

RESISTÊNCIA SIMULTÂNEA À FERRUGEM E MANCHA AUREOLADA EM PROGÊNIES DO CRUZAMENTO ENTRE CAFEIEIRO ARÁBICA DA ETIÓPIA E CULTIVAR IPR 98¹

Gustavo Hiroshi Sera²; Tumoru Sera^{2,3}; Elder Andreazi⁴; Fernando Cesar Carducci³; Filipe Gimenez Carvalho⁴; Kamila Carmezini Costa⁵; Valdir Mariucci Junior^{3,4}; Leandro Miorim Rocha⁴; Carlos Theodoro Motta Pereira^{3,5}; Luciana Harumi Shigueoka⁴; Daniel Chamlet³; Luis Antonio Ferreira Brocco⁵; Willian Gabriel dos Santos³

¹ Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café - Consórcio Pesquisa Café

² Pesquisadores, DSc, Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina-PR, gustavosera@iapar.br; tsera@iapar.br

³ Bolsistas do Consórcio Pesquisa Café

⁴ Estudantes da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina – PR.

⁵ Estudantes do Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL), Londrina – PR.

RESUMO: A ferrugem alaranjada, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berk. et Br., é a principal doença do cafeeiro. A resistência durável à ferrugem é um desafio para o melhoramento genético que, atualmente, dispõe de poucos genes de resistência não suplantados pelas novas raças do fungo. A mancha aureolada é uma importante doença do cafeeiro de difícil controle químico. O meio de controle mais indicado para ambas as doenças é o uso de cultivares resistentes. O objetivo deste trabalho foi identificar resistência simultânea à ferrugem e à mancha aureolada em progênies de cafeeiros arábica. O experimento de campo foi instalado no IAPAR, em setembro de 2011, em Londrina, PR, Brasil. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições e parcelas de cinco plantas, no espaçamento de 2,5 x 0,5 m. Foram avaliadas 13 progênies F4 derivadas do cruzamento entre um acesso de *Coffea arabica* da Etiópia e a cultivar IPR 98. As avaliações de severidade da ferrugem e da mancha aureolada foram realizadas por meio de escala de notas variando de 1 a 5, com infecção natural das doenças. Para ferrugem as plantas com notas 1 e 2 foram consideradas com resistência completa. Para mancha aureolada foram consideradas resistentes as plantas com nota 1. Cinco progênies foram simultaneamente resistentes para ferrugem e mancha aureolada, com destaque para a progênie nº 9 que apresentou 100% de plantas resistentes para as duas doenças.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica*, *Hemileia vastatrix*, melhoramento genético, *Pseudomonas syringae* pv. *garcae*, Sarchimor.

SIMULTANEOUS RESISTANCE TO LEAF RUST AND BACTERIAL BLIGHT IN PROGENIES DERIVED FROM THE CROSS BETWEEN ETHIOPIAN ARABICA COFFEE AND IPR 98

ABSTRACT: The coffee leaf rust, caused by the fungus *Hemileia vastatrix* Berk. et Br., is the main coffee disease. The durable resistance to rust is a challenge for the coffee breeding that currently has few resistance genes not defeated by new races. The bacterial blight is an important coffee disease and the chemical control is hard. The most appropriate control method for both diseases is the use of resistant cultivars. The aim of this study was to identify simultaneous resistance to rust and to bacterial blight in Arabica coffee progenies. The field experiment was conducted at IAPAR and planted in September 2011, in Londrina, PR, Brazil. The experimental design was a randomized block design with three replications and plots with five plants, in the spacing 2.5 x 0.5 m. 13 F4 progenies derived from the cross between *Coffea arabica* from Ethiopia and IPR 98 were evaluated. The leaf rust and bacterial blight severity evaluations were performed using a grading scale from 1 to 5, with natural infection conditions of the diseases. Plants with grades 1 and 2 were considered with complete resistance to rust. Plants with grade 1 were considered resistant to bacterial blight. Five progenies were simultaneously resistant to rust and bacterial blight, especially the progeny nº 9 that showed 100% of resistant plants to both diseases.

