



GUILHERME SOARES SALVADOR

**SELEÇÃO FENOTÍPICA DE PROGÊNIES DE CAFEIEIRO
RESISTENTES À FERRUGEM**

LAVRAS – MG

2019

Guilherme Soares Salvador

**SELEÇÃO FENOTÍPICA DE PROGÊNIES DE CAFEIEIRO
RESISTENTES À FERRUGEM**

Monografia apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do curso
de Agronomia, para a obtenção do
título de Bacharel.

Profa. Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves
Orientadora

Ms. Juliana Andrade Dias
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2019**

*Aos meus pais, Raimunda de Jesus Guerreiro Soares
e Vladimir Gonçalves Salvador, por serem minha
fortaleza durante esse trajeto. Por todo apoio,
incentivo, carinho e por sempre confiarem
em meus objetivos.*

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

A Deus por me abençoar, guiar, me dar saúde e força para que pudesse ser possível alcançar todos meus objetivos;

Aos meus pais Vladimir e Raimunda pela educação, por sempre me ensinarem o respeito, carinho, amor e me motivarem a cada dia. Por me mostrarem que a educação é a base para o conhecimento;

Aos meus irmãos Bruno, Ana Clara, João Pedro e João Vitor pela amizade, carisma e por serem tão importantes na minha vida;

Aos meus avós (in memoriam) pelos ensinamentos, amor e base familiar;

A minha namorada Tassiane por todo amor, carinho, amizade, apoio e compreensão;

A Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Biologia;

A orientadora Flávia Maria Avelar Gonçalves por todo trabalho, amizade, conhecimento, confiança e compreensão para realização do trabalho;

A João Pedro Pagan e Juliana Andrade Dias por todo auxílio durante o trabalho, pela amizade e apoio;

Ao Núcleo de Estudos em Genética e melhoramento de Plantas (GEN) por me abrir as portas e engrandecer com aprendizado, amizade, equipe e união;

A República Morada Caipira, por me acolher e ser minha família durante toda a graduação.

A CNPq e FAPEMIG pelo aporte financeiro para condução do projeto de Seleção Recorrente.

OBRIGADO!

RESUMO

A ferrugem alaranjada do cafeeiro, cujo agente etiológico é o fungo *Hemileia vastatrix*, é a principal doença foliar presente na cultura, sendo responsável por perdas que podem superar 50% da produtividade, em condições ambientais favoráveis à doença, caso não seja realizado o controle recomendado de maneira adequada. Alguns procedimentos de controle têm sido propostos para diminuir os prejuízos causados pela ferrugem, porém, o uso de cultivares resistentes é o método mais rentável e eficaz para controle da doença. O objetivo do trabalho foi avaliar e selecionar progênies F_{2:3} de cafeeiro resistentes à *Hemileia vastatrix* por meio de análises fenotípicas e assim dar continuidade ao programa de melhoramento. O experimento foi implantado no município de Lavras–MG com 45 progênies F_{2:3}, no delineamento de blocos casualizados com 3 repetições e 12 plantas por parcelas. Após oito colheitas, selecionou-se as 25 melhores progênies que então foram avaliadas quanto à resistência a ferrugem. Foram coletadas 75 folhas, sendo 3 de cada progênie, do terço médio das plantas, em abril de 2019. Posteriormente, fez-se a coleta de uredósporos do fungo para realizar a inoculação em folhas sadias dos genótipos a serem avaliados, a fim de tentar identificar progênies que apresentassem resistência a ferrugem. As inoculações foram realizadas via aspersão de uma solução contendo ágar-água destilada, uredósporos do fungo e 10 gotas de tween 20, na face abaxial de folhas destacadas de plantas sadias, no interior de gerbox. Após a inoculação, as gerbox foram levadas a uma câmara com ambiente controlado, sob temperatura de 21°C e com papel filtro no interior delas, a fim de ter uma alta umidade para manter a viabilidade das folhas e do fungo. As folhas permaneceram três dias na ausência de luz e após isso foram submetidas a um fotoperíodo de 12 horas. Após 36 dias, foram feitas avaliações por nota por seis avaliadores, para isto, foi utilizada uma escala diagramática com o intuito de avaliar a incidência do patógeno, as folhas também foram fotografadas para que fosse realizada uma nova avaliação por notas e comparação dos dois tipos de avaliação. Os dados obtidos foram avaliados a partir do Software R. Observou-se que houve diferença significativa entre os avaliadores, indicando diferença de notas dadas por cada avaliador, e também diferença significativa entre as progênies avaliadas, indicando que estas diferenciaram-se entre si, portanto há possibilidade de seleção. Concluiu-se que é possível a seleção de progênies resistentes à ferrugem oriundas desta população.

Palavras-Chave: *Hemileia vastatrix*; Seleção recorrente; *Coffea arabica*

Sumário

1. INTRODUÇÃO	5
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO	7
2.1. Café no Brasil	7
2.2. Morfologia e Melhoramento do Cafeeiro	7
2.3. Ferrugem alaranjada do Cafeeiro	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Local de condução do experimento e populações avaliadas	11
3.2 Inoculação do Fungo <i>Hemileia vastatrix</i>	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4.1 Análise Individual	14
4.2 Análise Conjunta	16
4. CONCLUSÃO	20
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

