

RESISTÊNCIA COMPLETA À FERRUGEM EM PROGÊNIES DERIVADAS DE IAPAR 59 PORTADORAS DE GENES DE CAFEIEIRO ARÁBICO DA ETIÓPIA¹

Gustavo Hiroshi Sera²; Tumoru Sera^{2,3}; Kamila Carmezini Costa⁴; Fernando Cesar Carducci³; Valdir Mariucci Junior⁵; José Alves de Azevedo²; Elder Andreazi⁵; Filipe Gimenez Carvalho⁵; Carlos Theodoro Motta Pereira⁴; Leandro Miorim Rocha⁵; Luciana Harumi Shigueoka⁵; Luis Antonio Ferreira Brocco⁴

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

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

³ Bolsistas Consórcio Pesquisa Café

⁴ Estudantes do Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL), Londrina – PR.

⁵ Estudantes da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina – PR.

RESUMO: Na cultura do café, a ferrugem alaranjada, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berk. et Br., é uma das mais importantes doenças, pois seus danos afetam a produtividade do cafezal e aumentam os custos de produção. O uso de cultivares resistentes é um meio eficiente de controle da ferrugem. O objetivo desse estudo foi identificar progênies F4 de café arábica com resistência completa à ferrugem em Londrina-PR-Brasil. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições e parcelas de 10 plantas no espaçamento de 2,5 x 0,5 m. Foram avaliadas 19 progênies F4 derivadas do cruzamento (“Catuaí” x “*Coffea arabica* da Etiópia”) x ‘IAPAR 59’. Como padrões comparativos foram utilizadas as cultivares IAPAR 59 (resistente) e Catuaí Vermelho IAC 99 (suscetível). A resistência à ferrugem foi avaliada no ano de 2014 utilizando uma escala de notas variando de 1 a 5 com base na severidade e em condições de infecção natural com a população local de raças de ferrugem. Plantas com notas 1 e 2 foram consideradas com resistência completa e as com notas 3, 4 e 5 foram consideradas suscetíveis. Foi estimada a porcentagem de plantas com as respectivas notas de avaliação de severidade da ferrugem. Foram identificadas quatro progênies F4 com 100% das plantas com resistência completa à ferrugem. Das 19 progênies F4 avaliadas somente quatro foram completamente resistentes e não diferiram estatisticamente do padrão resistente ‘IAPAR 59’, indicando que as raças de ferrugem presentes no local possuem muitos genes de virulência.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica*, cultivares, *Hemileia vastatrix*, melhoramento, Sarchimor.

COMPLETE RESISTANCE TO LEAF RUST IN PROGENIES DERIVED FROM IAPAR 59 CARRYING ETHIOPIAN ARABICA COFFEE GENES

ABSTRACT: At coffee crop, leaf rust, caused by the fungus *Hemileia vastatrix* Berk. et Br., is one of the most important diseases, because its damage affect the productivity of coffees and increase production costs. The use of resistant cultivars is an efficient rust control method. The aim of this study was to identify F4 Arabica coffee progenies with complete resistance to rust in Londrina-PR-Brazil. The experimental design was a randomized block design with three replications and 10 plants per plot, in the spacing 2.5 x 0.5 m. We evaluated 19 F4 progenies derived from the cross (“Catuaí” x “*Coffea arabica* from Ethiopia”) x ‘IAPAR 59’. Such as checks were used ‘IAPAR 59’ (resistant) and ‘Catuaí Vermelho IAC 99’ (susceptible). The rust resistance was evaluated in 2014 using a grading scale from 1 to 5 based on the severity and natural infection conditions with the local population of rust races. Plants with grades 1 and 2 were considered with complete resistance and with grades 3, 4 and 5 were considered susceptible. The percentage of plants with their respective grades of rust severity was calculated for each progeny. Four F4 progenies presented 100% of plants with complete resistance to rust. Of the 19 F4 progenies only four were completely resistant and did not differ of the ‘IAPAR 59’ check, indicating that the local rust races have many virulence genes.