KEYWORDS: breeding, *Coffea arabica*, *Hemileia vastatrix*, *Pseudomonas syringae* pv. *garcae*, Sarchimor.

INTRODUÇÃO

A ferrugem alaranjada, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berk. et Br., é a principal doença do cafeeiro e se não controlada eficientemente causa grandes perdas na produção e na qualidade. Se a desfolha ocorrer antes da indução floral ou durante o desenvolvimento dos frutos, ocorrerá redução da floração e má formação dos grãos (Godoy et al., 1997).

O controle químico é muito eficiente quando realizado de forma adequada, porém demanda custos ao cafeicultor. A utilização de cultivares com resistência é um meio econômico e ambientalmente correto para o controle da doença.

Os genes maiores conhecidos que conferem resistência à ferrugem são *SH1* a *SH9* (Rodrigues-Junior et al., 1975; Bettencourt, 1981; Bettencourt & Rodrigues-Junior, 1988). Os genes *SH1*, *SH2*, *SH4* e *SH5* foram identificados em acessos de *Coffea arabica* L. originados da Etiópia. O *SH3*, supostamente, é derivado de *C. liberica* W. Bullex Hiern. *SH6*, *SH7*, *SH8* e *SH9* são do *C. canephora* Pierre ex A. Froehner, um dos parentais do “Híbrido de Timor” (HDT) e de outros híbridos interespecíficos como o “Icatu” (Noronha-Wagner & Bettencourt, 1967; Bettencourt & Noronha-Wagner, 1971; Rodrigues-Junior et al., 1975; Bettencourt & Rodrigues-Junior, 1988). Várias plantas do HDT possuem pelo menos os genes *SH5* a *SH9* (Bettencourt et al., 1992). Tem sido confirmada a existência de outros genes maiores em derivados do HDT (Rodrigues-Junior et al., 2000).

Alguns cafeeiros mostram resistência para a maioria das raças de ferrugem, como os das cultivares IAPAR 59, IPR 98, Tupi IAC 1669-33 e outras derivadas do germoplasma Catimor e Sarchimor (Sera et al., 2007; 2010; Del Grossi et al., 2013). Resistência à ferrugem alaranjada tem sido quebrada pelo surgimento de novas raças do fungo, o que dificulta a obtenção de cultivares com resistência completa e durável (Várzea et al., 2002). A resistência durável à ferrugem é um desafio para o melhoramento genético do cafeeiro que, atualmente, dispõe de poucos genes de resistência não quebrados pelas novas raças. Ainda existem muitas cultivares com resistência completa, porém há o risco de quebra da resistência devido ao surgimento de novas raças, pois em vários cafeeiros derivados do Híbrido de Timor (HDT) vem ocorrendo essa quebra e na maioria dos cafeeiros de “Icatu” e “Catucaí” essa quebra já ocorreu (Sera et al., 2010; Del Grossi et al., 2013).

As bactérias são um dos principais agentes causais de doenças de plantas. As espécies do gênero *Pseudomonas* sp., em especial *P. syringae*, são conhecidas por parasitarem diversas culturas (Bedendo, 2011). A mancha aureolada, importante doença do cafeeiro, foi identificada pela primeira vez por Amaral et al. (1956), em lavouras no município de Garça, São Paulo e o agente causal foi descrito como *P. syringae* pv. *garcae*. Mancha aureolada ocorre nas principais regiões produtoras do Brasil, como Minas Gerais, São Paulo e Paraná (Mohan, 1978; Petek et al., 2006; Ito et al., 2008; Zoccoli et al., 2011). Lavouras instaladas em regiões de altitude elevada, temperaturas amenas, alta pluviosidade, expostas a ventos fortes e, ou constantes, além de geadas esporádicas, estão mais predispostas ao ataque desta bacteriose (Zoccoli et al., 2011), podendo ser limitante para o desenvolvimento da cultura (Sera, 2001).

Os sintomas podem ser vistos em folhas, frutos jovens e ramos, confundindo-se, muitas vezes, com os causados por outros patógenos (Silva et al., 2006; Zambolim et al., 2005). Nas folhas, lesões irregulares de coloração pardo-escuro com halo amarelado ao redor, são típicas. Em ataques mais severos, pode ocorrer requeima de ramos e necrose de frutos em expansão. Lavouras jovens são mais sensíveis, podendo sofrer desfolha generalizada, seca de ponteiros, superbrotamento e atraso no desenvolvimento inicial (Zambolim et al., 2005).