1. INTRODUÇÃO

A ferrugem alaranjada do cafeeiro, cujo agente etiológico é o fungo *Hemileia vastatrix*, é a principal doença foliar presente na cultura desde a sua constatação em janeiro de 1970, na Bahia, de onde foi disseminada rapidamente e ocupou toda a região cafeeira brasileira. Esta doença representa um dos principais problemas da cultura, causando a desfolha das plantas adultas de *Coffea arabica* e redução das áreas fotossinteticamente ativas, ocasionando a morte dos ramos laterais, afetando o florescimento, o pegamento de frutos e conseqüentemente, a produção na safra seguinte. (CHALFOUN; ZAMBOLIM, 1985)

Dependendo da altitude, das condições climáticas, do estado nutricional da planta e da sua característica de suscetibilidade, as perdas causadas pelo fungo podem chegar de 35 a 50% na média do biênio (ZAMBOLIM, 2002). No Brasil, o problema se torna muito mais sério, a partir do momento em que 90% das lavouras brasileiras são compostas por cultivares sabidamente suscetíveis, como por exemplo ‘Catuai’ e ‘Mundo Novo’ (ZAMBOLIM, 2002).

Se a desfolha das plantas provocada pela ferrugem ocorrer antes do florescimento, ou durante o desenvolvimento dos frutos, ocorrerá respectivamente à redução da floração e a má formação dos frutos. O controle químico, quando utilizado corretamente, é um método eficiente, porém, as sucessivas aplicações aumentam o custo de produção e conseqüentemente diminuem o lucro do produtor (ZAMBOLIM, 2002).

Os programas de melhoramento genético do cafeeiro se tornam cada vez mais essenciais e focados à obtenção de cultivares resistentes à ferrugem, a fim de se evitar, ou pelo menos minimizar os prejuízos por ele ocasionados a cafeicultura brasileira. Além das vantagens de ordem econômica, devemos também levar em consideração que o plantio de cultivares resistentes à ferrugem reduzirá a contaminação do ambiente e o risco de contaminação dos trabalhadores, uma vez que possibilitará a redução da utilização de produtos fitossanitários na cafeicultura (VÁRZEA, 2002).

Durante os últimos anos várias cultivares geneticamente resistentes à ferrugem alaranjada já foram disponibilizadas aos produtores, todas estas, resultados dos trabalhos realizados pela EPAMIG, IAC, IAPAR, UFLA e UFV. Porém continuam surgindo novas raças fisiológicas destes patógenos, o que tem causado a quebra da resistência de alguns cultivares (VÁRZEA, 2002), fazendo com que os melhoristas continuem buscando novos genótipos com boas características agrônômicas e com resistência a este patógeno.

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar e selecionar progênies $F_{2:3}$ resistentes à *Hemilieia vastatrix* por meio de análises fenotípicas e assim dar continuidade ao programa de melhoramento.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1. Café no Brasil

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), o Brasil é o maior produtor mundial de café, com cerca de 61,7 milhões de sacas de 60 quilogramas para a safra de 2018, tal resultado representa um aumento de 37,1% quando comparado a safra passada, em 2017. Em relação à safra de 2019, prevê-se, em quase todas as regiões produtoras de café do país, a influência da bienalidade negativa, estimando assim uma produção menor, em torno de 54,48 milhões de sacas. Além de ser referência na produção mundial, o Brasil ocupa o primeiro lugar na exportação do produto, com 9,8% do total de exportações, alcançando um montante de 600,74 milhões de reais (CONAB, 2019).

A área ocupada pela atividade cafeeira no Brasil é cerca de 1,84 milhões de hectares, divididos em 15 estados produtores, sendo os maiores Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo (IBGE, 2019). As espécies mais plantadas comercialmente no país são *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* L.

O estado de Minas Gerais é o maior produtor de *Coffea arabica* correspondendo a 50% da produção nacional e possui em sua maioria pequenos produtores nas regiões de montanha: Sul de Minas e Matas de Minas (VILELA; RUFINO, 2010).

2.2. Morfologia e Melhoramento do Cafeeiro

Embora a diversidade de espécies de café seja ampla, apenas duas destas são utilizadas comercialmente: *Coffea arabica* e *Coffea canephora*. No entanto, espécies consideradas selvagens, como *C. congensis*, *C. sessiflora*, *C. stenophylla*, *C. kapakata*, *C. eugenoides*, *C. liberica*, *C. dewerrei* e *C. racemosa*, por mais que não sejam aproveitadas comercialmente, apresentam uma grande variabilidade genética que é largamente utilizada nos programas de melhoramento em busca de características como resistência à pragas e doenças e também características de interesse agrônomico como ciclo, porte, teores de cafeína e sólidos solúveis, por meio de cruzamentos interespecíficos (SAKIYAMA et al., 2005).

A maioria das espécies de café são diploides ($2n=2x=22$), alógamas e auto incompatíveis, exceto o *Coffea arabica* que é naturalmente alotetraploide ($2n=4x=44$) e possui alta taxa de autofecundação (90%), considerada, portanto, uma espécie autógama (CHARRIER; BERTHAUD, 1985). No que se diz respeito a sua origem, aponta-se que o *C. arabica* é

originado do cruzamento natural entre duas espécies selvagens *C. canefora* (genitor masculino) e *C. eugenioides* (genitor feminino) (CARVALHO 1952; CHARRIER; BERTHAUD 1985).

O café chegou ao Brasil em 1727, quando o sargento Mor Francisco de Mello Palheta trouxe mudas provenientes da Guiana Francesa para o estado do Pará a pedido de João da Maia da Gama, na época governador e capitão-general do estado do Maranhão. O café já tinha grande importância comercial no mundo e se espalhou pelo Brasil, adaptando-se rapidamente, principalmente nos estados de São Paulo, Paraná e Minas Gerais. E, em curto período, tornou-se um dos produtos de maior importância para a economia nacional (CARVALHO, 1993).