KEYWORDS: breeding, *Coffea arabica*, cultivars, *Hemileia vastatrix*, Sarchimor.

INTRODUÇÃO

Dentre as doenças que ocorrem no café, a ferrugem alaranjada, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berk. et Br., é uma das mais importantes, pois seus danos afetam a produtividade do cafezal e aumentam os custos de produção.

A desfolha dos cafeeiros ocasionada pela ferrugem ocorrida antes da indução floral ou durante o desenvolvimento dos frutos resulta na redução da floração e má formação dos grãos (GODOY et al., 1997). A ferrugem pode provocar perdas na produção que variam de 35 a 50% em média de biênio, dependendo da suscetibilidade da cultivar, umidade do ambiente, carga pendente e estado nutricional da planta (ZAMBOLIM et al., 1997).

O uso de cultivares resistente é o meio mais econômico e ambientalmente correto para o controle desta doença, pois o controle químico, apesar de eficiente quando realizado de forma adequada, demanda custos ao cafeicultor. Muitos cafeeiros apresentam resistência para a maioria das raças de ferrugem, como IAPAR 59, IPR 98, Tupi IAC 1669-33 e

outras derivadas dos germoplasmas Catimor e Sarchimor (SERA et al., 2007b; 2010a). Porém, a resistência à ferrugem alaranjada tem sido quebrada pelo frequente surgimento de novas raças do fungo, o que dificulta a obtenção de cultivares com resistência completa e durável (VÁRZEA et al., 2002).

No melhoramento genético do cafeeiro, tenta-se obter cultivares com resistência durável pela combinação de genes maiores e menores. 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 *Coffea 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). Estudos de herança em plantas do “Icatu” e em derivados do “Híbrido de Timor” com diferentes níveis de resistência incompleta indicaram a presença de um ou poucos alelos parcialmente dominantes, diferentes dos genes *SH*. Esses fatores genéticos quando em condição homozigótica ou associados, conferem uma resistência quase completa (ESKES et al., 1990).

O programa de melhoramento genético de café do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) vem desenvolvendo cultivares de café, desde 1972. Ao longo desse período, foram registradas várias cultivares de café com resistência completa à ferrugem e algumas com resistência parcial. Atualmente, várias progênies de café estão sendo selecionadas no IAPAR visando obter cultivares com alta produtividade e resistência à ferrugem.

O objetivo desse estudo foi identificar progênies F4 de café com resistência completa à ferrugem em Londrina-PR.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo (E1001) foi instalado na estação experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em fevereiro de 2010, no município de Londrina (23° 22' S, 51° 10' W), PR, Brasil, em latossolo vermelho distroférico. Em Londrina-PR a altitude é 585m, a temperatura média anual é 21,1°C e a precipitação anual é 1605mm. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições e parcelas de 10 plantas no espaçamento de 2,5 x 0,5 m. Foram avaliadas 19 progênies F4 derivadas do cruzamento (“Catuaí” x “*Coffea arabica* da Etiópia”) x ‘IAPAR 59’ (Tabela 1). Como padrões comparativos foram utilizadas as cultivares IAPAR 59 (resistente) e Catuaí Vermelho IAC 99 (suscetível).

A resistência à ferrugem foi avaliada no ano de 2014 utilizando uma escala de notas variando de 1 a 5 (SHIGUEOKA et al., 2014 modificado) (Tabela 2) com base na severidade e em condições de infecção natural com a população local de raças de ferrugem. Plantas com notas 1 e 2 foram consideradas com resistência completa e as com notas 3, 4 e 5 foram consideradas suscetíveis. Foi estimada a porcentagem de plantas com as respectivas notas de avaliação de severidade.