O controle preventivo, pelo uso de quebra ventos na fase de implantação da lavoura, é essencial. O controle químico pode ser feito por meio de fungicidas cúpricos e antibióticos (Zambolim et al., 2005), no entanto, é dificultado devido ao curto espaço de tempo entre gerações do patógeno, podendo ser considerado inadequado (Lacy & Lukezic, 2010). O meio de controle mais indicado é o uso de cultivares resistentes (Sera, 2001). Fontes de resistência à *P. syringae* pv. *garcae* foram primeiramente relacionadas às plantas portadoras do gene *SH1*, que proporciona resistência para algumas raças de ferrugem alaranjada e está presente nos cafeeiros Harar, Dilla & Alghe, S12 KAFFA e Geisha, todas originadas de acessos de *C. arabica* oriundos da Etiópia (Moraes et al., 1975). Em outro estudo foi identificada alta resistência em 38 acessos de *C. arabica* da Etiópia, *C. eugenioides*, *C. stenophylla*, *C. arabica* var. *ennarea*, *C. arabica* var. *semierecta* e *C. arabica* var. *geisha* (Mohan et al., 1978). Moderada resistência foi encontrada em dois genótipos de *C. canephora* e em um cafeeiro do germoplasma Icatu (Mohan et al., 1978). Progênie oriundas do cruzamento “Icatu” x “Catucaí” (Petek et al., 2006) e derivados do “Híbrido de Timor” (Mohan et al., 1978) também foram identificados com diferentes níveis de resistência. Nos genótipos S 288-23 (*C. arabica* x *C. liberica*), DK 1/6 e em *C. congensis*, foi observada moderada resistência (Moraes et al., 1975). Resultados obtidos em ensaios de campo com infecção natural por *P. syringae* pv. *garcae* mostraram 95% de plantas com resistência completa na cultivar IPR 102, além de resistência parcial em IPR 103, IPR 104, IPR 108 e IAPAR 59, indicando possível presença de resistência qualitativa e quantitativa (Ito et al., 2008). Inoculações artificiais, realizadas em plantas jovens mantidas em ambiente controlado, demonstraram moderada resistência em cultivares de *C. arabica* do Quênia (Ithiru et al., 2013).

As cultivares de café arábica mais plantadas no Brasil pertencem ao grupo Catucaí e Mundo Novo, que são suscetíveis à ferrugem (Carvalho et al., 2008; Fazuoli et al., 2008) e mancha aureolada (Mohan et al., 1978). Existem cultivares com resistência à ferrugem, porém para mancha aureolada pouquíssimas são resistentes. O objetivo deste trabalho foi identificar resistência simultânea à ferrugem e à mancha aureolada em progênie de café arábica derivadas do cruzamento entre um acesso de *Coffea arabica* oriundo da Etiópia e cultivar IPR 98.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do Experimento

O experimento foi conduzido na estação experimental do Instituto agrônomo do Paraná - IAPAR (23° 22' S, 51° 10' W, 585 m alt.), em Londrina-Paraná-Brasil. O clima é classificado, segundo Köppen, como Cfa. A temperatura média anual é de 20,8 °C. A média anual de umidade relativa do ar varia de 75 a 80% e as médias anuais de precipitação variam de 1400 a 1600 mm/ano.

Genótipos e delineamento experimental

O experimento (E1102) foi instalado em setembro de 2011, no delineamento estatístico em blocos ao acaso, com três repetições e cinco plantas por parcela, no espaçamento 2,50 x 0,50 m. As severidades da ferrugem e da mancha aureolada foram avaliadas em 13 progênies F4 derivadas do cruzamento entre um acesso de *Coffea arabica* da Etiópia e cultivar IPR 98. As cultivares IAPAR 59 e Catuaí Vermelho IAC 99 foram utilizadas como padrões de resistência e suscetibilidade à ferrugem, respectivamente. ‘Catuaí Vermelho IAC 99’ foi utilizada como padrão suscetível para mancha aureolada (Tabela 1).