O melhoramento genético do cafeeiro teve início no Brasil em meados da década de 1930, aproximadamente 200 anos depois da sua chegada ao país. Até então, o melhoramento havia sido realizado apenas de forma empírica, onde os próprios cafeicultores observavam as plantas superiores em seus cafezais, provavelmente provenientes de alguma mutação, ou recombinação, e até mesmo plantas provenientes de outras partes do mundo, selecionando-as para um futuro plantio. Evidências históricas sugerem que a base genética das populações de *Coffea arabica* L. existentes no Brasil é restrita (BERTHAUD; CHARRIER, 1988). Segundo Carvalho (1993), a cafeicultura brasileira até metade do século XIX era uma enorme progênie, oriunda de um só cafeeiro e todas as cultivares conhecidas derivam de formas botânicas: *Typica* e *Bourbon* (ANTHONY et al., 2001).

A fim de contornar o problema da pequena variabilidade genética no Brasil, a partir de 1993 foram introduzidas cultivares plantadas em outros países e realizadas várias hibridações intraespecíficas e interespecíficas, com foco principal no aumento da produtividade e introdução de alelos de resistência e/ou tolerância a patógenos e pragas (KRUG; MENDES; CARVALHO, 1938; CARVALHO 1993; MENDES, 1999).

A condição básica, para o sucesso de qualquer programa de melhoramento genético é que a cultura trabalhada apresente variabilidade genética para ser explorada, associados a uma média alta, para que se possa realizar a seleção de genótipos superiores e o incremento de alelos favoráveis. A forma mais eficiente de se ampliar essa variabilidade é por meio de hibridações. Na condução de programas que utilizam da hibridação, alguns pontos são muito importantes de se levar em consideração, como por exemplo, a escolha dos genitores e o modo de se obter e conduzir as populações segregantes. Além disso, é imprescindível também que os métodos de condução escolhidos permitam identificar genótipos realmente superiores. (RAMALHO; ABREU; SANTOS, 2001).

Um dos métodos que tem merecido atenção nos programas de melhoramento do cafeeiro é a seleção recorrente (RAMALHO et al., 1999; FERRÃO, 2004). Um dos argumentos para a

utilização deste método é que a maioria dos caracteres trabalhados são controlados por vários genes e na grande maioria das vezes não existe nenhuma linhagem que apresente todos os alelos favoráveis, e, como o objetivo é concentrar o maior número de alelos favoráveis em um indivíduo, uma das estratégias é realizar cruzamentos múltiplos, seguidos por sucessivas autofecundações.

2.3. Ferrugem alaranjada do Cafeeiro

A ferrugem alaranjada do cafeeiro é a principal doença do cafeeiro no Brasil, mas ocorre em plantações da cultura espalhadas por todo o mundo. Causada pelo fungo *Hemileia vastatrix*, esta doença foi encontrada pela primeira vez em cafeeiros silvestres, no ano de 1861 na região do Lago Vitória, no Quênia (CHAVES, 1970). Nos primeiros 100 anos após a sua constatação, o patógeno disseminou-se por todos os países produtores da África, Ásia e Oceania. A identificação do patógeno ocorreu no Ceilão (atual Sirilanka) em 1869, país que atualmente é produtor de chá devido à alta gravidade da doença na área (MATIELO; ALMEIDA, 2006). O nome da espécie como *vastatrix*, deve-se a sua rápida disseminação e o nome do gênero *Hemileia* ao fato de os esporos possuírem metade da parede celular com aspecto liso e a outra metade de aspecto rugoso (BERKELEY, 1896).

No Brasil, a doença foi constatada pela primeira vez no sul da Bahia, em janeiro de 1970, e a partir disso, apesar dos esforços concentrados em conter a disseminação do patógeno, encontra-se a doença em todas as regiões cafeeiras do Brasil (CORREA JUNIOR, 1990). Em lavouras adultas, a desfolha chega a ser tão intensa que reduz drasticamente a área fotossintética causando a morte dos ramos produtivos e conseqüentemente o pegamento de frutos e a produção na próxima safra (CHALFOUN; ZAMBOLIN, 1985), causando perda na produção de até 50% (ZAMBOLIN, 1999).

O patógeno é altamente influenciável pelas condições ambientais, tem como condições ideais temperaturas entre 20 e 25°C e o molhamento foliar (ZAMBOLIN, 1985), com estas condições e em anos de alta produção, há um aumento significativo no ataque do patógeno (MARIOTO, 1974).

O controle da ferrugem é feito utilizando os princípios de proteção e de terapia. Na proteção se utiliza fungicidas chamados de protetores, principalmente os cúpricos, que tem se mostrado mais eficientes, já na terapia se utiliza de fungicidas sistêmicos, aplicados via solo ou via foliar (ZAMBOLIN, 1997). Por mais que o controle químico seja eficiente, devem ser levados em consideração outros fatores, como o custo, que pode ser alto, dependendo do

produto utilizado, reduzindo assim a lucratividade da lavoura, o risco de contaminação apresentado aos trabalhadores e ao ambiente, e também a dificuldade de aplicação destes produtos em lavouras de difícil acesso, como lavouras implantadas em regiões com declive acentuado.

