

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

RAFAEL REBELO DE OLIVEIRA ALBANE

**PROGRESSO DA FERRUGEM DO CAFEIEIRO EM CLONES DE *COFFEA*
CANEPHORA PIERRE EX. FROENHER**

ALEGRE-ES

2011

RAFAEL REBELO DE OLIVEIRA ALBANE

**PROGRESSO DA FERRUGEM DO CAFEIRO EM CLONES DE *COFFEA*
CANEPHORA PIERRE EX. FROENHER**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Waldir Cintra de Jesus Junior

Co-orientador: Prof. Dr. Marcelo Antonio Tomaz

ALEGRE-ES

2011

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Albane, Rafael Rebelo de Oliveira, 1986-
A 326p Progresso da ferrugem do cafeeiro em clones de *Coffea canephora* Pierre
ex. Froenher / Rafael Rebelo de Oliveira Albane. – 2011.
54 f. : il.

Orientador: Waldir Cintra de Jesus Junior.

Coorientador: Marcelo Antonio Tomaz.

Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Cafeeiro – Resistência a doença e pragas. 2. Fitopatologia. 3. Monitoramento vegetal. 4. *Hemilea vastatrix* – Crescimento. I. Jesus Junior, Waldir Cintra de. II. Tomaz, Marcelo Antonio. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDU: 63

RAFAEL REBELO DE OLIVEIRA ALBANE

**PROGRESSO DA FERRUGEM DO CAFEIEIRO EM CLONES DE *COFFEA*
CANEPHORA PIERRE EX. FROENHER**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal

Aprovada: 30 de Agosto de 2011.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Waldir Cintra de Jesus Junior
Orientador – DPV/UFES

Prof. Dr. Marcelo Antônio Tomaz
Co-orientador – DPV/UFES

Prof. Dr. Fábio Ramos Alves
Examinador interno – DPV/UFES

Prof. Dr. José Francisco Teixeira do Amaral
Examinador interno – DPV/UFES

Prof. Dr. Antônio Fernando de Souza
Examinador externo – IFES/Santa Teresa

DEDICO

A Deus,

Por nos dar saúde e força e permitir que chegássemos até aqui.

Ao meu querido pai Alexandre,

Minha amada mãe Marilza,

Meus irmãos, Alessandra e Alexandre Júnior,

À Renata,

Ao meu querido filho Gabriel,

Aos meus amigos.

Ao Professor Waldir,

Pelo companheirismo, paciência e confiança,

Pelos ensinamentos,

Pela amizade.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas graças concedidas, e pela força para superar todos os desafios.

Ao meu pai, por todos os ensinamentos, pela paciência, e confiança.

À minha mãe, pelo carinho e zelo que sempre teve por todos nós.

A toda a minha família, em especial meus irmãos Alessandra e Alexandre Júnior.

Ao meu querido filho Gabriel, pelo amor e toda alegria que sempre me proporciona.

À Renata, por estar sempre comigo em todos os momentos.

Aos meus amigos, pela amizade, apoio e confiança

Ao Professor Waldir Cintra de Jesus Júnior, pela amizade, ensinamentos e orientação.

Ao Professor Antônio Fernando de Souza pela paciência, compreensão, apoio e grandes colaborações durante o mestrado.

Ao Professor Marcelo Antônio Tomaz, pela co-orientação e de todo auxílio acadêmico.

Aos Professores Fábio Ramos Alves e José Francisco Teixeira do Amaral, pela participação na banca e sugestões para melhoria do trabalho.

Ao Centro de Ciências Agrárias e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, por me proporcionar-me a oportunidade de ingresso em um curso superior e na pós-graduação.

À CAPES, pela concessão de bolsa para a realização deste trabalho.

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER, pela oportunidade e disponibilidade da área para a realização deste

trabalho, em especial aos amigos Aldo Mauri, Abraão Verdin e Paulo Volpi, pela amizade, apoio e ajuda.

Aos Professores do Curso de Pós Graduação em Produção Vegetal, pelos ensinamentos.

Aos amigos Ranolfo Valadares Júnior e Liliane Silva Gomes, pelos momentos de alegria, de companheirismo e apoio sempre presente.

Aos amigos e companheiros do laboratório de fitopatologia, em especial, Genilson, Amarilson, Wanderson e Leônidas.

A todos que rezaram, torceram e acreditaram em mim, muito obrigado.

O trabalho é a busca do alento,
Do conforto, da sobrevivência.
Vencer obstáculos, buscar o pão,
Trabalhar com alegria na divina tarefa diária,
Conforta, e alegre,
E possibilita a conquista de seu espaço,
Abre portas e realiza.
Trabalhar não é sacrifício, não é tortura
Pode ser algo prazeroso,
Permite toda uma estrutura
Profissional, te fazendo brilhar,
Ser um vencedor competente e alegre.

Doroty Dimolitsas

BIOGRAFIA

Rafael Rebelo de Oliveira Albane, filho de Alexandre José Albane e Marilza Rebelo de Oliveira Albane, nasceu em 27 de junho de 1986, na Cidade de Vitória, Estado do Espírito Santo.

Concluiu o ensino fundamental na Escola Estadual de 1º Grau Dr. Octávio Manhães de Andrade, em Colatina - ES.

Em dezembro de 2003, concluiu o ensino médio no Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo, em Colatina – ES.

Em maio de 2004, ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal do Espírito Santo, vindo a se graduar em fevereiro de 2009, recebendo o título de Engenheiro Agrônomo.

Em março de 2009, ingressou no Programa de Pós-Graduação ao nível de Mestrado em Produção Vegetal, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA – UFES/Alegre - ES), submetendo-se à defesa de dissertação em agosto do ano de 2011.

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo geral realizar estudos básicos sobre a epidemiologia da ferrugem do cafeeiro em clones de *C. canephora* cultivados em condições de campo. Como objetivos específicos: 1 - estudar o progresso temporal da ferrugem nos diferentes clones da variedade clonal 'Vitória Incaper 8142' plantados em linhas; 2- avaliar o progresso da ferrugem nos diferentes terços do cafeeiro; 3 - correlacionar as variáveis incidência e severidade da ferrugem em plantas de 'Vitória Incaper 8142'; e 4 - estabelecer um método prático de monitoramento da ferrugem em clones de 'Vitória Incaper 8142', plantados em linha. O experimento foi conduzido em Marilândia, na região Noroeste do Estado do Espírito Santo, em uma lavoura clonal do 'Vitória Incaper 8142', com os 13 clones pertencentes à variedade plantados em linha. Foram selecionadas 12 plantas por clone, divididas em três blocos, em cada planta foram marcados 12 ramos e avaliados a cada 30 dias. A doença foi quantificada através da incidência e severidade. Pode-se concluir que nenhum clone pertencente à variedade pode ser considerado imune a ferrugem do cafeeiro e que a maior ou menor intensidade da doença ocorrerá de acordo com a época do ano e o nível de resistência de cada clone, sendo que para cada planta há uma variação da intensidade da doença em cada terço. O terço médio é o mais representativo e com os dados deste terço classificamos os clones 3V e 5V como resistentes, os clones 11V, 13V, 9V, 6V, 4V, 8V e 2 V como moderadamente resistente e os clones 1V, 7V, 12V e 10V como suscetíveis. As variáveis incidência e severidade para a ferrugem na variedade 'Vitória Incaper 8142', quantificadas neste trabalho, apresentam 93% de correlação. A partir dos dados obtidos, sugere-se que o monitoramento da ferrugem em clones de café conilon plantados em linha seja feito no terço médio da planta, quantificando a incidência da doença em ramos plagiotrópicos dispostos nos quatro pontos cardeais.

Palavras-chave: *Coffea canephora*. Resistência. Monitoramento. *Hemileia vastatrix*.

ABSTRACT

Behavior of the clones 'Vitória Incaper 8142' to coffee rust

The objective of this study was to do basic studies about epidemiology of coffee rust in clones *C. canephora* cultivated in field conditions. With specific objectives: 1 - study the temporal progress of rust in different clones of clonal diversity 'Vitória Incaper 8142' planted in rows; 2 - evaluate the progress in rust in different thirds of the coffee plant; 3 - correlate the variable of incidence and severity of rust in plants of coffee conilon; and 4 - established a practical method for monitoring the rust in clones of coffee conilon, planted in rows. The experiment was conducted in *Marilândia*, in the northwestern region of *Espírito Santo*, in a clonal crop field of, with 13 clones belonging to the diversity planted in rows. 12 plants per clone were selected, divided in three blocks, in each plant were marked 12 branches and evaluated every 30 days. The disease was quantified through the incidence and severity. In conclusion, none of the clones belonging to the variety can be consider immune to the rust of the coffee plant and the greater and lesser intensity of the disease occurs depending of the season and year and the level of resistance of each clone, being that for each plant there is a variation of intensity of the disease in each third. The middle third was the representative and the data from this third classifies clones 3V and 5V as resistant, the clones 11V, 13V, 9V, 6V, 4V, 8V, and 2V as moderately resistant and the clones 1V, 7V, 12V and 10V as susceptible. The variable incidence and severity, to the rust in coffee conilon, quantified in this study present 93% of correlation. From the data obtained suggests that the monitoring in rust in the clones of coffee conilon planted in rows being done in the middle rows of plants, quantifying the incidence of disease in plagiotropic branches arranged in four cardinal points.