Avaliação da resistência às doenças

As avaliações da severidade da ferrugem foram realizadas em agosto de 2013 e maio de 2014, em condições de infecção natural, com a população local de raças. A mancha aureolada foi avaliada em janeiro de 2014, também em condição de infecção natural. Todas as avaliações foram feitas a partir de plantas individuais e calculada a porcentagem de plantas resistentes e suscetíveis para ambas as doenças.

A avaliação da resistência à ferrugem foi realizada por meio de escala de notas variando de 1 a 5, baseadas na severidade, para o qual: nota 1 = plantas sem lesões cloróticas nas folhas; 2 = plantas com lesões que variam de “flecks” a cloroses na área infectada, mas sem a formação de uredosporos; nota 3 = pústulas uredospóricas em poucas quantidades (1-25% das folhas), geralmente no terço inferior e com baixa severidade no terço médio; nota 4 = pústulas uredospóricas em 26 - 50% das folhas, geralmente nos terços inferior e médio, com início de desfolha; nota 5 = pústulas uredospóricas em mais de 50% das folhas, desde o terço inferior até o terço superior, com elevada intensidade de desfolha. Com base na avaliação efetuada em 2013, as plantas com notas 1 e 2 foram consideradas com resistência completa e as com notas 3, 4 e 5 foram consideradas suscetíveis (Shigueoka et al., 2014 modificado).

A avaliação da resistência à mancha aureolada foi realizada em agosto de 2014, pela utilização de escala de notas variando de 1 a 5, em que: 1 = ausência de lesões necróticas, com halo amarelado; 2 = 1 a 10% de folhas com lesões; 3 = 11 a 25% de folhas com lesões; 4 = 26 a 40% de folhas com lesões e 5 = mais de 40% de folhas com lesões e apresentando seca de ponteiros (ITO et al., 2008 modificado). Plantas com nota 1 foram consideradas como resistentes e as com notas 2, 3, 4 e 5, como suscetíveis.

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância e o agrupamento das médias foi realizado pelo teste de Scott-Knott ao nível de significância de 5%, com auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resistência à ferrugem

A severidade da ferrugem alaranjada foi alta, pois no padrão suscetível, ‘Catuaí Vermelho IAC 99’, foram observadas 100% das plantas suscetíveis e, além disso, as notas médias foram 5,00 e 3,20, nas avaliações realizadas nos anos de 2013 e 2014, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Médias de severidade de ferrugem e de mancha aureolada em progênies F4 derivadas do cruzamento *Coffea arabica* da Etiópia x ‘IPR 98’ e frequência (%) de plantas de cafeeiros resistentes (R) e suscetíveis (S) às doenças.

Nº	Genótipos	Ferrugem ¹				Mancha aureolada ¹		
		%R ²	%S ²	2013	2014	%R ²	%S ²	2014
1	H9215-1-2-1	13	87	2,80 c	2,46 b	53	47	1,47 b
2	H9215-1-2-3	40	60	2,73 c	1,95 a	73	27	1,27 a
3	H9215-1-2-4	0	100	3,20 c	1,80 b	33	67	1,80 c
4	H9215-1-2-7	13	87	3,20 c	2,13 a	100	0	1,00 a
5	H9215-1-2-8	40	60	3,06 c	1,80 a	47	53	1,53 b
6	H9215-1-2-9	40	60	3,80 c	2,40 b	27	73	1,73 c
7	H9215-1-366-3	93	7	1,90 b	2,00 a	80	20	1,20 a
8	H9215-1-366-4	100	0	1,30 a	1,80 a	33	67	1,67 c
9	H9215-1-366-5	100	0	1,40 a	1,66 a	100	0	1,00 a
10	H9215-1-366-6	60	40	2,35 b	2,60 b	60	40	1,47 b
11	H9215-1-366-8	90	10	1,26 a	1,40 a	100	0	1,00 a
12	H9215-1-366-9	100	0	1,05 a	1,06 a	80	20	1,20 a
13	H9215-1-366-10	93	7	2,13 b	2,13 a	93	7	1,07 a
14	‘IAPAR 59’	100	0	1,06 a	1,66 a	87	13	1,13 a
15	‘Catuaí Vermelho IAC 99’	0	100	5,00 d	3,20 b	0	100	2,50 d

¹ Plantas com notas 1 e 2 foram consideradas resistentes à ferrugem. Plantas com nota 1 foram consideradas resistentes à mancha aureolada. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade.

