

# Dinâmica Temporal da População do Ácaro *Brevipalpus phoenicis* e da Leprose dos Citros sob Condições Naturais de Epidemia

Ana B.C. Czermainski<sup>1</sup>, Renato B. Bassanezi<sup>2</sup>, Francisco F. Laranjeira<sup>3</sup> & Lilian Amorim<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Uva e Vinho, Cx. Postal 130, CEP 95700-000, Bento Gonçalves, RS, Brasil, e-mail: ana@cnpuv.embrapa.br;

<sup>2</sup>Fundecitrus, Cx. Postal 391, CEP 14801-970, Araraquara, SP, Brasil; <sup>3</sup>Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cx. Postal 7, CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA, Brasil; <sup>4</sup>Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, ESALQ, Universidade de São Paulo, Cx. Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil

Autor para correspondência: Ana B.C. Czermainski

CZERMAINSKI, A.B.C., BASSANEZI, R.B., LARANJEIRA, F.F. & AMORIM, L. Dinâmica temporal da população do ácaro *Brevipalpus phoenicis* da leprose dos citros sob condições naturais de epidemia. *Fitopatologia Brasileira* 32:295-303. 2007.

## RESUMO

A densidade populacional do ácaro vetor de *Citrus leprosis virus* (CiLV), *Brevipalpus phoenicis*, num talhão, é o principal indicador para a tomada de decisão de medidas de controle da leprose dos citros. Há pouca informação sobre o crescimento da incidência de plantas com leprose dos citros isoladamente ou em conjunto com a população do ácaro. Este trabalho teve por objetivo caracterizar o progresso temporal da população de *B. phoenicis* e da incidência de leprose dos citros e a relação entre essas populações, sob condições naturais de epidemia. Dois talhões de laranja doce, cvs. Valência e Natal, foram monitorados de 2002 a 2004, em intervalos de 22 dias, em média. O crescimento da incidência da doença foi lento e estimativas da taxa de progresso da doença foram bastante baixas, variando de 0,0126 a 0,0448 para 'Valência' e de 0,0044 a 0,0525 para 'Natal'. A quantidade de inóculo inicial nos ramos cresceu significativamente de um ciclo para outro. Ao final do período, a incidência foi de 32% das plantas de 'Valência' e de 6,8% na cv. Natal. Apesar de não ser sistêmica, a leprose dos citros comporta-se como poliética com acúmulo de inóculo de ano para ano, especialmente nos ramos. A incidência não esteve correlacionada com a presença de ácaros na planta em levantamentos anteriores, mas apresentou correlação positiva significativa ( $P < 0,001$ ) com a própria incidência da doença registrada anteriormente. Isto indica que a presença de sintomas, e não somente a de ácaros, deve ser considerada em amostragens visando controle da doença.

**Palavras-chave adicionais:** *Citrus leprosis virus*, incidência, análise temporal.

## ABSTRACT

### Temporal dynamics of populations of *Brevipalpus phoenicis* mite and citrus leprosis under natural epidemic conditions

The density of mite *Brevipalpus phoenicis*, vector of *Citrus leprosis virus* (CiLV), is determinant for decisions on control measures for citrus leprosis. Little information on the progress of incidence of trees with citrus leprosis has been compiled, either separately or together with the mite population. This study aimed to characterize the temporal growth of *B. phoenicis* populations and leprosis incidence on citrus trees and the relationship with these populations, under natural conditions. Two sweet orange groves, one with 'Valencia' and the other with 'Natal', were monitored from 2002 to 2004, every 22 days. The increase in disease incidence was slow and estimates of disease growth rate were quite low, varying from 0.0126 to 0.0448 for 'Valencia' and from 0.0044 to 0.0525 for 'Natal'. The initial inoculum quantity on the branches increased significantly from one cycle to the next. After the three years of observation, the incidence reached 32% in Valencia and 6.8% in Natal trees. Although not systemic, citrus leprosis has a polyetic performance, building up inoculum year after year, especially on the branches. The incidence was not correlated with the mite density on the trees in previous data collections, but presented a significant positive correlation ( $P < 0.001$ ) with the disease incidence reported earlier. This indicates that the presence of symptoms, rather than only the mites, must be taken into consideration in sampling aiming at disease control.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de citros do mundo, com mais de 25% da produção mundial, e o maior exportador de suco concentrado de laranja (Bassanezi & Laranjeira, 2006). Do total de 437 milhões de caixas de 40,8 kg de laranjas da safra 2005/06, mais de 80% foram produzidas no Estado de São Paulo (IBRAF, 2007). A leprose dos citros tem sido considerada, na última década, a mais importante virose na citricultura brasileira, pois reduz a produção e o período de

