

JANILSON GONÇALVES ROCHA

DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA ATROFIA DOS RAMOS  
DO CAFEIRO CAUSADA POR *Xylella fastidiosa*

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2005

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

R672d  
2005  
Rocha, Janilson Gonçalves, 1976-  
Dinâmica espaço-temporal da atrofia dos ramos do  
cafeeiro causada por *Xylella fastidiosa* / Janilson  
Gonçalves Rocha. – Viçosa : UFV, 2005.  
viii, 67f. : il. ; 29cm.

Orientador: Francisco Xavier Ribeiro do Vale.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 56-67.

1. Café - Doenças e pragas. 2. Requeima do café -  
Epidemiologia. 3. *Xylella fastidiosa*. 4. *Coffea arabica*.  
5. Análise espacial (Estatística). I. Universidade Federal de  
Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 633.73932

Dedico aos meus pais, José Benedito Gonçalves e Maria de Fátima Gonçalves Rocha, à minha namorada Alessandra e aos meus irmãos, Janiélio, Josan e Jaídson.

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre estar ao meu lado, iluminando e guiando meu caminho.

Aos mestres e amigos, que foram mais que orientadores, Prof. Francisco Xavier Ribeiro do Vale e Prof. Laércio Zambolim.

Ao meu amigo e companheiro de viagem Nivaldo Sérgio Milagres, pela ajuda e amizade.

Aos colegas de laboratório, Kelly, Alessandra, Lenine, Gisele, Antônio Fernandes, José Ricardo e Cristian.

Ao meu amigo Joaquim Antônio Macabeu, pelos conselhos e pela amizade.

Aos produtores de café Elder Moura e Felix Alberto Nacif, pela grande contribuição neste trabalho.

À Dra. Eunize Marciel Zambolim e ao Prof. Armando Bergamin Filho, pela ajuda e atenção.

Ao Prof. Waldir Cintra de Jesus Junior, pela ajuda e atenção, pelos conselhos e pela amizade.

Aos professores do Departamento de Fitopatologia, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos demais funcionários e colegas do Departamento de Fitopatologia, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## **Biografia**

Janilson Gonçalves Rocha, filho de José Benedito Gonçalves e Maria de Fátima Gonçalves Rocha, nasceu em Felisbugo – MG, em 23 de outubro de 1976.

Em 1998, iniciou o curso de graduação em Agronomia, na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em março de 2003.

No primeiro semestre de 2003, ingressou no programa de Pós-graduação em nível de Mestrado em Fitopatologia, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG.

## Conteúdo

	Pg
Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
1. Introdução.....	01
2. Revisão de Literatura Sobre <i>Xylella fastidiosa</i> .....	02
2.1. Características do patógeno.....	02
2.2. Hospedeiros e sintomas.....	03
2.3. Translocação.....	05
2.4. Vetor.....	07
2.5. Estudos espaciais e temporais.....	09
2.5.1. Estudo de padrão espacial.....	09
2.5.2. Estudo temporal.....	12
2.6. Controle.....	13
3. Material e Métodos.....	14
3.1. Localização e demarcação da área experimental.....	14
3.2. Avaliações.....	15
3.3. Escala diagramática da severidade.....	16
3.4. Avaliação do crescimento de ramos.....	16
3.5. Avaliação de produção.....	17
3.6. Dados climatológicos.....	17
3.7. Análise espacial da atrofia dos ramos do cafeeiro.....	18
3.7.1. Análise de <i>ordinary runs</i> .....	18
3.7.2. Análise de dinâmica e estrutura de focos.....	18

3.7.3. Análise utilizando a lei de Taylor modificada.....	19
3.7.4. Determinação de áreas isópatas.....	21
3.8. Análise temporal da atrofia dos ramos do cafeeiro .....	21
3.8.1. Análise de incidência.....	21
3.8.2. Análise da severidade.....	22
4. Resultados.....	22
4.1. Avaliações.....	22
4.2. Análise do crescimento dos ramos.....	27
4.3. Avaliação da produção.....	28
4.4. Dados climatológicos.....	30
4.5. Análise espacial da atrofia dos ramos do cafeeiro.....	30
4.5.1. Análise de <i>ordinary runs</i> .....	30
4.5.2. Análise de dinâmica e estrutura de focos .....	34
4.5.3. Análise utilizando a lei de Taylor modificada.....	38
4.5.4. Determinação de áreas isópatas.....	40
4.6. Análise temporal da atrofia dos ramos do cafeeiro .....	44
4.6.1. Análise de incidência.....	44
4.6.2. Análise da severidade.....	48
5. Discussão.....	50
5.1. Análise do crescimento dos ramos.....	50
5.2. Avaliação da produção.....	51
5.3. Análise espacial da atrofia dos ramos do cafeeiro.....	51
5.3.1. Análise de <i>ordinary runs</i> .....	51
5.3.2. Análise de dinâmica e estrutura de focos.....	52
5.3.3. Análise utilizando a lei de Taylor modificada.....	53
5.3.4. Determinação de áreas isópatas.....	53
5.4. Análise temporal da atrofia dos ramos do cafeeiro .....	54
5.4.1. Análise de incidência.....	54
5.4.2. Análise de severidade.....	55
6. Conclusões.....	56
7. Referências Bibliográficas.....	56

## Resumo

ROCHA, Janilson Gonçalves, M.S. Universidade Federal de Viçosa, maio de 2005. **Dinâmica Espaço-Temporal da Atrofia dos Ramos do Cafeeiro causada por *Xylella fastidiosa***. Orientador: Francisco Xavier Ribeiro do Vale. Conselheiros: Laércio Zambolim e Eunize Maciel Zambolim.

Os experimentos foram instalados em lavouras comerciais de *Coffea arabica* nos municípios de São Gotardo e Ervália, no Estado de Minas Gerais. As avaliações das plantas da lavoura quanto à atrofia dos ramos do cafeeiro (ARC) constaram da determinação de incidência e da severidade da doença, do crescimento dos ramos e da produção de grãos. No estudo da distribuição espacial, foram feitas análises de *ordinary runs* nas linhas e nas entrelinhas, da dinâmica e estrutura de focos, análise utilizando a lei de Taylor modificada e determinação de áreas isópatas. No estudo da distribuição temporal da doença, avaliou-se a incidência real e cumulativa de ARC e calculou-se a taxa de progresso da doença. Com base nas análises de *ordinary runs* e dinâmica e estrutura de focos, observou-se agregação das plantas doentes, mostrando que a disseminação da doença ocorreu preferencialmente nas linhas de plantio. Por meio da análise da lei de Taylor modificada, observou-se forte agregação de plantas doentes. Pela análise de dinâmica e estrutura de focos, verificou-se que as plantas doentes apresentaram-se, inicialmente, como focos isolados e, posteriormente, com o aumento da incidência, ocorreu a coalescência delas. Os ramos sem sintomas apresentaram maior crescimento do que os com sintomas. Obteve-se relação negativa entre os valores de produção e tamanho dos grãos com a severidade da ARC. A máxima incidência de ARC ocorreu no mês de dezembro, quando a taxa de progresso da doença foi de 0,18 planta/mês, enquanto no período de inverno a incidência foi muito baixa, com taxa próxima a zero.

## Abstract

ROCHA, Janilson Gonçalves, M.S. Universidade Federal de Viçosa, may, 2005. **Temporal and Spatial Dynamics of the Coffee Leaf Scorch Caused by *Xylella fastidiosa***. Adviser: Francisco Xavier Ribeiro do Vale. Committee members: Laércio Zambolim and Eunize Maciel Zambolim.

Field experiments were conducted at commercial coffee (*Coffea arabica*) areas at 'São Gotardo' and 'Ervália' counties at 'Minas Gerais' state. The assessments were done by determining the incidence, severity of Coffee Leaf Scorch (CLS), shoot growth and grain yield. On the spatial distribution study, analysis of ordinary runs, on the lines and among them, dynamic and structure of foci as well as the analysis using modified Taylor's law were done. On temporal distribution of CLS study, the real and cumulative incidence of CLS was done and the data was used to calculate the rate of the disease progress. Based on the analysis of ordinary runs and dynamic and structure of foci, aggregation of diseased plants was observed showing that its dissemination occurred mainly on planting lines. By using the modified Taylor's law, diseased plants were aggregated within the area containing the coffee plants. Based on the analysis of the dynamic and structure of foci, it was seen that diseased plants showed, at the beginning, isolated foci and later on, with an increase on disease incidence, they became more aggregated. Shoot with disease symptoms had greater growth compared to shoot without symptoms. There was a negative relationship between the yield and values grain size with the CLS severity. The maximum values for CLS incidence occurred on december when the rate of disease progress was 0.18 plant/month. However, on the winter time, disease incidence was lower with rate of progress close to zero.

## 1. Introdução

O primeiro relato de *Xylella fastidiosa* (WELLS et al., 1987) foi feito em 1892, por Newton B. Pierce, nos Estados Unidos, em videira. Entretanto, esses autores não conseguiram isolar a bactéria, porém reproduziram os sintomas da doença por inoculação, atribuindo como agente causal da doença um vírus (HOPKINS, 1977). A primeira evidência de que o agente causal não era um vírus foi obtida por Hopkins e Mortensen (1971), os quais aplicaram tetraciclina na região radicular da videira, verificando redução dos sintomas. Em 1973, a bactéria *X. fastidiosa* foi observada, por meio de microscopia eletrônica, nos elementos traqueais e no espaço intercelular do xilema em videira (GOHEEN et al., 1973). A bactéria foi classificada como pertencente ao grupo Rickettsia, devido às semelhanças morfológicas, ao não-crescimento em meio de cultura e à ampla gama de hospedeiros (GOHEEN et al., 1973; HOPKINS, 1977). Em 1987, foi criado o gênero *Xylella*, com uma única espécie, *X. fastidiosa* (WELLS et al., 1987).

Em 1975, foi relatada na Argentina a presença de *X. fastidiosa* em ameixeira (*Prunus salicina*), causando a escaldadura da folha da ameixeira (EFA) (KITAJIMA et al., 1975), doença cujo relato no Brasil data de 1978, no Rio Grande do Sul (FRENCH e KITAJIMA, 1978).

Em 1987, uma nova doença foi relatada, na cultura de citros, em São Paulo. Verificou-se que a doença, clorose variegada dos citros (CVC), foi causada por *X. fastidiosa* (ROSSETTI e DE NEGRI, 1990). Em 1993, a bactéria foi isolada e os postulados de Koch cumpridos, confirmando a etiologia da CVC (LEE et al., 1993).

A clorose variegada dos citros é uma das mais importantes doenças da citricultura no Brasil, com perdas na ordem de 145 milhões de dólares por ano (LARANJEIRA et al., 2002). Sua incidência tem aumentado no Estado de São Paulo e em parte do Triângulo Mineiro a cada ano, passando de 22%, em 1996, para 43,84% em 2004 (FUNDECITRUS, 2005). Aproximadamente 13% do custo de produção na citricultura está relacionado com a doença no Estado de São Paulo (RIGOLIN e TERSI, 1999).

No ano de 2000, *X. fastidiosa* foi seqüenciada, sendo a primeira bactéria fitopatogênica a ter a sua seqüência genômica completamente conhecida (SIMPSON et al., 2000).

Em 1995 *X. fastidiosa* foi constatada na cultura do café, no Estado de São Paulo, causando a atrofia dos ramos do cafeeiro – ARC (LIMA et al., 1996; PARADELA FILHO et al., 1997), sendo os postulados de Koch cumpridos em 1998 (LIMA et al., 1998).

A ARC também está disseminada nas principais regiões produtoras de café dos estados de Minas Gerais, do Espírito Santo, do Paraná, de Santa Catarina, da Bahia, de Goiás e do Distrito Federal (LIMA et al., 1996; LEITE JÚNIOR et al., 1997; PARADELA FILHO et al., 1997; TAKATSU et al., 2001; LEITE JÚNIOR, 2002; UENO e UESUGI, 2002; BARBOSA, 2003) .

Até o momento, não existem estudos epidemiológicos sobre a ARC, de modo que a grande maioria das pesquisas é direcionada por informações obtidas com a CVC. Diante da necessidade de conhecer a epidemiologia da ARC, a fim direcionar seu manejo, este estudo foi proposto com o objetivo de estudar a dinâmica espaço-temporal da atrofia dos ramos do cafeeiro e a produção de café em plantas com diferentes severidades da doença.

## **2. Revisão de Literatura Sobre *Xylella fastidiosa***

### **2.1. Características do Patógeno**

As células bacterianas de *X. fastidiosa* têm forma de bastonetes, parede celular ondulada, são aflageladas, gram-negativas, oxidase-negativas, catalase-positivas, hidrolisam gelatina, são negativas para indol, H<sub>2</sub>S, lipase, amilase, fosfatase e beta-galactosidase, aeróbicas estritas, não-fermentativas, não-halofílicas, não-pigmentadas e nutricionalmente fastidiosas. A temperatura ótima para seu crescimento situa-se por volta de 26 a 28 °C, com pH ótimo em torno de 6,5 - 6,9. Possuem dimensões de 0,25-0,35 x 0,9-3,5 micrômetros (WELLS et al., 1987; FRY et al., 1994; LIMA et al., 1998; CAMPANHARO et al., 2003).

O genoma da *X. fastidiosa* tem 52,75% de pares de bases GC, com cromossomo circular e dois plasmídios, sendo um com 1.285 bp e outro com 51.158 bp. O primeiro plasmídio tem duas ORFs (*open reading frames*), enquanto o segundo tem 64 ORFs (SIMPSON et al., 2000).

## 2.2. Hospedeiros e sintomas

Os principais hospedeiros de *X. fastidiosa* são: uva, alfafa, pêssigo, ameixa, amêndoa, olmo, sicômoro, carvalho, citros e café (HOPKINS, 1989; PARADELA FILHO et al., 1997). Além disso, segundo Hopkins (1989), *X. fastidiosa* pode estar envolvida em muitas doenças de etiologia ainda desconhecida. No Brasil, esta bactéria é o agente etiológico da clorose variegada dos citros, atrofia dos ramos dos cafeeiros e escaldadura da folha da ameixeira.

A CVC inicia-se com manchas cloróticas na face superior da folha, correspondendo a pontos marrom-claros na face inferior, progredindo para necrose marrom-escura, com o coalescimento das manchas. Os frutos são pequenos e extremamente firmes e a planta pode apresentar paralisação do crescimento, porém dificilmente morre, mantendo-se improdutiva (FEICHTENBER et al., 1997).

A ARC aparece em plantas de cafeeiros com idade variando de 3,5 a 4,5 anos, em lavouras comerciais; porém, torna-se mais uniforme a partir de 8 a 10 anos de idade das plantas (TAKATSU et al., 2001). O sintoma típico da doença é a presença de ramos com internódios curtos, semelhante a uma atrofia (PARADELA FILHO et al., 1997; QUEIROZ-VOLTAN et al., 1998). Os demais sintomas são: queda prematura das folhas velhas; tufo de folhas pequenas, cloróticas e deformadas, semelhante ao sintoma de deficiência de zinco, nas extremidades dos ramos; menores pecíolos e área foliar; redução da quantidade e do tamanho dos frutos; florescimento precoce; morte dos ramos laterais e aparecimento de varetas (PARADELA FILHO et al., 1997; QUEIROZ-VOLTAN et al., 1998; PARADELA FILHO et al., 1999; LEITE JÚNIOR e NUNES, 2003). Outro sintoma que pode ser observado, em algumas regiões, é a queimadura na borda do limbo foliar. Devido a esse fato, inicialmente, foi sugerido o nome "requeima do cafeeiro" para a doença (LIMA et al., 1996).

Segundo Queiroz-Voltan et al. (1998), os ramos com sintomas externos da ARC apresentam maior porcentagem de vasos obstruídos do que os sem sintomas, diminuindo a porcentagem de obstrução dos vasos a partir do pecíolo, no limbo, no caule até nas raízes. Esses autores também verificaram que não há correlação entre porcentagem de obstrução dos vasos do xilema e os sintomas externos, indicando que, provavelmente, outros fatores estariam interagindo. A concentração de *X. fastidiosa* no xilema apresenta correlação com o encurtamento de internódios, apesar de haver entrenós curtos com baixa concentração ou mesmo sem a visualização da bactéria (TAKATSU et al., 2001).

A queima das folhas de cafeeiro, causada por *X. fastidiosa*, pode ser confundida com a queima devida a baixas temperaturas ou a deficiência ou excesso de potássio. Porém, em baixa temperatura, a escaldadura começa pelas folhas jovens e continua pelas semimaduras e maduras. A necrose causada pela deficiência ou pelo excesso de potássio inicia-se pelas margens das folhas, aquela devida à queimadura causada por *X. fastidiosa* começa na região apical das folhas maduras (LI et al., 2001). A deficiência de zinco provoca o encurtamento de alguns internódios, enquanto o sintoma provocado por *X. fastidiosa* induz a encurtamento uniforme deles (LI et al., 2001).

Outros sintomas, como deformação da folha, desfolha e redução do vigor da planta, também podem ser causados também por estresse hídrico, nematóides, deficiência nutricional e outras doenças ou por insetos (LI et al., 2001).

O tabaco (*Nicotiana tabacum*) e a vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don) são hospedeiros de interesse para os estudos com *X. fastidiosa*. Com a seqüência de duas inoculações, aos 30 e 45 dias, os primeiros sintomas são observados na sexta semana após a segunda inoculação em tabaco, enquanto plantas de citros apresentam sintomas apenas após três a seis meses (LOPES et al., 2000). No tabaco, os sintomas são caracterizados por lesões pequenas e escuras de coloração laranja, nas margens das folhas velhas, que posteriormente coalescem (LOPES et al., 2000). Em vinca, os primeiros sintomas são observados dois meses após a inoculação. Caracterizam-se, inicialmente, pela redução e deformação das folhas jovens, paralisação do

crescimento das plantas e, posteriormente, por severa clorose nas folhas (MONTEIRO et al., 2001).

*Xylella fastidiosa* também pode ser detectada em plantas daninhas, como: almeirão-do-cafezal (*Hypochoeris brasiliensis* Griseb.), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), capim quicuío (*Pennisetum clandestinum* Hochst.), dente-de-leão (*Taraxacum officinale* Weber), poaia branca (*Richardia brasiliensis* Gomes), rubim (*Leonurus sibiricus* L.), apaga-fogo (*Alternanthera tenella* Colla), trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.), picão preto (*Bidens pilosa* L.), erva-de-santa-luzia (*Euphorbia hirta* L.), capim braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf), capim carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.), capim-colchão (*Digitaria horizontalis* Willd.), capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Mea ex Ekman), erva-quente (*Spermacoce latifolia* Aubl.), capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc.), maria-pretinha (*Solanum americanum* Mill.); entretanto nenhuma destas apresentam sintomas (LEITE et al., 1997b; LOPES et al., 2003).

### 2.3. Translocação

*Xylella fastidiosa* é limitada ao xilema, assim, a translocação pelo sistema vascular da planta hospedeira é essencial para a sua sobrevivência e está relacionada com a agressividade (HOPKINS, 1984). Foi verificado, em videira, que a estirpe agressiva colonizou, em apenas oito semanas após a inoculação, o ápice da planta até o 17º internódio, enquanto a estirpe pouco agressiva também se translocou rapidamente, porém, mesmo após cinco semanas, permaneceu próximo ao décimo internódio. Por outro lado, a estirpe avirulenta foi recuperada somente no internódio, onde foi inoculada uma semana depois, não sendo mais detectada (FRY e MILHOLLAND, 1990).

A agressividade de *X. fastidiosa* depende não só da translocação, mas do grau de resistência e da idade do hospedeiro, uma vez que a bactéria aparentemente se multiplica melhor em plantas mais velhas (HILL e PURCELL, 1995b). Esses autores sugerem que a movimentação sistêmica depende da multiplicação da população bacteriana, ou seja, concentrações maiores que 10<sup>7</sup> unidades formadoras de colônias/grama (ufc/g).

A distribuição da bactéria na planta varia de acordo com o hospedeiro. Em cafeeiro, ela encontra-se distribuída por toda a planta (LIMA et al., 1996), confirmando a sua translocação descendente, como em citros. Em pessegueiro, *X. fastidiosa* é encontrada preferencialmente nas raízes e não é detectada em altas concentrações na parte aérea (WELLS et al., 1980). Já em ameixeira, a bactéria ocorre em altas concentrações na parte aérea da planta (LEITE et al., 1997a). Essas características parecem estar relacionadas com o tipo de sintoma causado na planta. No pessegueiro, observa-se somente o enfezamento, o que pode estar relacionado com a colonização preferencial das raízes. Em plantas nas quais a bactéria se encontra distribuída com maior uniformidade ou em maiores concentrações na parte aérea, observam-se sintomas foliares, por exemplo requeima ou clorose variegada, como em citros e café (PURCELL e HOPKINS, 1996).

Em citros, foi demonstrado que, após a primeira semana da inoculação, *X. fastidiosa* foi detectada quatro centímetros abaixo e acima do ponto de inoculação. Após 16 semanas da inoculação, a bactéria era encontrada em 33% das folhas e a 30 cm acima do ponto de inoculação, indicando o seu movimento sistêmico na planta (ALMEIDA et al., 2001). A população de *X. fastidiosa* nas folhas de laranjeira infectada é de 100 a 1.000 vezes menor que em videira (ALMEIDA et al., 2001).

A translocação de *X. fastidiosa*, da parte aérea para o sistema radicular, em plantas de citros, não necessariamente está relacionada com sintomas ou severidade na parte aérea (HE et al., 2000). Em citros, pode ocorrer transmissão natural da bactéria pelas raízes das plantas. A transmissão de *X. fastidiosa* de uma planta infectada para uma sadia, por meio do plantio em um mesmo vaso, em condições controladas, alcançou 31% de eficiência (HE et al., 2000). Os mesmos autores comentam a possibilidade da transmissão natural em cafeeiro, já que a estirpe causadora da ARC tem relação direta com a da CVC. Além disso, o café é plantado com a distância menor que um metro entre plantas na linha, enquanto no plantio de citros essa distância está em torno de cinco metros.

Em citros infectados, foi detectada a presença de *X. fastidiosa*, na casca e no endocarpo em 80% dos frutos e em 50% deles na membrana locular (LI et

al., 2003). Além disso, os mesmos autores afirmam que *X. fastidiosa* é transmissível pela semente, ou seja, das mudas oriundas de sementes infectadas com CVC, 23,6% tiveram resultado positivo. Na semente, embora não houvesse diferença sintomática entre as sementes sadias e infectadas, observou-se diferença no peso e na taxa de germinação (LI et al., 2003). Em plantas de café não foi constatada a transmissão da bactéria via semente, mesmo a bactéria estando presente nela (YORINORI et al., 2000).

A bactéria se distribui desuniformemente na planta, formando agregados e acumulando-se em algumas partes específicas da planta. Em razão dessa característica, observa-se diferença significativa entre as amostras em uma mesma planta (HOPKINS, 1989; PURCELL e HOPKINS, 1996; YORINORI et al., 2003).

#### **2.4. Vetor**

Os principais agentes de transmissão de *X. fastidiosa* pertencem à subordem Homoptera, família Cicadellidae, sendo as principais espécies vetoras para citros as cigarrinhas: *Dilobopterus costalimai* Young, *Acrogonia citrina* Marucci e Caviocchioli, *Oncometopia facialis* Young, *Bucephalagonia xanthophis* Berg, *Plesiommatia corniculata* Young, *Macugonalia leucomelas* Walker, *Sonesimia grossa* Signoret, *Ferrariana trivittata* Signoret, *Homalodisca ignorata* Walker, *Acrogonia virescens* Metcalf e *Parathona gratiosa* Blanchard (ROBERTO et al., 1996; FUNDECITRUS, 2005). Essas 11 espécies já foram encontradas alimentando-se em plantas de cafeeiro (PARADELA FILHO et al., 1997; PARADELA FILHO et al., 1999; ALBUQUERQUE et al., 2000; MENEGUIM et al., 2000; SANTA-CECÍLIA et al., 2000; LOVATO et al., 2001; MARUCCI et al., 2001). Também já foi relatada a presença da bactéria em cigarras, como *Dorisiana viridis* Stal, *D. drewseni* Oliv. e *Carineta matura* Distant, por meio de PCR, em lavouras de café, com eficiência de 3,96% na transmissão de *X. fastidiosa* por *D. viridis* (PAIÃO et al., 2003).