Para a análise de variância da severidade da ferrugem foi utilizado o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). As médias dos tratamentos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas 10 progênies que não diferiram estatisticamente da testemunha resistente ‘IAPAR 59’ para a severidade da ferrugem. Oito progênies apresentaram maior severidade de ferrugem do que a testemunha ‘IAPAR 59’, porém apresentaram menor severidade do que na testemunha suscetível. Em apenas uma progênie a severidade da ferrugem foi maior do que na testemunha suscetível (Tabela 3). Em ‘IAPAR 59’ foram observadas 100% de plantas com resistência completa, sendo todas com nota 2 de severidade da ferrugem, enquanto que em ‘Catuaí Vermelho IAC 81’ foram observadas 100% de plantas suscetíveis, predominando plantas com nota 3. As progênies nº 3, 6, 7 e 10 além de não diferirem estatisticamente de ‘IAPAR 59’, também apresentaram 100% de plantas com resistência completa à ferrugem.

As progênies F4 avaliadas neste trabalho foram originadas do cruzamento (“Catuaí” x “*Coffea arabica* da Etiópia”) x ‘IAPAR 59’. ‘IAPAR 59’ é derivado do cruzamento ‘Villa Sarchi CIFC 971/10’ x “Híbrido de Timor CIFC 832/2” e possui pelo menos quatro genes S_H (S_{H6} , S_{H7} , S_{H8} , S_{H9}) do “Híbrido de Timor CIFC 832-2” (CARDOSO et al., 1996). Até o momento ‘IAPAR 59’ vem apresentando resistência completa durável por mais de 30 anos. É possível que as progênies nº 3, 6, 7 e 10 apresentem os mesmos genes de resistência da ‘IAPAR 59’, pois apresentaram 100% de plantas com resistência completa. Nas progênies nº 4, 11 e 13 a frequência de plantas resistentes foram, respectivamente, 66,67%, 83,33% e 76,67% e é provável que essas progênies possuam o(s) mesmo(s) gene(s) de resistência S_H de ‘IAPAR 59’, porém podem estar em condição heterozigótica. Uma outra hipótese é que essas progênies apresentem menos genes de resistência do que ‘IAPAR 59’ e esses estão em condição heterozigótica, principalmente, nas progênies nº 2, 5, 12, 15, 17 e 18 que apresentaram de 36,66% a 50,00% de plantas suscetíveis. Nas várias gerações de autofecundação para a obtenção dessas progênies F4 ocorreram segregações para os genes S_H e, assim, a probabilidade de identificar plantas com mais de quatro S_H da ‘IAPAR 59’ é reduzida.

Tabela 1. Progênie F4 derivadas do cruzamento (“Catuai” x “*Coffea arabica* da Etiópia”) x ‘IAPAR 59’ e cultivares testemunhas avaliadas para a produção, vigor vegetativo e resistência à ferrugem em Londrina-PR-Brasil.

Nº	Progênie F4	Descrição
1	IAPAR 09080	H 8816-2-8-12
2	IAPAR 09081	H 8816-22-4-21
3	IAPAR 09082	H 8816-22-4-53
4	IAPAR 09083	H 8816-22-4-121
5	IAPAR 09084	H 8816-22-4-141
6	IAPAR 09085	H 8816-22-4-145
7	IAPAR 09086	H 8816-22-6-57
8	IAPAR 09087	H 8816-22-6-75
9	IAPAR 09088	H 8816-22-6-78
10	IAPAR 09089	H 8816-51-9-38
11	IAPAR 09090	H 8816-51-9-41
12	IAPAR 09091	H 8816-48-28-1
13	IAPAR 09092	H 8816-48-28-53
14	IAPAR 09093	H 8816-48-28-55
15	IAPAR 09094	H 8816-48-28-57
16	IAPAR 09095	H 8816-48-28-65
17	IAPAR 09096	H 8816-48-28-105
18	IAPAR 09097	H 8816-48-28-111
19	IAPAR 09098	H 8816-48-28-125
20	‘Catuai Vermelho IAC 99’ (padrão suscetível)	
21	‘IAPAR 59’ (padrão resistente)	

Tabela 2. Escala de nota usada na avaliação da resistência à população local de raças de ferrugem no Paraná (Brasil).

