/ml, ou seja, a menor concentração e volume do inóculo podem ter provocado menor severidade da doença, ocasionando médias de diâmetro relativamente baixas. Pasco et al. (2006) elucidam as dificuldades na identificação de genótipos resistentes com confiabilidade, pois, além da ampla distribuição observada na resistência dos genótipos à podridão mole, as metodologias de avaliação diferem em cada estudo. A falta de padronização das metodologias de avaliação dificulta a comparação dos níveis de resistência observados em cada trabalho, sendo assim, é de grande importância um estudo de revisão das metodologias utilizadas.

O efeito de repetição, isto é, o possível efeito de idade dos tubérculos, foi estatisticamente significativo (TABELA 5), indicando que a idade fisiológica pode influenciar a resposta de resistência dos clones. Tubérculos mais velhos têm menor peso específico e, conseqüentemente, menor teor de matéria seca. Assis (2007) observou correlações negativas significativas entre diâmetro/profundidade e peso específico, indicando que o alto teor de matéria seca está relacionado à maior resistência. Marquez-Villavicencio, Groves e Charkowski (2011) obtiveram correlações significativas entre a suscetibilidade e a idade do tubérculo, sendo mais suscetíveis os tubérculos mais velhos. Deve-se lembrar que no presente trabalho os tubérculos ficaram armazenados por seis meses em câmara fria em temperatura de 4°C antes das avaliações de reação à bactéria, então neste cenário, é coerente imaginar que os clones estivessem mais suscetíveis a Pcc, possivelmente devido ao decaimento do teor de matéria seca ao longo desse período de armazenamento.

Para o melhoramento de batata, o peso específico tem grande importância por que está relacionado ao teor de matéria seca dos tubérculos, sendo um caráter muito visado pela indústria de processamento de batata, pois, quanto maior a matéria seca menor a absorção de óleo na hora da fritura. Dentre os clones avaliados, 36% apresentaram média de peso específico iguais ou superiores a 1,082, valor mínimo requerido pela indústria (IOVENE et al. 2004). A cultivar mais plantada no Brasil para a indústria de pré-fritas congeladas é a Asterix, que apresentou média de peso específico de 1,083. Observando os clones classificados como resistentes à podridão mole foi possível identificar clones com peso específico maiores que da cultivar Asterix, como os clones MOF 03-15, MOF 15-08, MOF 05-28, MOF 09-18, MOF 03-18, MOF 05-22, MOF 13-05 e MOF 08-20. Observando todos os caracteres avaliados, alguns clones chamam a atenção por apresentarem bom nível de resistência à podridão mole e ainda médias de produtividades satisfatórias e peso específico elevado, como os clones MOF 03-11, MOF 03-18, MOF 10-01, MOF 12-22 e MOF 13-27.

## 6 CONCLUSÕES

O clone RVS 06-37 apresenta maior capacidade geral de combinação (CGC), seguido dos clones PRM 348 e CBM 09-10, indicando que esses genótipos contribuem efetivamente para a resistência de seus descendentes à podridão mole.

A família 3 apresenta a maior capacidade específica de combinação (CEC), seguido das famílias 7 e 5, indicando que os genitores que originaram essas famílias têm alto grau de complementariedade.

Os clones MOF 03-18, MOF 12-22 e MOF 13-27 apresentam bons níveis de resistência a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* e boas características agronômicas, como médias de produtividade de tubérculos graúdos e peso específico acima da média geral.

## REFERÊNCIAS

- ADEOLU, M. et al. Genome-based phylogeny and taxonomy of the ‘Enterobacteriales’: Proposal for enterobacterales ord. nov. divided into the families Enterobacteriaceae, Erwiniaceae fam. nov., Pectobacteriaceae fam. nov., Yersiniaceae fam. nov., Hafniaceae fam. nov., Morganellaceae fam. nov., and Budviciaceae fam. nov. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 66, n. 12, p. 5575–5599, 2016.
- ALLEFS, J. J. H. M. et al. Resistance to *Erwinia carotovora* subsp., atroseptica in second backcross populations of somatic hybrids between *Solanum tuberosum* and *S. brevidens*. **Potato Research**, v. 38, p. 11–21, 1995.
- ASSIS, J. C. de. **Resistência de clones de batata à podridão-mole (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*)**. 61 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras 2007.
- AZADMANESH, S. et al. *In vitro* evaluation of potato genotypes for resistance against bacterial soft rot (*Pectobacterium carotovorum*) - A new tool for studying disease resistance. **Journal of Plant Protection Research**, v. 57, n. 1, p. 1–8, 2016.
- LOPES, C. A.; QUEZADO-DUVAL, A. M. Podridão-mole e canela-preta da batata, *Erwinia* spp. **Revista Batata Show**. Ano 1, n.3, p. 7-9, 2001.
- BENELLI, A. I. H. et al. Reação de cultivares de batata à podridão mole causada por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum*, por *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* e por *P. chrysanthemi*. **Fitopatologia Brasileira**. v. 29, n. 2, p. 155–159, 2004.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. 2<sup>nd</sup> ed. p. 259-300, 2010.
- BRADSHAW, J. E.; DALE, M. F. B.; MACKAY, G. R. Improving the yield, processing quality and disease and pest resistance of potatoes by genotypic recurrent selection. **Euphytica**, v. 170, n. 1, p. 215–227, 2009.
- CAPO, A. et al. Evaluation for chipping and tuber soft rot (*Erwinia carotovora*) resistance in potato clones from unilateral sexual polyploidization (2x × 4x). **American Journal of Potato Research**, v. 79, n. 2, p. 139–145, 2002.
- CARPUTO, D. et al. Resistance to blackleg and tuber soft rot in sexual and somatic interspecific hybrids with different genetic background. **American Potato Journal**, v. 74, p. 161–172, 1997.
- CARPUTO, D. et al. Resistance to frost and tuber soft rot in near-pentaploid *Solanum tuberosum* – *S. commersonii* hybrids. **Breeding Science**, v. 57, p. 145–151, 2007.
- CARVALHO FILHO, R. C.; MELLO, S. C. M. de. ***Pectobacterium carotovorum*: taxonomia, identificação, sintomatologia, epidemiologia e controle**. Documentos n°261 - EMBRAPA, 2008.
- CHAGAS, R. R. **Reação de clones de batata tolerantes ao calor à pinta preta (*Alternaria spp.*), podridão mole (*Pectobacterium carotovorum*), PVY e PVX**. 65 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

CHARKOWSKI, A. O. The Changing Face of Bacterial Soft-Rot Diseases. **Annual Review of Phytopathology**, v. 56, n. 1, p., 2018.