² R = resistente; S = suscetível. As frequências de plantas resistentes e suscetíveis à ferrugem e mancha aureolada foram baseadas na avaliações realizadas em 2013 e 2014, respectivamente.

Os tratamentos 8, 9, 11 e 12 não diferiram estatisticamente do padrão resistente IAPAR 59, para a severidade da ferrugem, nos dois anos avaliados, segundo o critério de Scott-Knott, a 5% de probabilidade (Tabela 1). As progênies

mais promissoras quanto à resistência à ferrugem são as de número 8, 9 e 12, pois a severidade média da ferrugem foi similar ao padrão resistente e, além disso, 100% das plantas apresentaram resistência completa. Neste estudo, a fonte de resistência à ferrugem utilizada foi a cultivar IPR 98 que é originada do germoplasma Sarchimor ('Villa Sarchi CIFC 971/10' x "HDT CIFC 832/2") e possui resistência completa a essa doença (Sera et al., 2010; Del Grossi et al., 2013). 'IAPAR 59' possui pelo menos quatro genes *SH* de resistência à ferrugem (*SH6*, *SH7*, *SH8*, *SH9*), originados do "HDT CIFC 832-2" (Cardoso et al., 1996) e vem apresentando resistência completa durável por mais de 30 anos (Sera et al., 2010). 'IPR 98' é derivada da mesma progênie F3 que originou 'IAPAR 59' e, provavelmente, possui os mesmos genes de resistência dessa cultivar (Sera et al., 2010). Do mesmo modo, é provável que as progênies F4 derivadas de *C. arabica* da Etiópia x 'IPR 98' possuam os mesmos quatro genes *SH* presentes na cultivar IAPAR 59. Além desses quatro genes *SH*, outros também podem existir em derivados de HDT (Rodrigues-Junior et al., 2000; Várzea & Marques, 2005).

As frequências de plantas suscetíveis à ferrugem nas progênies nº 7, 11 e 13 de 7,00%, 10,0% e 7,00% (Tabela 1), respectivamente, poderiam ser explicadas, provavelmente, pelo fato de que algumas plantas dessas cultivares não sejam do grupo fisiológico A (resistente a todas as raças). Isto também foi observado na 'IAPAR 59', a qual possui cerca de 94 % de plantas do grupo A e 6 % em outros grupos, conforme Cardoso et al. (1996).

Para as demais progênies, foi observada uma frequência maior do que 40% de plantas suscetíveis (Tabela 1), indicando que os genes de resistência à ferrugem não estão em homozigose, ou essas progênies possuem menos genes de resistência. Apesar de suscetíveis, várias dessas progênies apresentaram uma nota média de severidade da ferrugem menor do que o padrão suscetível (Tabela 1), indicando que a resistência foi quebrada pela população local de raças, porém pode ser que exista uma resistência parcial devido à ação de genes menores de resistência à ferrugem. Essa resistência parcial em "Sarchimor" e seus derivados já foi observada em outros estudos (Sera et al., 2010; Del Grossi et al., 2013). Na cultivar Colômbia, derivada do germoplasma Catimor, que também é derivado do HDT, foi observada resistência parcial em condições de campo (Alvarado, 2005). Genes de efeito menor vêm promovendo resistência parcial, não específica, para raças em cultivares de *C. arabica*, sendo de caráter poligênico (Eskes, 2005).

As progênies de nº 1 a 6 apresentaram maior frequência de plantas suscetíveis do que as progênies de nº 7 a 13. A planta F2 H9215-1-366, que deu origem às progênies 7 a 13, possivelmente apresentava maior número de genes de resistência à ferrugem do que a planta F2 H9215-1-2, da qual originaram as progênies 1 a 6.