Com o objetivo de identificar os possíveis sítios de retenção da bactéria em cigarrinhas, foram efetuadas análises ao microscópio eletrônico de varredura, quando foram observadas células bacterianas aderidas pela parte lateral na câmara do cibário (sulco longitudinal, parede lateral e membrana do

diafragma) de *A. citrina* e *O. fascialis* e no canal apodeme de *D. costalimai* e na parte polar no pré-cibário de *O. fascialis* (ALVES et al., 2003).

As taxas de transmissão da bactéria em plantas de café e de citros por cigarrinha *D. costalimai* são de 6,2 e 6,4%, respectivamente (MARUCCI et al., 2001). Em contraste, a transmissão de *X. fastidiosa* em videira pela cigarrinha *Graphocephla atropunctata* tem eficiência superior a 90% (PURCELL e FINLAY, 1979). As diferenças nas taxas de transmissão por diferentes espécies de cigarrinhas ainda não estão elucidadas. Especulam-se que essa taxa esteja diretamente ligada à capacidade do inseto de acumular a bactéria no pré-cibário e à concentração de *X. fastidiosa* nas plantas (HILL e PURCELL, 1995a; REDAK et al., 2004).

Em lavouras de café, *O. fascialis* ocorre com populações relativamente elevadas, sendo considerada uma espécie abundante e constante, presente em mais de 50% das coletas. Por outro lado, *D. costalimai* também é considerada uma espécie constante, enquanto que as demais são raras (SANTA-CECÍLIA et al., 2000). Segundo os mesmos autores, houve diferença em relação ao número de insetos coletados em áreas com ou sem a presença de plantas daninhas.

No período de verão e início das chuvas, foi observado maior número de insetos em lavouras de café, já a partir do mês de julho houve uma redução no número de insetos, coincidindo com o período mais seco do ano (SAN JUAN et al., 2000; SANTA-CECÍLIA et al., 2000).

Segundo Maruyama et al. (2002), a distribuição das cigarrinhas em uma área de citros ajusta-se à distribuição binominal negativa, com a disposição do inseto tendendo à agregação. Assim, quanto menor a média de infestação de insetos, maior deve ser o número de armadilhas para obter-se a mesma precisão. Em pomares de citros, já foram encontradas as 11 espécies transmissoras, sendo as mais abundantes: *O. fascialis*, *D. costalimai*, *B. xanthophis* e *Acrogonia* sp. Estas espécies são também consideradas constantes, pois estão presentes em 100% das coletas. Além disso, as espécies transmissoras da *X. fastidiosa* representam de 9 a 21% das espécies coletadas (LOPES et al., 2003).

Em pomares de ameixa, foi detectada *X. fastidiosa* nos seguintes cicadelídeos: *Agallia* spp. (duas espécies), *Balclutha Hebe* Kirk., *Bucephalogonia xanthophis* Berg, *Chlorotettix minimus* Baker, *Exitianus obscurinervis* Stal, *Haldorus* sp. e *Plesiommata corniculata* Young; e nos cercopídeos: *Deois schach* F. e *Deois flavopicta* Stal (HICKEL et al., 2001).

Todas as espécies de cigarrinha citadas podem adquirir e transmitir a bactéria sem um período latente ou sem a colonização do precibário ou cibário do inseto e perdem a capacidade de transmiti-la após a ecdise (PURCELL e FINLAY, 1979; BRLANSKY et al., 2002).

## **2.5. Estudos espaciais e temporais**

### **2.5.1. Estudo de padrão espacial**

O padrão de distribuição espacial de plantas doentes é classificado em três tipos: regular, ao acaso e agregado (CAMPBELL e MADDEN, 1990). A distribuição regular ocorre quando a doença está distribuída uniformemente dentro da área, ou seja, as plantas doentes estão equidistantes umas das outras em toda a área. Na distribuição ao acaso, as plantas doentes estão distribuídas aleatoriamente, independentemente da disseminação da doença. Já na distribuição agregada, as plantas doentes estão distribuídas em grupos (reboeiras), verificando-se a dispersão da doença a partir da fonte de inóculo para plantas próximas (CAMPBELL e MADDEN, 1990).

Na análise espacial, utilizam-se principalmente três tipos de análises (CAMPBELL e MADDEN, 1990): análise fundamentada na disposição da planta sadia ou doente na linha ou na seqüência de linhas; análise baseada em *quadrats*; e análise de medidas de distância.

No estudo de plantas doentes nas linhas ou nas entrelinhas de plantio, destaca-se a análise de *ordinary runs*. Um *run* é a sucessão de uma ou mais plantas doentes ou sadias (CAMPBELL e MADDEN, 1990). Por meio desta análise, compara-se o número de runs observado com o número esperado, sob a hipótese de que as plantas doentes estão distribuídas aleatoriamente.

Na análise baseada em *quadrats*, têm-se: mapas, comparação com distribuições estatísticas, índice de dispersão, variância de *quadrats*,

autocorrelação espacial e ajuste a lei de Taylor (CAMPBELL e MADDEN, 1990; BERGAMIN FILHO et al., 2004).

Os mapas em duas ou três dimensões são importantes para a observação e a percepção de relações entre dados e variáveis, como fatores edáficos, hídricos e fonte de inóculos (CAMPBELL e MADDEN, 1990; BERGAMIN FILHO et al., 2004). Com a utilização de programas apropriados, podem-se observar áreas isópatas, ou seja, áreas com mesma intensidade de doença (LARANJEIRA, 1997; 2002).

Na comparação com distribuição estatística, é determinado o número de plantas doentes em cada *quadrat* e, assim, calculada a distribuição de freqüência. A área que tiver a freqüência observada semelhante à distribuição binomial (esperada) é considerada como padrão espacial ao acaso (MADDEN e HUGHES, 1995; BERGAMIN FILHO et al., 2004).

Os índices de dispersão (relação variância/média, índice de Lloyd, índice de Morisita, etc.) são determinados pelas relações entre variância e média do conjunto de dados, indicando a regularidade dos resultados na área avaliada (BERGAMIN FILHO et al., 2004). Índices de dispersão baseados na distribuição de Poisson não devem ser usados para verificação de incidência (principalmente maior que 20%), pois os dados binários seguem a distribuição binomial e não de a Poisson (MADDEN e HUGHES, 1995).

A lei de Taylor consiste em relacionar linearmente o logaritmo da variância observada e o logaritmo da média, a partir de dados de distribuição espacial de diversas populações de uma espécie. O parâmetro  $b$  ( $b > 1$ ) é o indicativo de agregação (TAYLOR, 1961; 1984). Madden e Hughes (1995) demonstraram a inadequação da lei de Taylor para incidência da doença e propuseram uma modificação. Assim, a lei de Taylor modificada consiste em relacionar através da regressão linear o logaritmo da variância observada e o logaritmo da variância binomial.

A análise de dinâmica e estrutura de focos foi desenvolvida com objetivo de superar as imprecisões estatísticas da análise bidimensional de distância (2dclass) para caracterizar padrão espacial de incidência (NELSON, 1996). Essa análise não está incluída nos três tipos citados anteriormente. Considera-se pertencente a um foco comum uma planta doente adjacente a outra também

doente, lateral ou diagonalmente (NELSON, 1996). Determina-se em cada avaliação o número de focos (NF), o número de plantas por foco (NPF) o número máximo de linhas (L) e colunas (C) ocupadas por um foco (NELSON, 1996). A partir dessas informações, podem-se calcular o número de focos unitários por 1.000 plantas (NFUM), o número de focos por 1.000 plantas (NFM), o número de reboleiras por 1.000 plantas (NRM), o número médio de plantas por foco (NMPF), a porcentagem de focos unitários, o índice médio de forma de foco (IFF) e índice médio de compactação de foco (ICF) (NELSON, 1996; LARANJEIRA, 1997; 2002; JESUS JUNIOR e BASSANEZI, 2004).

A literatura acerca da dinâmica espacial da CVC, existem dois trabalhos detalhados nos quais se empregaram as seguintes análises: seqüências ordinárias; vizinho mais próximo, áreas isópatas, lei de Taylor modificada, índice de dispersão e análise de dinâmica e estrutura em focos (LARANJEIRA, 1997; 2002). Com base no teste das seqüências ordinárias, foi constatada baixa proporção de linhas de plantio com agregação significativa de plantas doentes, indicando que não há influência de máquinas na disseminação da doença. Os resultados dos testes do vizinho mais próximo, índice de dispersão e lei de Taylor modificada mostraram a presença de agregação de plantas doentes, quando considerado o talhão como um todo. Além disso, o resultado da análise de áreas isópatas mostrou tendência de agregação de plantas doentes localizadas nas bordas. Laranjeira et al. (2004), aplicando os mesmos estudos em diferentes regiões, relatam pouca diferença na distribuição espacial, em diferentes regiões de São Paulo, sendo considerado o padrão de distribuição da CVC levemente agregado.

Na cultura do café, Barbosa (2003), trabalhando com seqüências ordinárias, índice de dispersão e análise de dinâmica e estrutura em foco, considerando a área como um todo, observou tendência de agrupamento, com evidências de distribuição aleatória em áreas mais novas, no início da epidemia.

### 2.5.2. Estudo temporal

A curva de progresso da doença é a melhor forma de representar uma epidemia, normalmente expressa na proporção de doença em função do tempo (BERGAMIN FILHO e AMORIM, 1996; JESUS JUNIOR et al., 2004). Essa curva pode ser construída em qualquer patossistema e por meio dela podem-se caracterizar as interações entre o hospedeiro, o patógeno e o ambiente. Assim, é possível avaliar estratégias de controle, fazer previsão de níveis futuros de doença e verificar simuladores (BERGAMIN FILHO e AMORIM, 1996; JESUS JUNIOR et al., 2004).

Analisando a curva de progresso da doença, obtêm-se muitas informações valiosas, como a época de início da epidemia, quantidade de inóculo inicial, taxa de progresso da doença ( $r$ ), intensidade máxima da doença, forma da curva de progresso e duração da epidemia (JESUS JUNIOR et al., 2004). Para obter todas essas informações, é necessário ajustar um modelo aos dados.

Os modelos são apenas simplificações da realidade, pois dificilmente fórmulas matemáticas irão expressar com detalhes os resultados encontrados na natureza. Entretanto, apesar de suas limitações, eles são úteis na comparação de epidemias, na distinção de variedades, na aplicação de tratamentos e adoção de técnicas de manejo. Assim, gerar modelos de previsão e auxiliar na quantificação de danos e perdas (BERGAMIN FILHO, 1995).

Os principais modelos não-lineares utilizados no estudo do progresso das doenças são o Exponencial, Logístico, de Gompertz e Monomolecular. A escolha do modelo deve ser feita com base no maior coeficiente de regressão ( $R^2$ ), menor valor de quadrado médio do resíduo e gráfico dos resíduos sem tendência, com valores mais próximos de zero (CAMPBELL e MADDEN, 1990; BERGAMIN FILHO, 1995; JESUS JUNIOR et al., 2004). Os modelos com mais parâmetros são mais flexíveis do que os com apenas um parâmetro, porém modelos com muitos parâmetros são difíceis de serem ajustados e interpretados. Além disso, exigem maior número de observações, no mínimo três por parâmetro (JESUS JUNIOR et al., 2004).

Em 1992, foi feito o primeiro relato de progresso da CVC no tempo, quando Palazzo e Carvalho (1992), avaliando folhas de ramos marcados, relataram alta incidência e severidade no período de setembro a março. Posteriormente, Laranjeira (1997) acrescentou que o modelo Logístico com cinco parâmetros foi o que melhor explicou o progresso da CVC em vários talhões avaliados no Estado de São Paulo. Além disso, o mesmo autor verificou que as derivadas apresentaram formatos de dois picos da doença nos períodos de primavera e verão, enquanto nos períodos de outono e inverno a doença não evoluiu.

## **2.6. Controle**

Em citros, para a cultura conviver com a CVC, recomendam-se três medidas: uso de mudas sadias, controle químico das cigarrinhas e poda de ramos com sintomas ou eliminação de plantas severamente afetadas (FUNDECITRUS, 2005). O uso de mudas sadias consiste no primeiro passo visando a exclusão do patógeno, devendo-se adquirir mudas de viveiros protegidos por tela e nas quais se utilizaram borbulhas certificadas. A poda de ramos com sintomas de CVC em plantas com mais de três anos de idade é fundamental para que a doença não se dissemine e ocorra redução de fonte de inóculo. Já as plantas com menos de três anos de idade devem ser erradicadas, pois neste caso a poda não é eficiente. O controle químico de cigarrinhas tem de ser realizado com critério, fazendo-se monitoramento periódico. Assim, quando são constatadas 10% de plantas do talhão com cigarrinhas, independentemente da espécie, faz-se a aplicação de produtos (FUNDECITRUS, 2005).

A poda na cafeicultura tem se mostrado uma medida promissora; seja qual for o método utilizado, as brotações advindas após esta prática normalmente são vigorosas, sem sintomas de doença e não possuem massas de bactérias nos extratos do xilema (TAKATSU et al., 2001). Além disso, Takatsu et al. (2001) verificaram que, quando foi realizada poda drástica, massas de bactérias surgiram apenas após três anos e quando feita a poda de esqueletamento, após dois anos.

### 3. Material e Métodos

#### 3.1. Localização e demarcação da área experimental

Os experimentos foram instalados em lavouras comerciais de café, nos municípios de São Gotardo e Ervália, no Estado de Minas Gerais, com altitude de 1.055 e 730 metros, respectivamente. Em São Gotardo, os experimentos foram instalados na fazenda Matutina, BR-354 km 17, de propriedade de Elder Moura, em cultura de *Coffea arabica* L., 'Catuaí', com cinco anos de idade e em espaçamento de 3,8X0,7 m. Foram demarcados dois experimentos nessa propriedade (Figura 1). O primeiro foi instalado em abril de 2003, em um talhão de 7.711 plantas, distribuídas em 38 linhas, com diferentes números de plantas em cada linha, sendo 304 plantas na primeira e 98 na última. O segundo foi instalado em março de 2004, num talhão com 6.000 plantas, distribuídas em 20 linhas. No município de Ervália, o experimento foi instalado em maio de 2003, no Sítio das Palmeiras Imperiais, de propriedade de Felix Alberto Nacif, localizado a 10 Km de Ervália, na estrada Ervália-Cariço. O experimento foi montado num talhão de 994 plantas de *C. arabica* L., 'Catuaí', com quatro anos de idade, oriundas de plantas recepadas, distribuídas em 15 linhas, com número diferente de plantas em cada linha, cultivadas em curva de nível (Figura 2).

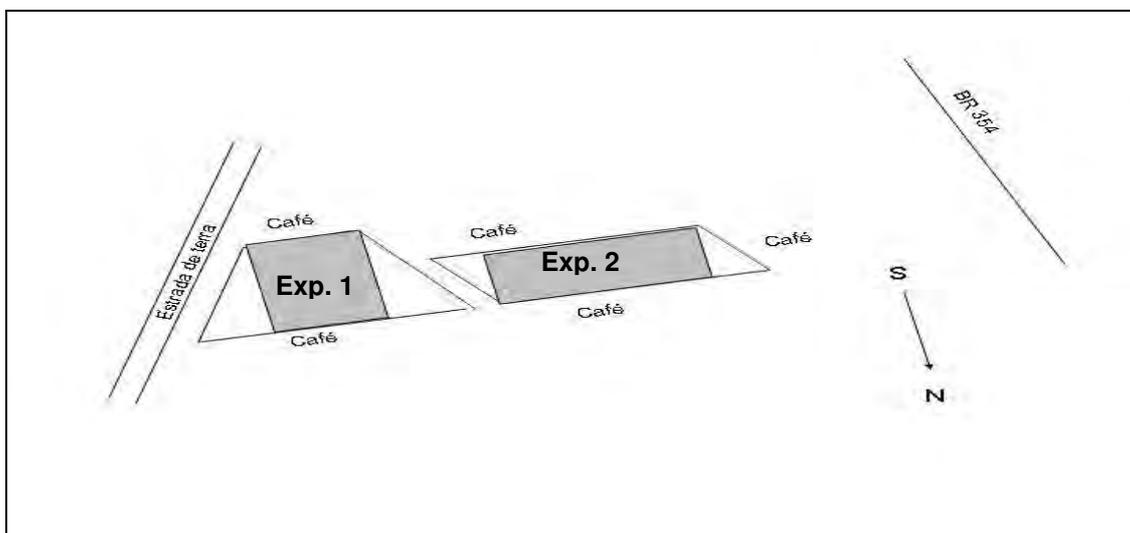


Figura 1 - Mapa de localização das áreas experimentais no município de São Gotardo: Experimento 1 (2,0 ha) e experimento 2 (1,6 ha). Retângulos escuros representam locais onde foram feitos os estudos de áreas isópatas.

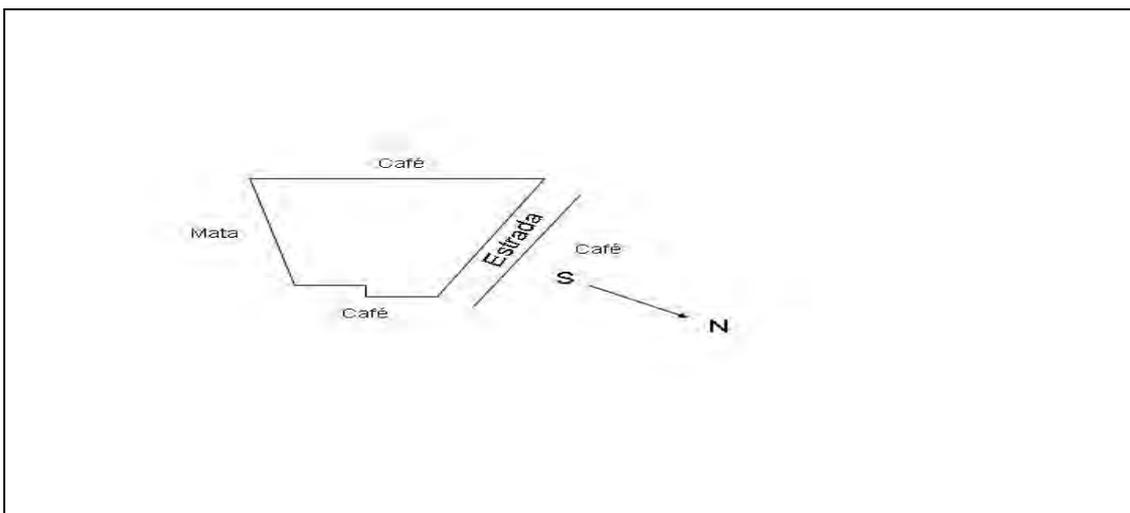


Figura 2 - Mapa de localização da área experimental no município de Ervália (0,3 ha).

### 3.2. Avaliações

As avaliações de ARC constaram de determinação de incidência, severidade, crescimento dos ramos e produção de grãos.

As avaliações de incidência da ARC foram realizadas a cada dois meses, sendo todas as plantas das áreas demarcadas checadas quanto a presença de sintoma típico da ARC, ou seja, ramos com internódios curtos e uniformes, com folhas menores e próximas entre si. A presença de *X. fastidiosa* em plantas com sintoma típico foi confirmada, no início dos trabalhos, por meio dos testes ELISA (*Enzyme-linked Immunosorbent Assay*) e PCR (*Polimerase Chain Reaction*) (POOLER e HARTUNG, 1995; PARADELA FILHO et al., 1997). A determinação da incidência da doença foi feita seguindo as linhas de plantio. Consideraram-se doentes as plantas que apresentaram mais de três ramos com sintomas, em qualquer parte, não considerando as avaliações anteriores.

Os dados de incidência obtidos foram tabulados no programa Excel, sendo as plantas assintomáticas consideradas iguais a 0 e as sintomáticas iguais a 1. Foram gerados mapas que serviram para estudo da lei de Taylor modificada, análise de *ordinary runs*, análise de dinâmica e estrutura de foco e estudo de áreas isópatas.

A severidade foi avaliada em 10 plantas marcadas em cada linha de plantio, em intervalo de 60 dias, na seguinte ordem: planta 10, planta 20, planta 30, e assim, sucessivamente, até completar 10 plantas em cada linha de plantio. Para essa avaliação foi utilizada uma escala diagramática (Figura 3).

### 3.3. Escala diagramática da severidade

A escala diagramática da severidade foi elaborada com auxílio do programa QUANT (LIBERATO, 2003), com o objetivo de quantificar a área exata que representava a porcentagem de ramos com sintomas da doença na planta. A escala foi composta de seis graus, sendo I=0%, II=3%, III=6%, IV=12%, V=25% e VI=50% de severidade (Figura 3).

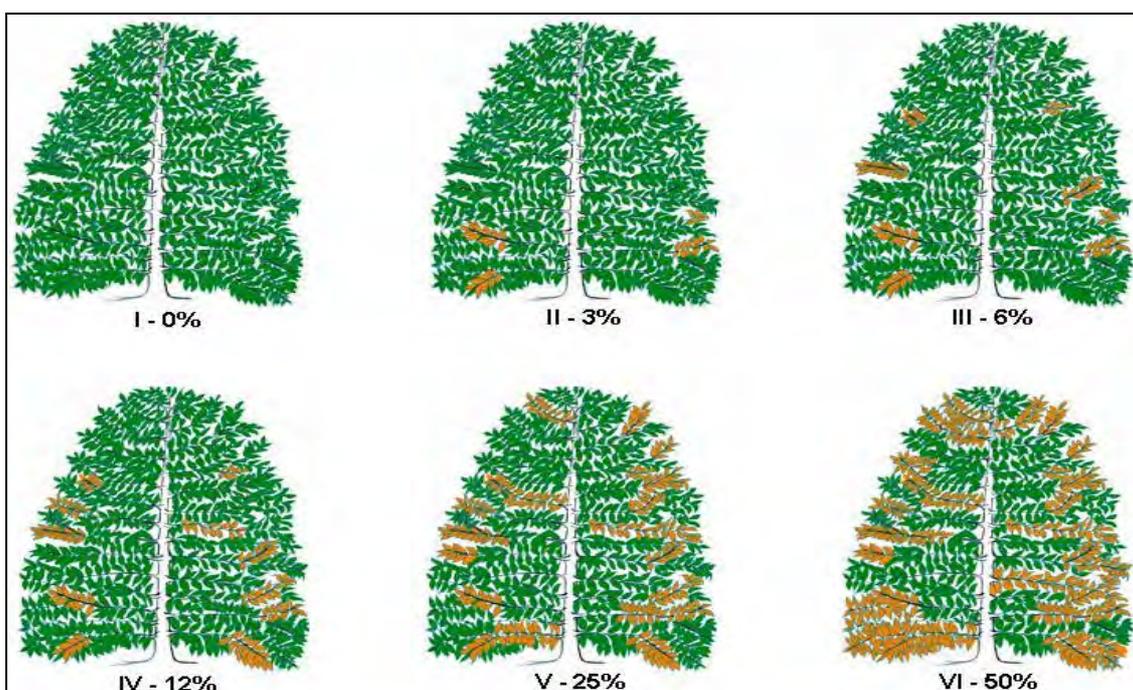


Figura 3 - Escala diagramática da atrofia dos ramos do cafeeiro.