Notas	Descrição
1	Plantas sem lesões cloróticas nas folhas.
2	Plantas com lesões que variam desde “flecks” até cloroses, na área de infecção, mas sem a formação de uredósporos.
3	Pústulas uredospóricas em pouca quantidade na planta (1 a 25% das folhas), geralmente no terço inferior e com baixa severidade no terço médio.
4	Pústulas uredospóricas em 26 a 50% das folhas, geralmente, nos terços inferior e médio, com início de desfolha.
5	Pústulas uredospóricas em mais que 50% das folhas, desde o terço inferior até o terço superior, com elevada intensidade de desfolha.

Tabela 3. Médias da avaliação da severidade da ferrugem (Ferrugem) efetuada em Londrina (PR, Brasil), no ano de 2014, em progênie F4 derivadas do cruzamento (“Catuai” x “*Coffea arabica* da Etiópia”) x ‘IAPAR 59’ e porcentagem de plantas com as respectivas notas de avaliação da severidade da ferrugem.

Progênie F4 ⁽¹⁾		Frequência (%) de plantas segundo as notas de avaliação da severidade da ferrugem					Ferrugem ⁽²⁾
Nº	Descrição	1	2	3	4	5	
10	H 8816-51-9-38	7,14%	92,86%	0,00%	0,00%	0,00%	1,93 a
6	H 8816-22-4-145	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,00 a
7	H 8816-22-6-57	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,00 a
8	H 8816-22-6-75	3,33%	93,34%	3,33%	0,00%	0,00%	2,00 a
3	H 8816-22-4-53	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,00 a
IAPAR 59	Padrão resistente	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,00 a
13	H 8816-48-28-53	20,00%	56,67%	23,33%	0,00%	0,00%	2,03 a
1	H 8816-2-8-12	10,00%	76,67%	13,33%	0,00%	0,00%	2,03 a
9	H 8816-22-6-78	0,00%	93,33%	6,67%	0,00%	0,00%	2,06 a
16	H 8816-48-28-65	0,00%	90,00%	10,00%	0,00%	0,00%	2,10 a
11	H 8816-51-9-41	0,00%	83,33%	16,67%	0,00%	0,00%	2,16 a
4	H 8816-22-4-121	0,00%	66,67%	33,33%	0,00%	0,00%	2,33 b
17	H 8816-48-28-105	6,67%	50,00%	43,33%	0,00%	0,00%	2,36 b
12	H 8816-48-28-1	0,00%	62,90%	37,10%	0,00%	0,00%	2,37 b
2	H 8816-22-4-21	0,00%	63,34%	33,33%	3,33%	0,00%	2,40 b
18	H 8816-48-28-111	0,00%	55,15%	44,85%	0,00%	0,00%	2,44 b
15	H 8816-48-28-57	0,00%	50,00%	50,00%	0,00%	0,00%	2,50 b
5	H 8816-22-4-141	0,00%	50,00%	50,00%	0,00%	0,00%	2,50 b
14	H 8816-48-28-55	3,33%	30,00%	66,67%	0,00%	0,00%	2,63 b
Catuai	Padrão suscetível	0,00%	0,00%	86,67%	13,33%	0,00%	3,13 c
19	H 8816-48-28-125	0,00%	0,00%	30,00%	56,67%	13,33%	3,83 d
Média							2,32
CV							11,28%

⁽¹⁾ Genótipos ordenados crescentemente com base na nota média de severidade da ferrugem.

⁽²⁾ Médias seguidas pela mesma letra pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5%.

As frequências de plantas suscetíveis nas progênes n° 1, 8, 9 e 16 de 13,33%, 3,33%, 6,67% e 10,0 %, 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).