Com isso, o mercado vem exigindo cada vez mais dos programas de melhoramento a resistência à ferrugem. Mas, o contínuo aparecimento de novas raças fisiológicas do fungo tem ocasionado a quebra da resistência das cultivares utilizadas pelos agricultores (VÁRZEA, 2002), as quais haviam sido escolhidas devido a essa característica. Mostrando assim a necessidade de se obter cultivares com boas características agronômicas e contendo uma resistência mais durável à *Hemileia vastatrix*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de condução do experimento e populações avaliadas

Foram avaliadas progênies da população $F_{2:3}$ oriundas do programa de melhoramento do cafeeiro via seleção recorrente da Universidade Federal de Lavras. O experimento está plantado na área experimental do Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras.

O experimento de seleção recorrente foi plantado no ano de 2005, no delineamento em blocos completos casualizados (DBC), com 45 progênies $F_{2:3}$, com três repetições, sendo cada parcela composta por 12 plantas, no espaçamento de 3,5 x 0,8 m. Todos os tratos culturais foram realizados de acordo com a recomendação para a cultura, com exceção ao controle químico da ferrugem alaranjada do cafeeiro, e as recomendações de correção de solo e adubação conforme a 5ª Aproximação (GUIMARÃES; ALVAREZ; RIBEIRO, 1999).

Com base na produtividade de grãos de oito colheitas realizou-se a seleção das 25 melhores progênies $F_{2:3}$ para então realizar a avaliação de ferrugem. Uma vez que a pressão do patógeno na área foi pouco expressiva, realizou-se a inoculação do patógeno em laboratório.

3.2 Inoculação do Fungo *Hemileia vastatrix*

A inoculação foi realizada a partir de esporos do fungo *Hemileia vastatrix* presentes nas lavouras de café da Universidade Federal de Lavras, pelo método sugerido por Tozzi et al (2013), modificando o método de pipeta para inoculação por aspersão.

Os esporos foram coletados com uma cápsula de gel de medicamento, por meio da raspagem dos esporos nas folhas infectadas, e posteriormente armazenado em ambiente controlado, sem incidência de luz, a 21°C (ZAMBOLIM & CHAVES, 1974).

A partir destes esporos foi feita uma solução de ágar + água de 100ml, adicionando Tween 20 para que os esporos se espalhassem de maneira mais uniforme na solução. Logo após, foi feito o a contagem dos esporos e determinação da concentração da solução, que apresentou uma população de $2,5 \times 10^5$ do fungo.

A solução foi despejada em um borrifador que foi usado para a inoculação do fungo, a fim de inocular as folhas oriundas das progênies selecionadas, que haviam acabado de ser coletadas na planta mãe, e que seriam avaliadas posteriormente. Foram inoculadas três folhas de cada progênie, borrifando a solução contendo o fungo na parte abaxial de folhas saudáveis.

Depois de borrifadas, as folhas foram colocadas em caixa gerbox de acrílico, ou seja, cada genótipo em uma gerbox, onde tiveram o pecíolo envolto em algodão umedecido e então colocada sobre uma tela que estava acima do papel filtro umedecido, com o intuito de manter a umidade necessária para sobrevivência da folha e também a infecção do fungo.

As gerbox foram levadas a uma sala com ambiente controlado, com temperatura de 21°C e total ausência de luz nos três primeiros dias após a inoculação. Posteriormente, usou-se fotoperíodo de 12 horas a partir de lâmpadas de mercúrio.

Após 36 dias em ambiente controlado, seis avaliadores deram notas quanto à incidência do patógeno, utilizado a escala de nota da Figura 1.

Foram feitas as médias das notas obtidas pelos seis avaliadores e então realizado o teste de agrupamento de médias de Scott-Knott.