CHEN, L. et al. Tetrasomic inheritance pattern of the pentaploid *Solanum chacoense* (+) *S. tuberosum* somatic hybrid (resistant to bacterial wilt) revealed by SSR detected alleles. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 127, n. 2, p. 315–323, 2016.

CHUNG, Y. S.; KIM, C.; JANSKY, S. New source of bacterial soft rot resistance in wild potato (*Solanum chacoense*) tubers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 64, n. 8, p. 1963–1969, 2017.

COSSA, M. C. V. Transformação genética de batata (*Solanum tuberosum*), com gene codificador do peptídeo antimicrobiano Pg-AMP1. 64 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

CRÉPIN, A. et al. Biological control of pathogen communication in the rhizosphere: a novel approach applied to potato soft rot due to *Pectobacterium atrosepticum*. **Plant Soil**, v. 358, p. 27–37, 2012.

CRUZ, C. D. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 1, 4ªed., p. 236–367, Ed. UFV, Viçosa, MG, 2012.

CZAJKOWSKI, R.; DE BOER, W. J.; VAN DER WOLF, J. M. Chemical disinfectants can reduce potato blackleg caused by “*Dickeya solani*”. **European Journal of Plant Pathology**, v. 136, n. 2, p. 419–432, 2013.

CZAJKOWSKI, R. et al. Control of blackleg and tuber soft rot of potato caused by *Pectobacterium* and *Dickeya* species: a review. **Plant Pathology**, v. 60, p. 999–1013, 2011.

CZAJKOWSKI, R.; GRABE, G. J.; WOLF, J. M. Van Der. Distribution of *Dickeya spp.* and *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* in naturally infected seed potatoes. **European Journal of Plant Pathology**, v. 125, p. 263–275, 2009.

DAVIDSSON, P. R. et al. Pathogenicity of and plant immunity to soft rot pectobacteria. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 1–13, 2013.

de OLIVEIRA, C. L. **Avaliação agronômica e reação de clones de batata à canela preta e podridão mole**. 82 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

DUARTE, V. et al. Characterization of atypical *Erwinia carotovora* strains causing blackleg of potato in Brazil. **Journal of Applied Microbiology**, v. 96, p. 535–545, 2004.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018. Disponível em <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>

FEDERER, W. T. Augmented (or hoonuiaku) designs. **Biometrics Unit**. Cornell University, 1956.

FÉLIX, K. C. da S. et al. Calcium-mediated reduction of soft rot disease in Chinese cabbage. **European Journal of Plant Pathology**. v. 147, p. 73–84, 2017.

FUQUA, C.; PARSEK, M. R.; GREENBERG, E. P. Regulation of gene expression by cell - to -cell communication: Acyl - homoserine lactone Quorum Sensing. **Annual Review of Genetics**, v. 35, n. 1, p. 439–68, 2001.

GARDAN, L. et al. Elevation of three subspecies of *Pectobacterium carotovorum* to species level: *Pectobacterium atrosepticum* sp. nov., *Pectobacterium betavasculorum* sp. nov. and *Pectobacterium wasabiae* sp. nov. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 53, p. 381–391, 2003.

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

GARGE, S. S.; NERURKAR, A. S. Evaluation of quorum quenching *Bacillus spp* . for their biocontrol traits against *Pectobacterium carotovorum* subsp . *carotovorum* causing soft rot. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 9, p. 48–57, 2017.

GEBHARDT, C.; VALKONEN, J. P.T. Organization of genes controlling disease resistance in the potato genome. **Annual Review of Phytopathology**, v. 39, n. 1, p. 79–102, 2001.

GERAYELI, N.; BAGHAEE-RAVARI, S.; TARIGHI, S. Evaluation of the antagonistic potential of Bacillus strains against *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* and their role in the induction of resistance to potato soft rot infection. **European Journal of Plant Pathology**, v. 150, n. 4, p. 1049–1063, 2018.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 9, n. 4, p. 463–493, 1956.

GILMOUR, A. R. et al. **ASReml user guide, release 3.0**. VSN Int., Hemel Hempstead, Reino Unido, 2005.

GUEDES, M. L. **Seleção de clones de batata para aparência de tubérculos e resistência aos vírus PVX e PVY**. 64 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

HAUBEN, L. et al. Phylogenetic position of phytopathogens within the Enterobacteriaceae. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 21, n. 3, p. 384–397, 1998.

HUGOUVIEUX-COTTE-PATTAT, N. et al. Bacterial pectate lyases, structural and functional diversity. **Environmental Microbiology Reports**, v. 6, n. 5, p. 427–440, 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil.**, v. 30, n. 12, p. 1–82, 2017.

KADO, C. L.; HESKETT, M. G. Selective media for isolation of Agrobacterium, Corynebacterium, Erwinia, Pseudomonas and Xanthomonas. **Phytopathology**. v. 60, n. 6, p. 969-976, 1970.

KOH, Y. J. et al. Emerging threats to the kiwifruit industry: *Pectobacterium carotovorum* subsp. *actinidiae* subsp. nov., a new bacterial pathogen causing canker-like symptoms in yellow kiwifruit, *Actinidia chinensis*. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 40, n. 4, p. 269–279, 2012.

LAPWOOD, D. H.; READ, P. J.; SPOKES, J. Methods for assessing the susceptibility of potato tubers of different cultivars to rotting by *Erwinia carotovora* subspecies *atroseptica* and *carotovora*. **Plant Pathology**, v. 33, p. 13–20, 1984.