Se realizada a seleção de plantas com notas 1 ou 2 nas progênes F4 n° 1, 4, 8, 9, 11, 13, 16 e na geração F5 apresentarem cerca de 100 % de cafeeiros com resistência completa, provavelmente, o nível de resistência será semelhante ao da cultivar IAPAR 59 e das progênes n° 3, 6, 7 e 10.

É bem provável que a(s) raça(s) de ferrugem presente(s) em Londrina-PR possuam muitos genes de virulência, pois várias progênes derivadas do cruzamento ("Catuai" x "*Coffea arabica* da Etiópia") x 'IAPAR 59' apresentaram plantas suscetíveis à ferrugem. No Brasil também vem sendo observado que vários cafeeiros portadores de genes do "Híbrido de Timor" estão perdendo a resistência completa à ferrugem. 'Palma I' ("Catuai" x "Catimor"), 'Palma II' ("Catuai" x "Catimor") e 'Sabiá 398' ('Acaia' x "Catimor") já apresentaram algumas plantas atacadas pela ferrugem, porém com desfolha menos intensa (MATIELLO et al., 2005). Algumas plantas de 'IPR 107' ("Sarchimor" x 'Mundo Novo') também apresentaram suscetibilidade à ferrugem, porém novas seleções foram realizadas para aumentar a frequência de plantas com resistência completa à ferrugem (SERA et al., 2010a,b). Plantas suscetíveis segregantes foram observadas nas cultivares Obatã IAC 1669-20 ("Sarchimor" x "Catuai"), Oeiras MG 6851 ("Catimor") e Acauã ("Sarchimor" x "Mundo Novo") (DEL GROSSI et al., 2013). Atualmente já foram caracterizadas mais de 45 raças fisiológicas de ferrugem no mundo, portadoras dos nove alelos de virulência (v1 até v9), sozinhos ou em combinações. Algumas raças apresentam um grande espectro de virulência como a raça XXXIX, com sete alelos de virulência (v2, 4, 5, 6, 7, 8, 9), isolada de amostras provenientes da Índia (VÁRZEA & MARQUES, 2005). Dezesete raças foram detectadas no Brasil (I, II, III, VII, X, XIII, XIV, XV, XVI, XVII, XXI, XXII, XXIII, XXIV, XXV ou XXXI, XXX e XXXIII), entre os anos de 1972 a 2002, sendo essas portadoras dos alelos v1, v2, v3, v4, v5, v6, v8 e v9, sozinhos ou em combinações. Como no Brasil as variedades mais cultivadas são as dos germoplasmas Catuai e Mundo Novo, portadoras do gene *SH5*, a raça II (v5) é a de maior distribuição geográfica, sendo encontrada em todos os estados tanto em *C. arabica* como em outros germoplasmas. A raça III (v1, v5) foi detectada nos Estados de São Paulo, Espírito Santo, Minas Gerais e Paraná e a raça XV (v4, v5) nos Estados de São Paulo, Espírito Santo e Minas Gerais. Raças complexas como a XVI (v1, v2, v3, v4, v5), com vários genes de virulência, somente foram identificadas em germoplasmas de café com combinações complexas de genes de resistência, em campos experimentais, porém com baixa virulência (ZAMBOLIM et al., 2005). Avaliações efetuadas em cafeeiros diferenciadores no IAPAR em Londrina (Paraná, Brasil) indicaram que existem raças com os alelos de virulência v1, v2, v4, v5 e v8, sozinhos ou em combinações (SERA et al., 2007a).

Novas avaliações da resistência à ferrugem deverão ser efetuadas nessas progênes visando confirmar a resistência. Além disso, avaliações da produção deverão ser efetuadas visando avançar para a geração F5 as progênes com alta produtividade e resistência completa à ferrugem.