vida das plantas de citros (Rodrigues *et al.*, 2003), ocorre em quase todos os estados do País que produzem citros e é considerada endêmica no Estado de São Paulo. Em levantamento realizado em 1995, a doença estava distribuída por todas as regiões citrícolas daquele estado, com 61% dos pomares apresentando, em média, 26% das plantas com sintomas e 43% dos pomares apresentando, em média, 21% das plantas com pelo menos um ácaro vetor da leprose (Salva & Massari, 1995). Espécies de *Citrus* spp., especialmente laranjas (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), são naturalmente

infectadas por *Citrus leprosis virus* (CiLV). No Brasil, onde a doença foi constatada em 1933, CiLV é transmitido, nas condições de campo, pelo ácaro *Brevipalpus phoenicis* Geijskes (Acari: Tenuipalpidae), conhecido vulgarmente como ácaro plano ou ácaro da leprose.

As medidas preconizadas para o controle da leprose são baseadas na redução das fontes de inóculo do vírus e da população do ácaro vetor. Contudo, a principal prática adotada pelos citricultores para o controle do ácaro da leprose e, conseqüentemente, da doença tem sido a pulverização do talhão com acaricidas visando reduzir a população do vetor. As estimativas dos gastos anuais com acaricidas, na citricultura nacional, são da ordem de 90 milhões de dólares, dos quais 75 milhões de dólares são destinados ao controle do ácaro da leprose (Rodrigues, 2000). Isto tem representado em torno de 35% dos custos com insumos e ao redor de 14% do custo total de um pomar em produção (Bassanezi & Laranjeira, 2006). O desenvolvimento da resistência de *B. phoenicis* a acaricidas é um dos fatores que vem contribuindo para a redução da eficácia de alguns dos produtos utilizados (Omoto, 2004).

Como a maioria dos patossistemas viróticos, a leprose dos citros é bastante complexa. O ácaro vetor, em qualquer uma das fases de seu desenvolvimento, pode adquirir e transmitir CiLV. Um indivíduo é capaz de múltiplas infecções em transmissões primárias e secundárias simultâneas no pomar, ou seja, árvores são contaminadas por autoinfecção e aloinfecção. Existem evidências da multiplicação do vírus no ácaro vetor, que faz com que este, uma vez contaminado, passe a ser transmissor do vírus ao longo da sua vida mesmo que se alimente posteriormente em tecidos sadios (Rodrigues, 2000). Entretanto, a transmissão transovariana do vírus para a sua descendência parece não ocorrer (Chiavegato, 1995; Rodrigues, 1995). As novas gerações do ácaro que surgem na população tornam-se viríferas ao alimentarem-se nas áreas de lesões já existentes que servem como fonte de inóculo.

Esses ácaros são encontrados durante todo o ano em pomares de citros para as condições de São Paulo, com oscilações na densidade populacional. Vários são os fatores que interferem na sua flutuação populacional entre os quais destacam-se fenologia das plantas, variedade cítrica, presença de predadores e fatores climáticos (Oliveira, 1995; Rodrigues, 2000; Rodrigues & Oliveira, 2005).