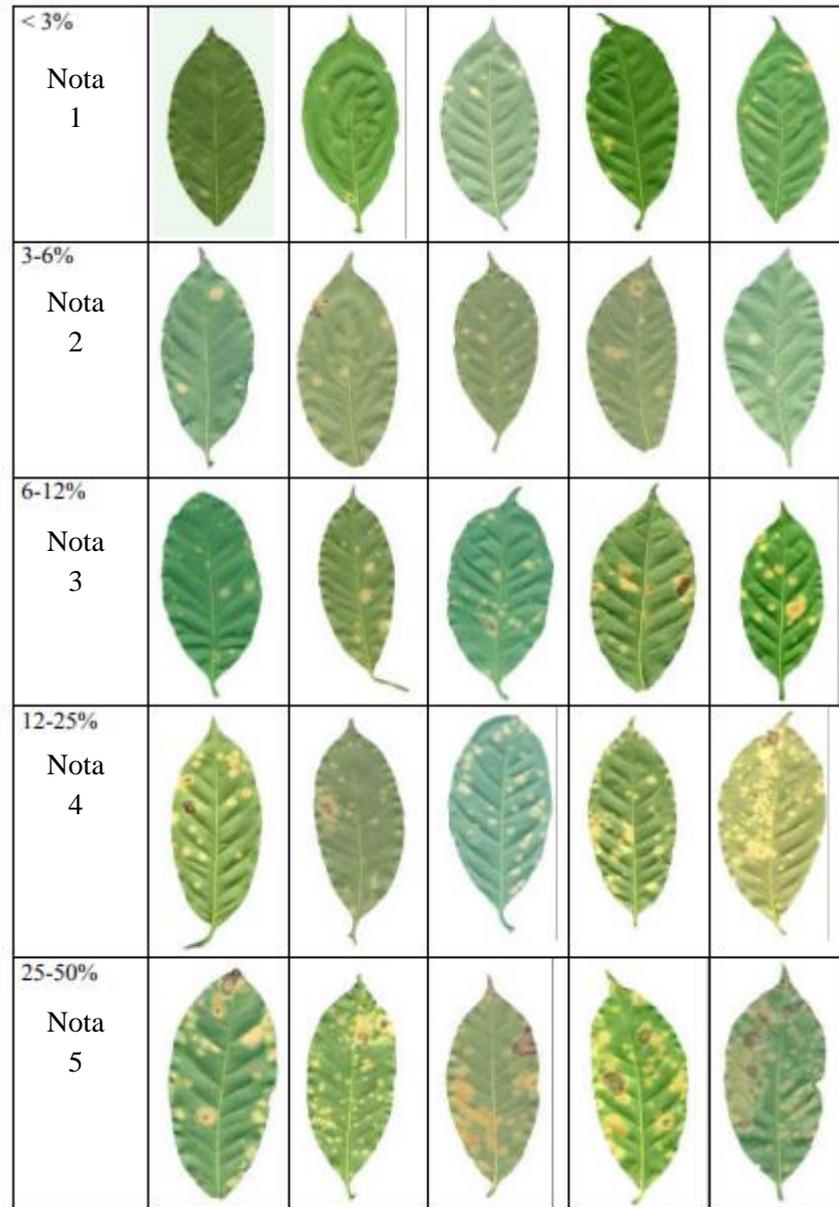


Figura 1. Adaptação de escala diagramática para avaliação de severidade da ferrugem do cafeeiro. (CUNHA, R. L. et al, 2001)

No mesmo dia da avaliação, foram tiradas também fotos das folhas das 25 progênies para que os avaliadores pudessem dar nota novamente via computador para que os resultados entre as avaliações via folha e via foto fossem comparados. Os dados coletados foram analisados pelo Software R (R Core Team, 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise Individual

A partir da análise individual dos dados de incidência das avaliações via foto e folha, observou-se que os diferentes avaliadores foram significativos ($P < 0,0001$), indicando que os avaliadores foram distintos entre si (Tabela 1). Portanto, houve diferença nas avaliações e notas dadas entre os seis avaliadores envolvidos, tanto nas avaliações realizadas em foto, quanto em folha.

Observou-se também que as progênes avaliadas diferem entre si ($P < 0,0001$), mostrando que há variabilidade genética e há possibilidade de seleção daquelas progênes mais resistentes a ferrugem alaranjada assim como observado por Botelho et al. (2007). Isso justificaria a seleção das progênes que apresentam uma menor nota média de incidência do patógeno.

Quanto à herdabilidade (h^2), obteve-se um valor de 96,20% para foto e 96,59% para folha, o que indica que a grande parte da variação ocorrida é de natureza genética, por meio das estimativas de h^2 são verificadas as confiabilidades no que se refere a como os valores fenotípicos representam os valores genotípicos dos genótipos estudados (FERRÃO et al., 2008).

Os valores de coeficiente de variação (CV) apontam para uma precisão experimental relativamente boa, segundo o critério de Pimentel Gomes (PIMENTEL GOMES, GARCIA, 2002). O valor de CV de 17,36% para folha e 17,34% para foto ficaram pouco acima do encontrado na literatura que é de 14,67% (CARDOSO, 2014).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para avaliação de notas via foto e folha.

Fonte de Variação	GL	QM	
		Folha	Foto
Avaliadores	5	0,3986*	0,6201*
Progênes	24	16,516*	14,985*
Erro	120	0,0563	0,05684
Herdabilidade		96,59%	96,20%
CV		17,36	17,34

Observa-se pelo teste de agrupamento das médias de Scott-Knott (Figura 2), que as progênes que apresentaram menor incidência do patógeno via foto foram as 2, 5, 6, 7, 13, 19, 21, 22, 23, 1, 4, 9 e 12. Já para a incidência avaliada pelas folhas (Figura 3), as melhores

progênies foram as 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 17, 19, 21, 22, 23 e 24. Indicando uma superioridade de resistência em relação as demais, e evidenciando que algumas progênies apresentem resistência ao patógeno. Esses resultados demonstram a possibilidade de sucesso com a seleção de progênies da população F_{2:3} resistentes a ferrugem alaranjada.

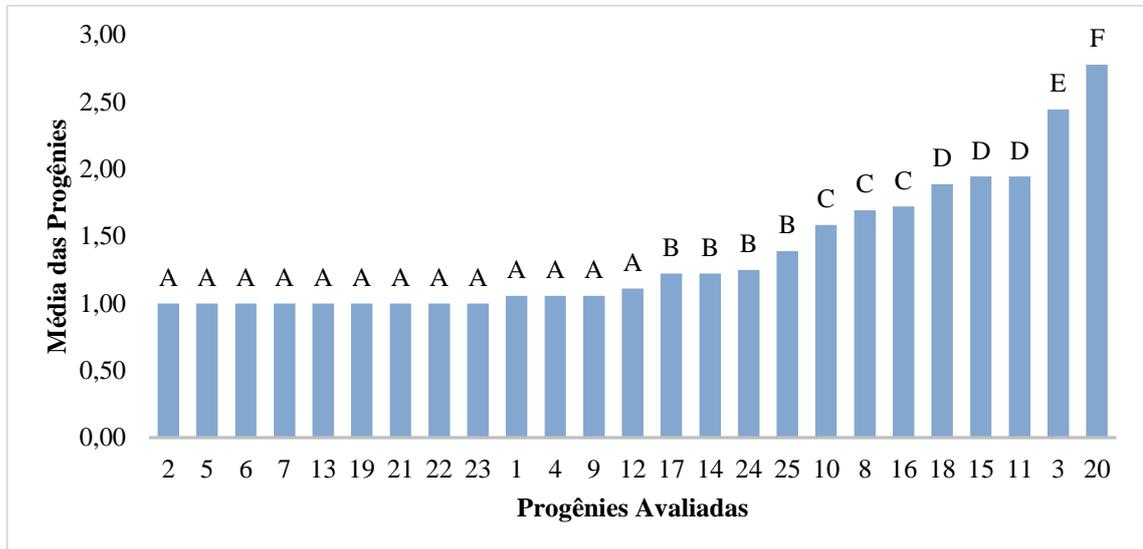


Figura 2. Incidência média de ferrugem para as avaliações realizadas via foto em todas as progênies. As progênies seguidas da mesma letra não diferem entre si.