### 3.4. Avaliação do crescimento de ramos

O crescimento dos ramos com sintomas e dos sem sintomas foi avaliado no período de fevereiro a junho de 2004, nas mesmas plantas marcadas para a determinação da severidade da doença. Foram marcados e medidos quatro

ramos, dois de cada lado da planta e, quando possível, dois com sintomas e dois sem sintomas. A análise de comparação da diferença do crescimento de ramos (com e sem sintomas) foi feita por meio do Teste t.

### **3.5. Avaliação de produção**

Foi feita em 60 plantas marcadas dentre as avaliadas quanto à severidade da doença, em um talhão de 7.711 plantas. Essas plantas foram definidas conforme a severidade da doença em janeiro de 2004, tendo-se colhido os frutos de 12 plantas com cada grau de severidade (I a V), de acordo com a escala diagramática. Quando 90% dos frutos estavam no estágio de cereja, os frutos de cada planta foram colhidos, pesados e beneficiados separadamente, com o objetivo de quantificar a produção (café beneficiado), o tamanho dos grãos (tipo de peneira) e o rendimento.

Na quantificação da produção, os grãos foram colhidos e pesados, retirando-se uma amostra de 1,2 Kg/planta para secar. Após a secagem, as amostras foram beneficiadas e pesadas. O valor obtido foi convertido em sacas de café beneficiado por hectare, considerando-se o espaçamento da cultura de 3,8X0,7 m e o saco de 60 Kg.

Na análise do rendimento, foi estimada uma relação do índice de rendimento (peso do café beneficiado/peso do café com a casca) com a severidade da doença por meio de regressão linear.

Para a quantificação do tamanho dos grãos, após o beneficiamento, as amostras foram passadas em uma peneira nº 16. Os grãos que permaneceram na peneira foram pesados e os resultados obtidos foram padronizados proporcionalmente para 240 gramas de café beneficiado por planta. Com o resultante obtido, fez-se uma regressão linear com a severidade de ARC (variável independente).

### **3.6. Dados climatológicos**

Os dados climatológicos foram obtidos na estação climatológica da Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba (COOPADAP). Foram consideradas a média da umidade relativa, a precipitação pluvial mensal e as temperaturas média, mínima e máxima.

### 3.7. Análise espacial da atrofia dos ramos do cafeeiro

#### 3.7.1. Análise de *ordinary runs*

Foi determinado, em cada experimento e avaliação, o percentual de agrupamento significativo de plantas doentes nas linhas de plantio e nas entrelinhas. Para isso, foi contado o número de *runs* (U) e calculado o número esperado de *runs* – E(U), o desvio-padrão de *runs* – S (U) e o teste normal-padrão Z – Z(U), considerando-se a hipótese de nulidade de que as plantas doentes estejam distribuídas de forma aleatória, segundo as equações (MADDEN et al., 1982; CAMPBELL e MADDEN, 1990):

$$E(U) = 1 + \frac{2m(N-m)}{N}$$

$$s(U) = \left( \frac{2m(N-m)(2m(N-m)-N)}{N^2(N-1)} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$Z(U) = \frac{(U - E(U))}{s(U)}$$

em que m é o número de plantas doentes na linha e N é o número total de plantas por linha.

Valores de Z menores que -1,64 (p=0,05) indicam rejeição da hipótese de aleatoriedade (plantas doentes distribuídas aleatoriamente) em favor da hipótese alternativa (plantas doentes distribuídas em agregados ou reboleiras)

#### 3.7.2. Análise de dinâmica e estrutura de focos

A análise de dinâmica e estrutura de focos foi realizada a partir dos mapas de incidência obtidos por meio das avaliações feitas nos experimentos. Foi considerada como pertencente a um foco comum uma planta doente adjacente a outra também doente, lateral ou diagonalmente (NELSON, 1996). O número de focos (NF), o número de plantas por foco (NPF) e o número máximo de linhas (L) e colunas (C) ocupadas por um foco foram determinados de acordo

com a metodologia de Nelson (1996), Laranjeira (1997) e Jesus Junior e Bassanezi (2004) . Assim, foram calculados o índice médio de forma de foco (IFF) e o índice médio de compactação de foco (ICF), seguindo-se as seguintes funções:

$$IFF=(L/C)NF$$

$$ICF=(NPF/(L*C))/NF$$

Os valores de IFF maiores que 1 indicam focos com maior comprimento nas entrelinhas de plantio (colunas); os valores menores que 1 indicam maior comprimento nas linhas de plantio; e os valores iguais a 1 significam focos mais compactos (NELSON, 1996).

Valores de ICF iguais a 1 indicam focos mais compactos, ou seja, há maior proximidade de plantas doentes no mesmo foco (NELSON, 1996).

Também foram calculados os números médios de plantas por foco (NMPF). Com finalidade didática, os focos com apenas uma planta foram considerados focos unitários e focos com mais de uma planta, considerados reboleiras. Para eliminar a influência dos focos unitários no número médio de plantas por foco, foi calculado o número médio de plantas por reboleira (NMPR).

Para padronizar as análises e, assim, obter valores comparáveis, o número de focos unitários totais e o de reboleiras foram transformados para focos por 1.000 plantas. Dessa forma, os dados puderam ser analisados em conjunto.

### **3.7.3. Análise utilizando a lei de Taylor modificada**

Os mapas obtidos por meio das avaliações de incidência foram divididos em *quadrats* por meio de fórmulas, com auxílio do programa do Excel. Na primeira divisão, os *quadrats* foram compostos de duas linhas por 10 plantas ao longo das linhas, totalizando 20 plantas por *quadrat*. Na segunda divisão, usou-se uma linha por 20 plantas na linha. Já na terceira divisão, foram usadas cinco linhas por cinco plantas na linha, sendo o total de 25 plantas por *quadrat*. Assim, foi determinado o número de plantas sintomáticas no *quadrat* e definida a incidência da doença na área (p). A variável p representa a estimativa da

probabilidade de uma planta estar doente (MADDEN e HUGHES, 1995), podendo ser obtida pela equação

$$p = \frac{\sum x_i}{nN}$$

em que  $\sum x_i$  é o somatório do número de plantas doentes em cada *quadrat*  $i$ ,  $n$  é o número de plantas em cada *quadrat* e  $N$ , o número total de *quadrats* em cada área. Devido às dimensões irregulares, apenas os *quadrats* que tinham o número completo de plantas foram selecionados.

A partir dos dados obtidos em cada avaliação, foram calculadas, para os experimentos, a variância observada ( $V_{obs}$ ) e a variância binomial esperada ( $V_{bin}$ ), nos três tamanhos de *quadrats*, pelas equações (HUGHES e MADDEN, 1992; MADDEN e HUGHES, 1995)

$$V_{obs} = \frac{\sum (x_i - np)^2}{n^2(N-1)}$$

$$V_{bin} = \frac{p(1-p)}{n}$$

em que  $x_i$  é o número de plantas doentes em cada *quadrat*  $i$ ,  $n$  é o número de plantas em cada *quadrat*,  $N$  é o número total de *quadrats* em cada área e  $p$ , a estimativa da probabilidade de que uma planta esteja doente.

A lei de Taylor modificada consiste em relacionar, por meio da regressão, a variância observada e a variância esperada para uma distribuição aleatória. (MADDEN e HUGHES, 1995). Assim, tem-se a equação

$$\log (V_{bin}) = \log (A) + b \log (V_{obs})$$

sendo  $A$  e  $b$  parâmetros.

As regressões foram feitas por meio do método dos quadrados mínimos, utilizando-se o programa *Statistica* 6.0. Como variável independente, foi considerado o logaritmo da variância binomial estimada ( $\log (V_{bin})$ ) e como variável dependente, o logaritmo da variância observada ( $\log (V_{obs})$ ). A significância das relações entre o  $\log (V_{bin})$  e  $\log (V_{obs})$  foi determinada pelo teste  $F$ . A adequação do ajuste do modelo aos dados foi determinada por meio dos valores dos coeficientes de determinação e dos padrões de distribuição

dos resíduos (MADDEN e HUGHES, 1995). Além disso, também foi observada a normalidade dos resíduos.

No parâmetro  $b$ , foi testada a sua igualdade a 1 pelo teste  $t$  (MADDEN e HUGHES, 1995), usando-se a estimativa do parâmetro e o seu erro-padrão. Valores de  $b=1$  e  $A= 1$  ( $\log (A)= 0$ ) foram considerados como indicativos de aleatoriedade, com a significância de 5% de probabilidade, e os valores de  $b>1$  e  $A>1$  como indicativos de agregação (MADDEN e HUGHES, 1995; BERGAMIN FILHO et al., 2004).

#### **3.7.4. Determinação de áreas isópatas**

A determinação das áreas isópatas de cada experimento e a sua avaliação foi feita com auxílio do programa *Statistica* 6.0, através do procedimento de uniformização dos quadrados mínimos, ponderado pela distância (LARANJEIRA, 1997; 2002). Foi usada uma matriz dos valores não-transformados de proporção de plantas doentes de cada *quadrat* e cada *quadrat* foi composto de 20 plantas, sendo 10 plantas ao longo das linhas por duas linhas.

Como os experimentos apresentavam dimensões irregulares, foi feito o estudo de áreas isópatas apenas em áreas centrais dos experimentos, conforme os retângulos escuros mostrados na Figura 1.

### **3.8. Análise temporal da atrofia dos ramos do cafeeiro**

#### **3.8.1. Análise de incidência**

Para a análise temporal da ARC, verificaram-se as incidências real e a cumulativa. A primeira foi a observada no campo, ou seja, consideraram-se apenas as plantas sintomáticas constatadas nas avaliações. Na incidência cumulativa, uma planta sintomática, constatada numa avaliação, independentemente da presença dos sintomas verificados nas avaliações posteriores, foi considerada como planta sintomática. Com a incidência cumulativa, calculou-se a taxa de progresso da incidência (JESUS JUNIOR et al., 2004).

### **3.8.2. Análise da severidade**

Com a finalidade de entender a variação da severidade da ARC, foi feito um gráfico de distribuição da doença, mostrando a severidade, em função do tempo. Neste gráfico, consideraram-se plantas assintomáticas (0% de severidade), plantas com severidade muito baixa (severidade >0 e < 3%), plantas com severidade baixa (severidade >3 e < 6%), plantas com severidade média (severidade >6 e < 12%), plantas com severidade alta (severidade >12 e < 25%) e plantas com severidade muito alta (severidade >25%), conforme a escala diagramática apresentada na Figura 3.

## **4. Resultados**

### **4.1. Avaliações**

Observou-se, no experimento 1, em São Gotardo, e no experimento situado em Ervália, distribuição regular de plantas sintomáticas dentro da área avaliada (Figuras 4, 5 e 7). Em contrapartida, no experimento 2, em São Gotardo, constatou-se concentração de plantas sintomáticas aglomeradas (Figura 6). Além disso, foi comum a aglomeração de plantas sintomáticas e assintomáticas nas linhas de plantio em todos os experimentos.

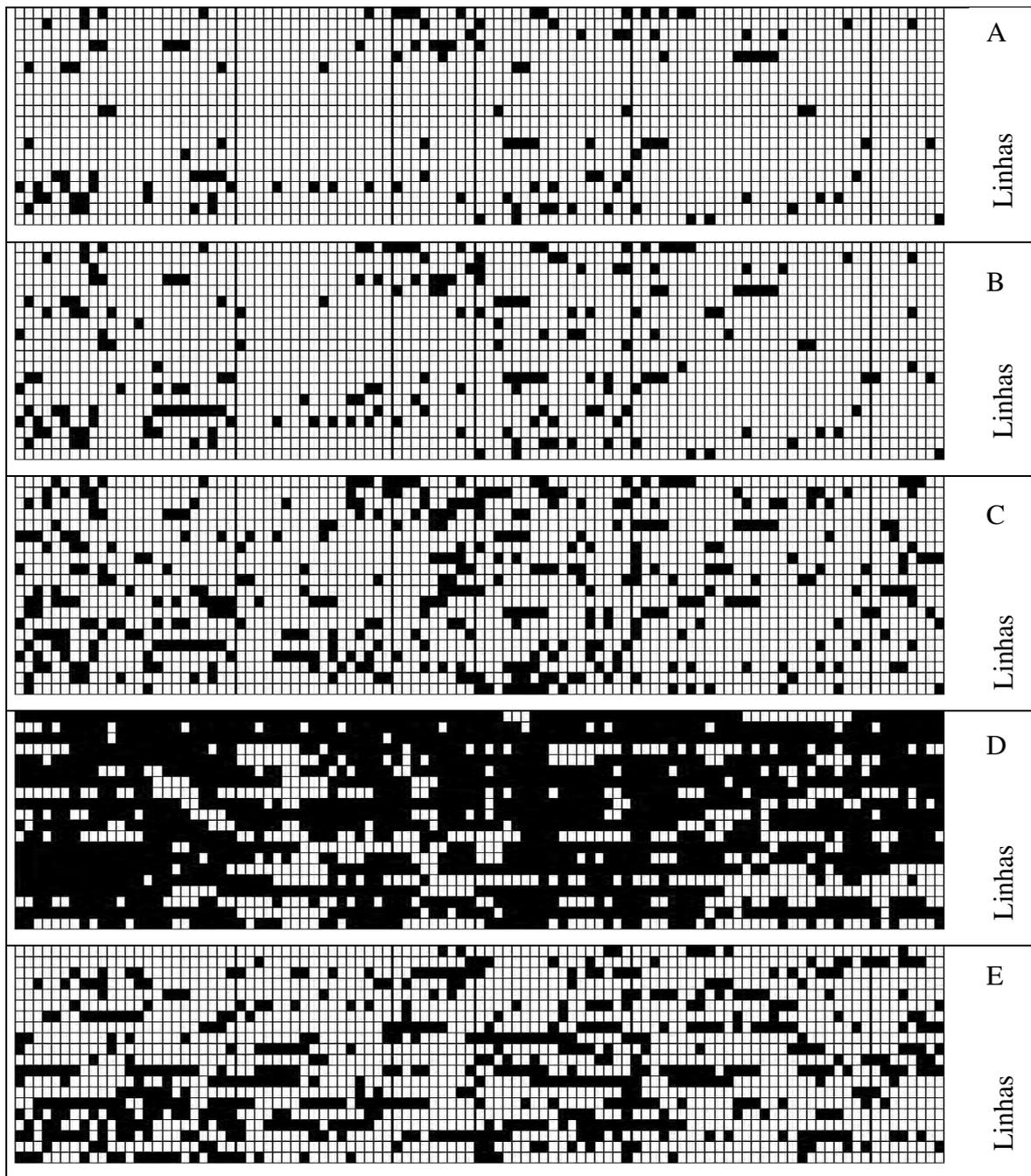


Figura 4 - Mapas representando seis avaliações de ARC em plantas de café no experimento 1, em São Gotardo, com 20 linhas por 100 plantas: 04/2003(A), 06/2003(B), 09/2003(C), 12/2003(D) e 02/2004(E). Quadrados pretos representam plantas sintomáticas.

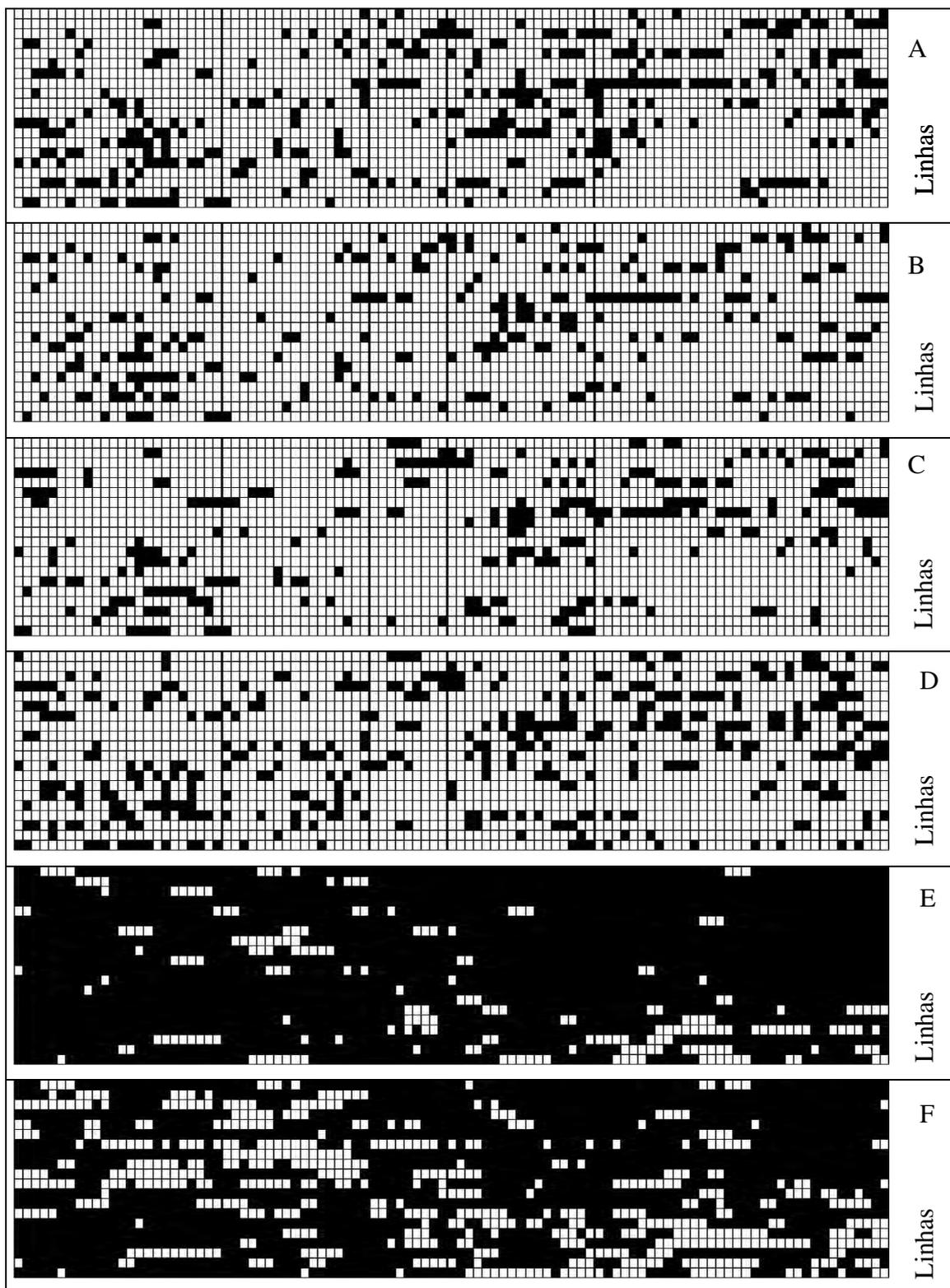


Figura 5 - Mapas representando seis avaliações de ARC em plantas de café no experimento 1, em São Gotardo, com 20 linhas por 100 plantas: 03/2004(A), 05/2004(B), 07/2004(C), 09/2004(D), 11/2004(E) e 02/2005(F). Quadrados pretos representam plantas sintomáticas.

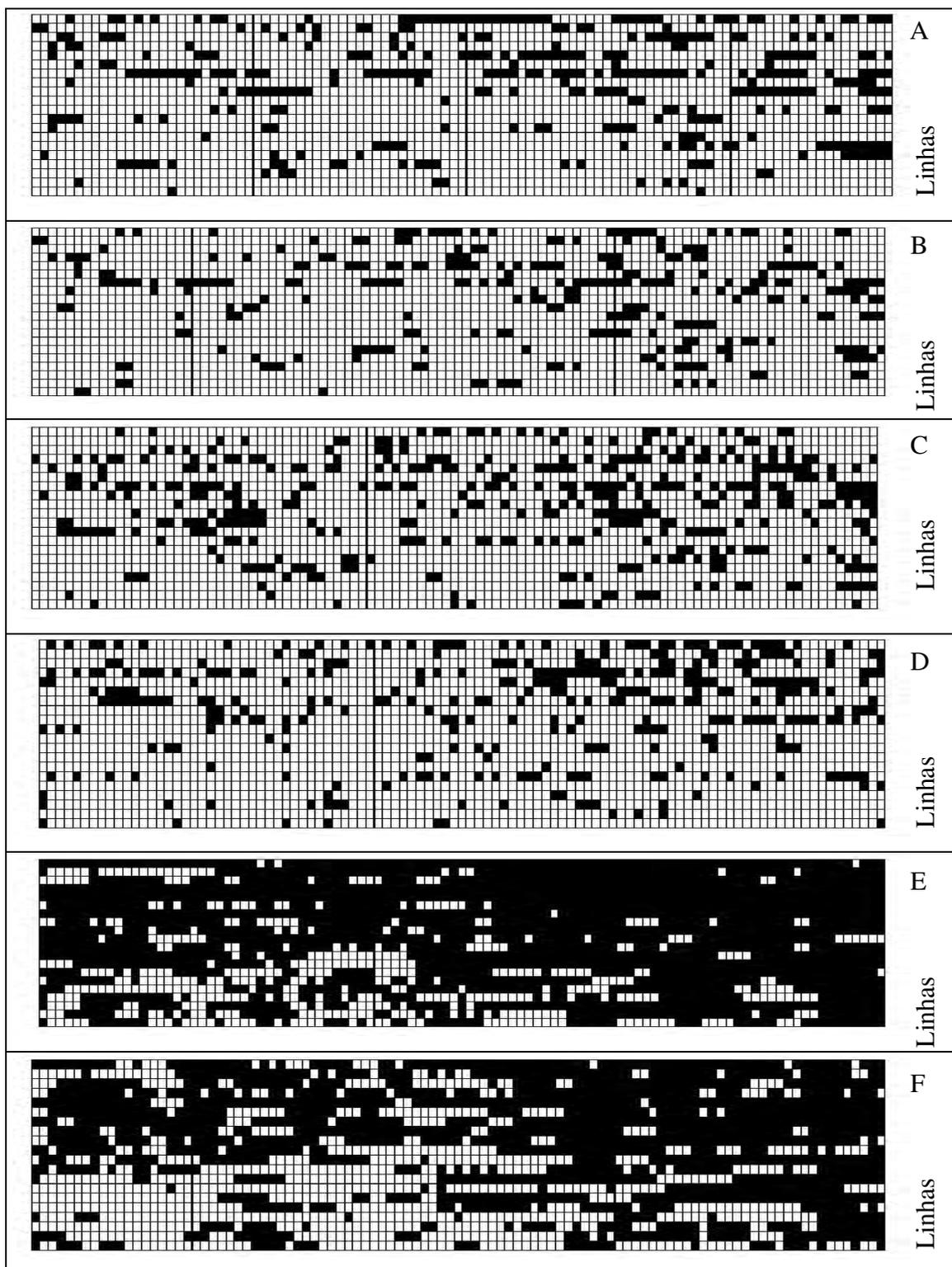


Figura 6 - Mapas representando seis avaliações de ARC em plantas de café no experimento 2, em São Gotardo, em uma área de 20 linhas por 100 plantas: 03/2004(A), 05/2004(B), 07/2004(C), 09/2004(D), 11/2004(E) e 02/2005(F). Quadrados pretos representam plantas sintomáticas.