MANIVEL, P. et al. Heterosis and combining ability for tuber dry matter and yield in potato (*Solanum tuberosum* L.) over two clonal generations under short-day subtropic conditions. **Electronic Journal of Plant Breeding**, v. 1, n. 3, p. 287-296, Junho, 2010.

MARQUEZ-VILLAVICENCIO, M. del P.; GROVES, R. L.; CHARKOWSKI, A. O. Soft rot disease severity is affected by potato physiology and *Pectobacterium* taxa. **Plant Disease**, v. 95, n. 3, p. 232–241, 2011.

MCGRATH, J. M. et al. Introgression and stabilization of *Erwinia* tuber soft rot resistance into potato after somatic hybridization of *Solanum tuberosum* and *S. brevidens*. **American Journal of Potato Research**, v. 79, n. 1, p. 19–24, 2002.

MELITO, S. et al. Chipping ability, specific gravity and resistance to *Pectobacterium carotovorum* in advanced potato selections. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, 2016.

MERWE, J. J. Van Der et al. *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis* causing blackleg on potatoes in South Africa. **European Journal of Plant Pathology**, v. 126, p. 175–185, 2010.

MÖHRING, J.; MELCHINGER, E. & PIEPHO, H. P. REML-based diallel analysis. **Crop Science**, v. 51, 2011.

LEITE, L. N. et al. First report of potato blackleg caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis* in the Netherlands. **New Disease Reports**, v. 29, p. 24, 2014.

PASCO, C. et al. Resistance behaviour of potato cultivars and advanced breeding clones to tuber soft rot caused by *Pectobacterium atroscopicum*. **Potato Research**, v. 49, n. 2, p. 91–98, 2006.

PÉROMBELON, M. C. M. Ecology of the soft rot erwinias. **Annual Review of Phytopathology**, v. 18, p. 361–387, 1980.

PÉROMBELON, M. C. M. Potato blackleg: epidemiology, host-pathogen interaction and control. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, v. 98, p. 135–146, 1992.

PÉROMBELON, M. C. M. Potato diseases caused by soft rot erwinias: an overview of pathogenesis. **Plant Pathology**, v. 51, p. 1–12, 2002.

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

SILVA, L. A. et al. Reação de clones de batata à podridão mole dos tubérculos causada por *Erwinia spp.* **Congresso Brasileiro de Melhoramento de plantas**. Porto Seguro, 2003.

SILVA, G. O. da; PEREIRA, A. da S.; SOUZA, V. Q. de. Estimativas de capacidade de combinação em plântulas de batata. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento - EMBRAPA**, v. 91, 2013.

SILVA, G. O. et al. Capacidade de combinação de genitores de batata para caracteres de aparência e rendimento de tubérculos. **Revista Ceres**. v. 60, n. 4, p. 489-497, 2013.

SUBEKTI, N. A.; SALAZAR, A. M. Diallel analysis of resistance to bacterial stalk rot (*Pectobacterium chrysanthemi* pv. *zeae*, Burk., McFad.) in corn (*Zea mays* L.). **Indonesian Journal of Agricultural Science**, v. 8, n. 2, p. 48–52, 2007.

TIWARI, J. K. et al. Progress in somatic hybridization research in potato during the past 40 years. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 132, n. 2, p. 225–238, 2018.

TOTH, I. K. et al. *Dickeya* species: an emerging problem for potato production in Europe. **Plant Pathology**, v. 60, n. 3, p. 385–399, 2011.

TOTH, I. K. et al. Soft rot erwiniae: from genes to genomes. **Molecular Plant Pathology**, v. 4, p. 17–30, 2003.

TUNG, P. X. et al. Resistance do *Pseudomonas solanacearum* in the potato: I. Effects of sources of resistance and adaptation. **Euphytica**, v. 45, p. 203-210, 1990.

VIVAS, M. et al. Capacidade combinatória e heterose para resistência a pinta-preta em mamoeiro por meio de análise dialélica. **Tropical Plant Pathology**, v. 37, n. 5, p. 326–332, 2012.

WICKHAM, H. ggplot2: Elegant graphics for data analysis. 1<sup>st</sup> ed. **Springer -Verlag New York**. New York, 2009.

ZHANG, Y.; FAN, Q.; LORIA, R. A re-evaluation of the taxonomy of phytopathogenic genera *Dickeya* and *Pectobacterium* using whole-genome sequencing data. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 39, n. 4, p. 252–259, 2016.

## APÊNDICE A

Tabela 11 – Médias BLUP dos clones para produtividade total e de tubérculos graúdos (g.planta<sup>-1</sup>), peso específico, diâmetro (mm) e classificação dos clones quanto a resistência à *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (continua).