Key words: *Coffea canephora*. Resistance. Monitoring. *Hemileia vastatrix*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Escala diagramática para quantificação da severidade da ferrugem do cafeeiro (FONTE: KUSHALAPPA E ESKES, 1989)	28
Figura 2 -	Incidência (%) da ferrugem do cafeeiro nos diferentes clones que compõe a variedade clonal 'Vitória Incaper 8142', avaliados no período de junho de 2009 a julho de 2010.....	33
Figura 3 -	Severidade da ferrugem do cafeeiro nos diferentes clones que compõe a variedade clonal 'Vitória Incaper 8142', avaliados no período de junho de 2009 a julho de 2010.....	35
Figura 4 -	Digrama de ordenação mostrando a discriminação dos clones de 'Vitória Incaper 8142' baseado na distância de mahalanobis a partir das análises de incidência e severidade da ferrugem do cafeeiro	43
Figura 5 -	Análise de correlação entre as variáveis incidência e severidade da ferrugem para o terço médio nos clones de 'Vitória Incaper 8142'.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Área abaixo das curvas de progresso da incidência (AACPI) da ferrugem do cafeeiro para cada terço nos treze clones do 'Vitória Incaper 8142'	37
Tabela 2 -	Área abaixo das curvas de progresso da severidade (aacps) da ferrugem do cafeeiro para cada terço nos treze clones do 'Vitória Incaper 8142'.....	38
Tabela 3 -	Variáveis selecionadas nas curvas de progresso de incidência e severidade da ferrugem do cafeeiro nos diferentes clones.....	39
Tabela 4 -	Eixos canônicos e seus coeficientes (entre estrutura canônica) relativos às variáveis AACPIF _{TM} , AACPSF _{TM} E AACPSF _{TI} da ferrugem do cafeeiro nos treze clones avaliados	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 A CAFEICULTURA NO ESPÍRITO SANTO	20
2.2 A FERRUGEM DO CAFEEIRO.....	21
2.3 A INTERAÇÃO DA FERRUGEM EM <i>COFFEA CANEPHORA</i>	22
2.4 RESISTÊNCIA DE <i>COFFEA CANEPHORA</i> A FERRUGEM DO CAFEEIRO.....	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO	27
3.2 QUANTIFICAÇÃO DA INTENSIDADE DA FERRUGEM DO CAFEEIRO...	28
3.3 ANÁLISE DOS DADOS	29
3.3.1 Seleção das variáveis representativas do progresso da ferrugem em clones de ‘Vitória Incaper 8142’	29
3.3.2 Análise do comportamento dos diferentes clones que compõem a variedade clonal ‘Vitória Incaper 8142’	30
3.3.3 Correlação da Incidência e Severidade da ferrugem em clones de ‘Vitória Incaper 8142’	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5 CONCLUSÕES	48
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

1 INTRODUÇÃO

O Espírito Santo ocupa menos de 0,5% do território Brasileiro, mas consolida sua posição de segundo maior produtor de café do Brasil com 25% da produção nacional, sendo Minas Gerais o primeiro colocado. Além disso, o Estado apresenta uma das maiores produtividades média do Brasil: 22,05 sacas beneficiadas por hectare, ficando atrás apenas de Minas Gerais, que apresenta uma estimativa de 24,99 sacas por hectare (CONAB, 2010).

O agronegócio do café é uma das atividades mais importantes do Espírito Santo por seu grande peso social e econômico no Estado. O café está presente em todos os municípios capixabas, exceto Vitória, sendo ele o maior gerador de empregos do Estado. A cafeicultura é a principal atividade econômica em 80% dos municípios e representa, sozinha, 43% do PIB agrícola do Estado. Toda cadeia que envolve o café gera aproximadamente 400 mil postos de trabalhos por ano, e só no setor de produção é envolvido 133 mil famílias. A produção que gera esse grande negócio é obtida prioritariamente por produtores de base familiar, com tamanho médio das lavouras em torno de 4,8 hectares para o café arábica e 9,4 hectares para o café conilon (FREITAS, 2007).

O programa de pesquisa na área de melhoramento genético no Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) tem gerado aos cafeicultores do Estado materiais genéticos melhorados e mais adequados às suas necessidades. Em 2004, a variedade clonal 'Vitória Incaper 8142' foi lançada, desenvolvida para a região produtora do Estado do Espírito Santo, por meio de seleção, caracterização, avaliação e agregação de clones do café conilon no Espírito Santo.

Essa variedade resulta do agrupamento de 13 clones de melhor desempenho, selecionados entre os materiais genéticos considerados "elites" do programa de melhoramento do Incaper (FONSECA et al., 2004).

Entre todas as demais variedades existentes, o Conilon Vitória se destaca nas condições de clima, solo e sistema de cultivo no Espírito Santo por apresentar

características superiores trazendo benefícios favoráveis aos produtores, tais como: adaptação, alta produtividade, estabilidade, alto vigor vegetativo, tolerância à seca, uniformidade de maturação dos frutos e outras. Sua produtividade média de 70,4 sacas de 60 kg/ha, superou em 21,05% a média das demais variedades já recomendadas pelo Incaper (FERRÃO et al., 2007).

Entretanto, as doenças representam os fatores mais limitantes para a produção e produtividade do café, tanto para os pequenos agricultores de base familiar, como para os grandes produtores em escala empresarial, podendo causar perdas que chegam a inviabilizar a exploração da cultura (ZAMBOLIM et al., 1999). Esse problema pode ser considerado uma das principais razões pelas quais se estabelecem os programas de melhoramento genético.

A Ferrugem do cafeeiro é causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., sendo esta a doença mais importante da cultura do café, provocando consideráveis perdas de produção. A principal via de disseminação, principalmente de uma área para outra, é o vento; e de planta para planta, a água é o agente mais eficiente.

A doença ocorre de forma generalizada em todo o Estado do Espírito Santo, com maior ou menor severidade, em razão das condições climáticas, carga pendente das plantas, adubações desequilibradas, espaçamento, resistência ou suscetibilidade das cultivares e clones utilizados, entre outros (VENTURA et al., 2007).

Os sintomas aparecem nas folhas na forma de pústulas, de cor alaranjada, na face inferior. Ferrugem causa, principalmente, danos indiretos, provocando a desfolha por ocasião da colheita (GARÇON et al., 2004). Essa queda precoce das folhas pode gerar um menor vingamento da florada, menor vingamento dos chumbinhos e também seca dos ramos plagiotrópicos, chegando a comprometer, em alguns casos, mais de 50% da produção do cafeeiro (ZAMBOLIM et al., 1999).

Este Trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento da ferrugem do cafeeiro nos 13 clones que compõem a variedade 'Vitória Incaper 8142', estudar o progresso nos 13 clones na região noroeste do Estado e propor um método de amostragem eficiente para a ferrugem do cafeeiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CAFEICULTURA NO ESPÍRITO SANTO

O cafeeiro corresponde a uma planta perene e de clima tropical, pertence à família Rubiaceae e ao gênero *Coffea* que agrupa diversas espécies. Apresenta mais de 100 espécies, sendo *Coffea arabica* e *C. canephora* responsáveis por quase todo o café produzido e comercializado no mundo. As espécies *Coffea arabica* (café arábica) e *Coffea canephora* são as de maior interesse econômico, representando 61% e 39% da produção mundial, respectivamente (FERRÃO et al., 2007; CONAB, 2010).

O cultivo de *C. canephora* no Brasil foi responsável nos últimos anos por cerca de 30% da produção nacional de café, tendo como principais Estados produtores: Espírito Santo, Rondônia, Minas Gerais, Mato Grosso, Bahia e Rio de Janeiro. O Estado do Espírito Santo, apresenta uma produtividade em torno de 10 milhões de sacas, sendo mais de 7 milhões de *C. canephora* se destacando assim, como maior produtor desta espécie e segundo maior produtor nacional (CONAB, 2010).

A área cultivada com *C. canephora* no Estado está em torno 290 mil ha com uma produtividade média em torno de 26 sacas de café beneficiado por ha para esta espécie (CONAB, 2010). Entretanto, produtores que utilizam adequadamente as tecnologias e fazem boa gestão da propriedade e da lavoura atingem produtividades superiores a 100 sacas beneficiadas/ha. A produtividade média do café obtido no Estado, ainda está muito abaixo do potencial produtivo da cultura, que em algumas variedades pode chegar a 70 sacas de café beneficiado por ha (FERRÃO et al., 2007). Isso se deve em grande parte à desvalorização do preço do café e a descapitalização do cafeicultor, levando-o a utilizar menores quantidades de insumos e controle fitossanitário deficiente. Pode se observar em algumas regiões a exploração de lavouras antigas, áreas inaptas ao cultivo, densidade de plantio e espaçamentos inadequados, material genético não adaptado à região, controle inadequado de doenças e pragas ou muitas vezes inexistente, grande

desuniformidade de maturação dos frutos na colheita, o que reduz sensivelmente o rendimento, aumenta os custos de produção e gera um produto de baixíssima qualidade. (CETCAF, 2007).

2.2 A FERRUGEM DO CAFEEIRO

A ferrugem do cafeeiro, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berk. e Br. foi constatada no Quênia, em 1861, na região do Lago Vitória. Decorrido pouco mais de um século, a doença disseminou-se por todos os países produtores de café da África, Ásia e Oceania. Constatada no Brasil em 1970, disseminou-se rapidamente para as demais regiões cafeeiras do País e em menos de uma década, atingiu toda a América Latina. Em todas as regiões onde foi constatada, causou perdas de 30 a 50% na cultura do café arábica. Os principais danos causados são a desfolha precoce e a seca de ramos, capazes de reduzir a produtividade e longevidade dos cafezais se nenhuma medida de controle for adotada (CHAVES et al., 1970; MÔNACO, 1977).

H. vastatrix é um fungo parasita obrigatório de plantas do gênero *Coffea*. Pertence ao Reino Fungi, Filo Basidiomycota, Classe Teliomycetes, Ordem Uredinales, Família Pucciniaceae e Gênero Hemileia. Duas espécies já foram relatadas dentro desse gênero, *H. vastatrix* e *H. coffeicola*. (ZAMBOLIM et al., 2005)

H. vastatrix pertence ao grupo de patógenos que atacam uma estreita gama de hospedeiros, restrita a poucas espécies relacionadas entre si, sendo considerado como patógeno especializado ou monófago (VALE et al., 2001). O fungo produz três tipos de esporos no mesmo hospedeiro, sendo considerado como uma ferrugem autoécia e macrocíclica, ocorrendo os estádios de urédia, télia e basídio. Em plantas de café arábica suscetíveis a doença, os uredósporos germinam e penetram suas estruturas através dos estômatos foliares. A produção de uredósporos (dicarióticos) ocorre nos “sorus” através dos estômatos. Teliósporos (dicarióticos) produzidos são unicelulares, globosos, lisos e germinam *in situ*, quando as condições ambientais são favoráveis. Teliósporos dão origem aos basidiósporos (haplóides), que são

incapazes de infectar o cafeeiro. Também não se conhece outro hospedeiro para os estádios de pícnio e écio (ZAMBOLIM et al., 1997).