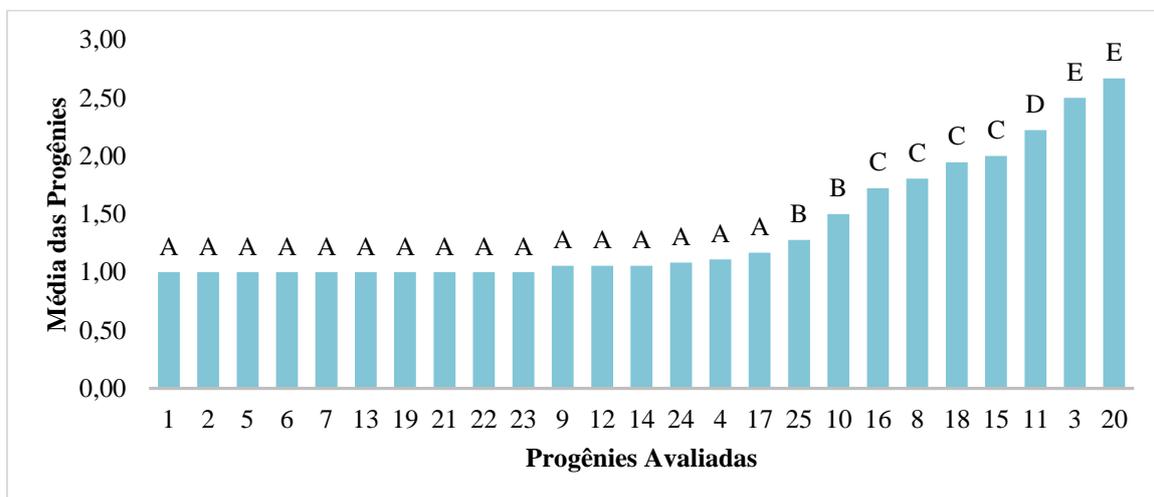


Figura 3. Incidência média de ferrugem para as avaliações realizadas via folha em todas as progênies. As progênies seguidas da mesma letra não diferem entre si.

A partir dos gráficos acima, pode-se observar que há uma concordância muito grande entre as avaliações via folha e via foto, segundo as médias obtidas, ou seja, as avaliações entre as folhas e as fotos podem demonstrar que há possibilidade de serem realizadas avaliações a

partir das fotos, sem perder a confiabilidade. Facilitando assim o processo de avaliação, visto que cada avaliador pode receber as fotos e fazer a avaliação quando possível.

4.2 Análise Conjunta

A partir da análise conjunta dos dados de incidência das avaliações, via foto e via folha, observou-se que as diferentes avaliações também foram significativas ($P < 0,01$), indicando que os avaliadores foram distintos entre si (Tabela 2).

Também se nota que as progênies avaliadas conjuntamente diferem entre si a 0,01% de significância, mostrando que há variabilidade genética e a possibilidade de seleção daquelas progênies mais resistentes a ferrugem alaranjada assim como observado por Botelho et al. (2007). Isso justificaria a seleção das progênies que apresentam uma menor nota média de incidência do patógeno.

Os valores de coeficiente de variação (CV) apontam para uma precisão experimental relativamente boa, segundo o critério de Pimentel Gomes (PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C. H., 2002). O valor de CV de 17,67% ficou pouco acima do encontrado na literatura que é de 14,67% (CARDOSO, D. A., 2014).

Quanto à h^2 , obteve-se um valor de 99,21%, verificando alta confiabilidade no momento da seleção das progênies.

A partir do resumo de análise de variância para avaliação conjunta, pode-se observar na Tabela 2 que não houve diferença significativa quanto ao tipo de avaliação, ou seja, avaliações entre as folhas e as fotos o que demonstra que as avaliações podem ser realizadas a partir das fotos, sem perder a confiabilidade da avaliação facilitando assim o processo de avaliação, visto que cada avaliador pode receber as fotos e fazer a avaliação quando possível. Já para as fontes de variação progênies e avaliadores, apresentaram diferença significativa, o que indica que as progênies se comportam diferentemente em relação à inoculação do patógeno e também que há diferença de avaliação entre os seis avaliadores.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para avaliação de médias conjunta.

Fonte de variação	GL	QM
Tipo de Avaliação (TA)	1	0,0045
Avaliadores (A)	5	0,8587*
Progênes (P)	24	3,1255*
TA x P	24	0,0246
Erro	245	0,0587
CV	17,67	
Herdabilidade	99,21	

Observar na Figura 4, que as progênes que apresentaram menor incidência do patógeno foram as 2, 5, 6, 7, 13, 19, 21, 22, 23, 1, 9, 12, 4, 14, 24 e 17, indicando que 64% das progênes avaliadas quanto à ferrugem apresentaram resistência em relação às demais. Esses resultados demonstram a possibilidade de sucesso com a seleção de progênes da população F_{2:3} resistentes a ferrugem alaranjada no programa de seleção recorrente.