Clone	Produtividade total	Produtividade de graúdos	Peso específico	Diâmetro	Classificação
MOF 06-34	739,06	482,47	1,083	7,56	Resistente
MOF 03-15	746,21	478,55	1,093	7,74	Resistente
MOF 15-08	717,93	362,17	1,088	7,91	Resistente
MOF 15-18	662,39	382,89	1,080	7,92	Resistente
MOF 05-28	592,05	443,76	1,092	8,12	Resistente
MOF 09-18	714,71	417,34	1,085	8,16	Resistente
MOF 12-23	690,94	369,95	1,081	8,19	Resistente
MOF 03-18	827,59	541,86	1,088	8,21	Resistente
MOF 05-22	845,13	406,15	1,087	8,23	Resistente
MOF 13-05	648,90	346,57	1,086	8,23	Resistente
MOF 13-27	912,57	564,09	1,081	8,27	Resistente
MOF 03-11	818,10	545,93	1,079	8,27	Resistente
MOF 12-22	883,88	503,02	1,081	8,28	Resistente
MOF 08-20	827,18	385,18	1,087	8,32	Resistente
MOF 01-09	667,10	339,50	1,089	8,38	Moderadamente resistente
MOF 05-23	758,02	465,94	1,081	8,46	Moderadamente resistente
MOF 13-02	646,05	443,76	1,081	8,51	Moderadamente resistente
MOF 14-13	823,15	497,83	1,084	8,57	Moderadamente resistente
MOF 13-31	858,59	564,09	1,081	8,60	Moderadamente resistente
MOF 07-19	702,88	416,60	1,079	8,64	Moderadamente resistente
MOF 01-20	637,48	324,32	1,083	8,75	Moderadamente resistente
MOF 01-06	791,92	495,13	1,079	8,80	Moderadamente resistente
MOF 06-38	787,11	422,56	1,081	8,80	Moderadamente resistente
MOF 06-04	764,16	421,72	1,078	8,87	Moderadamente resistente
MOF 09-27	710,14	341,03	1,089	8,94	Moderadamente resistente
MOF 13-18	763,49	469,24	1,084	8,94	Moderadamente resistente
MOF 05-07	715,84	411,11	1,085	8,96	Moderadamente resistente
MOF 04-21	725,96	416,30	1,081	8,96	Moderadamente resistente
MOF 07-22	660,73	443,76	1,080	9,01	Moderadamente resistente
MOF 01-01	643,32	393,31	1,080	9,02	Moderadamente resistente
MOF 12-25	777,66	437,28	1,083	9,02	Moderadamente resistente
MOF 14-08	671,22	373,60	1,088	9,04	Moderadamente resistente
MOF 01-11	773,20	468,17	1,081	9,05	Moderadamente resistente
MOF 01-03	699,39	414,77	1,079	9,05	Moderadamente resistente
MOF 12-13	643,48	443,76	1,086	9,05	Moderadamente resistente
MOF 02-17	647,97	339,82	1,083	9,07	Moderadamente resistente
MOF 01-05	685,90	378,46	1,093	9,09	Moderadamente resistente
MOF 10-01	966,03	629,29	1,083	9,10	Moderadamente resistente
MOF 08-18	786,69	421,49	1,079	9,12	Moderadamente resistente
MOF 07-36	670,31	393,31	1,083	9,13	Moderadamente resistente
MOF 15-35	697,30	382,94	1,085	9,14	Moderadamente resistente

Tabela 11 – Médias BLUP dos clones para produtividade total e de tubérculos graúdos (g.planta<sup>-1</sup>), peso específico, diâmetro (mm) e classificação dos clones quanto a resistência à *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (continua),

Clone	Produtividade total	Produtividade de graúdos	Peso específico	Diâmetro	Classificação
MOF 03-21	780,98	442,40	1,084	9,15	Moderadamente resistente
MOF 06-31	748,81	391,76	1,087	9,15	Moderadamente resistente
MOF 03-01	713,00	336,20	1,074	9,17	Moderadamente resistente
MOF 11-25	766,87	473,83	1,082	9,17	Moderadamente resistente
MOF 03-27	642,71	443,76	1,081	9,18	Moderadamente resistente
MOF 01-08	832,25	471,12	1,083	9,19	Moderadamente resistente
MOF 08-10	829,78	443,63	1,085	9,24	Moderadamente resistente
MOF 06-07	730,39	390,49	1,086	9,28	Moderadamente resistente
MOF 08-07	632,55	325,47	1,086	9,29	Moderadamente resistente
MOF 09-28	773,61	425,15	1,088	9,29	Moderadamente resistente
MOF 08-25	666,28	349,03	1,085	9,30	Moderadamente resistente
MOF 02-13	650,07	362,19	1,093	9,31	Moderadamente resistente
MOF 07-26	812,55	465,32	1,083	9,33	Moderadamente resistente
MOF 02-04	679,15	381,06	1,087	9,34	Moderadamente resistente
MOF 04-15	878,87	535,84	1,084	9,36	Moderadamente resistente
MOF 15-33	742,07	376,20	1,085	9,37	Moderadamente resistente
MOF 04-03	730,43	452,84	1,076	9,41	Moderadamente resistente
MOF 13-29	909,19	501,84	1,084	9,43	Moderadamente resistente
MOF 14-05	922,68	613,58	1,080	9,45	Moderadamente resistente
MOF 08-32	719,22	416,30	1,079	9,45	Moderadamente resistente
MOF 04-04	685,90	417,37	1,089	9,46	Moderadamente resistente
MOF 15-04	758,42	414,04	1,080	9,48	Moderadamente resistente
MOF 07-04	755,68	440,77	1,083	9,49	Moderadamente resistente
MOF 14-06	751,13	370,08	1,088	9,49	Moderadamente resistente
MOF 15-16	874,01	500,63	1,080	9,49	Moderadamente resistente
MOF 15-29	811,36	431,99	1,086	9,50	Moderadamente resistente
MOF 05-31	596,09	377,75	1,079	9,51	Moderadamente resistente
MOF 06-37	566,63	355,45	1,074	9,52	Moderadamente resistente
MOF 05-30	689,94	380,22	1,086	9,52	Moderadamente resistente
MOF 12-31	674,71	368,15	1,084	9,55	Moderadamente resistente
MOF 03-07	852,65	505,50	1,078	9,56	Moderadamente resistente
MOF 04-17	739,88	456,27	1,084	9,57	Moderadamente resistente
MOF 15-09	794,48	473,53	1,084	9,57	Moderadamente resistente
MOF 01-07	690,71	417,31	1,078	9,58	Moderadamente resistente
MOF 02-11	676,41	452,74	1,069	9,59	Moderadamente resistente
MOF 07-07	690,55	390,72	1,084	9,59	Moderadamente resistente
MOF 12-16	690,94	408,85	1,080	9,59	Moderadamente resistente
MOF 08-26	856,89	513,39	1,072	9,61	Moderadamente resistente
MOF 06-24	820,85	442,71	1,080	9,63	Moderadamente resistente
MOF 11-03	788,94	484,77	1,083	9,63	Moderadamente resistente
MOF 02-20	777,63	442,36	1,087	9,66	Moderadamente resistente
MOF 06-11	772,60	482,67	1,082	9,66	Moderadamente resistente

Tabela 11 – Médias BLUP dos clones para produtividade total e de tubérculos graúdos (g.planta<sup>-1</sup>), peso específico, diâmetro (mm) e classificação dos clones quanto a resistência à *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (continua).