Resistência à mancha aureolada

O padrão suscetível 'Catuai Vermelho IAC 99' apresentou 100% das plantas com suscetibilidade à mancha aureolada e diferiu estatisticamente dos demais genótipos pela nota média de severidade da mancha aureolada. Sete progênies F4 foram alocadas no grupo das mais resistentes, segundo o critério de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. As porcentagens de plantas resistentes, nesse grupo, variaram de 73 a 100%. Somente nas progênies nº 4, 9 e 11 foram observadas 100% de plantas resistentes (Tabela 1).

Neste estudo, as progênies avaliadas foram derivadas do cruzamento entre um cafeeiro arábica da Etiópia e uma planta da cultivar IPR 98. Em um estudo efetuado com plantas jovens, em campo, 'IPR 98' foi suscetível à mancha aureolada (Ito et al., 2008), enquanto acessos de cafeeiros arábica oriundos da Etiópia têm sido relatados como resistentes a essa doença (Moraes et al., 1975; Mohan et al., 1978). Portanto, a resistência observada neste estudo teve origem no cafeeiro arábica da Etiópia utilizado no cruzamento.

'IAPAR 59' não diferiu estatisticamente das progênies F4 mais resistentes e apresentou 87,00% de plantas com essa característica e ainda segregando para plantas suscetíveis à doença. Outros estudos também observaram resistência à mancha aureolada em 'IAPAR 59', porém com plantas suscetíveis segregantes (Petek et al., 2006; Ito et al., 2008), do mesmo modo que no presente estudo. Em outros genótipos derivados do 'Híbrido de Timor' também foi observada resistência em diferentes níveis: altamente resistentes, resistentes e moderadamente resistentes (Mohan et al., 1978).

Resistência simultânea à ferrugem e à mancha aureolada

A cultivar IAPAR 59 e as progênies nº 7, 9, 11, 12 e 13 foram simultaneamente resistentes à ferrugem e à mancha aureolada, com destaque para a progênie 9, que apresentou 100% de plantas resistentes às duas doenças (Tabela 1).

Somente uma avaliação para produção foi efetuada nessas progênies, pois em 2013 ocorreu uma geada severa e, conseqüentemente, em 2014 a produção foi muito baixa. Novas avaliações da produção serão efetuadas para verificar se essas cinco progênies com resistência simultânea apresentam produtividade pelo menos similar às testemunhas 'IAPAR 59' e 'Catuai Vermelho IAC 99'. Serão avançadas para a geração F5 somente as progênies que apresentarem capacidade produtiva similar ou maior do que das testemunhas.