Em *Coffea arabica*, uma pústula de ferrugem contém milhões de uredósporos, que são disseminados pelo vento entre regiões, lavouras, talhões ou plantas. Chegando à planta hospedeira, estes uredósporos, ao cair na face inferior das folhas, só irão germinar se as condições climáticas estiverem favoráveis, ou seja, umidade relativa do ar elevada, presença de água líquida (orvalho, chuva ou irrigação) e temperatura entre 20 e 25 °C. Após a germinação dos uredósporos é formado um tubo germinativo que penetra nos tecidos das folhas através dos estômatos. Nesse ponto de penetração formam-se o apressório e o “peg” de penetração que coloniza a câmara subestomatal, formando o micélio intercelular e os haustórios, que são os órgãos responsáveis pela nutrição do fungo (retirada de “alimento” das folhas do cafeeiro). Após certo tempo, que varia principalmente pelo efeito da temperatura, surge os primeiros sintomas da doença e logo a seguir, os sinais do fungo (novos uredósporos são formados sobre as lesões). A partir daí a água da chuva ou da irrigação distribui os novos uredósporos formados para as demais folhas da planta e o ciclo recomeça novamente (ZAMBOLIM et al., 1997). Nessa espécie, o período de latência (tempo em dias desde a germinação e a penetração nos tecidos da planta até o aparecimento dos sinais) pode variar de 18 a 60 dias; entretanto, o período de latência está, em média, entre 25 e 30 dias. Temperaturas acima de 28 °C e abaixo de 18 °C tendem a aumentar o período de incubação (VALE et al., 2000).

2.3 INTERAÇÃO DA FERRUGEM EM *COFFEA CANEPHORA*

As plantas em geral, possuem mecanismos de defesa ativos contra o ataque de patógenos. Estes mecanismos se mostram ineficientes quando a planta é infectada por um patógeno virulento, porque, de algum modo, o patógeno conseguiu suprimir as reações de resistência, seja evitando que a planta ative os mecanismos de defesa ou mesmo escapando dos efeitos de defesa ativados. Embora na natureza as plantas estejam expostas a um grande número de microrganismos, cada planta em particular é não-hospedeira da maioria dos fitopatógenos conhecidos. Segundo

Van der Plank (1975), a imunidade é completa e absoluta enquanto a resistência é parcial e relativa. A resistência de plantas a doenças foi definida por Parlevliet (1997) como a habilidade da planta em suprimir, retardar ou prevenir a penetração, desenvolvimento e/ou reprodução de um patógeno nos seus tecidos.

Van der Plank (1963; 1968) postulou que toda resistência de plantas a doenças poderia ser classificada em duas categorias que ele chamou de vertical (RV) e horizontal (RH). Posteriormente acrescentou que as raças de determinado patógeno pode interagir diferencialmente com as variedades do hospedeiro. Quando existir uma reação diferencial entre raças do patógeno e variedades do hospedeiro ela deverá ser chamada de resistência vertical. Se a interação for ausente ela será chamada resistência horizontal. Desde então, os pesquisadores têm tentado descrever a resistência de plantas a doenças, usando um grande número de termos, os quais foram resumidos por Parlevliet (1997). Segundo o autor, os termos referentes à resistência podem ser agrupados de acordo com: 1) sua expressão (completa, parcial, quantitativa, residual, de campo, de plântula, de planta adulta, e total); 2) sua herança (gene maior, gene menor, poligênica); 3) sua especificidade (raça-específica, raça não-específica, patógeno-específico e amplo); e 4) seu mecanismo de ação (hipersensibilidade, não-hipersensibilidade, pré-haustorial e pós-haustorial). Alguns desses termos são usados com frequência como sinônimos de resistência vertical e horizontal, por exemplo, resistência qualitativa, raça-específica ou monogênica são usados para se referir à RV, enquanto que resistência raça-não-específica, incompleta, parcial ou quantitativa, e durável, são usados para se referir à RH. No entanto, embora haja correspondência em muitos casos, as generalizações devem ser evitadas.

Segundo Van der Plank (1975), a teoria gene-a-gene é somente aplicada nas situações em que ocorre a reação diferencial, portanto em materiais portadores de genes para resistência vertical. No caso de não haver interação diferencial, o conceito de Flor não se aplicaria. A resistência horizontal atua contra todas as raças do patógeno. Essa resistência é geralmente inespecífica, baseada em mecanismos que dificultam parcialmente o desenvolvimento do patógeno nos tecidos do hospedeiro, o que resultará numa lesão menor, com uma menor esporulação, num período infeccioso menor, etc. (VAN DER PLANK, 1963). É controlada geralmente

por grupos de genes aparentemente de efeitos aditivos, que exercem diferentes funções na planta, e que não apresentam interação com o patógeno, advindo, daí, resistência permanente, porém em geral, inespecífica (RIBEIRO et al., 1981).

A principal característica da resistência horizontal é que ela confere proteção incompleta, mas permanente, e inclui mecanismos de resistência do hospedeiro que estão além da capacidade genética do patógeno de mudar (ROBINSON, 1973). Raças com genes necessários para vencê-la não ocorrem, pois enquanto uma única mudança genética no patógeno é suficiente para vencer a resistência vertical condicionada por um único gene, diversas mudanças genéticas seriam necessárias para o patógeno vencer a resistência horizontal. A probabilidade de uma raça adquirir, acumular e manter todas as mudanças genéticas necessárias é mínima. A superação da resistência horizontal, quando ocorre, é pequena e raramente constitui uma perda completa. A estabilidade da resistência horizontal facilita o reconhecimento desse tipo de resistência. A epidemia cresce lentamente (RIBEIRO et al., 1981).

A desvantagem da resistência horizontal é a natureza complexa que a torna difícil de ser explorada nos programas de melhoramento. Uma dificuldade adicional encontrada nos estudos de resistência horizontal é que, frequentemente, ela pode ser afetada pelo ambiente. Devido à natureza quantitativa da resistência, observada por Eskes (1982) em *Coffea canephora*, a análise genética em clones desses materiais pode somente ser aplicada com sucesso, se as condições apropriadas forem estabelecidas para execução dos testes e se a resistência for avaliada com o uso de escalas que expressem o tipo de lesão bem como a quantidade de lesões e esporos por lesões.

A teoria epidemiológica sugere diversas características que podem ser avaliadas ou medidas, que são os chamados componentes de resistência. A análise desses componentes é, portanto útil na determinação eficiente de critérios de seleção para o melhoramento (PARLEVLIET, 1979; ZADOKS e SCHEIN, 1979). É também importante alcançar um melhor entendimento dos mecanismos de resistência. Para isso deve-se ter um conhecimento das características do patógeno na planta como frequência de infecção, período de latência, intensidade de esporulação, período de

esporulação, bem como características do ambiente onde a cultura está inserida e técnicas de manejo utilizadas (VALE et al.,2000).

O efeito da carga pendente do cafeeiro arábica sobre a incidência da ferrugem do cafeeiro é de grande importância, devido à desfolha provocada pelo patógeno que repercute de maneira direta na produção do cafeeiro no ciclo seguinte, reduzindo a níveis baixos ou muito baixos de produção (ZAMBOLIN et al., 1992).

Mansk et al. (1984) chega a considerar a produção como fator de maior influência sobre a evolução da ferrugem no café arábica. Entretanto, no café conilon é frequente observar a retenção, na planta, das folhas infectadas e outros que desfolham completamente no início da epidemia (VENTURA et al., 2007). Diante desses fatos e das diferenças fisiológicas e de produtividade entre os clone que compõem a variedade 'Vitoria Incaper 8142', torna-se muito difícil estabelecer uma relação direta entre produção e desfolha para *Coffea canephora*.

2.4 RESISTÊNCIA DE *COFFEA CANEPHORA* A FERRUGEM DO CAFEIEIRO

Em *C. canephora*, estudos genéticos sobre resistência à ferrugem são limitados, mas indicam uma herança complexa. De maneira espécie é resistente a *H. vastatrix*, mas os resultados de inoculações de raças fisiológicas do patógeno indicaram que algumas populações são altamente suscetíveis, outras totalmente resistentes, e ainda há aquelas que apresentam um tipo de reação heterogênea, com um ataque moderado do patógeno (BETTENCOURT E RODRIGUES-JÚNIOR, 1988).

Os cruzamentos realizados entre plantas de *Coffea canephora*, com diferentes níveis de resistência, indicaram que algumas progênies possuem herança oligogênica dominante e outras, uma herança poligênica. Os genótipos com níveis altos ou intermediários de resistência incompleta foram cruzados com *C. arabica* cv. Catuaí. A segregação de plantas na geração F₁, para o tipo de reação, sugeriu a presença de um ou mais genes maiores ("major gene") em um cruzamento e genes menores ("minor gene") em outros. Em populações segregantes, a resistência horizontal manifesta-se de forma contínua, sem grupos totalmente resistentes ou

totalmente suscetíveis definidos (BETTENCOURT E RODRIGUES JR., 1988). Os tipos de reações variaram de alta resistência a alta suscetibilidade, sugerindo resistência poligênica quantitativa e alto nível de heterozigose dos clones parentais envolvidos nos mecanismos de resistência.

A expressão da resistência horizontal se dá por genes cuja atuação individual é de baixa eficiência. Estes genes atuam de maneira quantitativa como os que controlam produtividade, qualidade, precocidade, etc. O mecanismo complexo de resistência manifesta-se com escape através de forte lignificação das paredes celulares, influenciada por várias reações químicas. Isso acarreta impedimento do crescimento do patógeno e aumento do tempo de geração do patógeno. A Resistência horizontal reduz a taxa de infecção (r). A taxa é reduzida devido ao hospedeiro resistir ao estabelecimento dos esporos e devido ao fungo produzir poucos esporos e levar tempo para produzi-los. Já resistência vertical atrasa o início da epidemia atuando no impedimento do estabelecimento do inóculo (PEREIRA et al., 1985).

Eskes (1983) observou diferenças consideráveis na severidade de doença entre indivíduos de 68 plantas de café conilon. Apenas um indivíduo foi altamente suscetível, enquanto a maioria apresentou reação intermediária e poucos apresentaram níveis elevados de resistência.

Silva et al. (2000), avaliaram o comportamento dos clones das variedades clonais de café conilon lançadas no Espírito Santo e observaram que cada uma respondeu de maneira diferenciada em relação a inoculação com quatro raças diferentes de *H. vastatrix*. Alguns desses clones apresentaram níveis variados de resistência ao patógeno.