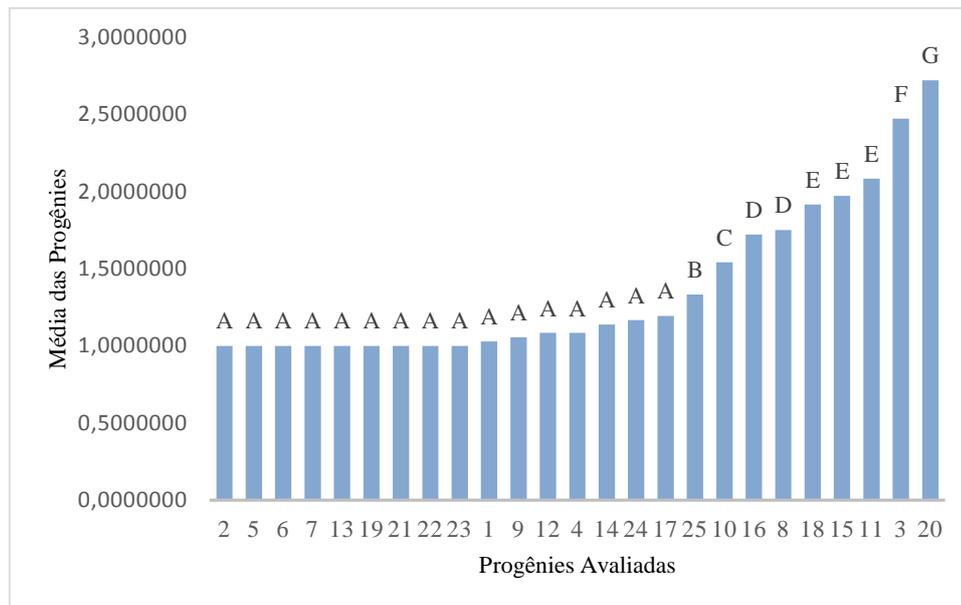


Figura 4. Incidência média de ferrugem para avaliações conjuntas realizadas em todas as progênes. As progênes seguidas da mesma letra não diferem entre si.

Na figura 4 também pôde-se observar que para a maioria das progênes avaliadas, houve uma boa resistência quanto à incidência ao patógeno, sendo que para as progênes avaliadas com média 1, não houve o aparecimento dos sintomas da ferrugem, ou estes afetaram menos de 3% do total da área foliar.

Uma escala diagramática com um número maior de notas poderia colaborar para que os resultados obtidos apresentassem maior variância, pois analisando as médias observa-se que alguns avaliadores constaram nenhum sintoma de ferrugem enquanto outros observaram uma incidência, mesmo que baixa. Uma sugestão seria o uso da escala diagramática proposta por Kushalappa & Chaves (1980), que apresenta um nível de nota a mais que a escala utilizada, porém, o uso de uma escala de 1 a 9 traria maiores benefícios.

Nas figuras 5 e 6 pode-se observar, das folhas avaliadas, dois exemplos que receberam a melhor e menor nota, sequencialmente, onde na Figura 5 obteve-se nota 1 e na Figura 6 obteve-se nota 3.



Figura 5. Folha após 36 dias de inoculação, avaliada com nota 1, menor nota obtida durante as avaliações.



Figura 6. Folha após 36 dias de inoculação, avaliada com nota 3, maior nota dada durante as avaliações.

As médias obtidas não necessariamente refletem o real valor do genótipo, uma vez que pode ser levado em consideração a pressão do inóculo, o ambiente desfavorável para o patógeno e o curto espaço de tempo entre a inoculação, surgimento dos sintomas e a realização das avaliações.

4. CONCLUSÃO

As progênies 2, 5, 6, 7, 13, 19, 21, 22, 23, 1, 9, 12, 4, 14, 24 e 17 apresentaram as melhores médias quanto à incidência de ferrugem. Dentre estas progênies, pode-se destacar as de número 2, 5, 6, 7, 13, 19, 21, 22 e 23 que apresentaram nota 1 em todas as avaliações. Desta forma pode-se concluir que estas progênies de podem apresentar traços de resistência à *Hemileia vastatrix*, sendo necessárias maiores avaliações, como o uso de mais repetições e de análises moleculares.

Quanto ao método de avaliação, as análises via foto se mostraram tão eficientes quanto via folha, portanto, é possível o uso de apenas avaliações via foto, facilitando as avaliações de diferentes avaliadores ao longo do experimento.

A escala diagramática utilizada no trabalho demonstrou-se não muito viável, sendo necessária uma escala de notas de maior amplitude para aumentar a precisão experimental do trabalho, evitando coeficientes de variação altos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTHONY F, BERTRAND B, QUIROS O, LASHERMES P, BERTHAUD J, CHARRIER A (2001). Genetic diversity of wild coffee (*Coffea arabica* L.) using molecular markers.

Euphytica 118:53–65

BARBOSA, M. A. G.; MICHEREFF, S. J.; MORA-AGUILERA, G. Elaboração e validação de escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem branca do crisântemo.

Summa Phytopathologica, 2006.

BERKELEY, M. J. **The Gardner's Chronicle**. London: The garner's chronicle and Agricultural, 1896. 11 p.

BERTHAUD, J; CHARRIER, A. Genetic resources of *Coffea*. In: CLARKE, R.J; MACRAE, R. (eds) Coffee. London: **Elsevier**, 1988, 42p.

BOTELHO, C. E. et al. AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES DE CAFÉ OBTIDAS POR CRUZAMENTOS DAS CULTIVARES ICATU E CATIMOR. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 10-19, jan./jun. 2007.