O clima pode influenciar direta ou indiretamente a população ao propiciar condições para o desenvolvimento de possíveis agentes patogênicos que agem sobre os ácaros (Oliveira, 1995), ou para o desenvolvimento da planta cítrica hospedeira, cuja fenologia influencia o estabelecimento e crescimento das sucessivas populações. Os ácaros infestam toda a planta, mas são encontrados mais facilmente nos frutos. Considerando-se um tempo médio de 30-35 dias para uma geração deste vetor, em um período de frutificação podem ocorrer 4 ou 5 gerações do ácaro (Rodrigues, 2000). O período entre a infestação com ácaros contaminados e o aparecimento de sintomas varia de 17 a 60 dias, mas a maior parte dos sintomas aparece após 21-30 dias (Colariccio *et*

*al.*, 1995; Rodrigues, 1995).

Trabalhos têm sido desenvolvidos sobre a dinâmica e flutuação populacional e controle do ácaro (Rodrigues *et al.*, 2003; Childers *et al.*, 2003), mas pouca informação tem sido obtida sobre a doença ou sobre a dinâmica temporal da doença e do seu vetor conjuntamente. O estudo da dinâmica e avanço da doença pode ser um componente importante para orientar a tomada de decisão quanto às intervenções no pomar. Curvas do progresso da doença no tempo e ajuste de modelos de crescimento para cada ciclo da cultura permitem uma análise comparativa entre ciclos quanto a taxas de progresso e interpretação de influências de fatores ambientais e do hospedeiro sobre mudanças no crescimento da epidemia. O modelo logístico é o mais freqüentemente usado para descrever epidemias virais (Nutter, 1997) e foi adequado para descrever dados de leprose dos citros (Rodrigues, 2000; Rodrigues *et al.*, 2003).

Os objetivos deste estudo foram caracterizar o desenvolvimento temporal da população de ácaros *B. phoenicis* e da incidência de leprose, causada por CiLV, em pomares de citros, sob condições naturais de epidemia e identificar variáveis fenológicas do hospedeiro associadas ao desenvolvimento da doença e ao crescimento e flutuação da população do ácaro e o efeito, defasado no tempo, da presença do ácaro nas plantas sobre a incidência da doença.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Descrição dos talhões e coleta de dados

Entre janeiro de 2002 e novembro de 2004, epidemias de leprose dos citros foram monitoradas em dois talhões, situados em propriedade comercial no município de Santa Cruz do Rio Pardo, região Sul do Estado de São Paulo. O primeiro talhão era da variedade Valência (TV), plantado em 1996, sobre limoeiro Cravo, em espaçamento 7,5 m x 3,8 m, e com área útil selecionada de 20 linhas de 58 plantas (total de 1160 plantas). O segundo talhão era da variedade Natal (TN), com idade, porta-enxerto e espaçamento idênticos ao primeiro, com área útil de 24 linhas de 30 plantas (total de 720 plantas). Foram efetuados 44 levantamentos, em ambos os talhões. Após a demarcação das áreas e início dos trabalhos de levantamento em janeiro de 2002, não foram realizadas pulverizações com acaricidas de modo a não afetar a população do ácaro da leprose.

Efetuar-se-iam levantamentos censitários no nível hierárquico planta e levantamentos amostrais de frutos, ramos e folhas por planta. Foram feitas as seguintes determinações nos dois talhões selecionados: i) contagem de frutos, ramos e folhas com sintomas de leprose, observados em 25 frutos, 25 folhas e 25 ramos por quadrante do dossel, amostrados a esmo, totalizando 100 unidades de observação por tipo de estrutura por planta; ii) contagem de ácaros da leprose pela observação em cinco frutos internos da florada principal e cinco ramos externos da copa, também escolhidos a esmo; iii) a partir dos registros de infestação e de doença por planta, foram obtidas as incidências binárias