CONCLUSÕES

Foram identificadas quatro progênes F4 derivadas do cruzamento ("Catuai" x "*Coffea arabica* da Etiópia") x 'IAPAR 59' com 100% das plantas resistentes à ferrugem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTHOLO, G. F.; MAGALHÃES-FILHO A. A. R.; GUIMARÃES, P. T. G.; CHALFOUN, S. M. Cuidados na colheita, no preparo e no armazenamento do café. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, MG 14: 33-44. 1989.
- 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. *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.; 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 Elsevier Applied Science, London 4: 199-235. 1988.
- 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.
- 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, N. A. G.; REZENDE, J. C. de; FONSECA, A. F. A. da; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; NACIF, A. de P.; SILVAROLLA, M. B.; TOMA-BRAGHINI, M.; 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, p. 157-226. 2008.
- CONCEIÇÃO, A. S. da; FAZUOLI, L. C.; TOMA-BRAGHINI, M. Avaliação de progênes de F3 de cafeeiros de porte baixo com gene *SH3* de resistência a *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. *Bragantia* 64: 547-599. 2005.

- CRUZ, C. D. *Programa Genes: versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa: UFV, 648p. 2001.
- 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* (Impresso), v. 56, p. 27-33, 2013.
- ESKES, A. B.; HOOGSTRATEN, J. G. J.; TOMA-BRAGHINI, M.; CARVALHO, A. Race-specificity and inheritance of incomplete resistance coffee leaf rust in some Icatu coffee offspring and derivatives of Híbrido de Timor. *Euphytica* 47: 11-19. 1990.
- FAZUOLI, L. C.; OLIVEIRA, A. C. B. de; TOMA-BRAGHINI, M.; SILVAROLLA, M. B. Identification and use of sources of durable resistance to coffee leaf rust at the IAC. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (eds). *Durable resistance to coffee leaf rust*. Viçosa: UFV, p.137-185.2005.
- 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.
- MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R.; CARVALHO, C. H. S. Resistant cultivars to coffee leaf rust. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (eds) *Durable Resistance to Coffee Leaf Rust*. Viçosa: UFV, p. 443-450. 2005.
- 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.
- PEREIRA, A. A.; SAKIYAMA, N. S.; ZAMBOLIM, L.; MOURA, W. M.; ZAMBOLIM, E. M.; CAIXETA, E. T. Identification and use of sources of durable resistance to coffee leaf rust in the UFV/EPAMIG breeding program. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (eds). *Durable resistance to coffee leaf rust*. Viçosa: UFV, p.215-232. 2005.
- 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.; ITO, D. S.; AZEVEDO, J. A. de; MATA, J. S. da; DOI, D. S.; RIBEIRO-FILHO, C. Resistance to leaf rust in coffee carrying *SH3* gene and others *SH* genes. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 50: 753-757. 2007a.
- 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. 2007b.
- 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. 2010a.
- SERA, G. H.; SERA, T.; FONSECA, I. C. de B.; ITO, D. S.; DEL GROSSI, L.; SHIGUEOKA, L. H.; KANAYAMA, F. S. Seleção para a resistência à ferrugem em progênies das cultivares de café IPR 99 e IPR 107. *Bragantia* 69: 547-554. 2010b.
- 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, p. 297-320. 2002.
- 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, p. 53-74. 2005.
- ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. do.; PEREIRA, A. A.; CHAVES, G. M. Café (*Coffea arabica* L.). Controle de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus. In: VALE, F. X. R. do.; ZAMBOLIM, L. (eds.) *Controle de doenças de plantas*. Viçosa: UFV/Brasília – DF: Ministério da agricultura e do abastecimento, p. 83-180. 1997.
- ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VALE, F. X. R. do.; PEREIRA, A. A.; SAKIYAMA, N. S.; CAIXETA, E. T. Physiological races of *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. in Brazil-Physiological variability, current situation and future prospect. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (eds). *Durable resistance to coffee leaf rust*. Viçosa: UFV, p. 75-98. 2005.