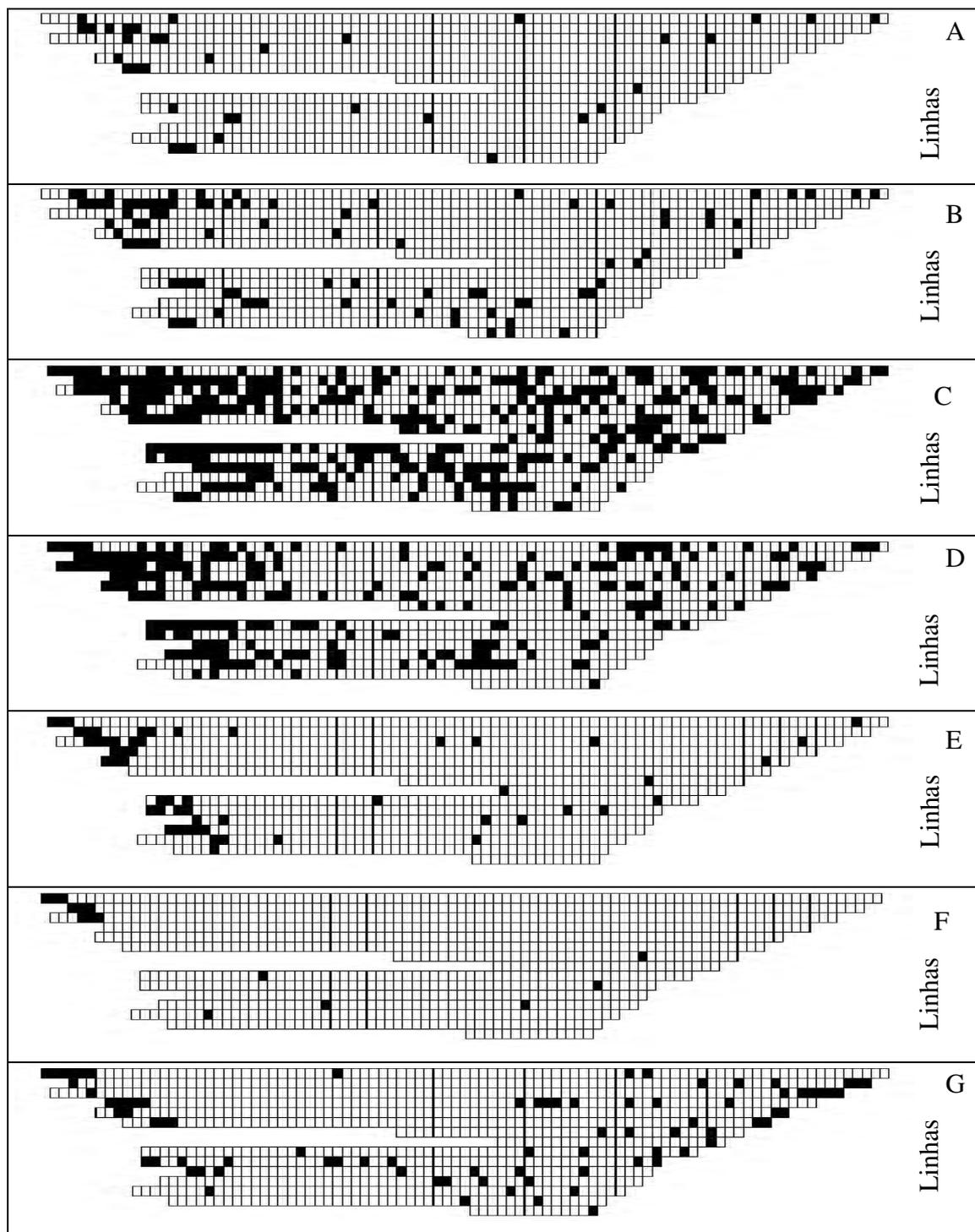


Figura 7 - Mapas representando sete avaliações de ARC em plantas de café do experimento feito em Ervália: 5/2003 (A), 9/2003 (B), 12/2003 (C), 2/2004 (D), 05/2004(E), 08/2004(F) e 01/2005 (G). Quadrados pretos representam plantas sintomáticas.

#### 4.2. Análise do crescimento dos ramos

O crescimento dos ramos do cafeeiro foi maior nas plantas assintomáticas, tanto no experimento de Ervália quanto no de São Gotardo (Figuras 8 e 9).

Os ramos com sintomas de ARC no experimento localizado em Ervália cresceram em média 0,9 cm, enquanto os sem sintomas cresceram 3,2 cm, em quatro meses (Figura 8). Em São Gotardo, os ramos com sintomas cresceram em média 1 cm, já os que não apresentaram sintomas de ARC cresceram 4 cm (Figura 9). Em ambos os experimentos, houve diferença estatística no tocante ao crescimento dos ramos, pelo teste t, com significância menor que 1% de probabilidade.

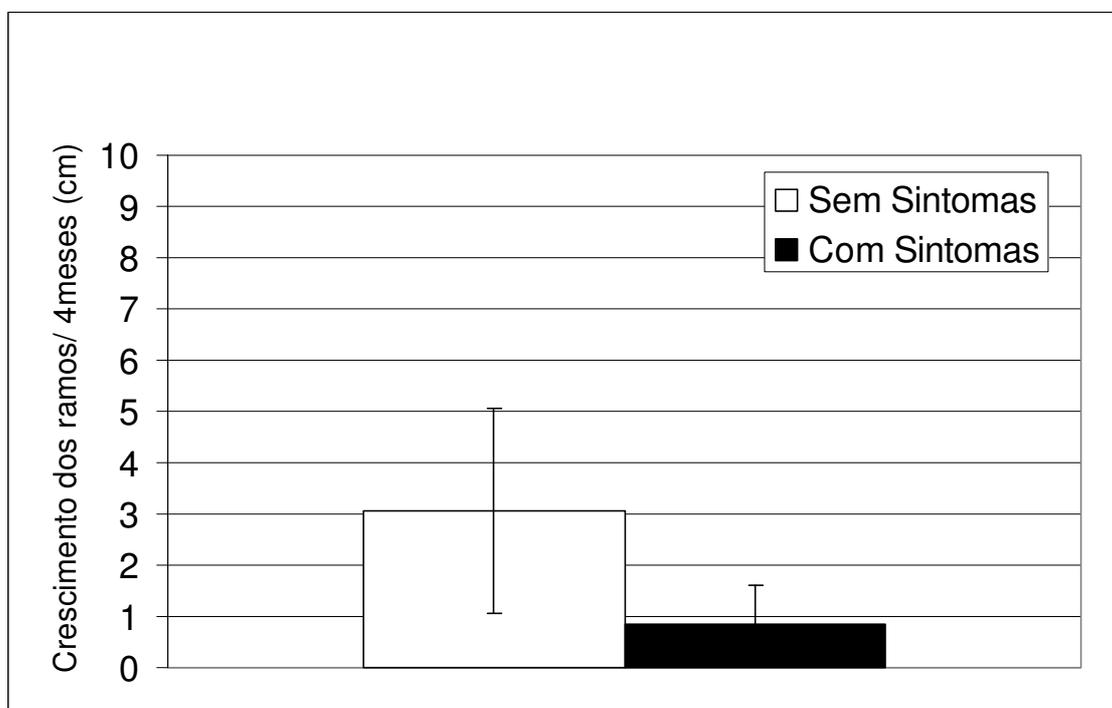


Figura 8 - Crescimento dos ramos (em centímetros) de plantas de café no período de fevereiro a junho de 2004, no experimento localizado no município de Ervália. A barra representa o desvio-padrão.

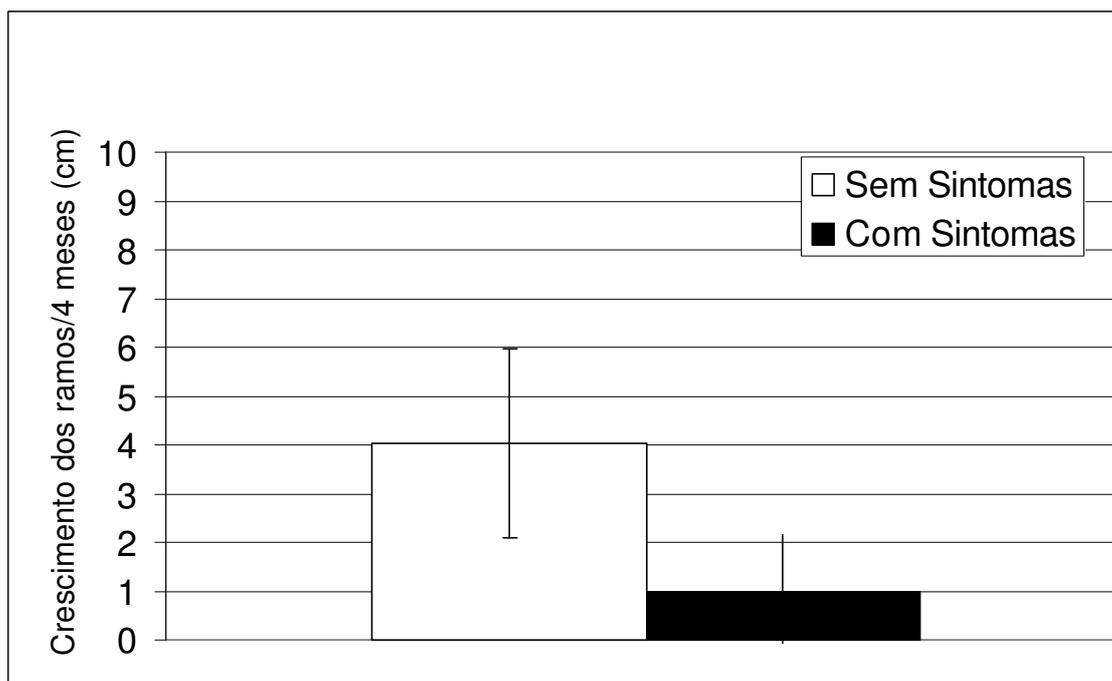


Figura 9 - Crescimento dos ramos (em centímetros) ) de plantas de café no período de fevereiro a junho de 2004 no experimento 1 localizado no município de São Gotardo. A barra representa o desvio-padrão.

### 4.3. Avaliação da produção

Observou-se grande variação na produção de café entre plantas. Houve relação negativa entre valores de severidade e produção (Figura 10A).

Apesar da grande variabilidade entre as amostras, gerando um valor de  $r^2$  baixo, obteve-se relação significativa entre tamanho dos grãos e severidade da doença (Figura 10C).

Na análise de regressão linear entre rendimento da produção e severidade da doença (Figura 10B), não foi encontrada relação significativa ( $P=0,05$ ) pelo teste F.

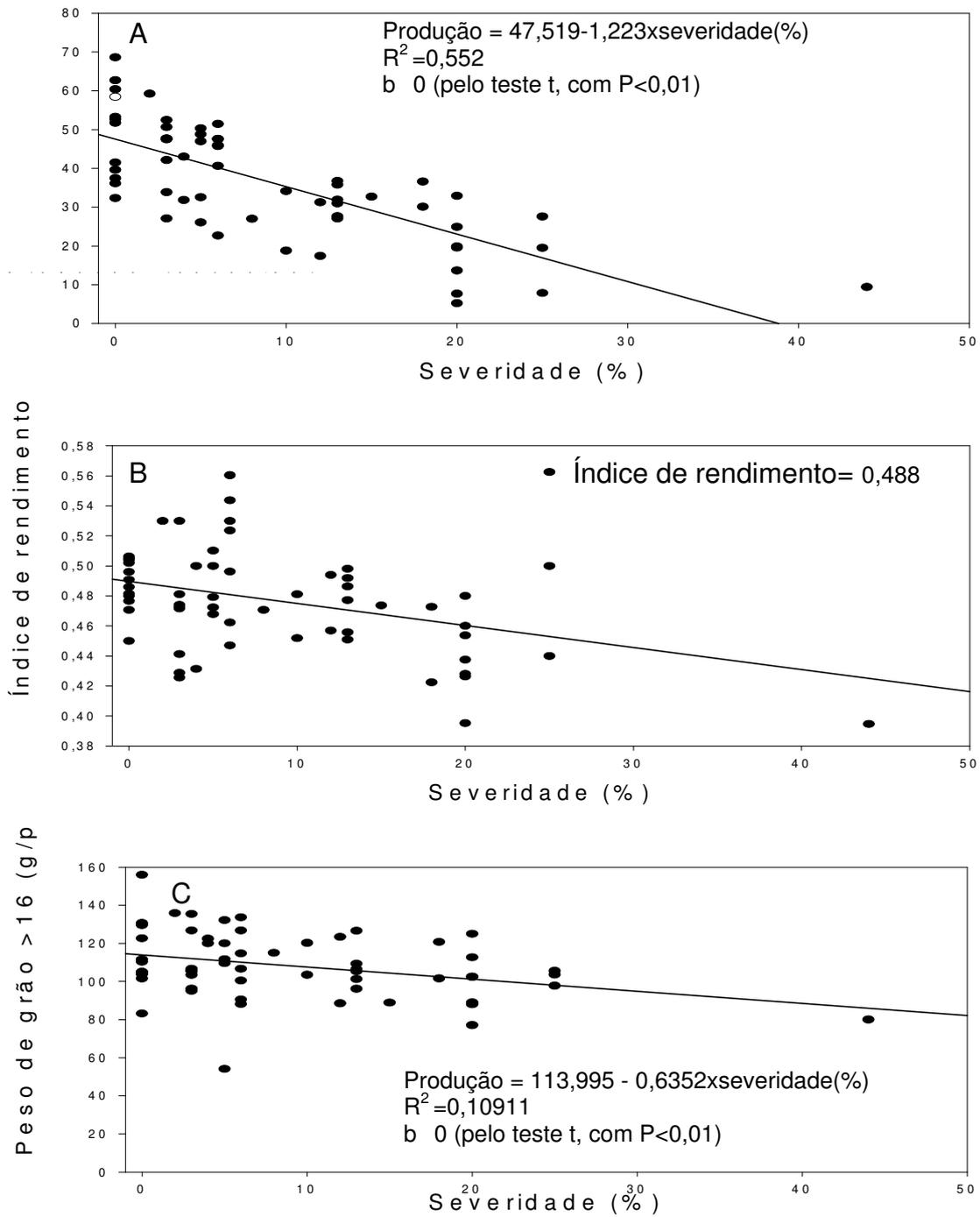


Figura 10 - Regressão linear entre produção e severidade da ARC (A); índice de rendimento e severidade da ARC (B); e peso de grãos retidos na peneira 16, por planta, e severidade da ARC (C), no experimento 1, em São Gotardo.

#### 4.4. Dados climatológicos

Em São Gotardo, no período em que foram conduzidos os experimentos, a temperatura média anual foi em torno de 19 °C e umidade relativa média anual manteve-se em torno de 72%. Em 2003, a precipitação pluvial foi de 1.479 mm e em 2004, 2.155 mm (Figura 11).

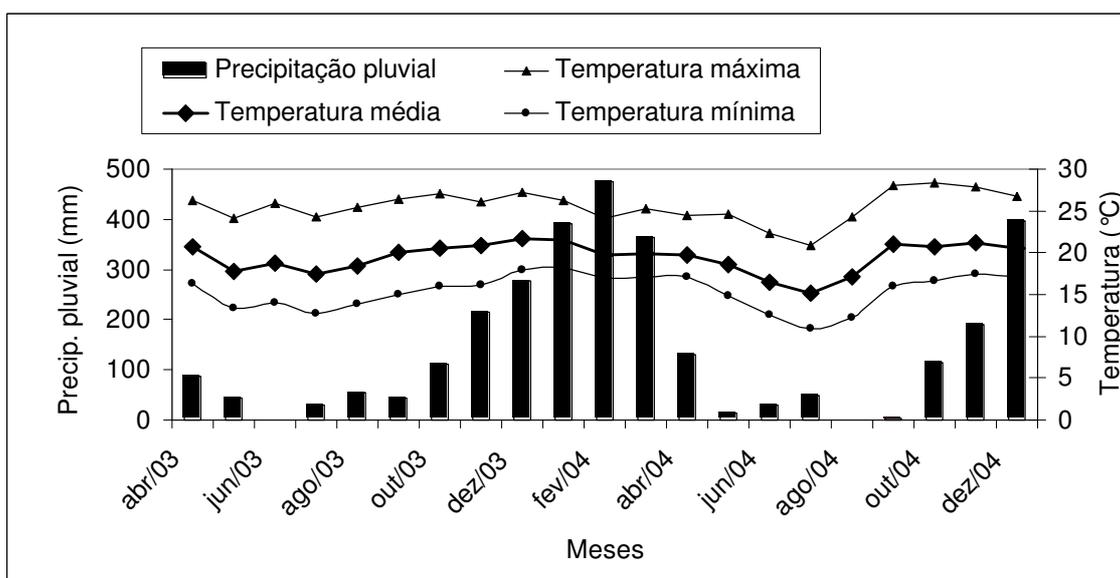


Figura 11 - Dados climatológicos de São Gotardo.

#### 4.5. Análise espacial da atrofia dos ramos do cafeeiro

##### 4.5.1. Análise de *ordinary runs*

No experimento de Ervália e no experimento 1 de São Gotardo, a porcentagem do número de linhas com agregação de plantas doentes aumentou com a incidência de ARC (Figura 12A e 12B). Por outro lado, no experimento 2 dessa mesma localidade, foi observado o máximo de linhas com plantas afetadas pela ARC agregadas já na primeira avaliação. Esse fato pode ser explicado pela grande concentração de plantas doentes próximo ao experimento 1, onde se verificou maior incidência da doença (Figuras 12C e Figura 13A).

Pela análise de *ordinary runs*, verificou-se que a dispersão da doença ocorre predominantemente no sentido da linha de plantio (Figuras 12B e C e 13).

A porcentagem de linhas agregadas com plantas doentes aumentou com o tempo até atingir o máximo, depois, manteve-se em torno de 90%, exceto no experimento de Ervália, onde a incidência da ARC reduziu (Figuras 12A, B e C e 13A).

Em nenhum dos experimentos se obteve alta porcentagem de entrelinhas com plantas doentes agregadas (Figuras 12 e 13), mesmo quando houve aumento da incidência da ARC (Figura 12), indicando que a dispersão não estava ocorrendo entre as linhas, mas sim ao longo delas.

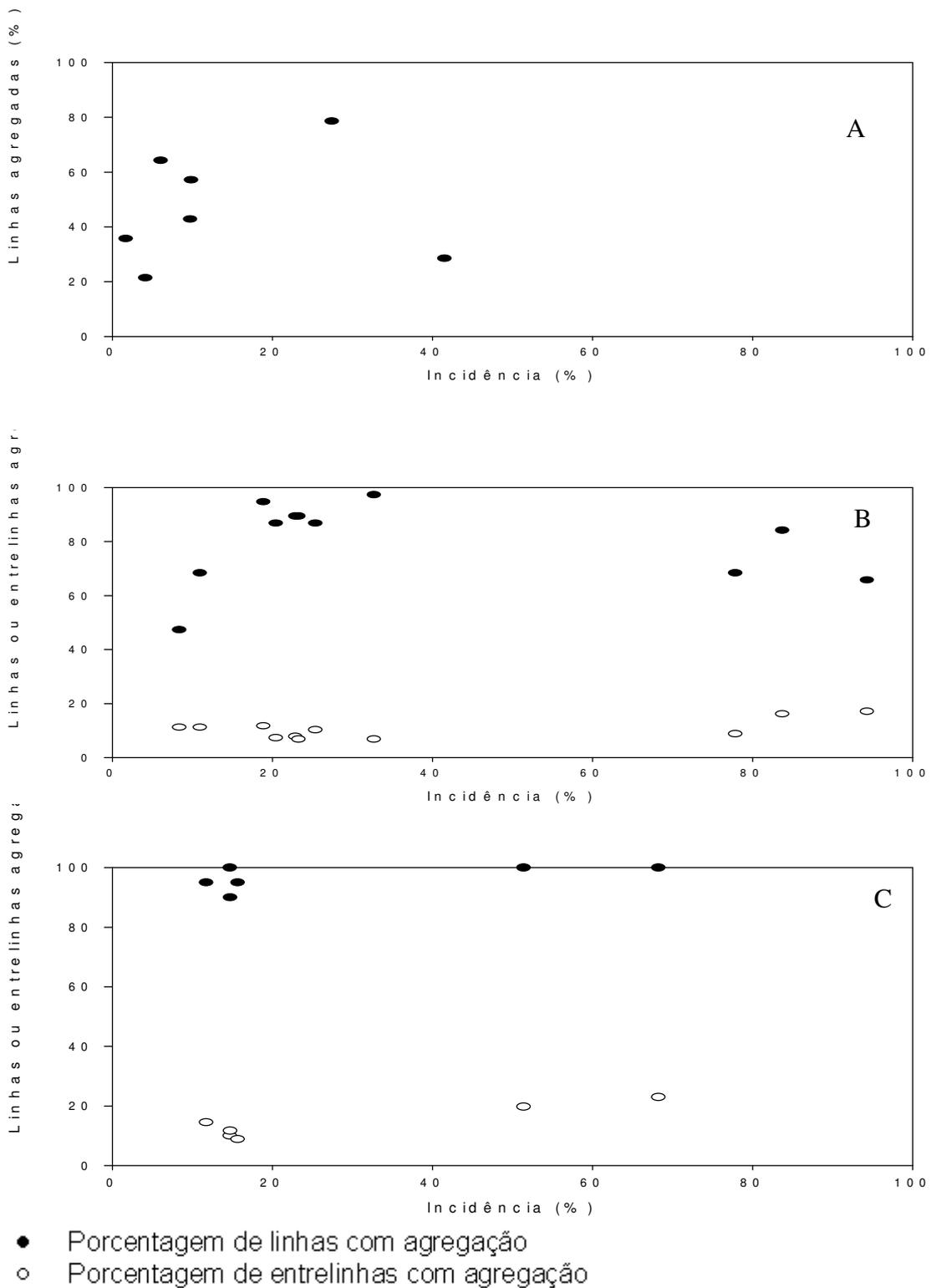


Figura 12 - Porcentagem de agregação de linhas e de entrelinhas com plantas com ARC nos experimentos de Ervália (A) e nos experimentos 1 (B) e 2 (C) de São Gotardo em relação à incidência.