Ventura et al. (2007) cita que dentro da variedade 'Vitoria Incaper 8142', o período de incubação e o período latente de *H. vastatrix* varia muito entre os treze clones avaliados, sendo que os menores valores observados para plantas inoculadas com raça 2 de *Hemilea vastatrix* foram nos clones 12v e 1v.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no período de junho de 2009 a julho de 2010, na região Noroeste do Estado do Espírito Santo, município de Marilândia, na fazenda experimental do Instituto Capixaba de Assistência Técnica, Pesquisa e Extensão Rural (INCAPER), localizada a 19°24'S, 40°31'W, com altitude de 70 metros. A região apresenta precipitação pluvial anual de 1.100 mm, temperatura média anual de 24 °C, umidade relativa de 74% e topografia ondulada-acidentada, a lavoura encontra-se toda voltada para face leste, com solo classificado como cristalino, de baixa fertilidade.

A lavoura cafeeira possuía uma área de 1,0 ha, cultivada com a variedade clonal 'Vitória Incaper 8142', com cinco anos de idade, composta por 13 clones plantados em linha, no espaçamento de 3,0 x 1,20 m., apresentando em média quatro hastes por planta. Os tratamentos culturais na lavoura foram realizados conforme a recomendação para a cultura do café conilon (FERRÃO et al., 2007). As adubações foram realizadas com base nos resultados da análise de solo, seguindo recomendações de Prezotti et al., 2007. Durante o período de avaliações, não foi realizada nenhuma aplicação de fungicidas ou fertilizantes foliares contendo cobre em sua composição.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 13 tratamentos (clones) e três repetições (blocos). Entre os blocos foram mantidas 10 plantas de bordadura. Cada unidade experimental foi composta por quatro plantas. Cada planta foi dividida em três terços (inferior, médio e superior), sendo que em cada terço foram selecionados quatro ramos plagiotrópicos, voltados para os pontos cardeais. Os respectivos ramos foram marcados utilizando-se fitas de cores diferenciadas amarradas ao mesmo.

3.2 QUANTIFICAÇÃO DA INTENSIDADE DA FERRUGEM DO CAFEEIRO

A intensidade da ferrugem foi quantificada por meio da incidência e severidade da ferrugem em cada ramo marcado dos respectivos terços da planta.

A incidência foi quantificada por meio da contagem do número total de folhas presente nos ramos e, destas contou-se novamente aquelas que estavam esporulando. A incidência da ferrugem em cada terço da planta foi obtida pela média dos ramos avaliados para cada clone.

A severidade da ferrugem em cada ramo foi quantificada conforme escala diagramática proposta por Kushalappa e Eskes (1989) (Figura 1). A severidade da ferrugem em cada terço da planta foi obtida pela média dos ramos avaliados para cada clone.

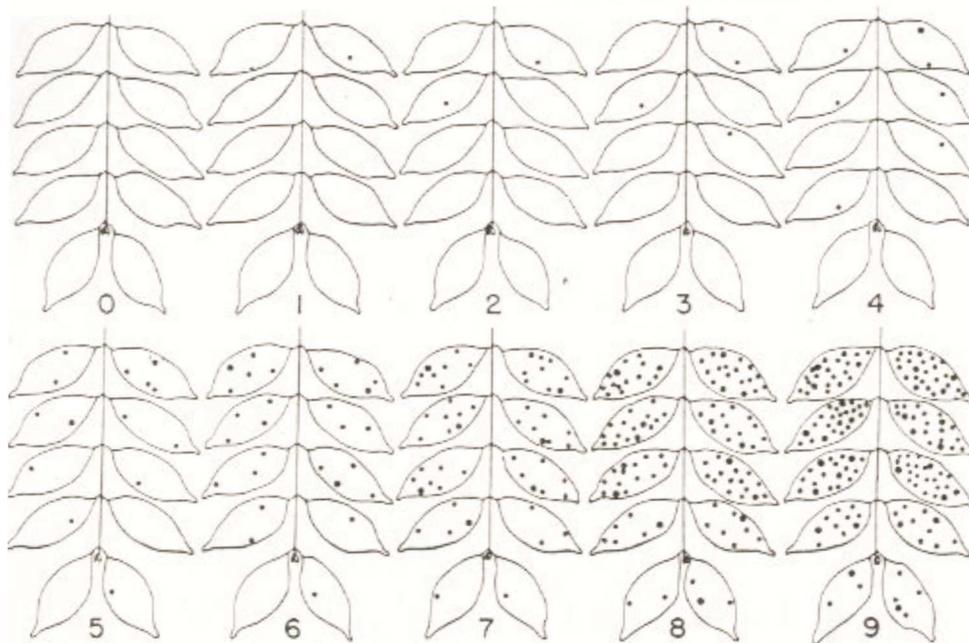


Figura 1 - Escala diagramática para quantificação da severidade da ferrugem do café (Fonte: Kushalappa e Eskes, 1989).

Com os dados de incidência e severidade média da ferrugem, foram traçadas as curvas de progresso da doença nos respectivos terços de cada clone e calculada a área abaixo da curva de progresso da ferrugem (AACPF) pelo método de integração trapezoidal proposto por Shaner e Finney (1977).

$$AACPF = [\sum (y+y_{i+1})/2 \cdot d_{ti}]$$

em que:

y_i e **y_{i+1}** = valores de severidade observados em duas avaliações consecutivas;

d_{ti} = intervalo de tempo entre as avaliações.

A partir das quantificações de ferrugem realizadas para cada clone obteve as seguintes variáveis:

- 1- área abaixo da curva de progresso de incidência da ferrugem no terço inferior da planta (AACPIF_{TI});
- 2- área abaixo da curva de progresso de incidência da ferrugem no terço médio da planta (AACPIF_{TM});
- 3- área abaixo da curva de progresso de incidência da ferrugem no terço superior da planta (AACPIF_{TS});
- 4- área abaixo da curva de progresso de severidade da ferrugem no terço inferior da planta (AACPSF_{TI});
- 5- área abaixo da curva de progresso de severidade da ferrugem no terço médio da planta (AACPSF_{TM});
- 6- área abaixo da curva de progresso de severidade da ferrugem no terço superior da planta (AACPSF_{TS}).

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

3.3.1 Seleção das variáveis representativas do progresso da ferrugem em clones de 'Vitória Incaper 8142'

O conjunto de dados compostos pelas seis variáveis obtidas a partir da área abaixo da curva de progresso da incidência e severidade da ferrugem do cafeeiro

(AACPIF_{TI}, AACPIF_{TM}, AACPIF_{TS}, AACPSF_{TI}, AACPSF_{TM} e AACPSF_{TS}) foram submetidos à análise de regressão múltipla com seleção *stepwise*. Utilizou-se para isso o procedimento *stepdisc* do software SAS, com o objetivo de selecionar as variáveis mais representativas do progresso da doença na planta.

As variáveis foram selecionadas de acordo com: a) valor de F parcial da análise de covariância, significativo a $p < 0,10$ (onde as variáveis selecionadas agem como covariáveis ou variáveis explicativas e as novas variáveis que dão entrada no modelo agem como variáveis independentes); b) a correlação quadrada parcial, a qual fornece a variância única explicada pela variável independente no modelo ($p < 0,10$), indicando a correlação entre uma variável independente e a dependente, enquanto se controlam os efeitos preditivos de todas as outras variáveis sobre a variável independente.

3.3.2 Análise do comportamento dos diferentes clones que compõem a variedade clonal 'Vitória Incaper 8142'

Uma vez selecionadas, as variáveis mais representativas do progresso da ferrugem do cafeeiro foram submetidas à análise de variáveis canônicas (CVA). Essa é uma técnica de ordenação indireta que reduz a dimensionalidade do conjunto dos dados originais em um conjunto de variáveis que podem ser usadas para ilustrar graficamente as posições relativas e as orientações das médias das respostas de cada tratamento sob comparação (KEDWARDS et al., 1999). A significância da diferença (indicada pela ordenação) entre grupos devido ao tratamento foi determinada pela comparação dos tratamentos dois-a-dois pelo teste F aproximado ($p < 0,05$), utilizando a distância de Mahalanobis entre as respectivas classes de médias canônicas.

3.3.3 Correlação da Incidência e Severidade da ferrugem em clones de 'Vitória Incaper 8142'

Procurou-se estabelecer para a variedade 'Vitória Incaper 8142' uma relação entre a incidência e a severidade da ferrugem, de forma a facilitar futuras avaliações e recomendações para o monitoramento da doença na cultura do cafeeiro, com isso realizou-se uma análise de correlação entre incidência e severidade a partir dos dados obtidos nas avaliações da mesma para o terço mais significativo para o monitoramento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados fazem parte de um conjunto de dados obtidos de junho de 2009 a julho de 2010 em avaliações realizadas em uma lavoura cafeeira, cultivada com a variedade clonal de 'Vitória Incaper 8142' composta pelos 13 clones plantados em linha.

A ferrugem do cafeeiro esteve presente nos clones de 'Vitória Incaper 8142' durante todo o período avaliado, o qual a maior ou menor intensidade da doença, tanto para incidência quanto para severidade, variou de acordo com o nível de resistência do clone e da época do ano (Figura 2 e 3).

Observa-se que a maior incidência da ferrugem ocorreu entre os meses de julho a outubro de 2009, apresentando uma variação considerada de acordo com cada clone, apresentando uma elevação da incidência da ferrugem a partir de junho e julho de 2010. Observa-se baixa incidência da ferrugem nos meses de fevereiro a março (Figura 2).

A incidência da ferrugem apresenta os menores valores nos clones 3V e 5V, variando de 0 a 8%, de acordo com o terço avaliado e durante todo o período avaliado. Os clones 11V e 13V também apresentam baixos valores de incidência, permanecendo os valores do terço médio sempre abaixo de 15%, para os terços inferiores a incidência é maior chegando a 20%. Clones como 4V, 6V, 8V, 9V e 2V apresentam níveis mais elevados podendo chegar a 35% nos terços com maior incidência, no período de agosto e setembro. Para os clones 1V, 12V e 7V a incidência da ferrugem atingiu cerca de 50% nos terços que tiveram maior incidência (médio e inferior), nos períodos de maior intensidade, ou seja entre os meses de agosto a outubro. O Clone 10V é o que apresenta maior incidência da ferrugem, principalmente no terço médio, atingindo cerca de 65% para o mês de agosto.