Clone	Produtividade total	Produtividade de graúdos	Peso específico	Diâmetro	Classificação
MOF 08-01	697,30	411,47	1,089	9,67	Moderadamente resistente
MOF 02-15	803,98	495,18	1,092	9,69	Moderadamente resistente
MOF 03-14	713,51	437,21	1,087	9,70	Moderadamente resistente
MOF 09-09	829,78	438,44	1,079	9,73	Moderadamente resistente
MOF 05-29	764,12	455,15	1,088	9,73	Moderadamente resistente
MOF 09-16	630,37	443,76	1,087	9,75	Moderadamente resistente
MOF 03-04	847,42	478,55	1,080	9,76	Moderadamente resistente
MOF 04-09	861,33	552,24	1,079	9,76	Moderadamente resistente
MOF 06-22	755,20	432,90	1,081	9,77	Moderadamente resistente
MOF 08-02	758,02	395,91	1,079	9,77	Moderadamente resistente
MOF 13-26	656,17	380,11	1,081	9,77	Moderadamente resistente
MOF 02-10	860,84	362,82	1,087	9,77	Moderadamente resistente
MOF 03-12	789,30	500,69	1,084	9,78	Moderadamente resistente
MOF 01-17	877,13	549,71	1,082	9,79	Moderadamente resistente
MOF 04-10	593,74	368,15	1,075	9,80	Moderadamente resistente
MOF 08-13	906,63	567,75	1,079	9,80	Moderadamente resistente
MOF 12-10	775,92	440,77	1,086	9,80	Moderadamente resistente
MOF 08-22	719,63	370,68	1,083	9,80	Moderadamente resistente
MOF 13-13	838,39	385,40	1,083	9,81	Moderadamente resistente
MOF 13-09	656,97	401,75	1,080	9,81	Moderadamente resistente
MOF 09-25	741,70	368,06	1,085	9,81	Moderadamente resistente
MOF 13-04	773,62	447,89	1,079	9,82	Moderadamente resistente
MOF 05-10	662,39	367,32	1,048	9,83	Moderadamente resistente
MOF 05-16	697,69	414,04	1,083	9,83	Moderadamente resistente
MOF 03-22	815,79	454,38	1,078	9,83	Moderadamente resistente
MOF 15-15	873,12	554,10	1,077	9,86	Moderadamente resistente
MOF 14-18	724,28	391,66	1,082	9,86	Moderadamente resistente
MOF 15-02	935,55	557,43	1,080	9,86	Moderadamente resistente
MOF 07-35	875,45	411,28	1,082	9,88	Moderadamente resistente
MOF 09-24	872,09	516,28	1,085	9,90	Moderadamente resistente
MOF 03-17	703,44	421,72	1,080	9,90	Moderadamente resistente
MOF 02-01	735,32	373,60	1,092	9,90	Moderadamente resistente
MOF 07-27	833,92	483,74	1,076	9,92	Moderadamente resistente
MOF 07-32	775,92	479,68	1,080	9,92	Moderadamente resistente
MOF 07-11	806,93	509,67	1,082	9,93	Moderadamente resistente
MOF 13-30	885,06	546,29	1,078	9,93	Moderadamente resistente
MOF 02-14	640,11	339,50	1,089	9,94	Moderadamente resistente
MOF 13-24	766,87	396,62	1,084	9,94	Moderadamente resistente
MOF 08-28	861,34	447,89	1,076	9,94	Moderadamente resistente
MOF 13-11	729,75	378,46	1,084	9,95	Moderadamente resistente

Tabela 11 – Médias BLUP dos clones para produtividade total e de tubérculos graúdos (g.planta<sup>-1</sup>), peso específico, diâmetro (mm) e classificação dos clones quanto a resistência à *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (continua).

Clone	Produtividade total	Produtividade de graúdos	Peso específico	Diâmetro	Classificação
MOF 14-07	665,66	398,61	1,084	9,96	Moderadamente resistente
MOF 08-08	944,86	601,78	1,081	9,97	Moderadamente resistente
MOF 14-15	694,96	412,36	1,079	9,98	Moderadamente resistente
MOF 03-03	613,12	373,22	1,085	9,99	Moderadamente resistente
MOF 14-01	761,95	443,27	1,088	10,00	Moderadamente resistente
MOF 11-02	928,80	604,11	1,080	10,01	Moderadamente resistente
MOF 15-19	843,73	561,85	1,085	10,04	Moderadamente resistente
MOF 07-15	779,94	468,17	1,081	10,05	Moderadamente resistente
MOF 04-02	836,17	422,52	1,080	10,05	Moderadamente resistente
MOF 13-21	834,35	468,64	1,083	10,06	Moderadamente resistente
MOF 09-03	692,75	393,26	1,087	10,06	Moderadamente resistente
MOF 08-06	841,09	448,49	1,083	10,07	Moderadamente resistente
MOF 08-09	845,74	530,78	1,080	10,07	Moderadamente resistente
MOF 05-17	909,18	587,65	1,079	10,07	Moderadamente resistente
MOF 09-14	739,86	399,13	1,087	10,07	Moderadamente resistente
MOF 12-03	723,65	385,30	1,082	10,07	Moderadamente resistente
MOF 05-15	785,41	393,29	1,085	10,08	Moderadamente resistente
MOF 14-02	1105,98	668,92	1,080	10,08	Moderadamente resistente
MOF 11-24	971,48	617,41	1,078	10,08	Moderadamente resistente
MOF 01-21	842,37	502,25	1,076	10,09	Moderadamente resistente
MOF 01-29	706,13	454,24	1,082	10,09	Moderadamente resistente
MOF 14-14	813,68	520,05	1,087	10,11	Moderadamente resistente
MOF 08-12	733,13	380,46	1,084	10,11	Moderadamente resistente
MOF 09-08	655,64	367,32	1,085	10,11	Moderadamente resistente
MOF 15-06	831,64	489,15	1,081	10,12	Moderadamente resistente
MOF 01-25	781,03	437,28	1,079	10,13	Moderadamente resistente
MOF 12-24	943,53	557,53	1,082	10,14	Moderadamente resistente
MOF 02-18	770,91	447,65	1,092	10,16	Moderadamente resistente
MOF 12-27	611,78	343,98	1,083	10,16	Moderadamente resistente
MOF 06-03	784,41	515,09	1,080	10,17	Moderadamente resistente
MOF 14-17	619,04	336,06	1,079	10,17	Moderadamente resistente
MOF 11-28	640,97	420,02	1,079	10,20	Moderadamente resistente
MOF 07-28	649,41	372,15	1,085	10,21	Moderadamente resistente
MOF 07-06	747,90	362,19	1,085	10,23	Moderadamente resistente
MOF 15-21	641,22	342,42	1,095	10,23	Moderadamente resistente
MOF 08-11	817,58	455,51	1,077	10,26	Moderadamente resistente
MOF 11-18	611,78	372,51	1,078	10,27	Moderadamente resistente
MOF 15-26	847,84	463,46	1,081	10,27	Moderadamente resistente