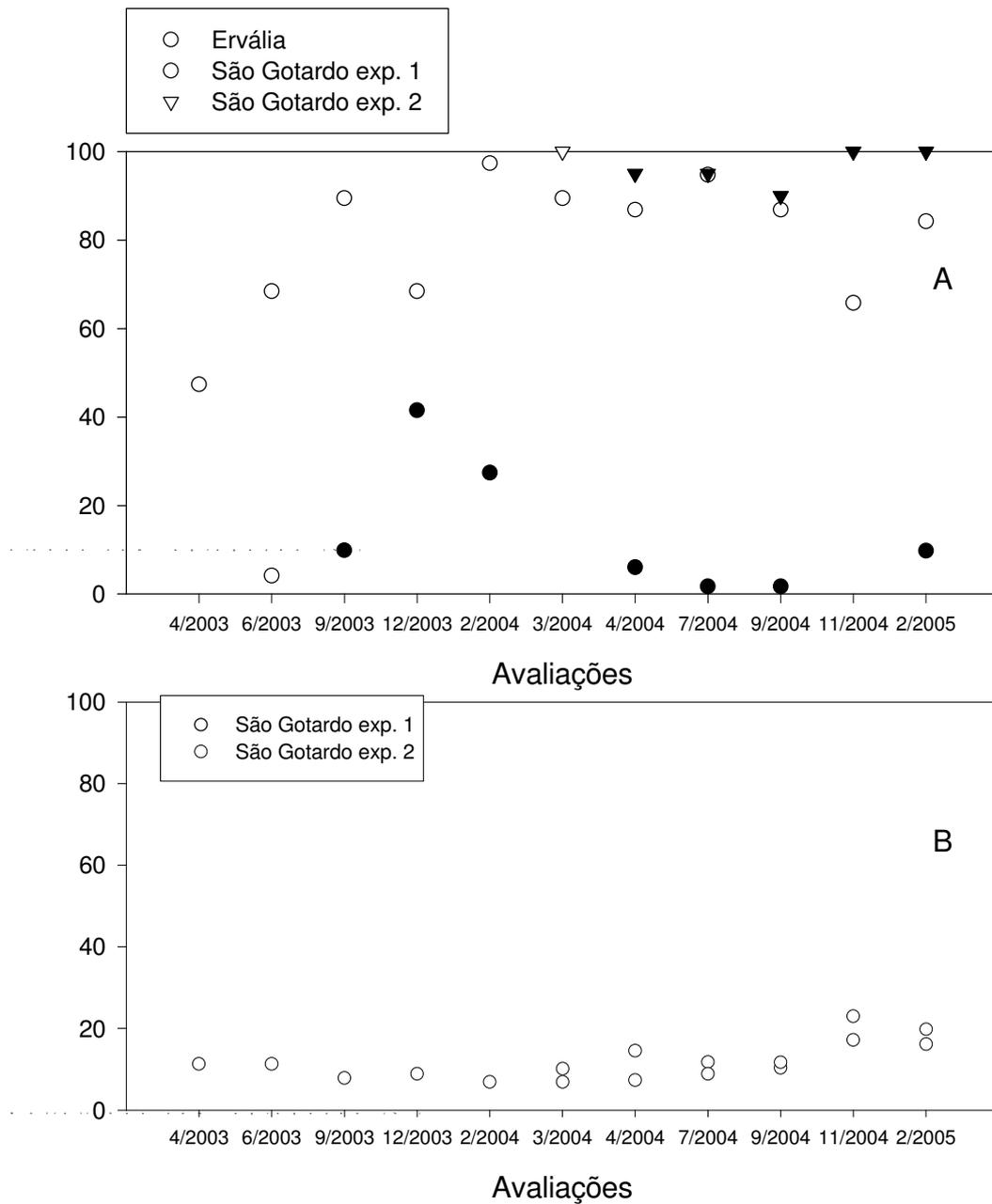


Figura 13 - Porcentagem de agregação de linhas (A) e entrelinhas (B) com plantas com ARC nos experimentos de Ervália e experimentos 1 e 2 de São Gotardo, em diferentes épocas de avaliação.

#### **4.5.2. Análise de dinâmica e estrutura de focos**

Pelo fato de as três áreas avaliadas apresentarem resultados semelhantes e padronizados em função de 1.000 plantas, elas foram analisadas em conjunto.

O número de focos totais por 1.000 plantas (NFTM) atingiu o máximo com 50 focos e incidência em torno de 25% (Figura 14A). O número médio de plantas por foco (NMPF) aumentou exponencialmente (Figura 14B), atingindo o valor máximo de 60 plantas/foco.

Obteve-se redução da porcentagem de focos unitários à medida que houve aumento da incidência (Figura 15A), gerando uma relação negativa entre as duas variáveis.

Observa-se que o pico do número de focos unitários por 1.000 plantas (NFUM) ocorreu em torno de 15 a 20% de incidência; já o número de reboleiras por 1.000 plantas (NRM) ocorreu em torno de 20 a 25% (Figura 15B). Essa diferença entre os picos de NFUM e NRM indica que a doença se inicia na área com plantas isoladas e, posteriormente, formam-se reboleiras maiores de plantas doentes. Essa evidência, em parte, pode ser confirmada pelo aumento no número médio de plantas por reboleira (NMPR) (Figura 14B).

Analisando o índice médio de forma de foco (IFF) das reboleiras, observa-se que elas apresentam maior comprimento no sentido das linhas, ou seja, valores de IFF menores que 1 (Figura 16A). Essa tendência se conservou, inclusive, quando foram incluídos na análise os focos unitários (Figura 16A).

À medida que aumentou a incidência da doença, ocorreu uma tendência decrescente da compactação dos focos. Esse fato foi confirmado tanto pelo índice de compactação de focos (ICF) totais (incluídos focos unitários) como pelo no índice de reboleiras (Figura 16B).

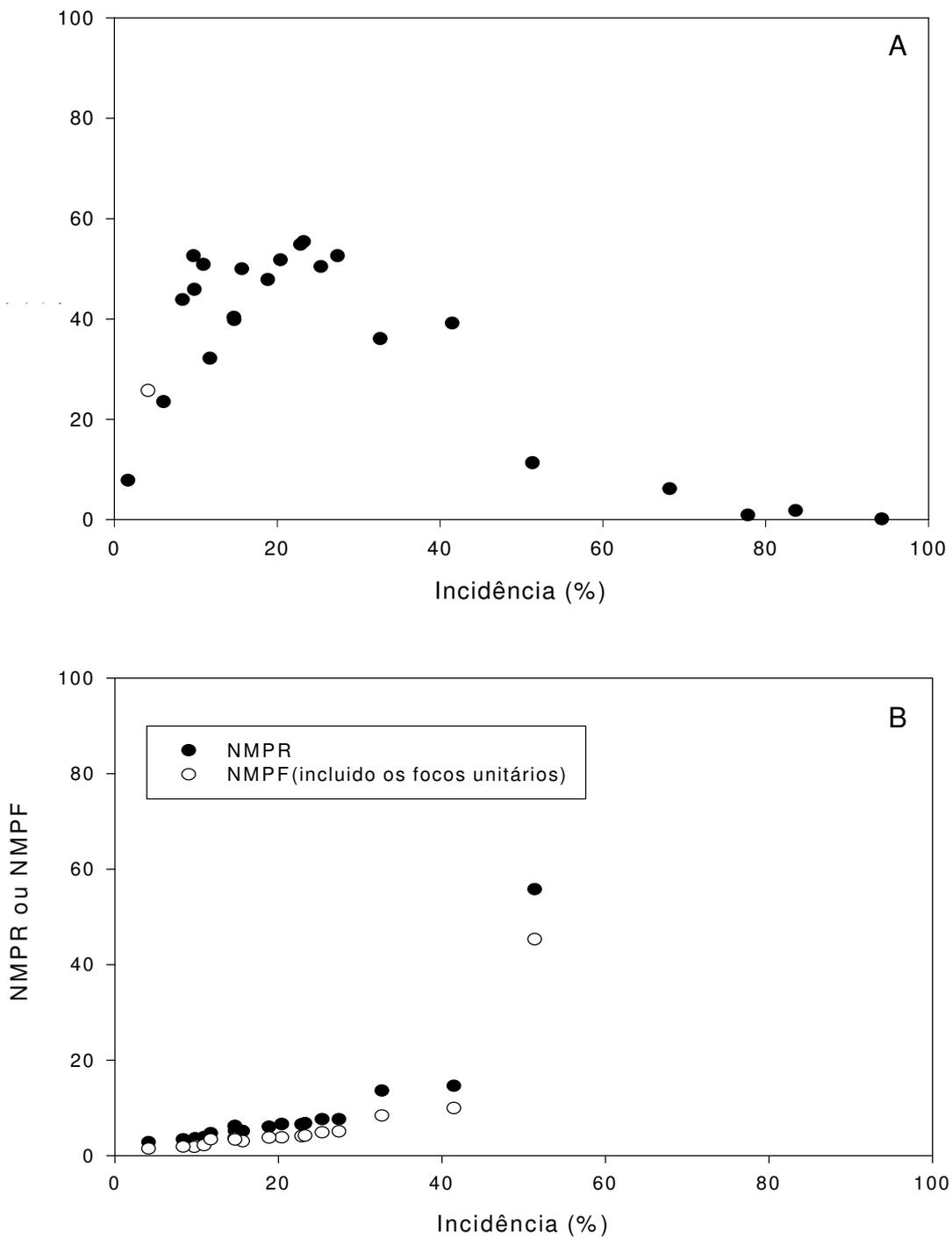


Figura 14 - Número de focos totais por 1.000 plantas – NFTM (A); número médio de plantas por foco – NMPF; e número médio de plantas por reboleiras – NMPR (B) em relação à incidência da doença.

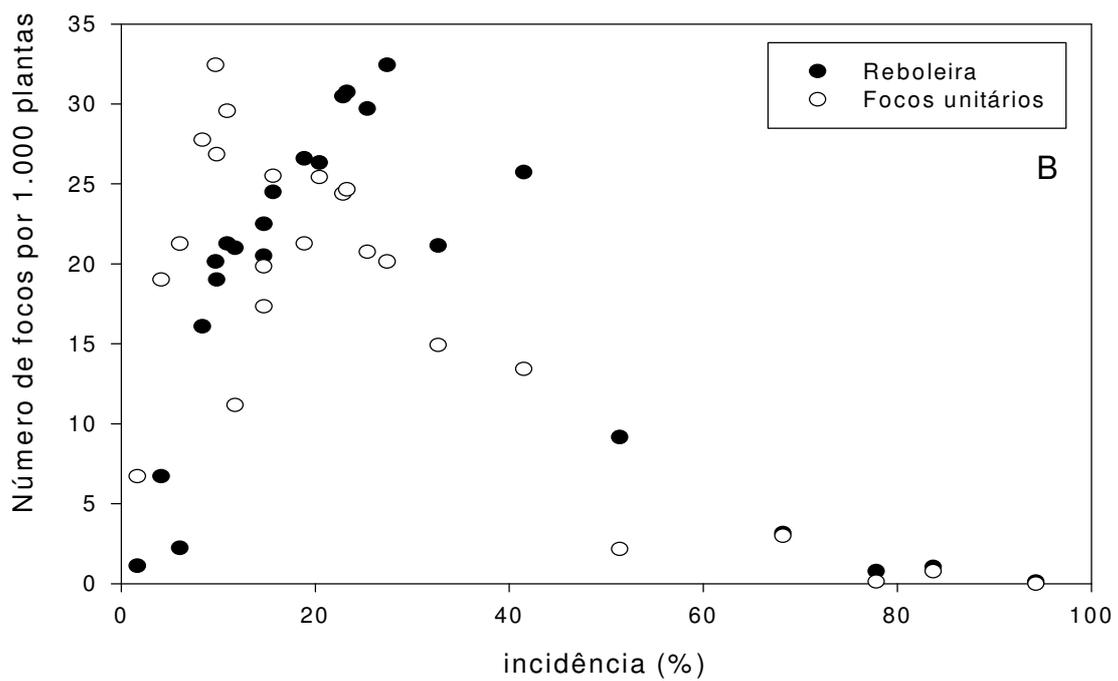
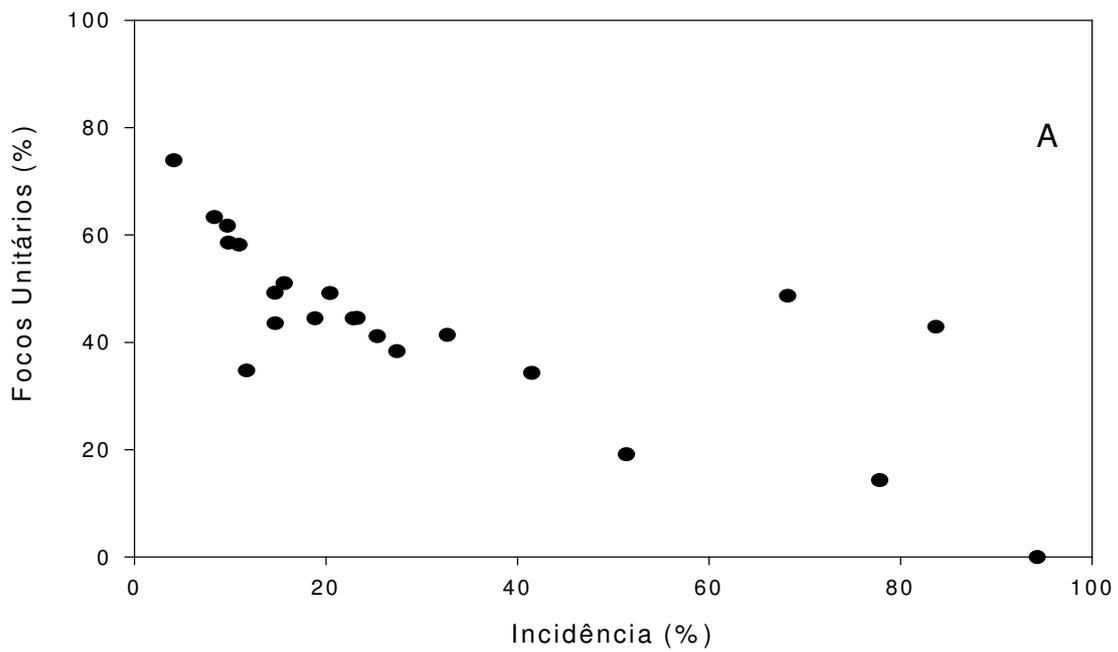


Figura 15 - Porcentagem de focos unitários (A) e número de focos unitários e de reboleiras por 1.000 plantas (B) em relação à incidência da doença.

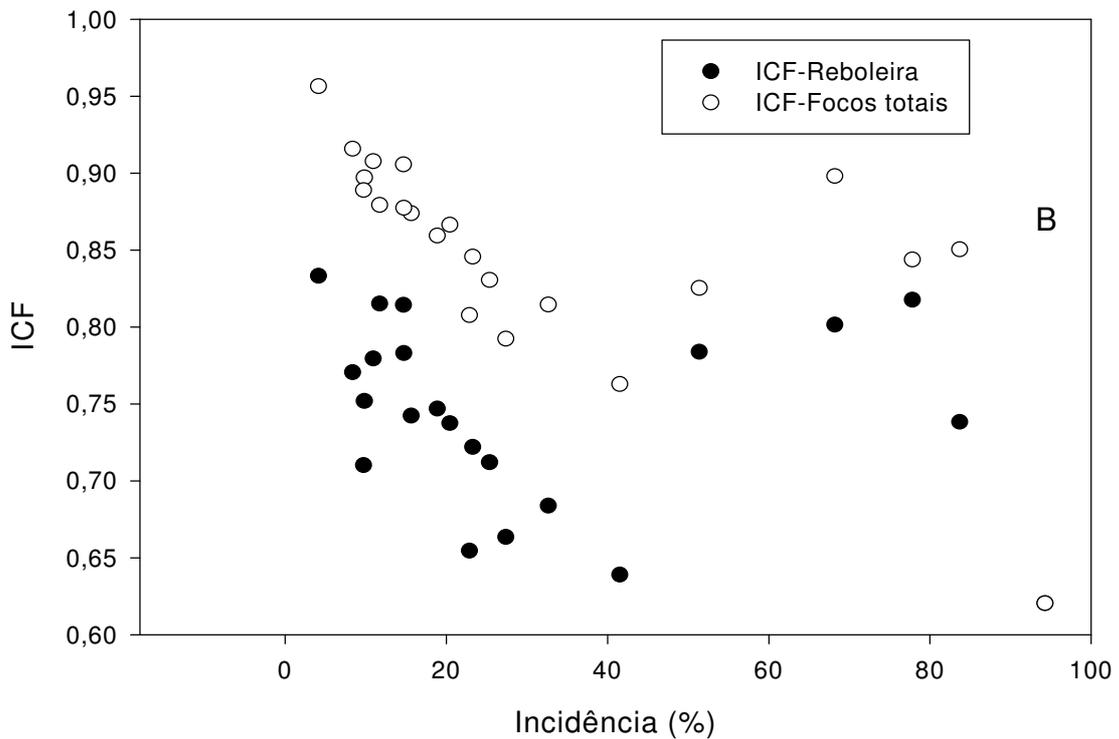
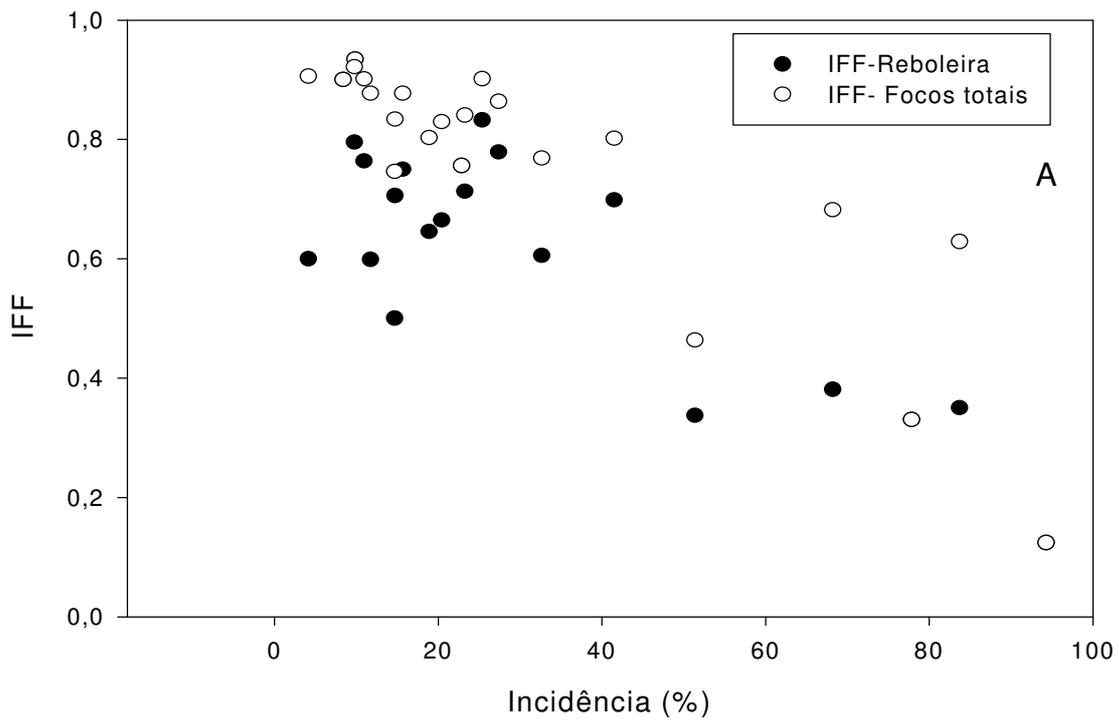


Figura 16 - Índice médio de forma de foco – IFF para a reboleira e focos totais (A) e índice médio de compactação de focos – ICF para a reboleira e focos totais (B) em relação à incidência.

### 4.5.3. Análise utilizando a lei de Taylor modificada

Com a regressão entre logaritmo da variância observada ( $\text{Log } V_{\text{obs}}$ ) e variância binomial ( $\text{Log } V_{\text{bin}}$ ), obtiveram-se valores de  $A$  maiores que 1 ( $\text{Log } A > 0$ ) em todos os experimentos pelo teste  $t$  ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2). Também se verificaram, em todos os experimentos, estimativas do parâmetro  $b$  maiores que 1, com o teste  $t$  ( $p < 0,05$ ), exceto no experimento de Ervália, no *quadrat* 10X2 (Tabela 2). Esses resultados complementam as outras análises realizadas, indicando que há agregação de plantas com ARC nos experimentos.

Nos gráficos das regressões de  $\text{Log } V_{\text{obs}}$  com  $\text{Log } V_{\text{bin}}$  de todos os *quadrats*, em cada experimento,  $b$  e  $A$  foram sempre superiores a 1, pelo teste  $t$ , com a significância de 5% de probabilidade (Figuras 17 e 18). Não foi possível realizar a regressão com todos os experimentos e *quadrats* juntos, pois os resíduos gerados não seguiram a distribuição normal.

Tabela 2 - Valores das estimativas dos parâmetros  $\text{Log } A$  e  $b$  da equação de ajuste à lei de Taylor modificada para três tamanhos de *quadrats*

Quadrats	São Gotardo, exp. 1			São Gotardo, exp. 2			Ervália		
	Log A	b	R <sup>2</sup>	Log A	b	R <sup>2</sup>	Log A	b	R <sup>2</sup>
20X1	1,514*	1,467*	0,954	3,5191*	2,3167*	0,954	0,9148*	1,2556*	0,988
10X2	1,276*	1,388*	0,956	3,8989*	2,5278*	0,973	0,7558*	1,1621	0,965
5X5	1,037*	1,278*	0,977	4,1781*	2,5774*	0,979	-	-	-

\* Valores de  $b$  estatisticamente maiores que 1 e  $\text{Log}(A)$  maior que 0 pelo teste  $t$  ( $P < 0,05$ ).

- Não foi feita a análise.

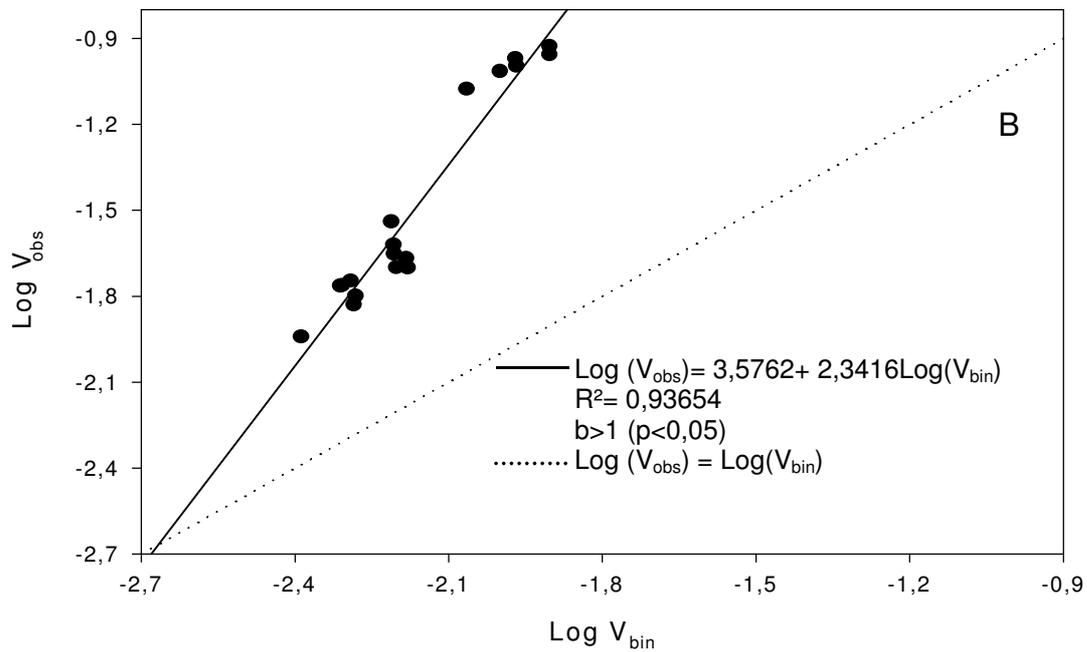
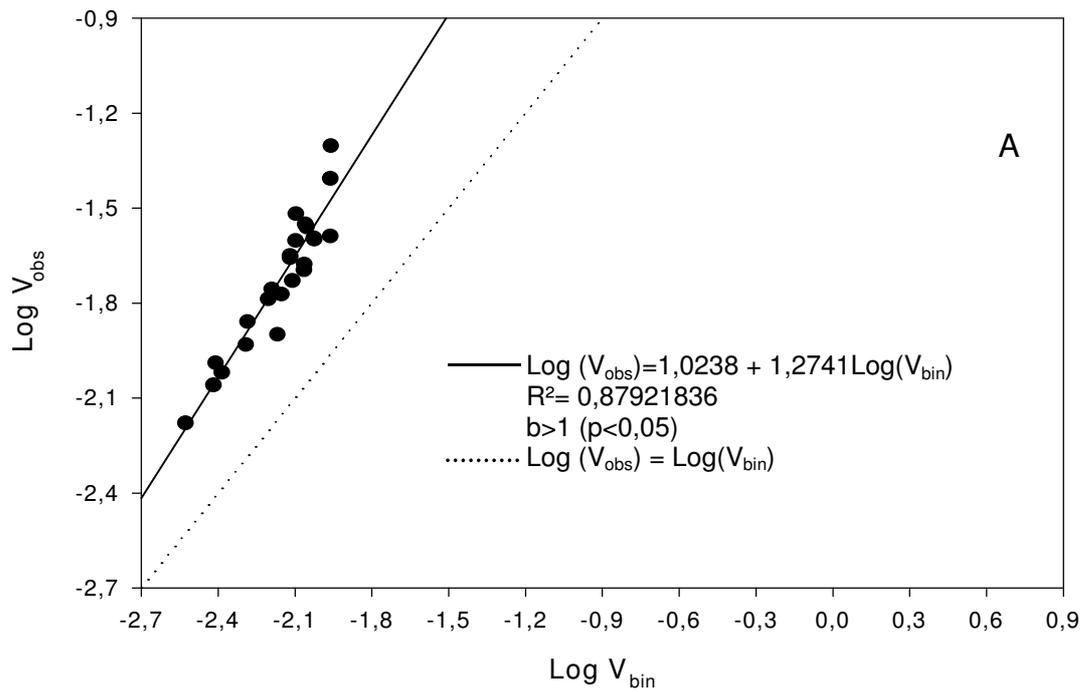


Figura 17 - Relação entre os logaritmos das variâncias observadas ( $V_{\text{obs}}$ ) e binomiais ( $V_{\text{bin}}$ ) na incidência da atrofia dos ramos do cafeeiro em São Gotardo, experimentos 1 (A) e 2 (B). Cada ponto representa um tamanho de *quadrat* em cada avaliação.