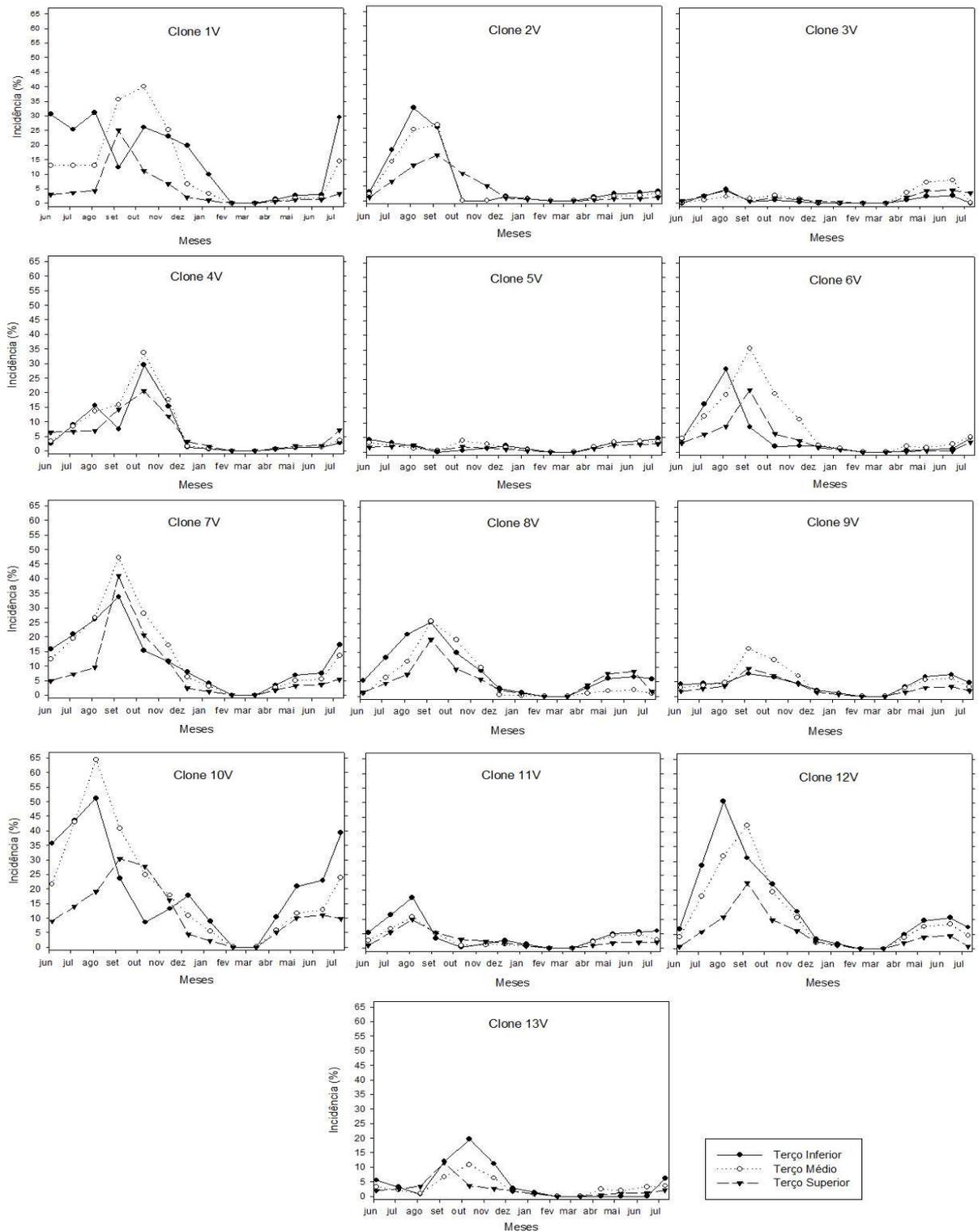


Figura 2 - Incidência (%) da ferrugem do cafeeiro nos diferentes clones que compõem a variedade clonal 'Vitória Incaper 8142', avaliados no período de junho de 2009 a julho de 2010.

A severidade, por sua vez, se apresenta variando também de acordo com os meses do ano e o clone analisado, sendo com altos níveis de intensidade nos meses de agosto e setembro de 2009 (Figura 3). Assim como a incidência, a severidade também apresentou níveis baixos próximos de zero nos meses de fevereiro e março e, posteriormente, uma elevação da severidade de acordo com cada clone, nos meses de junho e julho de 2010.

Tanto a severidade como a incidência tiveram variação entre os clones, sendo que os menores índices são observados nos clones 3V, 5V, 9V, 11V e 13V cujas notas da escala apresentam-se entre 0 e 1. Nos clones 1V, 2V, 4V, 6V 7V, 8V, 10V e 12V, observa-se maior severidade, pois as notas da escala apresentam-se entre 0 e 2,2, variando de acordo com cada terço avaliado.

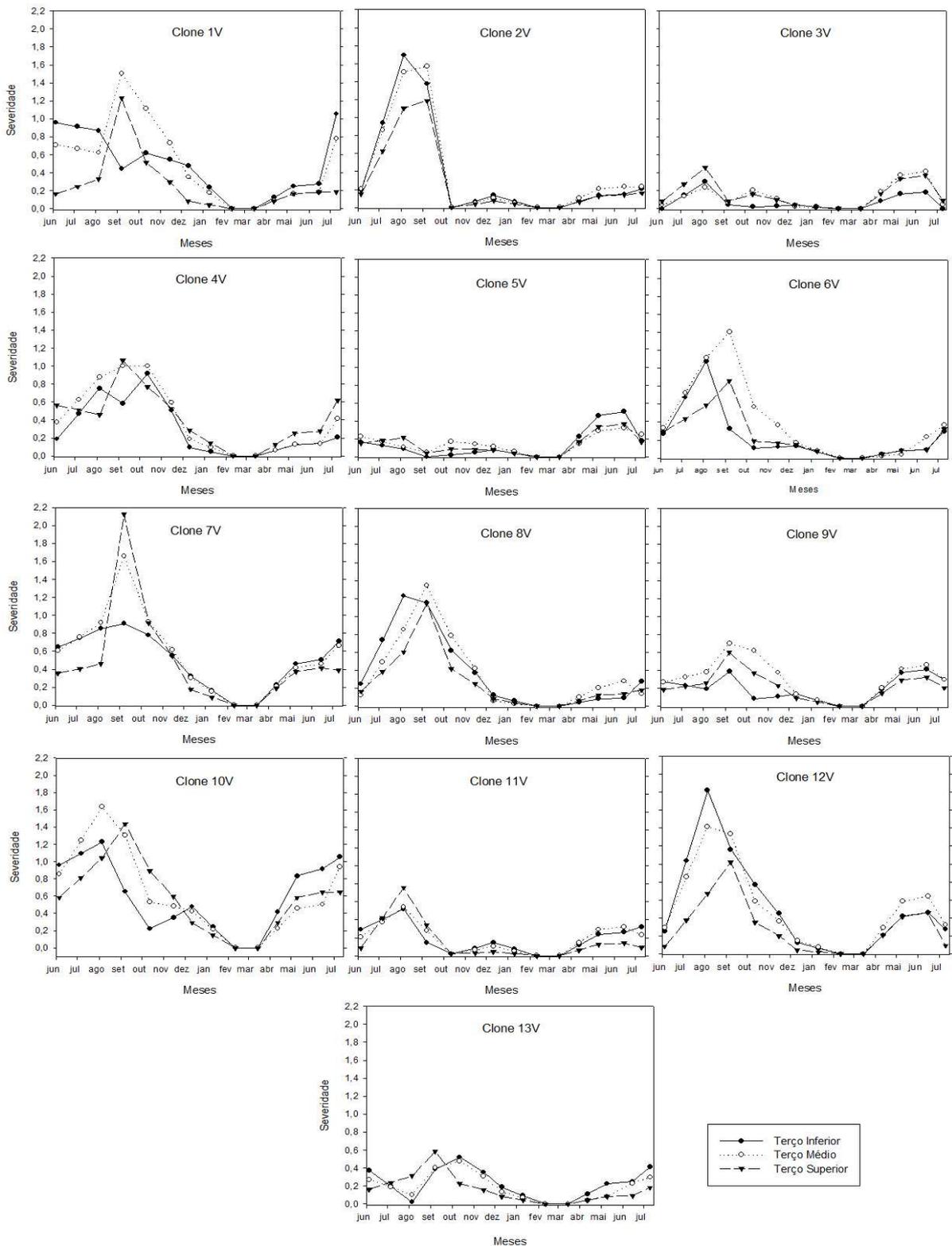


Figura 3 - Severidade da ferrugem do cafeeiro nos diferentes clones que compõem a variedade clonal 'Vitória Incaper 8142', avaliados no período de junho de 2009 a julho de 2010.

No ano de 2009, a ferrugem atingiu o pico máximo de doença entre os meses de julho e setembro. Entre os meses de julho de 2009 e janeiro de 2010 é possível observar variações nas curvas de progresso da ferrugem, conforme o clone avaliado. Em geral, o início da doença ocorreu entre os meses de março a abril de 2011, em praticamente todos os clones, evoluindo progressivamente até o mês de julho.

Embora existam poucos trabalhos sobre o progresso da ferrugem em plantas de *C. canephora*, verifica-se neste trabalho que as curvas obtidas em alguns clones seguem padrões semelhantes às aquelas encontradas em café arábica (CHALFOUN e ZAMBOLIM, 1985; ZAMBOLIM et al., 2009; SOUZA et al., 2011).

Apesar de não ter ocorrido a doença em clones da variedade 'Vitória Incaper 8142' em alguns meses, nenhum clone foi considerado imune a ferrugem do cafeeiro, porém houve variações na incidência e severidade, provavelmente devido à resistência que *C. canephora* apresenta a doença (SILVA et al., 2000). Além da resistência inerente desta espécie Ventura et al., (2007) observaram que também houve diferenças nas curvas de progresso da ferrugem em função do grau de maturação de cada clone (precoce, intermediário e tardio). A carga de frutos na planta é outro fator que pode ter influência direta com intensidade de ferrugem, conforme observado em plantas de café arábica (CARVALHO et al., 1996). Entretanto, a relação entre carga de frutos e intensidade da ferrugem ainda não está bem estabelecida em *Coffea canephora*, devido à variabilidade genética encontrada dentro da própria espécie e ao sistema de condução das hastes empregado na cultura. Além desses, fatores climáticos e ambientais (altitude) também podem estar envolvidos (BOCK, 1962; KUSHALAPPA e ESKEES, 1989; ZAMBOLIM et al., 1997).