Tabela 11 – Médias BLUP dos clones para produtividade total e de tubérculos graúdos (g.planta<sup>-1</sup>), peso específico, diâmetro (mm) e classificação dos clones quanto a resistência à *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (continua).

Clone	Produtividade total	Produtividade de graúdos	Peso específico	Diâmetro	Classificação
MOF 02-07	753,38	445,30	1,086	10,29	Moderadamente resistente
MOF 05-08	786,69	442,24	1,082	10,31	Moderadamente resistente
MOF 07-17	698,21	383,98	1,078	10,32	Moderadamente resistente
MOF 01-14	853,40	487,72	1,084	10,33	Moderadamente resistente
MOF 11-01	743,92	478,78	1,086	10,34	Moderadamente resistente
MOF 02-03	852,49	528,18	1,086	10,38	Moderadamente resistente
MOF 07-09	709,51	391,43	1,082	10,39	Moderadamente resistente
MOF 11-16	717,93	439,98	1,083	10,39	Moderadamente resistente
MOF 05-12	871,56	561,85	1,078	10,40	Moderadamente resistente
MOF 10-16	598,19	331,18	1,081	10,40	Moderadamente resistente
MOF 06-28	638,25	400,74	1,074	10,40	Moderadamente resistente
MOF 06-16	809,18	464,02	1,081	10,41	Moderadamente resistente
MOF 13-12	998,47	658,91	1,078	10,41	Moderadamente resistente
MOF 08-23	672,51	419,20	1,084	10,43	Moderadamente resistente
MOF 05-21	671,58	389,10	1,081	10,44	Moderadamente resistente
MOF 06-14	723,03	389,10	1,077	10,46	Moderadamente resistente
MOF 08-34	708,45	378,52	1,081	10,47	Moderadamente resistente
MOF 09-21	743,36	465,88	1,081	10,47	Moderadamente resistente
MOF 13-37	782,19	469,21	1,080	10,48	Moderadamente resistente
MOF 15-30	777,63	442,36	1,083	10,48	Moderadamente resistente
MOF 07-10	688,45	425,41	1,080	10,48	Moderadamente resistente
MOF 08-21	701,68	412,13	1,083	10,50	Moderadamente resistente
MOF 12-06	661,22	445,96	1,077	10,51	Moderadamente resistente
MOF 05-06	703,39	405,87	1,079	10,53	Moderadamente resistente
MOF 10-11	710,14	359,18	1,078	10,54	Moderadamente resistente
MOF 10-15	775,92	409,65	1,078	10,54	Moderadamente resistente
MOF 13-17	834,35	572,39	1,076	10,54	Moderadamente resistente
MOF 10-08	605,55	354,22	1,081	10,54	Moderadamente resistente
MOF 07-29	635,92	320,28	1,079	10,55	Moderadamente resistente
MOF 13-36	762,67	464,32	1,082	10,57	Moderadamente resistente
MOF 14-03	844,57	512,57	1,083	10,58	Moderadamente resistente
MOF 01-04	586,13	443,76	1,094	10,58	Moderadamente resistente
MOF 03-10	849,28	567,75	1,079	10,58	Moderadamente resistente
MOF 04-12	811,40	458,03	1,078	10,60	Moderadamente resistente
MOF 05-18	755,68	513,39	1,079	10,61	Moderadamente resistente
MOF 07-20	666,28	364,37	1,083	10,61	Moderadamente resistente
MOF 06-10	775,44	427,71	1,079	10,61	Moderadamente resistente
MOF 06-05	646,03	325,69	1,077	10,62	Moderadamente resistente
MOF 05-04	839,90	521,44	1,085	10,65	Moderadamente resistente
MOF 07-13	716,37	455,51	1,078	10,65	Moderadamente resistente
MOF 13-07	822,67	453,65	1,081	10,66	Moderadamente resistente

Tabela 11 – Médias BLUP dos clones para produtividade total e de tubérculos graúdos (g.planta<sup>-1</sup>), peso específico, diâmetro (mm) e classificação dos clones quanto a resistência à *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (continua).