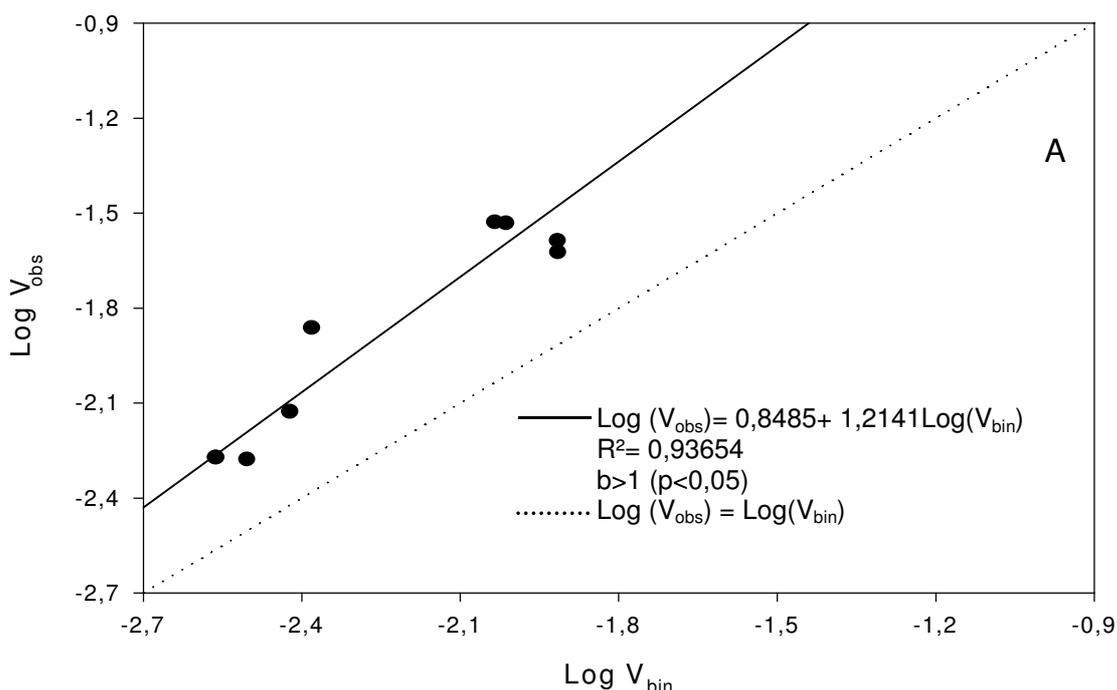


Figura 18 - Relação entre os logaritmos das variâncias observadas ( $V_{\text{obs}}$ ) e binomiais ( $V_{\text{bin}}$ ) na incidência da atrofia dos ramos do cafeeiro no experimento localizado em Ervália. Cada ponto representa um tamanho de *quadrat* em cada avaliação.

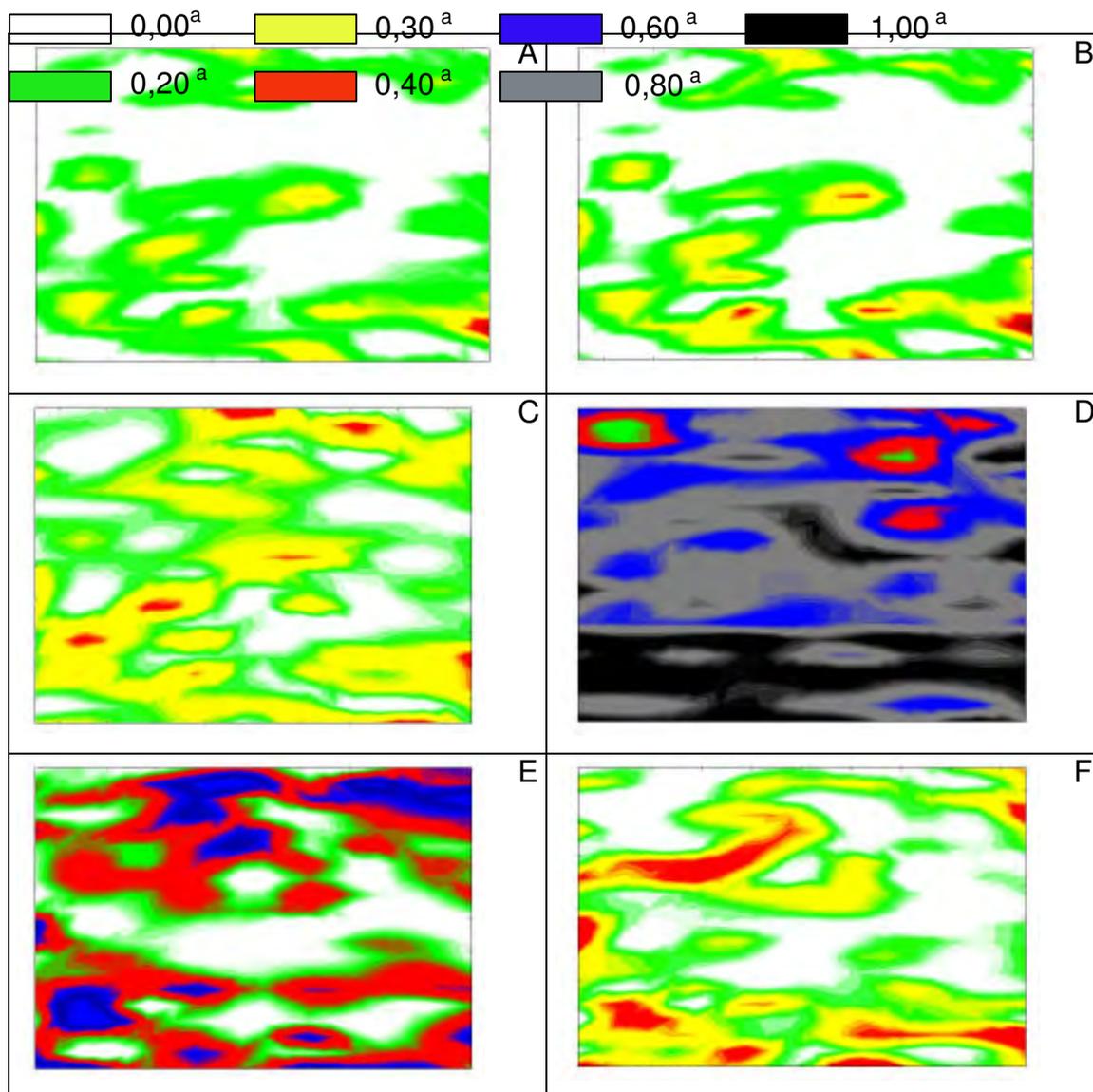
#### 4.5.4. Determinação de áreas isópatas

Nessa análise, não há números matemáticos envolvidos, uma vez as informações são geradas a partir de observações feitas nos mapas. Cada mapa representa a situação da doença em cada avaliação nos experimentos. Cada área isópata (locais que têm a mesma cor) representa o local com semelhante proporção de plantas sintomáticas.

No experimento 1, em São Gotardo (Figuras 19 e 20), observou-se a formação de pontos com maior agregação de plantas sintomáticas. Também foi possível identificar o aumento da área e da incidência destes focos ao longo do tempo.

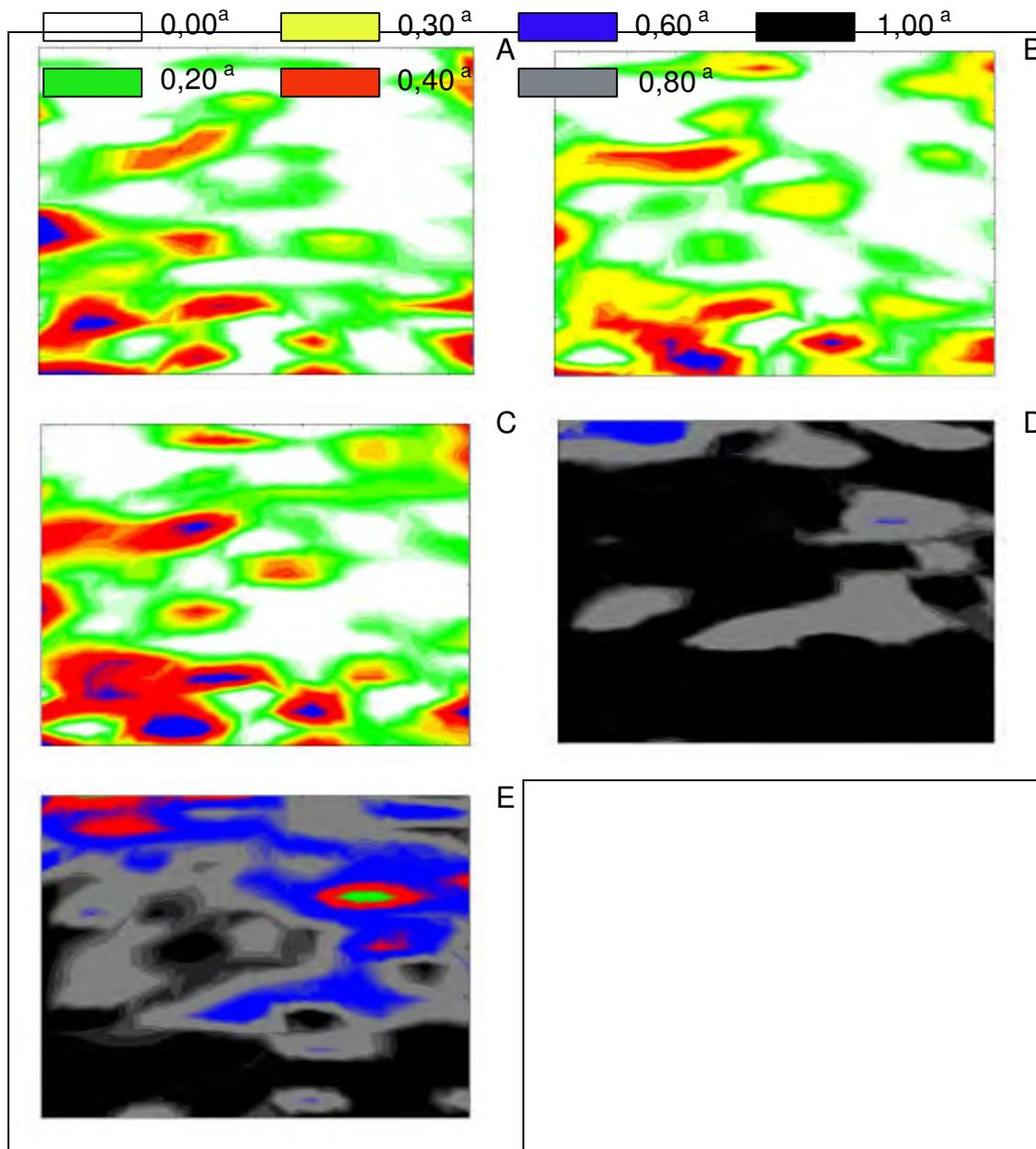
No experimento 2, em São Gotardo (Figura 21), identificou-se a mesma tendência do experimento 1, porém com maior agregação de plantas doentes próximo ao experimento 1.

Em ambos os experimentos foram observados focos com o máximo de incidência em dezembro, quando esta atingiu 100% e, conseqüentemente, redução deles a partir de fevereiro. No experimento de Ervália, não foi possível realizar o estudo das áreas isópatas, porque havia dimensão irregular e o plantio foi feito em curva de nível.



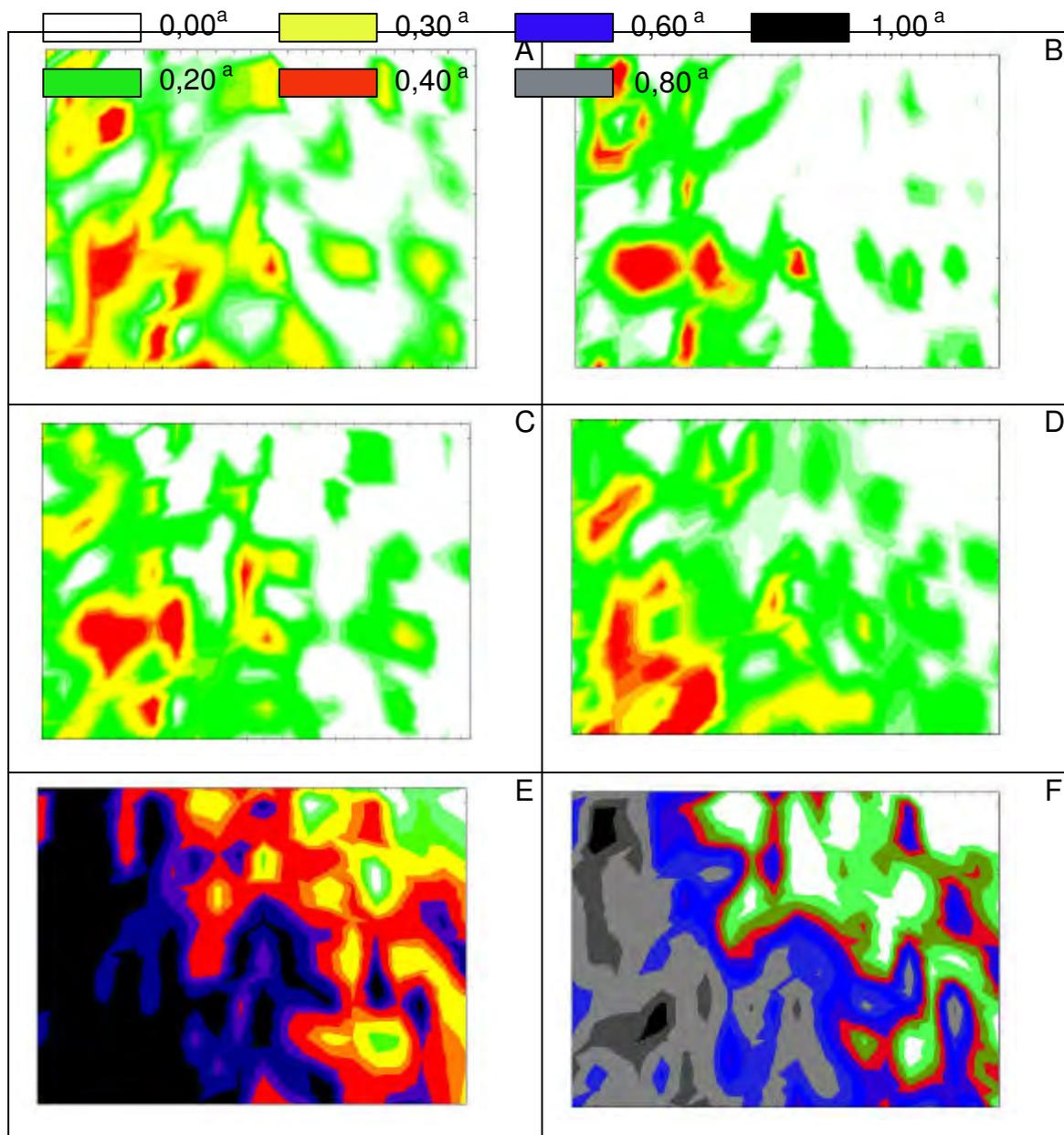
<sup>a</sup> Proporção de plantas sintomáticas.

Figura 19 - Áreas isópatas do Experimento 1, em São Gotardo, em seis avaliações: 04/2003(A), 06/2003(B), 09/2003(C), 12/2003(D), 02/2004(E) e 03/2004(F).



<sup>a</sup> Proporção de plantas sintomáticas.

Figura 20 - Áreas isópatas do Experimento 1, em São Gotardo, em cinco avaliações: 05/2004(A), 07/2004(B), 09/2004(C), 11/2004(D) e 02/2005(E).



<sup>a</sup> Proporção de plantas sintomáticas.

Figura 21 - Áreas isópatas do Experimento 2, em São Gotardo, em seis avaliações: 03/2004(A), 05/2004(B), 07/2004(C), 09/2004(D), 11/2004(E) e 02/2005(F).

## **4.6. Análise temporal da atrofia dos ramos do cafeeiro**

### **4.6.1. Análise de incidência**

Em todos os experimentos, observou-se aumento da incidência real de ARC no período de novembro a dezembro e, em seguida, sua redução, ocorrendo os menores valores em junho e julho.

No experimento de Ervália, no ano de 2003, a incidência real da doença aumentou a partir do mês de setembro. O valor passou de 10%, no mês de setembro, para 41%, em dezembro. Em contrapartida, no ano de 2004, o comportamento foi diferente, ou seja, a incidência manteve-se baixa no inverno e o aumento foi menor que em dezembro de 2003 (Figura 22A).

Em São Gotardo, no experimento 1 (Figura 22B), no mês setembro de 2003, a incidência real estava em torno de 22%; em dezembro, passou para 77%. No ano de 2004, resultados semelhantes foram obtidos. A doença passou de 25% para 94% de incidência na mesma época. No período de inverno, a incidência da ARC manteve-se em torno de 20%. No experimento 2, de São Gotardo (Figura 22C), observou-se tendência semelhante à encontrada no experimento 1, em que ocorreu aumento de 14% em setembro para 68% de incidência no mês de novembro.

Ao considerar a incidência cumulativa, foi constatado forte acréscimo na intensidade da doença nos meses de novembro a dezembro, atingindo valores de 41 e 77% em 2003 e 49 e 94% no ano 2004, nos experimentos de Ervália e experimento 1 de São Gotardo, respectivamente (Figura 23 A e B). No experimento 2, em São Gotardo, a incidência foi de 71% em novembro de 2004, com taxa de progresso da doença de 0,19 planta/mês (Figuras 23C e 24C). Nos experimentos de Ervália e no experimento 1 de São Gotardo, obtiveram-se valores de taxa de 0,10 e 0,18 planta/mês em novembro de 2003 (Figura 24A e B). Em todos os experimentos, foi verificada baixa taxa progresso da ARC nos períodos do inverno (Figura 24).

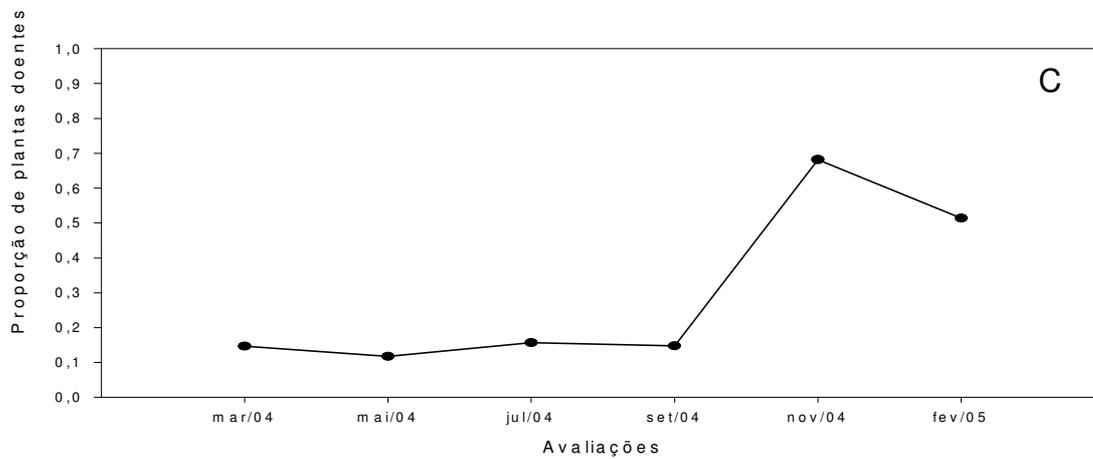
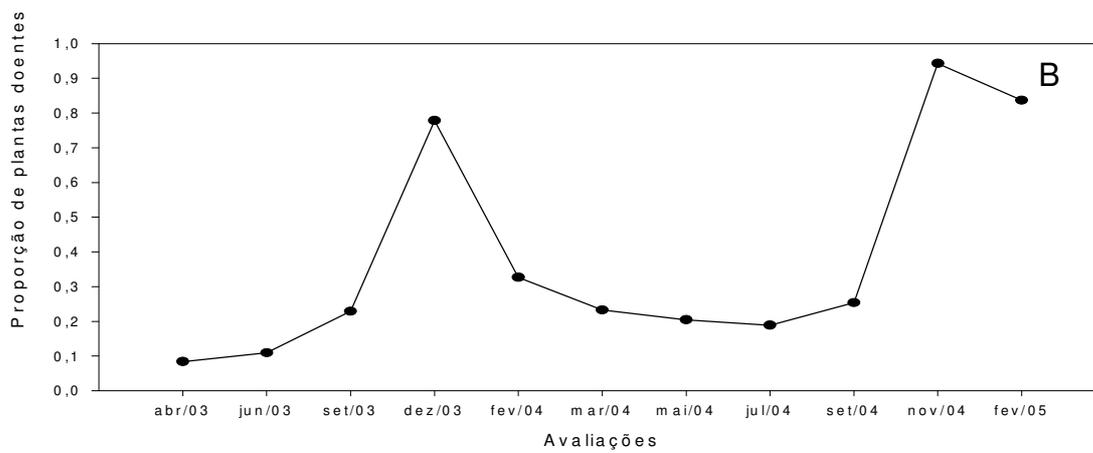
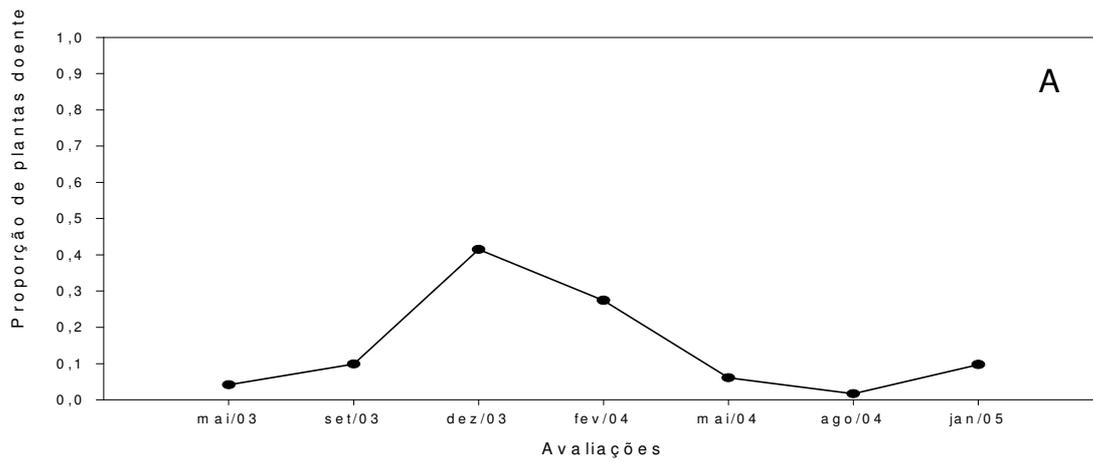


Figura 22 - Proporção real de plantas doentes verificadas nas avaliações feitas nos experimentos: do município de Ervália (A) e no município de São Gotardo, experimentos 1 (B) e 2 (C).