Ao se trabalhar com variedades de café que apresentam diferentes níveis de resistência, dificilmente consegue-se ajustar os dados do progresso da doença utilizando-se os modelos biológicos clássicos (Exponencial, Monomolecular, Logístico e de Gompertz). Dessa forma, optou-se, neste trabalho, por realizar as análises a partir das variáveis obtidas a partir da curva de progresso da ferrugem do cafeeiro (JESUS JUNIOR et al., 2004; SOUZA et al., 2011).

Portanto, quando o ajuste dos dados aos modelos epidemiológicos não é possível, recomenda-se a utilização da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para realizar a comparação univariada da epidemia, pois o valor calculado integra indiretamente todos os processos epidemiológicos que ocorrem na cultura durante o período de avaliação (CAMPBELL e MADDEN, 1990).

Foram obtidos os valores de área abaixo da curva de progresso da incidência da ferrugem (AACPIF) (Tabela 1) e área abaixo da curva de progresso da severidade da ferrugem (AACPSF) (Tabela 2), para o terço superior, médio e inferior da planta (TS, TM e TI).

Tabela 1 - Área abaixo das curvas de progresso da incidência da ferrugem (AACPIF) do cafeeiro no terço superior, terço médio e terço inferior (TS, TM e TI) nos treze clones do 'Vitória Incaper 8142'

Clones	AACPIF_{TS}	AACPIF_{TM}	AACPIF_{TI}
1V	1805,2±264,8*	4884,4±478,8	6175,6±513,0
2V	1602,8±371,0	2171,0±506,1	2597,5±536,1
3V	742,5±235,9	853,3±476,1	465,8±113,5
4V	2284,5±611,2	2947,3±389,1	2527,7±427,2
5V	530,3±36,1	756,3±244,6	708,5±212,4
6V	1586,4±402,5	3399,1±1201,1	2040,0±634,5
7V	3216,4±328,7	5205,2±237,9	4610,0±572,6
8V	2142,0±966,4	2406,0±489,3	3276,7±1188,3
9V	1157,6±175,6	1925,5±249,9	1584,6±276,8
10V	4491,5±391,3	7810,4±775,5	7755,2±1271,4
11V	1054,6±215,4	1225,3±249,3	1716,2±203,8
12V	2095,9±577,1	4481,9±919,7	5479,4±537,9
13V	941,4±115,1	1212,1±267,5	1697,2±967,2

*Erro Padrão da Média.

Tabela 2 - Área abaixo das curvas de progresso da severidade (AACPS) da ferrugem do cafeeiro para cada terço nos treze clones do 'Vitória Incaper 8142'

Clones	AACPSF_{TS}	AACPSF_{TM}	AACPSF_{TI}
1V	100,4±22,0*	190,5±18,2	173,0±23,2
2V	106,2±15,2	147,1±11,2	144,9±23,5
3V	62,7±0,9	54,5±16,9	31,0±2,1
4V	149,7±41,3	152,8±12,3	116,6±14,7
5V	52,7±10,3	54,6±15,8	53,5±23,7
6V	89,1±19,2	152,5±44,1	90,4±11,4
7V	182,0±12,3	211,6±3,8	185,9±23,3
8V	102,8±17,4	141,6±22,0	143,5±20,5
9V	83,1±23,0	119,3±18,6	74,1±20,6
10V	220,4±14,2	237,8±9,1	223,1±20,0
11V	61,3±15,1	72,3±10,6	69,7±7,0
12V	115,4±31,7	197,8±26,3	203,0±13,4
13V	61,1±4,0	69,7±6,6	82,5±22,8

*Erro Padrão da Média.

A partir dos dados de área abaixo da curva de progresso da ferrugem, seis variáveis foram obtidas a partir dos três terços avaliados (superior, médio e inferior) com o objetivo de encontrar aquele terço que melhor representa a distribuição da ferrugem na planta. A análise de regressão múltipla com seleção *stepwise* selecionou, tanto para a incidência quanto para severidade, o terço médio da planta como aquele que melhor representa a distribuição da ferrugem nos diferentes clones avaliados. Além disso, a severidade da ferrugem no terço inferior da planta também foi selecionada para representar a distribuição da doença (Tabela 3).

Tabela 3 - Variáveis selecionadas nas curvas de progresso de incidência e severidade da ferrugem do cafeeiro nos diferentes clones

	Análise de Covariância			Correlação Quadrada Parcial	
	R ² Parcial	F	P	Média da Correlação	
				Canônica ao Quadrado	P
AACPIF _{TM}	0,8624	13,58	<,0001	0,07187052	<0,0001
AACPSF _{TM}	0,6101	3,26	0,0061	0,12268271	<0,0001
AACPSF _{TI}	0,5185	2,15	0,0530	0,15689075	<0,0001

A seleção dessas variáveis está de acordo com os resultados obtidos por Silva-Acuña (1994), para esse mesmo patógeno em café arábica, que destacam a importância de se observar o terço inferior e, principalmente, o terço médio em avaliações da ferrugem do cafeeiro. Normalmente, as folhas permanecem molhadas no terço inferior por um período maior facilitando a infecção pelo patógeno. Isso se deve também à menor intensidade de luz solar e velocidade do vento. A partir do terço inferior, o patógeno alcança o terço médio e, posteriormente, o terço superior, normalmente auxiliado pelas novas brotações do ramos ortotrópicos. Entretanto, em café conilon no terço inferior, devido à presença de ramos plagiotrópicos mais velhos, há um menor número de folhas nestes ramos, que são retirados durante a realização da poda das plantas.

A prática da poda e da desbrota, recomendada para a cultura, muitas vezes atua como estratégia de controle, uma vez que com a poda é retirado ramos mais velhos que servem como fonte de inóculo, principalmente no terço inferior, e com a desbrota, permite-se um melhor arejamento dos terços inferior e médio.

O terço superior não se mostra representativo para avaliações por apresentar baixa incidência e severidade da ferrugem. Esse efeito observado ocorre provavelmente devido à baixa carga de frutos apresentados neste terço em comparação aos demais terços da planta. Além disso, as folhas que recebem maior intensidade de

raios solares ficam mais expostas ao vento, fazendo com que as condições microclimáticas se tornem desfavoráveis a infecção pelo patógeno (KUSHALAPPA e ESKES, 1989).

Para fins de monitoramento da ferrugem em clones de café conilon cultivados em linha, o terço médio apresenta maior representatividade da doença na planta, podendo ser indicado para amostragens, visando a tomada de decisão em programas de manejo da ferrugem do cafeeiro.

A partir dos dados de incidência e severidade da ferrugem do cafeeiro, avaliadas no terço médio da planta, efetuou-se a comparação entre os treze clones por meio da análise de variáveis canônicas (Tabela 4).

Tabela 4 - Eixos canônicos e seus coeficientes (entre estrutura canônica) relativos às variáveis AACPIF_{TM}, AACPSF_{TM} e AACPSF_{TI} da ferrugem do cafeeiro nos treze clones avaliados.

Clone	Eixos Canônicos	
	Can 1	Can 2
Clone 1V	-5,99654	2,43468
Clone 2V	-3,55848	4,33261
Clone 3V	-0,97136	1,35121
Clone 4V	-3,66570	3,20451
Clone 5V	-1,27680	1,67741
Clone 6V	-3,57873	2,31331
Clone 7V	-6,37959	2,97828
Clone 8V	-3,74387	3,73363
Clone 9V	-2,27785	2,91818
Clone 10V	-8,96084	0,56395
Clone 11V	-1,84723	1,88466
Clone 12V	-6,15755	3,58542
Clone 13V	-2,06609	1,89546
Peso de cada variável	8,4018	1,6844
Variância de cada eixo	0,7859	0,1576
Variância acumulada	0,7859	0,9434
F	4,56	2,25
GL (numerador; denominador)	36/65,729	22/46
P	<0, 0001	0,0103

Com base nos dados da análise das variáveis canônicas para as três variáveis selecionadas, observa-se que dois eixos canônicos explicam 94,34 % da variabilidade dos dados, conforme observado na Tabela 4.

A partir dos dois eixos canônicos significativos, obteve-se o diagrama de ordenação, no qual se verifica o agrupamento entre os clones avaliados, utilizando-se para isso, a distância de Mahalanobis (Figura 4).

A comparação dois-a-dois dos tratamentos (clones) pelo teste F aproximado ($p < 0,05$), entre as respectivas classes de médias canônicas, tem como objetivo colocar num mesmo grupo aqueles clones que apresentarem maior similaridade entre si (MORA-AGUILERA e CAMPBELL, 1997). Por esse método, a distância entre os pontos dentro de um mesmo círculo não diferem entre si, mas diferem significativamente da distância entre pontos de círculos diferentes.

Os clones que compõem a variedade 'Vitória Incaper 8142' formam quatro grupos da seguinte forma: grupo 1: clones 3V e 5V; grupo 2: clones 2V, 4V, 6V, 8V, 9V, 11V, e 13V e grupo 3: clones 1V, 7V e 12V e grupo 4 clone 10V.

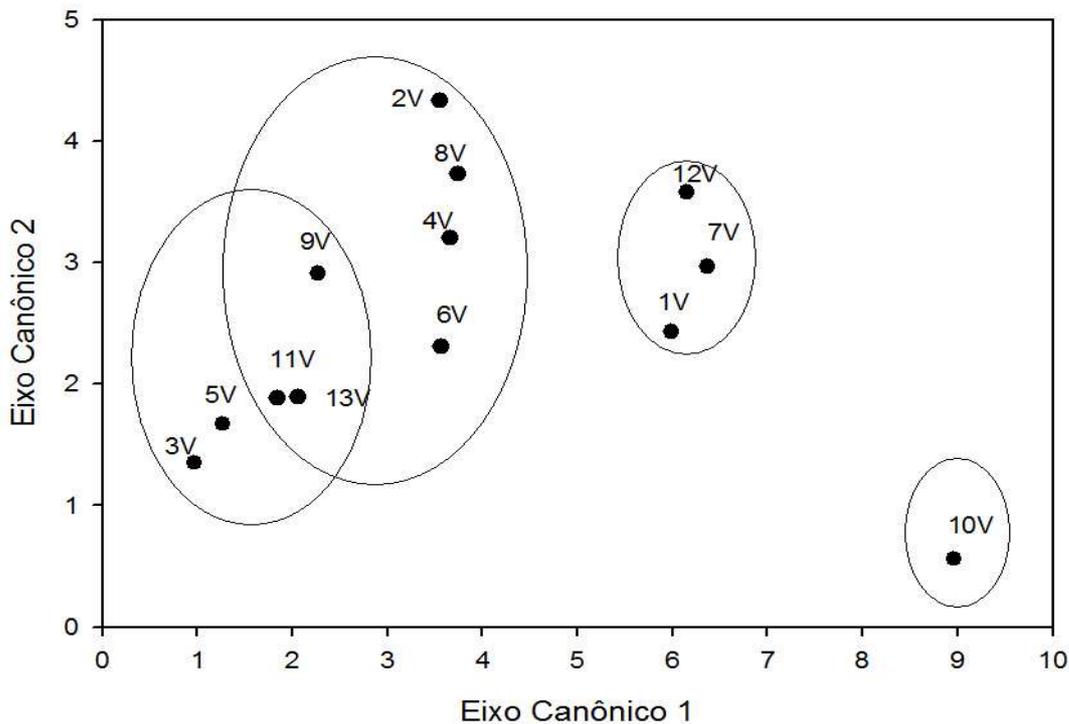


Figura 4 - Digrama de Ordenação mostrando a discriminação dos clones da variedade 'Vitória Incaper 8142' baseada na distância de Mahalanobis a partir das análises de incidência e severidade da ferrugem do cafeeiro.