Clone	Produtividade total	Produtividade de graúdos	Peso específico	Diâmetro	Classificação
MOF 13-32	764,16	421,72	1,081	10,67	Moderadamente resistente
MOF 09-11	687,72	360,28	1,084	10,68	Moderadamente resistente
MOF 03-26	777,63	483,86	1,077	10,69	Moderadamente resistente
MOF 07-03	756,86	424,39	1,087	10,69	Moderadamente resistente
MOF 07-31	732,71	411,11	1,086	10,72	Moderadamente resistente
MOF 09-02	857,14	498,04	1,079	10,73	Moderadamente resistente
MOF 07-30	800,19	475,96	1,081	10,75	Moderadamente resistente
MOF 06-09	688,21	352,59	1,084	10,77	Moderadamente resistente
MOF 08-33	597,76	369,61	1,081	10,78	Moderadamente resistente
MOF 04-16	734,41	354,41	1,076	10,78	Moderadamente resistente
MOF 04-14	744,92	390,70	1,079	10,81	Moderadamente resistente
MOF 07-23	694,90	413,31	1,081	10,82	Moderadamente resistente
MOF 04-11	649,42	380,11	1,082	10,83	Moderadamente resistente
MOF 12-29	796,05	454,01	1,085	10,83	Moderadamente resistente
MOF 10-24	754,81	448,44	1,077	10,84	Moderadamente suscetível
MOF 12-02	629,16	367,18	1,079	10,85	Moderadamente suscetível
MOF 15-14	716,89	382,53	1,079	10,85	Moderadamente suscetível
MOF 12-05	693,27	421,65	1,078	10,88	Moderadamente suscetível
MOF 13-22	869,52	474,38	1,079	10,88	Moderadamente suscetível
MOF 12-01	731,43	367,36	1,076	10,89	Moderadamente suscetível
MOF 10-10	794,48	546,15	1,078	10,91	Moderadamente suscetível
MOF 06-27	636,57	380,34	1,079	10,92	Moderadamente suscetível
MOF 03-24	739,06	453,94	1,078	10,92	Moderadamente suscetível
MOF 15-07	715,44	415,04	1,086	10,93	Moderadamente suscetível
MOF 10-02	716,89	429,21	1,087	10,93	Moderadamente suscetível
MOF 15-23	791,12	442,36	1,084	10,93	Moderadamente suscetível
MOF 08-17	783,32	450,02	1,077	10,95	Moderadamente suscetível
MOF 05-13	950,49	474,38	1,075	10,96	Moderadamente suscetível
MOF 13-34	669,03	412,18	1,075	10,96	Moderadamente suscetível
MOF 05-14	671,98	379,99	1,079	10,97	Moderadamente suscetível
MOF 05-03	727,00	385,34	1,078	10,97	Moderadamente suscetível
MOF 02-12	856,94	515,09	1,077	10,97	Moderadamente suscetível
MOF 14-12	794,72	525,27	1,076	10,99	Moderadamente suscetível
MOF 04-07	735,68	394,29	1,077	11,01	Moderadamente suscetível
MOF 07-12	742,07	402,13	1,087	11,01	Moderadamente suscetível
MOF 10-26	802,79	516,26	1,064	11,01	Moderadamente suscetível
MOF 05-02	788,55	451,03	1,078	11,02	Moderadamente suscetível
MOF 04-05	630,73	443,76	1,078	11,03	Moderadamente suscetível
MOF 13-03	909,18	569,49	1,082	11,05	Moderadamente suscetível
MOF 14-09	765,17	465,92	1,083	11,05	Moderadamente suscetível
MOF 06-21	878,84	577,23	1,077	11,05	Moderadamente suscetível

Tabela 11 – Médias BLUP dos clones para produtividade total e de tubérculos graúdos (g.planta<sup>-1</sup>), peso específico, diâmetro (mm) e classificação dos clones quanto a resistência à *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (continua).

Clone	Produtividade total	Produtividade de graúdos	Peso específico	Diâmetro	Classificação
MOF 03-09	780,98	499,46	1,081	11,05	Moderadamente suscetível
MOF 13-38	778,27	442,59	1,077	11,07	Moderadamente suscetível
MOF 07-21	742,07	485,13	1,079	11,08	Moderadamente suscetível
MOF 11-17	820,85	499,77	1,082	11,12	Moderadamente suscetível
MOF 11-04	771,91	465,92	1,079	11,13	Moderadamente suscetível
MOF 04-18	802,43	453,65	1,086	11,14	Moderadamente suscetível
MOF 12-12	738,18	414,04	1,076	11,15	Moderadamente suscetível
MOF 08-27	709,51	370,68	1,079	11,16	Moderadamente suscetível
MOF 13-06	737,94	357,66	1,082	11,18	Moderadamente suscetível
MOF 03-16	847,42	556,36	1,083	11,20	Moderadamente suscetível
MOF 11-27	869,36	556,71	1,078	11,20	Moderadamente suscetível
MOF 08-04	779,54	451,35	1,078	11,20	Moderadamente suscetível
MOF 15-28	616,73	368,74	1,085	11,20	Moderadamente suscetível
MOF 13-33	732,06	491,68	1,077	11,21	Moderadamente suscetível
MOF 07-24	751,28	429,62	1,078	11,22	Moderadamente suscetível
MOF 04-13	847,84	546,45	1,074	11,22	Moderadamente suscetível
MOF 08-24	894,73	511,07	1,084	11,23	Moderadamente suscetível
MOF 05-11	723,01	383,65	1,079	11,23	Moderadamente suscetível
MOF 08-31	652,78	333,47	1,082	11,24	Moderadamente suscetível
MOF 10-21	633,20	377,75	1,080	11,27	Moderadamente suscetível
MOF 13-19	963,82	611,18	1,080	11,27	Moderadamente suscetível
MOF 05-20	750,63	444,78	1,079	11,28	Moderadamente suscetível
MOF 12-28	816,65	456,54	1,079	11,31	Moderadamente suscetível
MOF 09-07	837,82	491,82	1,075	11,31	Moderadamente suscetível
MOF 12-14	796,41	435,79	1,082	11,32	Moderadamente suscetível
MOF 10-03	820,85	479,02	1,078	11,35	Moderadamente suscetível
MOF 02-02	883,25	557,99	1,083	11,39	Moderadamente suscetível
MOF 07-18	796,16	425,21	1,083	11,41	Moderadamente suscetível
MOF 03-02	919,31	590,02	1,076	11,43	Moderadamente suscetível
MOF 09-17	730,43	450,25	1,082	11,44	Moderadamente suscetível
MOF 10-20	716,90	437,17	1,083	11,47	Moderadamente suscetível
MOF 07-33	842,92	505,52	1,076	11,56	Moderadamente suscetível
MOF 11-13	891,70	515,33	1,078	11,58	Moderadamente suscetível
MOF 02-05	640,34	414,04	1,081	11,58	Moderadamente suscetível
MOF 01-24	701,70	388,90	1,084	11,62	Moderadamente suscetível
MOF 08-19	1034,01	489,09	1,082	11,63	Moderadamente suscetível
MOF 05-19	719,63	451,09	1,079	11,65	Moderadamente suscetível
MOF 13-28	782,92	500,63	1,078	11,67	Moderadamente suscetível
MOF 06-13	683,16	431,99	1,078	11,67	Moderadamente suscetível
MOF 13-20	893,13	544,72	1,083	11,71	Moderadamente suscetível
MOF 11-06	701,95	386,51	1,078	11,75	Moderadamente suscetível