CONCLUSÕES

Cinco progênies F4, do cruzamento entre um cafeeiro arábico da Etiópia e 'IPR 98', foram simultaneamente resistentes para ferrugem e mancha aureolada, com destaque para a progênie 9 que apresentou 100% de plantas resistentes para as duas doenças.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO, G. A. Evolution of *Hemileia vastatrix* virulence in Colômbia. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Eds). *Durable Resistance to Coffee Leaf Rust*. Viçosa: UFV, 2005. p. 99-116.
- AMARAL, J. F.; TEIXEIRA, G. C.; PINHEIRO, E. D. A bactéria causadora da “Mancha Aureolada” do cafeeiro. *Arquivos do Instituto Biológico*, 23: 151-155, 1956.
- BEDENDO, I. P. Bactérias Fitopatogênicas. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN-FILHO, A. (Eds). *Manual de Fitopatologia*, v1. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011. p. 207-226.
- BETTENCOURT, A. J. *Melhoramento genético do cafeeiro: transferência de fatores de resistência à Hemileia vastatrix Berk. & Br. para as principais cultivares de Coffea arabica L.* Lisboa: Junta de investigações científicas do ULTRAMARC/Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro, Oeiras, p. 93. 1981.
- BETTENCOURT, A. J.; LOPES, J.; PALMA, S. Fatores genéticos que condicionam a resistência às raças de *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. dos clones-tipo dos grupos 1, 2 e 3 de derivados de Híbridos de Timor. *Brotéria Genética* 13: 185-194. 1992.
- BETTENCOURT, A. J.; NORONHA-WAGNER, M. Genetic factors conditioning resistance of *Coffea arabica* L. to *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. *Agronomia Lusitana* 31: 285-292. 1971.
- BETTENCOURT, A. J.; RODRIGUES-JUNIOR, C. J. Principles and practice of coffee breeding for resistance to rust and other diseases. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. (eds.) *Coffee*. Agronomy Elseviers Applied Science, London 4: 199-235. 1988.
- CARVALHO, C. H. S. de; FAZUOLI, L. C.; CARVALHO, G. R.; GUERREIRO-FILHO, O.; PEREIRA, A. A.; ALMEIDA, S. R. de; MATIELLO, J. B.; BARTHOLO, G. F.; SERA, T.; MOURA, W. de M.; MENDES, A. N. G.; REZENDE, J. C. de; FONSECA, A. F. A. da; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; NACIF, A. de P.; SILVAROLLA, M. B.; BRAGHINI, M. T.; SERA, G. H. Cultivares de café arábica de porte baixo. In: CARVALHO, C. H. S. de (Ed.). *Cultivares de café: origem, características e recomendações*. Brasília: Embrapa Café, 2008. p. 157-226.
- DEL GROSSI, L.; SERA, T.; SERA, G. H.; FONSECA, I. C. de B.; ITO, D. S.; SHIGUEOKA, L. H.; ANDREAZI, E.; CARVALHO, F. G. Rust resistance in Arabic Coffee cultivars in northern Paraná. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 56, p. 27-33, 2013.
- ESKES, A. B. Phenotypic expression of resistance to coffee leaf rust and its possible relationship with durability. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (eds). *Durable resistance to coffee leaf rust*. Viçosa: UFV, 2005. p.305-331.
- FAZUOLI, L. C.; CARVALHO, C. H. S. de; CARVALHO, G. R.; GUERREIRO-FILHO, O.; PEREIRA, A. A.; BARTHOLO, G. F.; MOURA, W. de M.; SILVAROLLA, M. B.; BRAGHINI, M. T. Cultivares de café arábica de porte alto. In: CARVALHO, C. H. S. de (Ed.). *Cultivares de café: origem, características e recomendações*. Brasília: Embrapa Café, 2008. p. 227-254.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- GODOY, C. V.; BERGAMIN-FILHO, A.; SALGADO, C. L. Doenças do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN-FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (eds) *Manual de Fitopatologia*. 3rd edition, 2nd volume. v.2.: Agronômica Ceres, São Paulo, Brazil, p. 184-200. 1997.
- ITHIRU, J. M.; GICHURU, E. K.; GITONGA, P. N.; CHESEREK, J. J.; GICHIMU, B. M. Methods for early evaluation for resistance to bacterial blight of coffee. *African Journal of Agricultural Research*. v. 8, n.21, p. 2450-2454, 2013.
- ITO, D. S.; SERA, T.; SERA, G. H.; DEL GROSSI, L.; KANAYAMA, F. S. Resistance to Bacterial Blight in Arabica coffee cultivars. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 8: 99-103, 2008.
- LACY, G. H.; LUKEZIC, F. L. Procariotos Fitopatogênicos. In: TRIGIANO, R. N.; WINDHAM, M. T.; WINDHAM, A. S. (Eds). *Fitopatologia: conceitos e exercícios de laboratório*. Artmed, Porto Alegre, 2010. p. 63-73.
- MOHAN, S. K.; CARDOSO, R. M. L.; PAIVA, M. A. Resistência em germoplasma de *Coffea* ao crestamento bacteriano incitado por *Pseudomonas garcae* Amaral et al. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 13(1): 53-64, 1978.
- MORAES, S. A.; SUGIMORI, M. H.; TOMAZELLO-FILHO, M.; CARVALHO, P. de C. T. de. Resistência de cafeeiros a *Pseudomonas garcae*. *Summa Phytopathologica*, v. 1, p. 105-110, 1975.
- NORONHA-WAGNER, M.; BETTENCOURT, A. J. Genetic study of resistance of *Coffea* sp. to leaf rust. In: Identification and behavior of four factors conditioning disease reaction in *Coffea arabica* to twelve physiologic races of *Hemileia vastatrix*. *Canadian Journal of Botany* 45: 2021-2031. 1967.
- PETEK, M. R.; SERA, T.; SERA, G. H.; FONSECA, I. C. B.; ITO, D. S. Selection of progenies of *Coffea arabica* with simultaneous resistance to bacterial blight and leaf rust. *Bragantia*, 65(1): 65-73, 2006.
- RODRIGUES, L. M. R.; ALMEIDA, I. M. G.; PATRÍCIO, F. R. A.; BERIAM, L. O. S.; MACIEL, K. W.; BRAGHINI, M. T.; GUERREIRO-FILHO, O. *Mancha aureolada do cafeeiro causada por Pseudomonas syringae pv. garcae*. Instituto Agronômico, Campinas, 2013. 24p.
- RODRIGUES-JUNIOR, C. J.; BETTENCOURT, A. J.; RIJO, L. Races of pathogen and resistance to coffee rust. *Annual Review of Phytopathology* 13: 49-70. 1975.