Verificou-se que os clones 3V e 5V formam um grupo independente. Esses clones apresentam menores valores de incidência e severidade da doença, e conseqüentemente, os menores valores de área abaixo das curvas de progresso. Ventura et al. (2007) relatam que o clone 3V, apresentou o maior período de incubação da ferrugem, que corresponde ao tempo em dias entre a inoculação e o aparecimento dos primeiros sintomas. Epidemiologicamente isso reflete em menor número de ciclos do patógeno durante o ciclo produtivo da cultura. Isso pode resultar na esporulação da ferrugem fora da época de condições ambientais favoráveis a ocorrência da doença e que pode ser traduzido em menor intensidade de ferrugem na planta. Em condições de campo, os clones 3V e 5V da variedade clonal 'Vitória Incaper 8142' foram considerados neste estudo como resistentes a ferrugem do cafeeiro.

Os clones 2V, 4V, 6V, 8V, 9V, 11V e 13V formam um grupo que apresenta valores intermediários de intensidade da ferrugem do cafeeiro e comporta-se de maneira

moderadamente resistente à doença. Segundo Ventura et al. (2007), os clones 4V, 6V, 8V e 9V, apresentam período de incubação próximo dos considerados resistentes, acima de 35 dias. Fonseca et al. (2004), trabalhando com os mesmos clones, relatam que os clones 11V e 12V, receberam as menores notas em uma avaliação por escala, onde quanto maior a nota maior a intensidade da ferrugem. Corroborando com esses dados esses clones foram considerados neste estudo como Moderadamente Resistentes. Embora não tenha trabalhado com os mesmos clones, variação quanto aos níveis de resistência de *C. canephora*, também foram relatado por Zambolim et al. (2009) e Silva et al. (2000). Em geral, a variedade clonal apresentou cerca de 70% de seus clones como resistentes e moderados.

Nos clones 1V, 12V, 7V e 10V observa-se valores mais elevados de incidência e severidade em relação aos demais clones avaliados. Observa-se também nesses clones maior duração do período com alta incidência da doença, o que corrobora com os relatos de Ventura et al. (2007), que encontraram para esses respectivos clones curtos períodos latentes que correspondem ao espaço de tempo entre a inoculação e o aparecimento de sinais (VALE et al., 2000) e de incubação, possibilitando um maior número de ciclos da doença na planta, resultando consequentemente em plantas com maior intensidade da ferrugem. Dentro da variedade clonal 'Vitória Incaper 8142', esses clones são considerados como suscetíveis e merecem atenção especial em programas de manejo da ferrugem, bem como devem ser evitados o plantio de linhas seqüenciais, compostas por estes clones, uma vez que a recomendação para esta variedade é que seja feito o plantio em linhas individuais (Fonseca et al., 2004). Estes dados reforçam a importância de intercalar clones suscetíveis com clones resistentes e moderadamente resistentes nas linhas de plantio e fornecem subsídios para implantação de programas de manejo que associem a resistência da planta com a aplicação de fungicidas.

Entretanto, para se ter um correto manejo da ferrugem em nível de campo há a necessidade de um sistema de monitoramento eficiente e que se correlacione ao patossistema, independente do nível de resistência de cada clone.

Em café arábica, o sistema de monitoramento recomendado por muitos autores (CARVALHO et al., 1996; ZAMBOLIM et al., 1997) consiste na amostragem

destrutiva de folhas. São retiradas folhas na região entre o terço médio e o inferior da planta no terceiro ou quarto par de folhas completamente desenvolvidos em mais de um lado, em média de 10 a 15 folhas por planta. Depois de retiradas são avaliadas a incidência e a severidade de cada folha.

O sistema de amostragens não destrutivas nos diferentes terços da planta indicou que o terço médio é aquele que representa melhor a distribuição da doença. Esse método permite que a folha avaliada seja mantida na planta ao longo de um determinado período de tempo e pode continuar contribuindo com a produção de fotoassimilados para enchimento e manutenção dos grãos. Em *C. canephora*, a retirada de uma folha do nó pode resultar em um baixo vingamento dos frutos e isto poderá de certa forma interferir na produção de frutos daquele ramo (RONCHI e DAMATTA, 2007).

Em relação à direção dos ramos é importante que sejam avaliados no sentido dos quatro pontos cardeais, pois pode haver determinadas partes que recebem maior incidência dos raios solares, influenciando no desenvolvimento do patógeno na planta (KUSHALAPPA e ESKES, 1989; SILVA-ACUÑA, 1994).

Por se tratar de uma planta formada por multicaules, deve-se escolher os ramos plagiotrópicos que mais representam os quatro pontos cardeais, independente do número de hastes que a planta possuir e do número de ramos por hastes.

Observando a proximidade dos valores de incidência e severidade após a seleção de *stepwise*, principalmente as variáveis presentes no terço médio, realizou-se a análise de correlação entre a incidência e a severidade da ferrugem nos clones avaliados.

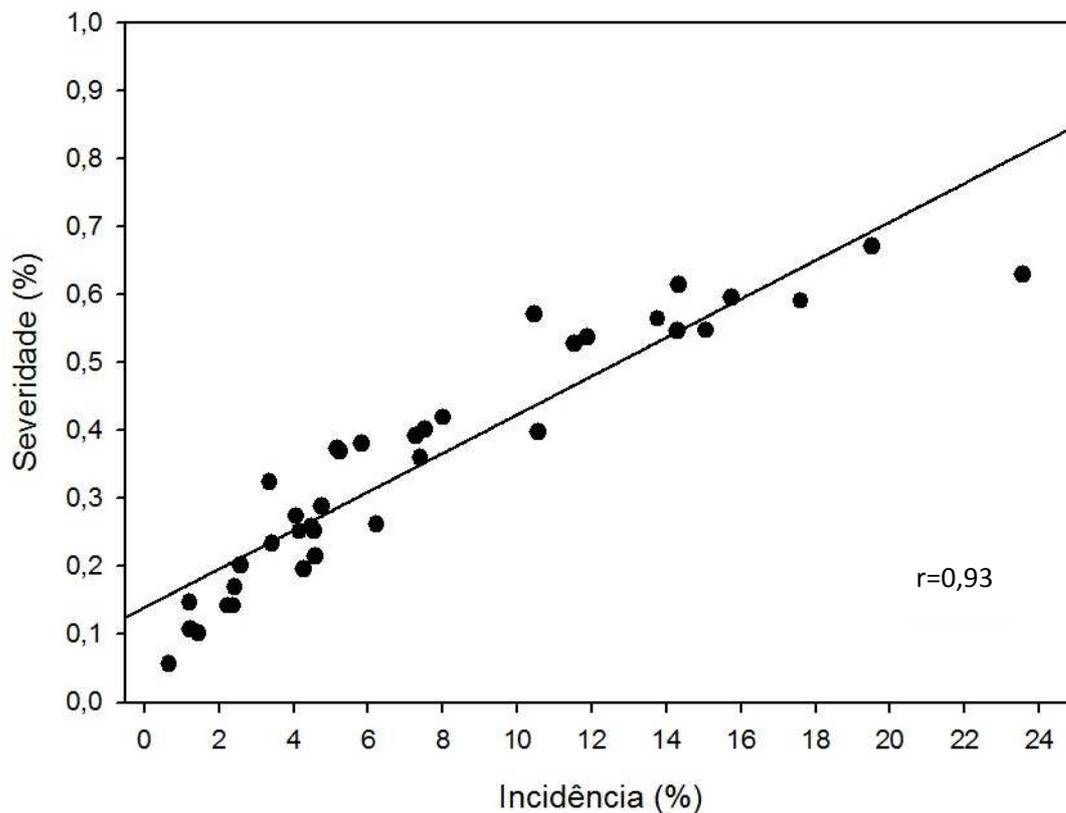


Figura 5 - Análise de correlação entre as variáveis incidência e severidade da ferrugem para o terço médio nos clones de 'Vitória Incaper 8142'.

Observa-se no gráfico que para a variedade 'Vitória Incaper 8142 a incidência e a severidade no terço médio da planta, apresentam alta correlação entre si, representada pelo coeficiente de correlação ($r=0,93$), ou seja 93% da severidade pode ser explicada somente com a avaliação de incidência para a ferrugem do cafeeiro.

Por se tratar de uma doença que afeta as folhas do cafeeiro, a quantificação da ferrugem deveria ser feita com base na severidade, utilizando-se, para isso, escalas próprias para determinado patossistema como aquela proposta por Kushalappa e Eskes (1989) e utilizada neste trabalho. Entretanto a avaliação da severidade compõe-se de um processo de difícil realização e que se demanda muito tempo, principalmente quando se tem um grande número de amostras, e geralmente propensos a um grande erro experimental (SILVA-ACUÑA et al., 1999). Portanto, a existência de uma correlação satisfatória entre a severidade e a incidência para o café conilon facilitaria muito a quantificação da ferrugem, principalmente para

tomada de decisões em nível de campo. A análise de correlação dos dados de incidência e severidade da ferrugem no terço médio da planta resultou num coeficiente de correlação (r) igual a 93%, indicando que existe estreita relação entre incidência e severidade. Assim sendo, o presente trabalho propõe que a incidência seja utilizada para fins de monitoramento da intensidade da ferrugem do cafeeiro em lavouras de café conilon cultivadas com diferentes clones plantados em linha.