Tabela 11 – Médias BLUP dos clones para produtividade total e de tubérculos graúdos (g.planta<sup>-1</sup>), peso específico, diâmetro (mm) e classificação dos clones quanto a resistência à *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (continua).

Clone	Produtividade total	Produtividade de grãos	Peso específico	Diâmetro	Classificação
MOF 01-19	701,70	440,77	1,083	11,78	Moderadamente suscetível
MOF 14-11	762,67	446,16	1,082	11,86	Moderadamente suscetível
MOF 11-09	691,46	443,63	1,080	11,90	Moderadamente suscetível
MOF 07-08	632,55	366,97	1,087	12,01	Moderadamente suscetível
MOF 06-17	735,44	404,46	1,070	12,02	Moderadamente suscetível
MOF 04-01	602,19	443,76	1,080	12,04	Moderadamente suscetível
MOF 10-14	635,93	385,30	1,080	12,06	Moderadamente suscetível
MOF 11-20	888,46	462,08	1,081	12,10	Moderadamente suscetível
MOF 15-10	785,01	447,78	1,079	12,10	Moderadamente suscetível
MOF 10-05	707,97	391,40	1,077	12,11	Moderadamente suscetível
MOF 14-10	621,80	331,18	1,086	12,12	Moderadamente suscetível
MOF 10-04	838,34	538,15	1,081	12,13	Moderadamente suscetível
MOF 07-05	876,09	540,80	1,072	12,17	Moderadamente suscetível
MOF 10-13	777,62	501,84	1,073	12,18	Moderadamente suscetível
MOF 11-11	788,78	481,48	1,083	12,18	Moderadamente suscetível
MOF 12-09	782,19	453,65	1,079	12,19	Moderadamente suscetível
MOF 06-15	870,63	544,72	1,077	12,27	Moderadamente suscetível
MOF 06-06	768,69	458,84	1,078	12,28	Moderadamente suscetível
MOF 10-18	819,15	538,54	1,083	12,34	Moderadamente suscetível
MOF 03-25	879,48	533,37	1,075	12,35	Moderadamente suscetível
MOF 13-10	786,69	504,49	1,072	12,38	Moderadamente suscetível
MOF 08-05	724,45	425,10	1,083	12,46	Moderadamente suscetível
MOF 13-23	636,73	362,85	1,080	12,49	Moderadamente suscetível
MOF 11-15	675,89	398,45	1,079	12,51	Moderadamente suscetível
MOF 01-18	779,94	442,24	1,085	12,60	Moderadamente suscetível
MOF 12-11	791,11	431,81	1,079	12,60	Moderadamente suscetível
MOF 15-12	656,96	406,39	1,080	12,60	Moderadamente suscetível
MOF 01-23	912,57	548,52	1,080	12,62	Moderadamente suscetível
MOF 03-23	769,06	508,47	1,074	12,63	Moderadamente suscetível
MOF 13-15	684,20	380,32	1,076	12,73	Moderadamente suscetível
MOF 08-15	710,95	406,94	1,081	12,81	Moderadamente suscetível
MOF 01-27	735,44	456,33	1,078	12,82	Moderadamente suscetível
MOF 08-03	872,09	442,36	1,086	12,82	Moderadamente suscetível
MOF 10-22	825,66	500,31	1,076	12,86	Moderadamente suscetível
MOF 03-20	735,44	383,71	1,081	12,86	Moderadamente suscetível
MOF 10-12	991,84	658,64	1,078	12,89	Moderadamente suscetível
MOF 11-12	832,64	419,23	1,080	12,90	Moderadamente suscetível
MOF 06-01	838,39	434,68	1,082	12,91	Moderadamente suscetível
MOF 11-05	766,98	442,54	1,078	12,96	Moderadamente suscetível
MOF 09-20	796,16	451,15	1,078	13,16	Moderadamente suscetível
MOF 04-22	975,79	522,36	1,072	13,23	Moderadamente suscetível

Tabela 11 – Médias BLUP dos clones para produtividade total e de tubérculos graúdos (g.planta<sup>-1</sup>), peso específico, diâmetro (mm) e classificação dos clones quanto a resistência à *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (conclusão).

Clone	Produtividade total	Produtividade de graúdos	Peso específico	Diâmetro	Classificação
MOF 01-16	771,68	479,56	1,079	13,25	Moderadamente suscetível
MOF 12-04	634,47	340,47	1,077	13,29	Moderadamente suscetível
MOF 11-14	726,39	447,89	1,077	13,54	Suscetível
MOF 09-05	677,45	434,79	1,085	13,76	Suscetível
MOF 04-08	905,83	499,42	1,075	13,88	Suscetível
MOF 11-10	814,72	398,31	1,073	13,96	Suscetível
MOF 11-21	845,13	442,46	1,073	14,04	Suscetível
MOF 10-19	863,52	609,63	1,081	14,35	Suscetível
MOF 11-08	861,44	429,57	1,077	17,26	Suscetível

Fonte: Fernandes (2018).