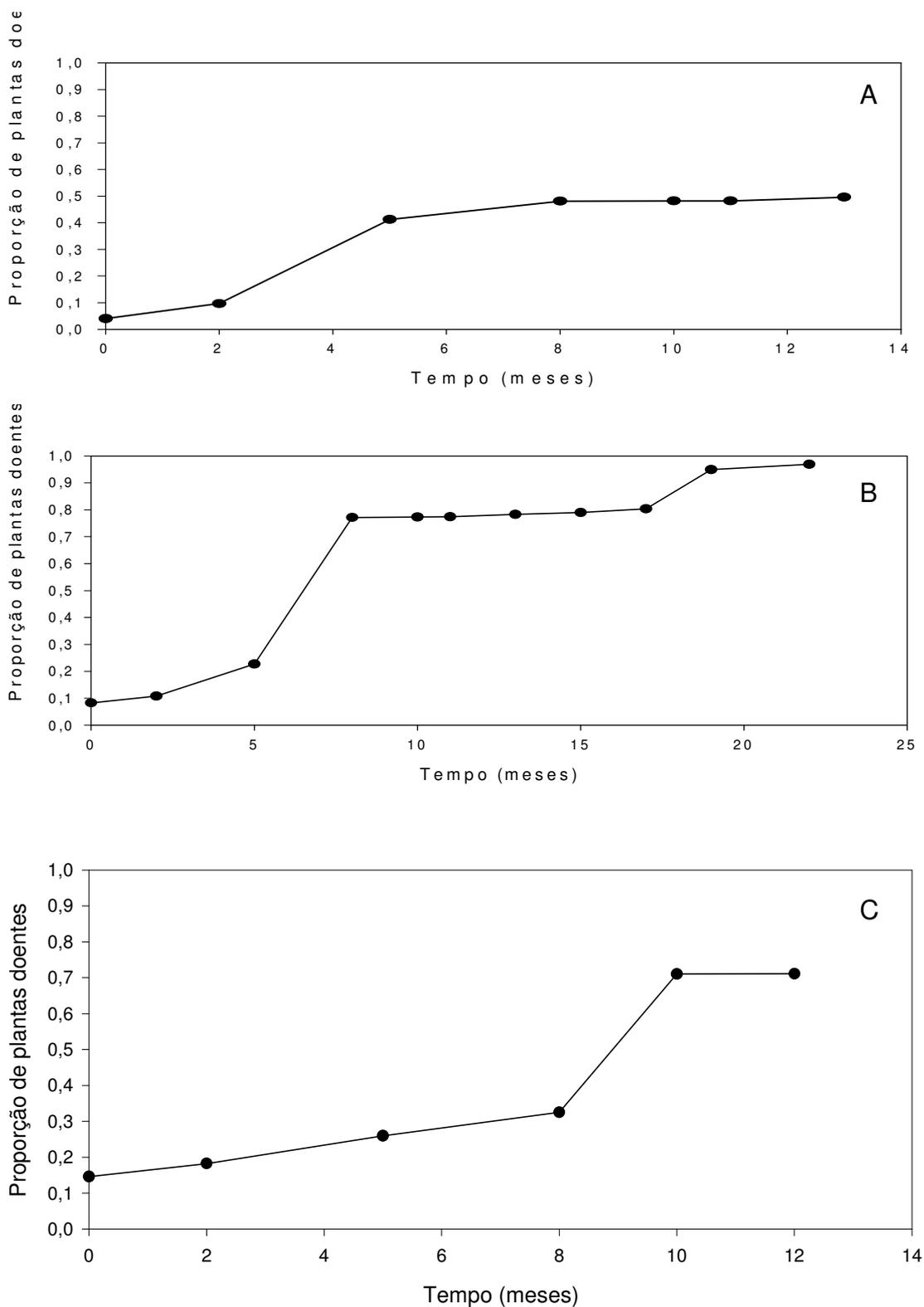


Figura 23 - Proporção cumulativa de plantas doentes nas às avaliações feitas nos experimentos: do município de Ervália (A) e do município de São Gotardo, experimentos 1 (B) e 2 (C).

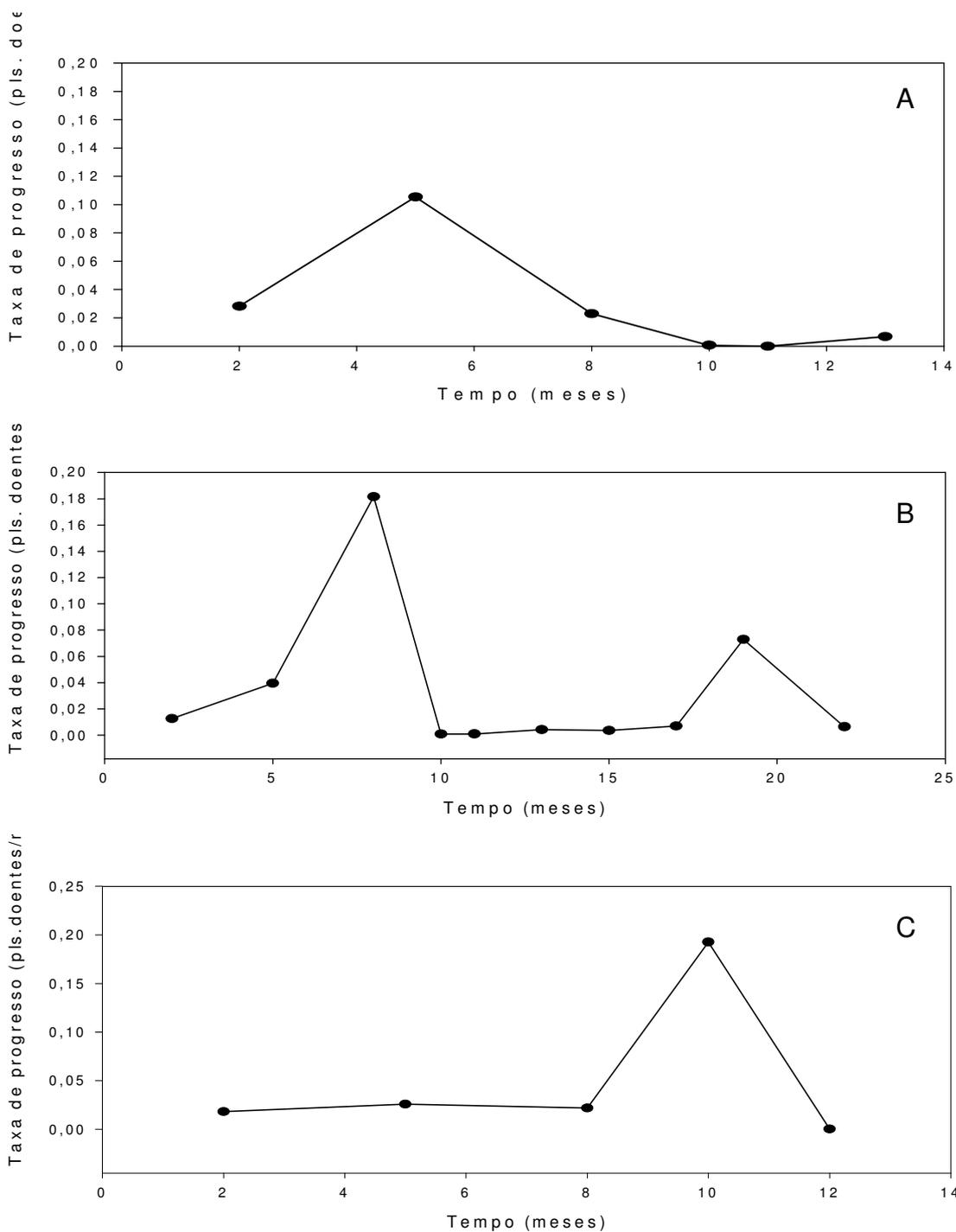


Figura 24 - Taxa de progresso da doença (plantas doentes/mês) em função do tempo, no experimento do município de Ervália (A) e no município de São Gotardo, experimentos 1 (B) e 2 (C).

#### **4.6.2. Análise da severidade**

No experimento 1, em São Gotardo (Figura 25A), nas avaliações feitas em fevereiro, maio e julho de 2004, observou-se que 78% das plantas estavam assintomáticas ou com severidade da doença muito baixa (3%). Em setembro, houve aumento do número de plantas com severidade baixa (>3 e 6%), enquanto que em novembro ocorreu aumento das plantas com severidade média (>6 e 12%). Posteriormente, em fevereiro de 2005, iniciou-se uma redução no número de plantas com severidade média e aumento da proporção de plantas com severidade muito baixa. Portanto, o pico da severidade da doença ocorreu no intervalo de novembro a dezembro, época com grande volume de chuvas (Figura 11).

No experimento 2, em São Gotardo (Figura 25-B), apesar de terem sido feitas apenas três avaliações para a severidade, a tendência foi a mesma encontrada no experimento 1

No experimento de Ervália, não foi feita avaliação em novembro, porém foi observado aumento das plantas assintomáticas e, posteriormente, aumento de plantas doentes em janeiro, quando foi feita a avaliação (Figura 26).

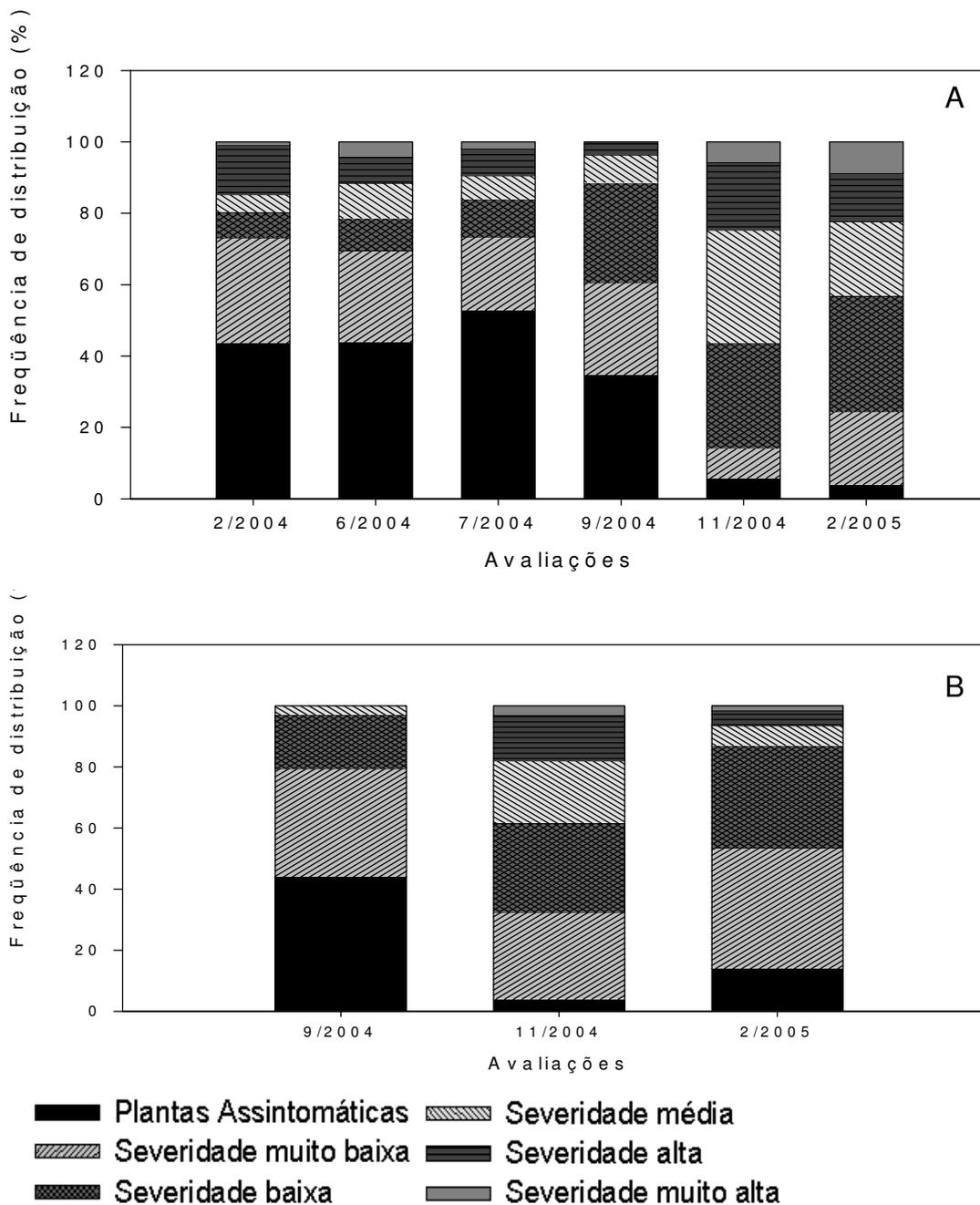


Figura 25 - Frequência de distribuição das plantas de acordo com a severidade. São Gotardo, experimento 1 (A); São Gotardo, experimento 2 (B). Foram consideradas: plantas assintomáticas (0%), plantas com severidade muito baixa (>0 e < 3%), plantas com severidade baixa (>3 e < 6%), plantas com severidade média (>6 e < 12%), plantas com severidade alta (>12 e < 25%) e plantas com severidade muito alta (>25%).

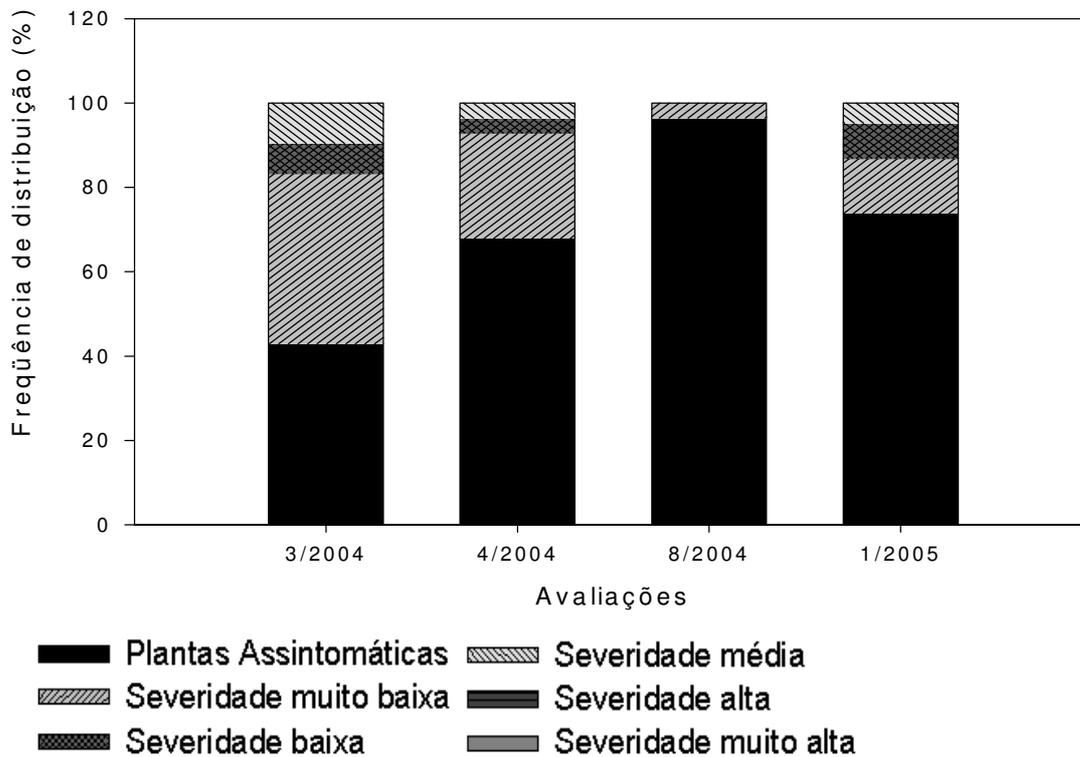


Figura 26 - Frequência da distribuição das plantas de acordo com a severidade em Ervália. Foram consideradas: plantas assintomáticas (0%), plantas com severidade muito baixa (>0 e 3%), plantas com severidade baixa (>3 e 6%), plantas com severidade média (>6 e 12%), planta com severidade alta (>12 e 25%) e plantas com severidade muito alta (>25%).

## 5. Discussão

### 5.1. Análise do crescimento dos ramos

Apesar da grande variação apresentada no crescimento dos ramos, em média, houve um crescimento de 3-4 cm daqueles sem sintomas. Esse dado corrobora o relatado por Rena et al. (2003) para plantas com 3,5 anos de idade e espaçamento de 3,0X1,0 m, no mesmo período. Portanto, os ramos que não apresentam sintomas crescem mais que os ramos sintomáticos.

## **5.2. Avaliação da produção**

Quando se trabalha com a quantificação da produção por planta, um dos grandes problemas encontrados na cultura do café é a variabilidade entre plantas, que pode influenciar até mesmo a qualidade de bebida (QUEIROZ et al., 2004). Por isso, na análise de regressão, observou-se um  $r^2$  baixo, devido essas variações na lavoura (Figura 10A e C).

Para cada aumento de 1% na severidade, há redução de 1,223 sacas beneficiadas por hectare na produção de café (Figura 10A). Assim, lavouras onde as plantas apresentam alta severidade de ARC tornam-se inviáveis economicamente. A relação negativa de dependência encontrada entre a severidade de ARC e a produção foi um resultado muito importante dentro do contexto atual de manejo integrado de doença, pois este dado que poderá ser utilizado na recomendação de medidas de controle.

Plantas com alta severidade de ARC possuem baixas produções e não é possível recuperá-las, mesmo com adubação adequada. Por isso, essas plantas deveriam ser identificadas e submetidas à poda de esqueletamento ou à poda drástica, dependendo do grau de severidade. Assim, seria uniformizada a produção dentro da lavoura e reduzida a fonte de inóculo.

A presença de *X. fastidiosa* nos cafezais brasileiros é uma realidade, e diante da impossibilidade de eliminar a bactéria na cultura, o melhor é estudar estratégias de controle para manter a ARC com níveis que não causem danos econômicos.

## **5.3. Análise espacial da atrofia dos ramos do cafeeiro**

### **5.3.1. Análise de *ordinary runs***

A forte agregação das plantas sintomáticas ao longo das linhas de plantio detectada pela análise de *ordinary runs* confirma o relato feito por Barbosa (2003) em plantas de café nas regiões Sul e Zona da Mata de Minas Gerais, no entanto a autora não fez análise das entrelinhas.

Por meio dos resultados obtidos (Figuras 12 e 13), constatou-se que a doença está sendo disseminada seguindo a linha de plantio na cultura. Esse fato não foi verificado claramente em citros (LARANJEIRA, 1997; LARANJEIRA et al., 2004).

Apenas no experimento de Ervália (Figura 12A), foram confirmados os resultados encontrados por Barbosa (2003), que verificou pequena agregação de plantas com a doença no início da epidemia de ARC. Nos experimentos de São Gotardo, forte agregação das plantas doentes nas linhas foi observada no início do experimento, quando foi verificado em torno de 10 a 20% de incidência de ARC (Figura 13).

### 5.3.2. Análise de dinâmica e estrutura de focos

À medida que a incidência aumenta, a partir de 42%, o foco tende a adquirir a forma da área demarcada. Essa é uma limitação do método de análise também observada por Jesus Junior e Bassanezi (2004). Por isso, torna-se necessário avaliar os resultados com atenção aos valores de incidência superiores a 42%.

Observa-se que o número de focos por 1.000 plantas (NFM) teve seu pico quando a incidência estava em torno de 25% de incidência (Figura 14A). Resultado semelhante foi encontrado por Laranjeira (1997) com CVC. Semelhanças entre a ARC e a CVC também foram encontradas quanto aos picos de focos unitários e de reboleiras por 1.000 plantas; os picos ocorreram com incidências em torno de 15% e 25%, respectivamente.

No estudo da dinâmica de focos da ARC, observa-se que, devido ao grande número de focos isolados, a disseminação ocorre inicialmente entre plantas isoladas. Posteriormente, os focos vão se coalescendo, formando as reboleiras. Essa tendência também foi constatada em citros (LARANJEIRA, 1997).

O resultado encontrado na análise de *ordinary runs*, ou seja a disseminação da doença ao longo da linha de plantio, é confirmado pelo índice médio de forma de foco (IFF), sempre menor que 1 (Figura 16A). As reboleiras tiveram índice de compactação de foco (ICF) menores que 1 (Figura 16B), o que complementa o resultado. Portanto, à medida que aumenta a incidência, o foco fica menos compacto, com aumento da dispersão da ARC ao longo da linha, gerando uma relação negativa entre IFF ou ICF e severidade da doença. Essa dispersão ao longo da linha pode ter sido favorecida pelo pequeno espaçamento das plantas nas linhas (0,7 m), devido à transmissão da doença

via raiz (HE et al., 2000), apesar de este fato ainda não estar totalmente esclarecido nem comprovado na cultura do café.

### **5.3.3. Análise utilizando a lei de Taylor modificada**

Não há estudos da lei de Taylor modificada para ARC e os poucos estudos existentes referem-se à CVC. No entanto, para efeito de comparação, o estudo da CVC poderá ser útil.

Pela análise da lei de Taylor modificada, verificou-se agregação em todos os experimentos (Figura 17), com valores dos parâmetros A e b maiores que 1 (MADDEN e HUGHES, 1995). Assim, as plantas doentes estão localizadas próximas a outras plantas também doentes. Essa tendência foi anteriormente comprovada pela agregação de linhas na análise de *ordinary runs*.

Na análise dos dados pelo estudo da lei de Taylor modificada, a ARC diferenciou-se da CVC (LARANJEIRA, 1997; 2002) por apresentar maior grau de agregação das plantas doentes, uma vez que obtiveram-se valores de b maiores, principalmente no experimento 2 de São Gotardo, esse parâmetro alcançou valor de 2,34 (Figura 17B). Esses resultados, segundo Madden e Hughes (1995), podem ser classificados como padrões fortemente agregado.

A forte agregação de plantas com ARC pode ser explicada, em parte, pela incidência cumulativa, mostrando que quase 100% das plantas apresentam sintomas em alguma época do ano (Figura 23B). A bactéria pode ter sido disseminada ao longo do tempo nas plantas da lavoura por cigarrinhas ou qualquer outro meio, mas essas plantas inicialmente não apresentaram sintomas ou a severidade era muito baixa. Posteriormente, por algum fator, ambiental ou fisiológico, que cause estresse nas plantas, estas passaram a manifestar os sintomas ou aumentar a severidade da doença. Logicamente, as plantas de café na linha estão muito próximas e sujeitas às mesmas condições ambientais, assim, proporcionaram maior agregação de plantas sintomáticas.