BOTELHO, C. E. et al. Seleção de progênies F4 de cafeeiros obtidas pelo cruzamento de Icatu com Catimor. **Revista Ceres**, v. 57, n. 3, p. 274–281, jun. 2010.

CARDOSO, D. A. **Seleção de progênies F4 de cafeeiros com resistência à ferrugem em Machado-MG**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

CARVALHO, A (1981). Café ; novas variedades mais produtivas. **Agricultura de Hoje**. São Paulo, SP. 6 (68): 324.

CARVALHO, A. (1993). Histórico do desenvolvimento do cultivo do café no Brasil. Documentos IAC, 34, **Instituto Agrônômico**, Campinas. 7p.

CHALFOUN, S. M.; ZAMBOLIM, L. Ferrugem do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 42-46, jun. 1985.

CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Botanical classification of Coffee. In: CLIFFORF, M.N. e WILLSON, K.C. Coffee: botany, **biochemistry, and production of beans and beverage**. New York, 1985. p.13-47.

CHAVES, G. M. et al. A ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.): revisão de literatura com observações e comentários sobre a enfermidade no Brasil. **Seiva**, Viçosa, MG, v. 30, p. 75, 1970. Edição Especial.

CONAB, **Companhia nacional de abastecimento. Acompanhamento da safra Brasileira café**. Terceira estimativa, set/2017. Brasília: CONAB, 2017.

CORREA JÚNIOR, A. **Estudos bioquímicos e fisiológicos da diferenciação de estruturas de infecção da ferrugem do café (*Hemileia vastatrix* Berk e Br.)**. 1990. 146 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

CUNHA, R. L. et al. **Desenvolvimento e validação de uma escala diagramática para avaliar a severidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) do cafeeiro**. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa dos Cafés do Brasil (2. : 2001 : Vitória, ES). Anais. Brasília, D.F. : Embrapa Café, 2001, p. 1101-1108.

FERRÃO, R. G. Biometria aplicada ao melhoramento genético do café conilon. 2004. 256 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, **Viçosa**, MG, 2004.

GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H.; RIBEIRO, A. C. 5 Aproximacao. **Recomendações Para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais - 5º Aproximação**, 1999.

KRUG, C. A.; MENDES, J. E. T.; CARVALHO, A. Taxonomia de *Coffea arabica* L : Descrição das variedades e formas encontradas no Estado de São Paulo. Campinas: **Instituto Agrônomo**, 1928. 57 p. (Boletim Técnico, 62).

KUSHALAPPA, A.; CHAVES, G. **An analysis of the development of coffee rust in the field.** Fitopatologia Brasileira, Brasília, v. 27, n. 5, p. 95-103, 1980.

LARANJEIRA, F. F. Problemas e perspectivas da avaliação de doenças como suporte ao melhoramento do maracujazeiro. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T.V.; BRAGA, M. F. **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. p.161-184.

MARIOTO, P. R. et al. Efeito da produção sobre a incidência de ferrugem do cafeeiro, In: COANGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 2., 1974 Poços de Caldas. **Resumis...** Rio de Janeiro: IBC, 1974. P. 144-145.

MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. **A ferrugem do cafeeiro no Brasil e seu controle.** Varginha: Fundação PROCAFÉ, 2006. 98 p.

MENDES, A.N.G. Metodo de melhoramento aplicados na cultura do cafeeiro. In: SIMPOSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENETICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 3., 1999 Lavras. Anais... UFLA: **GEN**, 1999. p. 18-35.

PIMENTEL-GOMES, Frederico; GARCIA, C. H. Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. [S.l: s.n.], 2002.

RAMALHO, M. A. P. Genetica: seleção recorrente no melhoramento do cafeeiro. Informativo **Garcafé**, 1999.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. D. F. B.; SANTOS, J.B. **Melhoramento de espécies autógamias.** In: NASS, I. I.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M.C (Ed.) Recursos genéticos e melhoramento de plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 1181.

RIBEIRO, I. J. A.; BERGAMIM FILHO, A.; CARVALHO, P. C. T. Avaliação da resistência horizontal a *Hemileia vastatrix* Berk et Br. em cultivares de *Coffea arabica* L. em condições naturais de epidemia. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 7, n. 1/2, p. 80-95, abr./jun. 1981.

SAKIYAMA, N.S.; PEREIRA, A.A.; ZAMBOLIM, L. **Melhoramento do Café Arábica**. In: BORÉM, A. Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: UFV, 1999. p.189-204.

VÁRZEA, V. M. P.; RODRIGUES Jr., C. J.; SILVA, M. do. C. M. L.; GOUVEIA, M.; MARQUES, D. V.; GUIMARÃES, L. G.; RIBEIRO, A.. Resistência do cafeeiro a *Hemileia vastatrix*. In: ZAMBOLIM, L. (Ed). **O estado de arte de tecnologias na produção de café**. 4. Ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 297-320.

VILELA, P.S.; RUFINO, J.L.S. **Caracterização da Cafeicultura de Montanha de Minas Gerais**. In: CORDEIRO, A.T.; SINGULANO FILHO, G.; RIBEIRO, M.F. Características da propriedade cafeeira, do cafeicultor e do parquet cafeeiro. Estudos INAES. Cadeias Produtivas. Café, 1, Belo Horizonte: INAES, 2010, p.300.

ZAMBOLIM, L. et al. Epidemiologia e controle integrado da ferrugem-do-cafeeiro. In: **O estado de arte de tecnologias na produção de café**. 4. Ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 399-450.