- RODRIGUES-JUNIOR, C. J.; VÁRZEA, V. M. P.; SILVA, M. C.; GUERRA-GUIMARÃES, L.; ROCHETA, M.; MARQUES, D. V. Recent advances on coffee leaf rust. In: *Proceedings of the international scientific symposium on coffee*. Bangalore, India: Central Coffee Research Institute, p.179-193. 2000.
- SERA, G. H.; SERA, T.; FOSECA, I. C. de B.; ITO, D. S. Resistência à ferrugem alaranjada em cultivares de café. *Coffee Science* 5: 59-66. 2010.
- SERA, G. H.; SERA, T.; ITO, D. S.; AZEVEDO, J. A.; MATA, J. S. da; DOI, D. S.; RIBEIRO-FILHO, C. Selection for durable resistance to leaf rust using test-crosses on IAPAR-59 and Tupi IAC 1669-33 cultivars of *Coffea arabica*. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 50: 565-570. 2007.
- SERA, T. Coffee genetic breeding at IAPAR. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 1(2): 179-190, 2001.
- SHIGUEOKA, L. H.; SERA, G. H.; SERA, T.; FONSECA, I. C. de B.; MARIUCCI JUNIOR, V.; ANDREAZI, E.; CARVALHO, F. G.; GARDIANO, C. G.; CARDUCCI, F. C. Selection of Arabic coffee progenies with rust resistance. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 14, p. 88-93, 2014.
- SILVA, M. C.; VÁRZEA, V.; GUERRA-GUIMARÃES, L.; AZINHEIRA, H. G.; FERNANDEZ, D.; PETITOT, A. S.; BERTRAND, B.; LASHERMES, P.; NICOLE, M. Coffee resistance to the main diseases: leaf rust and coffee berry disease. *Brazilian Journal Plant Physiology*, 18(1): 119-147, 2006.
- VÁRZEA, V. M. P.; RODRIGUES-JUNIOR, C. J.; SILVA, M. C. M. L.; GOUVEIA, M.; MARQUES, D. V.; GUERRA-GUIMARÃES, L.; RIBEIRO, A. Resistência do cafeeiro a *Hemileia vastatrix*. In: ZAMBOLIM, L. (ed.) *O Estado da arte de tecnologias na produção de café*. Viçosa: UFV, 2002. p. 297-320.
- VÁRZEA, V. M. P.; MARQUES, D. V. Population variability of *Hemileia vastatrix* vs. coffee durable resistance. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (eds). *Durable Resistance to Coffee Leaf Rust*. Viçosa: UFV, 2005. p. 53-74.
- ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, E. M. Doenças do cafeeiro (*Coffea arabica* e *C. Canephora*). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN-FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Eds) *Manual de Fitopatologia*, v. 2. Agronômica Ceres, São Paulo, 2005. p. 165-180.
- ZOCCOLI, D. M.; TAKATSU, A.; UESUGI, C. H. Ocorrência de mancha aureolada em cafeeiros na Região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. *Bragantia*, 70(4): 843-849, 2011.