5 CONCLUSÕES

- Existe uma variação de intensidade tanto para incidência quanto para severidade entre os terços da planta.
- O terço médio apresenta maior representatividade da doença na planta, podendo ser indicado para amostragens, avaliando-se os ramos plagiotrópicos de uma ou mais hastes, dispostos nos quatro pontos cardeais, visando a tomada de decisão em programas de manejo da ferrugem do cafeeiro.
- Os clones 3V e 5V, pertencentes à variedade 'Vitória Incaper 8142', são os que apresentam maior resistência a ferrugem do cafeeiro.
- Os clones 11V, 13V, 9V, 6V, 4V, 8V e 2V são classificados como moderadamente resistentes.
- Os clones 1V, 7V, 12V e 10V são considerados como suscetíveis.
- Em função da alta correlação entre as variáveis incidência e severidade, sugere-se que a quantificação da intensidade da ferrugem no cafeeiro conilon possa ser determinada em nível de campo empregando-se somente a variável incidência.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J.S.; TATAGIBA, J.S.; VENTURA, J.A.; COSTA, H.; FERRÃO, M.A.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, R.G. Avaliação da incidência e severidade da ferrugem em clones de café Conilon em Linhares-ES. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL E WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ e SAÚDE, 3, 2003, Porto Seguro, BA. **Anais**. p.189-190. 2003.

BETTENCOURT, A.J.; RODRIGUES JUNIOR, C.J. Principles and practices of coffee breeding for resistance to rust and other diseases. In: CLARKE, R.J, MACRAE, R. (Eds.) **Coffee Agronomy**, London, New York: Elsevier. 1988.

BOCK, K.R. Seasonal periodicity of coffee leaf rust and factors affecting the severity of outbreaks in Kenya Colony. **Transactions British Mycological Society**, v. 45, p. 289-300, 1962.

CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M.; CASTRO, H. A.; CARVALHO, V. D. Influência da produção na incidência da ferrugem do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, p. 401-405, 1996.

CETCAF - Centro de Desenvolvimento Tecnológico do Café. **Conjuntura sócio-econômica da cafeicultura capixaba**. Disponível em: <http://www.cetcaf.com.br/Links> Consultado em 25/08/10.

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

CHAVES, G.M.; CRUZ FILHO, J.; CARVALHO, M.G.; MATSUOKA, K.; COELHO, D.T.; SHIMOYA, C. A. Ferrugem do Cafeeiro (*Hemileia vastatrix*, Berk et Br). Revisão de literatura com observações e comentários sobre a enfermidade no Brasil. **Seiva**, Edição Especial, 1970.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café: Safra 2011, quarto levantamento, julho 2011.** Brasília: CONAB 2011.

ESKES, A.B. The effect of light intensity on incomplete resistance of coffee to *Hemileia vastatrix*. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, v. 88, p.191-202, 1982.

FERRÃO, R.G.; FONSECA, A. F. A. da.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Editores.). **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 702p. 2007.

FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; ZUCATELI, F. 'Conilon Vitória - Incaper 8142': improved *Coffea canephora* var. *kouillou* clone cultivar for the state of Espírito Santo. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 4:503-505, 2004.

FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; ZUCATELI, F. Conilon Vitória – Incaper 8142: Variedade Clonal de Café Conilon, Vitória, **Documentos** 127, 23p. 2004.

FREITAS, L. A. L. **Agricultura Familiar**. Estudo Setorial. Vitória: PEDEAG, 42p. 2007.

GARÇON, C.L.P.; ZAMBOLIM, L.; MIZUBUTI, E.S.G.; VALE, F.X.R.; & COSTA, H. Controle da ferrugem do cafeeiro com base no valor de severidade. **Fitopatologia Brasileira**, Lavras, v. 29, n.5, p. 486-491, 2004.

JESUS JUNIOR, W.C.; POZZA, E.A.; VALE, F.X.R.; MORA-AGUILERA, G. Análise temporal de epidemias. In: VALE, F.X.R.; JESUS JUNIOR, W.C.; ZAMBOLIM, L. (Eds.). **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte. Perfil Editora.. p.125-192, 2004.

KEDWARDS, T.J.; MAUND, S.J.; CHAPMAN, P.F. Community level analysis of ecotoxicological field studies. II. Replicated-design studies. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v.18, p.158-166, 1999.

KUSHALAPPA, A.C.; ESKEES, A.B. **Coffee rust: epidemiology, resistance and management**. Boca Raton: CRC Press Inc., 345p. 1989.

MANSK, Z. e MATIELLO, J.B. Efeito da produção, nível de desfolha e inóculo residual sobre a evolução da ferrugem do cafeeiro no Estado do Espírito Santo. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, **Anais** 11: 128-130, Londrina, 1984.

MÔNACO, L.C. Consequences of the introduction of coffee leaf rust into Brazil. **Annual New York Academic Science**, v.287, p.57-71, 1977.

MORA-AGUILERA, G.; CAMPBELL, C. L. Principal components analysis and biplot display of multivariate temporal data. In: FRANCLI, L.; NEHER, D.A. (Eds.) **Exercises in plant disease epidemiology**. St. Paul: APS Press,. P. 51-57 e 194-197, 1997.

PARLEVLIET, J.E. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. **Annual Review of Phytopathology**, v.17, p.202-222, 1979.

PARLEVLIET, J.E. Durable resistance. In: H. Hartleb, H., Heitefuss, R. & Hoppe, H.H. (Eds.). **Resistance of crop plants against fungi**. Gustav Fisher, Jena, Germany. p. 238-253, 1997.

PEREIRA, A.A.; ZAMBOLIM, L.; CHAVES, G.M. Melhoramento visando à resistência a doenças. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.122, p 82-92, 1985.

PREZOTTI, L. C. ; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª Aproximação**. Vitória, ES. SEEA/Incaper/Cedagro, 305 p., 2007.

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

ROBINSON, R.A. Horizontal Resistance. **Review of Plant Pathology**, v. 52, p. 483-501, 1973.

RONCHI, C. P.; DAMATTA, F. M., Aspectos Fisiológicos do Café Conilon In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A. F. A. da. ; BRAGANÇA, S. M. ; FERRÃO, M. A. G. ; DE MUNER, L. H. (Coords.). **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, p. 95-115. , 2007.

SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect on nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, 1977.

SILVA, D.G.; ZAMBOLIM, L.; SAKIYAMA, N. S.; PEREIRA, A. A.; FONSECA, A. F. A.; VALE, F. X. R.; resistência de clones de *Coffea canephora* var. conillon a quatro raças de *Hemileia vastatrix* berk. et br. Simpósio de Pesquisa dos café do Brasil, **Anais**, Poços de Caldas-MG, 2000.

SILVA ACUÑA, R.; MAFFIA, L.A.; ZAMBOLIM, L.; BERGER, R.D. Incidence-severity relationships in the pathosystem *Coffea arabica*-*Hemileia vastatrix*. **Plant Disease**, v. 83, p. 186-188, 1999.

SILVA-ACUÑA, R. Intensidad de la roya (*Hemileia vastatrix*) em cafetos com diferentes niveles de produccion controlada em Venezuela. **Café Cacao Thé**, vol.XXXVIII, n 1, jan – mars, 1994

SOUZA, A. F.; ZAMBOLIM, L.; JESÚS JÚNIOR, W. C.; CECON, P. R.; Chemical approaches to manage coffee leaf rust in drip irrigated trees. **Australasian Plant Pathology**, n 40 p. 293-300, 2011.

TATAGIBA, J. S.; VENTURA, J. A.; COSTA, H.; FERRÃO, R. G.; MENDONÇA, L. F. Comportamento de clones de café Conilon a doenças no norte do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2. **Anais**, Vitória, ES, p. 1078-1082, 2001.

VALE, F.X.R.; ZAMBOLIM, L.; JESUS JUNIOR, W.C. Efeito de fatores climáticos na ocorrência e no desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, **Anais**. Poços de Caldas, MG, 2000.

VALE, F.X.R.; PARLEVLIET, J.E.; ZAMBOLIM, L. Concepts in plant disease resistance. **Fitopatologia Brasileira**, v.26, p.577-589, 2001.

VANDERPLANK, J.E. **Plant diseases: epidemics and control** New York. Academic Press, 349p. 1963.

VANDERPLANK, J.E. **Disease resistance in plants**. Academic Press, New York, London. 206 p. 1968.

VAN DER PLANK, J.E. **Principles of plant infection**. New York: Academic, 216 p. 1975.

VENTURA, J.A.; COSTA, H., SANTANA, E.N.; MARTINS, M.V.V. Diagnostico e manejo das doenças do cafeeiro conilon. In.: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER, L.H. (Eds.) **Café Conilon**. Vitória, ES: INCAPER. p.451-497, 2007.

ZADOKS, J.C.; SCHEIN, R.D. **Epidemiology and plant disease management**, New York, Oxford University Press. 427p. 1979.

ZADOKS, J.C. On the conceptual basis of crop loss assessment: the threshold theory. **Annual Review of Phytopathology**, v.23, p.455-473, 1985.

ZAMBOLIM, L., SILVA-ACUÑA, R., VALE F.X.R. e CHAVES, G.M. Influência da Produção do Cafeeiro sobre o desenvolvimento da Ferrugem (*Hemileia vastatrix*). **Fitopatol. Brás.** 17; 32-35, 1992

ZAMBOLIM, L.; VALE, F.X.R. do; PEREIRA, A.A.; CHAVES, G.M. Café – Controle de Doenças. In: VALE e ZAMBOLIM. **Controle de doenças de plantas.** Universidade Federal de Viçosa – MG. pp. 83-180. 1997

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. do; PEREIRA, A.; CHAVES, G. M.; Manejo integrado das doenças do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.), ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DE CAFÉ COM QUALIDADE, 1., 1999, Viçosa, MG. **Anais.** Viçosa, MG: UFV, p. 134-215. 1999.

ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E.M.; VALE, F.X.R.; PEREIRA, A.A.; SAKYAMA, N.S.; CAIXETA, E.T. Physiological races of *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. in Brazil – physiological variability, current situation and future prospects. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E.M.; VÁRZEA, V.M.P (Eds.) **Durable resistance to coffee leaf rust.** Viçosa, p.75-115. 2005.

ZAMBOLIM, L (Ed.) **Tecnologias para a produção do Café Conilon,** Viçosa-MG, 360p, 2009.