### **5.3.4. Determinação de áreas isópatas**

No estudo dos mapas de áreas isópatas da ARC, observam-se áreas fortemente agregadas, fato que também já foi relatado em citros (LARANJEIRA, 1997; 2002). Esses autores, porém, atribuíram o fato às mudas

doentes. Para ARC, não se pode também descartar esta possibilidade, mas deve ser considerado o fato de as cigarrinhas apresentarem dispersão aérea limitada e distribuição agregada (LARANJEIRA, 1997; MARTINS et al., 2000; MARUYAMA et al., 2002).

No experimento 2 de São Gotardo, observou-se que, em determinado ponto, as plantas doentes apresentavam-se fortemente agregadas. Esse fato pode ser explicado pela maior quantidade de inóculo presente, oriundo do experimento 1, quando foi feita a primeira constatação da doença na lavoura. Esta constatação foi observada por Laranjeira (1997), em citros, em pomares velhos próximos.

No final do experimento, pôde ser constatada a presença da ARC em toda a lavoura da Fazenda Matutina, do município de São Gotardo. Deve ser ressaltado que em 2003, quando foi feita a primeira avaliação, a doença encontrava-se restrita à área do experimento 1. Isso mostra que a dispersão da doença está ocorrendo em toda a área.

#### **5.4. Análise temporal da atrofia dos ramos do cafeeiro**

##### **5.4.1. Análise de incidência**

O forte aumento da incidência real da ARC em novembro e dezembro aparentemente está relacionado com as novas brotações e o maior número de vetores da doença nesse período, conforme já relatado para CVC em citros (LARANJEIRA, 1997; 2002). Além disso, nessa mesma época também ocorrem temperaturas elevadas e chuvas abundantes (Figura 11).

A redução na incidência real da doença, a partir de fevereiro, pode ser explicada pelo crescimento dos ramos saudáveis, que encobrem os ramos com sintomas, uma vez que as plantas de café podem alcançar uma taxa de crescimento no diâmetro da copa de 3,21 a 4,54 cm.mês<sup>-1</sup>, no período de novembro a março (RENA et al., 2003).

Outros fatores que poderiam ter contribuído para a redução da incidência real da doença, no período de inverno, e para a taxa de progresso próximo a zero são: queda prematura das folhas nos ramos com sintomas, fato que as torna menos visíveis, ou a morte de ramos com sintomas. Diferentemente de outras plantas, como citros, uva e amoreira, o cafeeiro tem a porcentagem de

obstrução dos vasos do xilema menor (QUEIROZ-VOLTAN et al., 2005), logo, o café tem a característica que permite conviver com a *X. fastidiosa*.

As épocas de maior incidência e taxa de progresso são semelhantes para ARC e CVC, ou seja, novembro e dezembro (LARANJEIRA, 1997). O mesmo autor comenta que as maiores taxas de progresso da doença ocorridas nessa época devem-se às infecções ocorridas no ano anterior. Essa hipótese é suportada pelo longo período de incubação da bactéria nas plantas, chegando até um ano, pela maior quantidade do vetor nessa época e pelo aumento de novas brotações (LARANJEIRA, 1997; PRADO, 2003).

Ressalta-se, ainda, que no cafeeiro, conforme já relatado para a ferrugem, o estresse causado pela alta produção afeta a incidência ou a severidade da doença (ZAMBOLIM et al., 1992; ZAMBOLIM et al., 2002). Isso pôde ser observado no experimento de Ervália, no ano de 2004 (Figura 22).

#### **5.4.2. Análise de severidade**

Inicialmente, foi observada grande proporção de plantas assintomáticas ou com baixa severidade da doença, fato que não prejudicou a produção (Figura 10A).

Plantas com severidade muito elevada (superior a 25%) dificilmente se recuperam. Essas plantas deveriam ser identificadas e recepadas ou esqueletadas, para tornar a área mais homogênea e reduzir a fonte de inóculo. As brotações advindas após a poda, segundo Takatsu et al. (2001), apresentam-se vigorosas e sem sintomas de encurtamento de internódios, nem se detectam massas da bactéria nos vasos do xilema.

Ao observar a incidência cumulativa, constata-se que a grande maioria das plantas, como no experimento 1, em São Gotardo (Figura 23B), apresentaram sintomas de ARC. Além disso, é comum observar nas linhas grupos de plantas com maiores severidades seguidos de agrupamentos de plantas com menores severidades. Também, algumas plantas do cafeeiro podem ter a bactéria em seus ramos em menor concentração e não expressar sintomas morfológicos externos (QUEIROZ-VOLTAN et al., 2005; QUEIROZ-VOLTAN et al., 2004) ou expressar sintomas apenas em épocas mais críticas, quando outros fatores ainda não identificados estiverem atuando. Alguns

autores indagam que essa diferente severidade nas plantas pode ser devido às diferentes estirpes de *X. fastidiosa* encontradas, ou mesmo a variação genética da planta de café dentro de uma mesma cultivar (QUEIROZ-VOLTAN et al., 2005; QUEIROZ-VOLTAN et al., 2004). Outros atribuem essas diferenças às variações climáticas locais, ou à estrutura física e química do solo e também aos tratos culturais (QIN et al., 2001).

O sintoma de queima de folha causada por *X. fastidiosa* não foi verificado em nenhuma avaliação, apesar de, inicialmente, ter sido dado nome à doença em razão desse sintoma. Portanto, os internódios curtos são o sintoma típico da doença.

## 6. Conclusões

Em todas as análises espaciais realizadas, foi constatado que as plantas doentes se encontravam distribuídas em padrão agregado. No início da epidemia, houve grande número de plantas doentes isoladas, a disseminação da doença ocorreu ao longo da linha para plantas assintomáticas e, posteriormente, houve coalescência das plantas doentes, formando-se reboleiras.

O período em que ocorreu maior incidência e severidade da doença foi novembro a dezembro, e observaram-se menores incidência e severidade em junho e julho.

O crescimento dos ramos sadios ajuda a encobrir a presença da ARC nos ramos com sintomas nas plantas com baixa severidade e, assim, é reduzida a incidência após fevereiro.

Plantas que possuem alta severidade tiveram redução na produção e no tamanho dos grãos de café.

## 7. Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, F. A. D.; ROS, A. B. et al. Levantamento de cigarrinhas transmissoras de *Xylella fastidiosa* em cafeeiros (*Coffea arabica*) na região de Maringá-PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 26., 2000. Marília: PROCAFÉ. **Anais...** Rio de Janeiro: 2000. 317-318 p.

ALMEIDA, R. P. P.; PEREIRA, E. F. et al. Multiplication and movement of a citrus strain of *Xylella fastidiosa* within sweet orange. **Plant Disease**, v.85, n.4, p.382-386, 2001.

ALVES, E.; KITAJIMA, E. W. et al. Interaction of *Xylella fastidiosa* with different cultivars of *Nicotiana tabacum*: a comparison of colonization patterns. **J. Phytopathology**, v.151, p.500-506, 2003.

BARBOSA, J. F. **Ocorrência e padrão espacial da atrofia dos ramos do cafeeiro (*Xylella fastidiosa*) nas regiões Sul e Zona da Mata de Minas Gerais**. 2003. 88 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H. et al. (eds.). **Manual de fitopatologia. Princípios e conceitos**. São Paulo: Ceres, v.1, 1995. p.602-626.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: Epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1996. 289 p.

BERGAMIN FILHO, A.; HAU, B. et al. Análise espacial de epidemias. In: VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C. et al. (eds.). **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perffil, 2004. p.193-240.

BRLANSKY, R. H.; DAMSTEEGT, V. D. et al. Transmission of the citrus variegated chlorosis bacterium *Xylella fastidiosa* with the sharpshooter *Oncometopia nigricans*. **Plant Disease**, v.86, n.11, p.1237-1239, 2002.

CAMPANHARO, J. C.; LEMOS, M. V. F. et al. Growth optimization procedures for the phytopathogens *Xylella fastidiosa*. **Current Microbiology**, v.46, p.99-102, 2003.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley, 1990. 532 p.

FEICHTENBER, E.; MÜLLER, G. W. et al. Doenças dos citros. In: KIMATI, H.; AMORIM, L. et al. (eds.). **Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo, 1997. p.262-296.

FRENCH, W. J.; KITAJIMA, E. W. Occurrence of plum leaf scald in Brasil and Paraguay. **Plant Dis. Repr.**, v.63, p.1035-1038, 1978.

FRY, S. M.; HUANG, J. S. et al. Isolation and preliminary characterization of extracellular proteases produced by strains of *Xylella fastidiosa* from grapevines. **Phytopathology**, v.84, n.4, p.357-363, 1994.

FRY, S. M.; MILHOLLAND, R. D. Multiplication and translocation of *Xylella fastidiosa* in petioles and stems of grapevine resistant, tolerant, and susceptible to Pierce's disease. **Phytopathology**, v.80, n.1, p.61-65, 1990.

FUNDECITRUS. **Clorose Variegada dos Citros (CVC)**. <<http://www.fundecitrus.com.br/cvc.html>>(30/04/05).2005.

GOHEEN, A. C.; NYLAND, G. et al. Association of rickettsia-like organism with Pierce's Disease of grapevines and alfalfa dwarf and heat therapy or the disease in grapevines. **Phytopathology**, v.63, p.341-345, 1973.

HE, C. X.; LI, W. B. et al. Distribution of *Xylella fastidiosa* in citrus rootstocks and transmission of citrus variegated chlorosis between sweet orange plants through natural root grafts. **Plant Disease**, v.84, n.6, p.622-626, 2000.

HICKEL, E. R.; DUCROQUET, J. et al. Fauna de Homoptera: Auchenorrhyncha em pomares de ameixeira em Santa Catarina. **Neotropical Entomology**, v.30, n.4, p.725-729, 2001.

HILL, B. L.; PURCELL, A. H. Acquisition of *Xylella fastidiosa* by an efficient vector, *Graphacephala atropunctata*. **Phytopathology**, v.85, n.11, p.1368-1372, 1995a.

HILL, B. L.; PURCELL, A. H. Multiplication and movement of *Xylella fastidiosa* within grapevine and four other plants. **Phytopathology**, v.85, n.11, p.1368-1372, 1995b.

HOPKINS, D. L. Diseases caused by leafhopper-borne rickettsia-like bacteria. **Annual Review of Phytopathology**, v.17, p.277-294, 1977.

HOPKINS, D. L. Variability of virulence in grapevine among isolates of Pierce's disease bacterium. **Phytopathology**, v.74, p.1395-1398, 1984.

HOPKINS, D. L. *Xylella fastidiosa*: A xylem-limited bacterial pathogen of plants. **Annual Review of Phytopathology**, v.27, p.271-290, 1989.

HOPKINS, D. L.; MORTENSEN, J. A. Suppression of Pierce's disease symptoms by tetracycline antibiotics. **Plant Dis. Repr.**, v.55, p.610-612, 1971.

HUGHES, G.; MADDEN, L. V. Aggregation and incidence of disease. **Plant Pathology**, v.41, p.657-660, 1992.

JESUS JUNIOR, W. C.; BASSANEZI, R. B. Análise de dinâmica e estrutura de focos da Morte Súbita dos Citros. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, p.399-405, 2004.

JESUS JUNIOR, W. C.; POSSA, E. A. et al. Análise temporal de epidemias. In: Vale, F. X. R.; Jesus Junior, W. C. et al. (eds.). **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perffil, 2004. p.127-191.

KITAJIMA, E. W.; BAKARCIC, M. et al. Association of rickettsia like bacteria with plum leaf scald disease. **Phytopathology**, v.65, p.476-479, 1975.

LARANJEIRA, F. F. **Dinâmica espacial e temporal da clorose variegada dos citros**. 1997. 144 p. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz /USP, Piracicaba-SP.

LARANJEIRA, F. F. **Epidemiologia da clorose variegada dos citros no Estado de São Paulo**. 2002. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz /USP, Piracicaba-SP.

LARANJEIRA, F. F.; AMORIM, L. et al. Controle das doenças causadas por fungos e bactérias em citros. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. et al. (eds.). **Controle de doenças de plantas-fruteiras**. Viçosa, 2002. p.141-246.

LARANJEIRA, F. F.; BERGAMIN FILHO, A. et al. Dinâmica espacial da clorose variegada dos citros em três regiões de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, p.56-65, 2004.

LEE, R. F.; BERETTA, M. J. G. et al. Citrus variegated chlorosis: confirmation of *Xylella fastidiosa* as the causal agent. **Summa Phytopathologica**, v.19, n.2, p.123-125, 1993.

LEITE JÚNIOR, R. P. Ocorrência de *Xylella* em café no Brasil. **Summa Phytopathologica**, v.28, n.1, p.122-124, 2002.

LEITE JÚNIOR, R. P.; HUANG, G. F. et al. Ocorrência da clorose variegada dos citros no Estado de Santa Catarina. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, n.2, p.214, 1997.

LEITE JÚNIOR, R. P.; NUNES, L. M. Avanços nas pesquisas sobre *Xylella fastidiosa* do café no Brasil. In: ZAMBOLIM, L. (ed.). **Produção integrada de café**. Viçosa: Suprema, 2003. p.87-101.

LEITE, R.; LEITE JUNIOR, R. P. et al. Flutuação populacional de *Xylella fastidiosa* em ameixeiras suscetíveis e resistentes a escaldadura da folha. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, n.1, p.58-63, 1997a.

LEITE, R.; LEITE JUNIOR, R. P. et al. Hospedeiros alternativos de *Xylella fastidiosa* entre plantas invasoras de pomares de ameixeira com escaldadura da folha. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, n.1, p.54-57, 1997b.

LI, W. B.; PRIA, W. D., JR. et al. Coffee leaf scorch caused by a strain of *Xylella fastidiosa* from citrus. **Plant Disease**, v.85, n.5, p.501-505, 2001.

LI, W. B.; PRIA, W. D. et al. Presence of *Xylella fastidiosa* in sweet orange fruit and seeds and its transmission to seedlings. **Phytopathology**, v.93, n.8, p.953-958, 2003.

LIBERATO, J. R. **Desenvolvimento e avaliação do Software Quant para quantificação de doenças de plantas por análise de imagens**. 2003. 112 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

LIMA, J. E. O. D.; MIRANDA, V. S. et al. Distribuição de *Xylella fastidiosa* no cafeeiro, nas regiões cafeeiras, e seu isolamento in vitro. **Fitopatologia Brasileira**, v.21, n.3, p.392-393, 1996.

LIMA, J. E. O. D.; MIRANDA, V. S. et al. Coffee leaf scorch bacterium: axenic culture, pathogenicity, and comparison with *Xylella fastidiosa* of citrus. **Plant Disease**, v.82, n.1, p.94-97, 1998.

LOPES, S. A.; MARCUSSI, S. et al. Weeds as alternative hosts of the citrus, coffee, and plum strains of *Xylella fastidiosa* in Brazil. **Plant Disease**, v.87, n.5, p.544-549, 2003.

LOPES, S. A.; RIBEIRO, D. M. et al. *Nicotiana tabacum* as an experimental host for the study of plant - *Xylella fastidiosa* interactions. **Plant Disease**, v.84, n.8, p.827-830, 2000.

LOVATO, L.; SIMÕES, H. C. et al. Ocorrência de cigarrinhas vetoras da bactéria *Xylella fastidiosa* em lavouras cafeeiras no estado do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASI, 2., Vitória: EMBRAPA café. **Anais...**Brasília: 2001. 2013-2021 p.

MADDEN, L. V.; HUGHES, G. Plant disease incidence: distribution, heterogeneity and temporal analysis. **Annual Review of Phytopathology**, v.33, p.529-564, 1995.

MADDEN, L. V.; LOUIE, R. et al. Evaluation of test of randomness of infected plants. **Phytopathology**, v.72, p.195-198, 1982.

MARTINS, M.; CEOTTO, G. et al. A cellular automata model for citrus variegated chlorosis. **Physical Review E**, v.62, p.70030-7037, 2000.

MARUCCI, R. C.; GIUSTOLIN, T. A. et al. Transmissão de *Xylella fastidiosa* para café pela cigarrinha *Dilobopterus costalimai*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASI, 2., Vitória: EMBRAPA café. **Anais...**Brasília: 2001. 1220-1227 p.

MARUYAMA, W. I.; BARBOSA, J. C. et al. Distribuição espacial de *Dilobopterus costalimai* Young (Hemiptera: Cicadellidae) em citros na Região de Taquaritinga, SP. **Neotropical Entomology**, v.31, n.1, p.35-40, 2002.

MENEGUIM, A. M.; KIMURA, L. A. et al. Levantamento da fauna de homópteros vetores de *Xylella fastidiosa* em viveiros de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE CAFICULTURA, 19., 2000. San José, Costa Rica: ICAFE : IICA/ PROMECAFE. **Anais...**San José: 2000. 303-311 p.

MONTEIRO, P. B.; RENAUDIN, J. et al. *Catharanthus roseus*, an experimental host plant for the citrus strain of *Xylella fastidiosa*. **Plant Disease**, v.85, n.3, p.246-251, 2001.

NELSON, W. M. C. A simple analysis of disease foci. **Phytopathology**, v.86, p.332-339, 1996.

PAIÃO, F.; MENEGUIM, A. M. et al. Levantamento de espécies de cigarras e transmissão de *Xylella fastidiosa* em cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL E WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ E SAÚDE,3., 2003. Porto Seguro: EMBRAPA Café. **Anais...**Brasília: 2003. 344 p.

PALAZZO, D. A.; CARVALHO, M. L. V. Desenvolvimento e progresso da clorose variegada dos citros (CVC) em pomares de Colina, SP. **Laranja**, v.13, p.489-502, 1992.

PARADELA FILHO, O.; SUGIMORI, M. H. et al. Constatação de *Xylella fastidiosa* em cafeeiro no Brasil. **Summa Phytopathologica**, v.23, n.1, p.46-49, 1997.

PARADELA FILHO, O.; TROMAZIELLO, R. A. et al. **Atrofia dos Ramos de Cafeeiro, causada por *Xylella fastidiosa***. Campinas, 1999. 10 p.

POOLER, M. R.; HARTUNG, J. S. Specific PCR detection and identification of *Xylella fastidiosa* strains causing citrus variegated chlorosis. **Current Microbiology**, v.31, p.377-381, 1995.

PRADO, S. S. **Eficiência de infecção e multiplicação de estirpes de *Xylella fastidiosa* de citros (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) e de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em inoculações cruzadas**. 2003. 87 p. Dissertação (Mestrado) – Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz /USP, Piracicaba-SP.

PURCELL, A. H.; FINLAY, J. S. Evidence for noncirculative transmission of Pierce's disease bacterium by sharpshooter leafhoppers. **Phytopathology**, v.69, p.393-395, 1979.

PURCELL, A. H.; HOPKINS, D. L. Fastidious xylem-limited bacterial plant pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, v.34, p.131-151, 1996.

QIN, X.; MIRANDA, V. S. et al. An evaluation of the genetic diversity of *Xylella fastidiosa* isolated from diseased citrus and coffee in Sao Paulo, Brazil. **Phytopathology**, v.91, n.6, p.599-605, 2001.

QUEIROZ, P. D.; PINTO, F. A. C. et al. Uso de técnica de agricultura de precisão para a cafeicultura de montanha. In: ZAMBOLIM, L. (ed.). **Efeito da irrigação sobre a qualidade e produtividade do café**. Viçosa: Suprema, 2004. p.77-108.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; CABRAL, L. P. et al. Severidade do sintoma da bactéria *Xylella fastidiosa* em cultivares de cafeeiro. **Bragantia**, v.63, n.3, p.395-404, 2004.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; CABRAL, L. P. et al. Efeito da *Xylella fastidiosa* em cafeeiros em diferentes regiões edafoclimáticas. **Bragantia**, v.64, n.1, p.89-100, 2005.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; PARADELA FILHO, O. et al. Aspectos estruturais de cafeeiro infectado com *Xylella fastidiosa*. **Bragantia**, v.57, n.1, p.23-33, 1998.

REDAK, R. A.; PURCELL, A. H. et al. The biology of xylem fluid-feeding insect vectors of *Xylella fastidiosa* and their relation to disease epidemiology. **Annual review of entomology**, v.49, p.243-270, 2004.

RENA, A. B.; NACIF, A. P. et al. Fenologia, produtividade e análise econômica do cafeiro em cultivos com diferentes densidades de plantio e doses de fertilizantes. In: ZAMBOLIM, L. (ed.). **Produção integrada de café**. Viçosa: Suprema, 2003. p.133-196.

RIGOLIN, A. T.; TERSI, F. E. A. Redução nos custos de aplicação dos defensivos em citros. **Laranja**, v.20, p.93-106, 1999.

ROBERTO, S. R.; COUTINHO, A. et al. Transmissão de *Xylella fastidiosa* pelas cigarrinhas *Dilobopterus costalimai*, *Acrogonia terminalis* e *Oncometopia facialis* em citros. **Fitopatologia Brasileira**, v.21, n.4, p.517-518, 1996.

ROSSETTI, V.; De NEGRI, J. D. Clorose variegada dos citros - Revisão. **Laranja**, v.11, p.1-14, 1990.

SAN JUAN, R. C. C.; LESSI, R. A. et al. Evolução populacional de cigarrinhas vetoras/potenciais do "Amarelinho" do cafeeiro com e sem a influência dos inseticidas Premier e Baysiston. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 26., 2000. Marília: PROCAFÉ. **Anais...**Marília: 2000. 81-82 p.

SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; GONÇALVES, G. R. C. R. et al. Flutuação populacional e análise faunística de cigarrinhas vetoras de *Xylella fastidiosa* em cafeeiros no Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 26., 2000. Marília: PROCAFÉ. **Anais...**Rio de Janeiro: 2000. 240-241 p.

SIMPSON, A. J. G.; REINACH, F. C. et al. The genome sequence of the plant pathogen *Xylella fastidiosa*. **Nature**, v.406, n.6792, p.151-157, 2000.

TAKATSU, A.; SANTOS, M. R. et al. *Xylella fastidiosa* do cafeeiro no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DOS

CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001. Vitória: EMBRAPA Café. **Anais...**Brasília: 2001. 2013-2021 p.

TAYLOR, L. R. Agregation, variance and the mean. **Nature**, v.189, p.732-735, 1961.

TAYLOR, L. R. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. **Annual review of entomology**, v.29, p.321-357, 1984.

UENO, B.; UESUGI, C. H. Levantamento da ocorrência de *Xylella fastidiosa* em cafeeiro do Distrito Federal e entorno. **Fitopatologia Brasileira**, v.27, n.2, p.223, 2002.

WELLS, J. M.; RAJU, B. C. J., H. Y. et al. *Xylella fastidiosa* gen. nov., sp. nov: gram-negativo, xylem-limited, fastidiosus plant bacteria related to *Xanthomonas spp.* **Interantional Journal of Systematic Bacteriology**, v.37, p.136-143, 1987.

WELLS, J. M.; WAVER, D. J. et al. Distribution of rickettsia-like bacteria in peach, and their occurrence in plum, cherry, and some perennial weeds. **Phytopathology**, v.70, p.817-820, 1980.

YORINORI, M. A.; RIBAS, A. F. et al. Presença de *Xylella fastidiosa* em sementes e mudas de cafeeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL,1., 2000. Poços de Caldas: EMBRAPA Café. **anais...**Belo Horizonte: 2000. 294-297 p.

YORINORI, M. A.; RIBAS, A. F. et al. Detecção de *Xylella fastidiosa* em germoplasma de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, n.4, p.427-430, 2003.

ZAMBOLIM, L.; SILVA-ACUÑA, R. et al. Influência da produção do cafeeiro sobre o desenvolvimento da ferrugem (*Hemileia vastatrix*). **Fitopatologia Brasileira**, v.17, p.32-35, 1992.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. d. et al. Epidemiologia e controle integrado da ferrugem do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: Suprema, 2002. p.369-450.