(0 para ausência do evento ácaro ou sintoma e 1 para presença do evento), correspondentes aos tipos de órgãos avaliados; iv) em 10 plantas marcadas previamente, ao acaso no talhão, foram contadas as novas brotações/m<sup>2</sup> de copa e as folhas novas emitidas por broto; v) o estágio fenológico de florescimento e frutificação foi registrado segundo escala convencionalmente usada para citros (Guia de fases de desenvolvimento Citros, Stoller do Brasil Ltda). As variáveis climáticas, precipitação pluviométrica (em mm), temperatura média, mínima e máxima do ar (°C), umidade relativa do ar (%) média, mínima e máxima e velocidade do vento foram registradas em estação agroclimatológica instalada próximo aos talhões. A identificação e descrição das variáveis originais ou calculadas a partir das originais encontram-se na Tabela 1.

### Análise do crescimento da população de ácaros *B. phoenicis* e da leprose dos citros

Técnicas descritivas como tabelas e gráficos foram intensivamente usadas para análise exploratória do conjunto de resultados e dedução de possíveis relações temporais entre as populações alvo e entre essas e os fatores explicativos relativos à fenologia das plantas e ao clima.

Estimaram-se as densidades populacionais absolutas e relativas do ácaro nos talhões nas datas de levantamento de modo a se obter as curvas populacionais para análise do crescimento da população da praga. As incidências de plantas com a presença do ácaro foram calculadas para análise temporal da dispersão da população.

A incidência de leprose (número de árvores com sintomas, dividido pelo número total de árvores no talhão) foi calculada por levantamento. Curvas de progresso para as incidências de plantas com sintomas – INPLSIFR, INPLSIRA, INPLSIFO e INPLSIN – foram construídas

para posterior ajuste ao modelo logístico e obtenção das respectivas estimativas da quantidade de inóculo inicial e taxa de infecção. A expressão geral do modelo é dada por

$$Y = \beta_1 / \{1 + [(\beta_1/\beta_2) - 1] * \exp(-\beta_3 * t)\}$$

onde  $Y$  é a incidência expressa em proporção de plantas no talhão,  $\beta_1$  é o parâmetro que indica a assíntota da curva sigmóide logística,  $\beta_2$  é o parâmetro que corresponde à quantidade de inóculo inicial e  $\beta_3$  é a taxa aparente de infecção. Em geral, é usado  $\beta_1=1$  indicando a quantidade máxima de doença (Campbell & Madden, 1990; Bergamin Filho, 1995). Aqui, optou-se por estimar  $\beta_1$  devido aos baixos níveis da doença observados nos talhões monitorados.

A colheita de frutos da florada principal caracterizou o fim de um ciclo e início do ciclo seguinte, quando se passou a acompanhar o desenvolvimento da nova florada, resultando na divisão do período de monitoramento em três ciclos coincidentes com o ano civil. O efeito de variáveis fenológicas sobre o comportamento das incidências de plantas infestadas e com sintomas de leprose, ao longo dos ciclos 2003 e 2004, foi avaliado através da análise de regressão Poisson. Se  $Y_t$  é o número de plantas com presença de ácaros ou de sintomas, no levantamento  $t$ , então  $Y_t$  tem distribuição de Poisson, com média e variância  $\mu_t$  e com função de ligação canônica dada por  $\log(\mu_t) = \beta_0 + \beta_1 x_t$ ,  $t=1, \dots, n$ . Os parâmetros  $\beta_0$  e  $\beta_1$ , a serem estimados na regressão, quantificam o risco relativo de incidência em um levantamento em função da preditora  $X$ . O número  $n$  de observações correspondeu ao número de levantamentos no período de cada ciclo de frutificação. As incidências de plantas no talhão INPLSIN e INPLACA, na forma de contagens, foram relacionadas, por ciclo, às covariáveis tempo, medido em número de dias após o primeiro levantamento (Ndapl), NBRONOV, NFOSNOV e

TABELA 1 - Relação e descrição das variáveis utilizadas

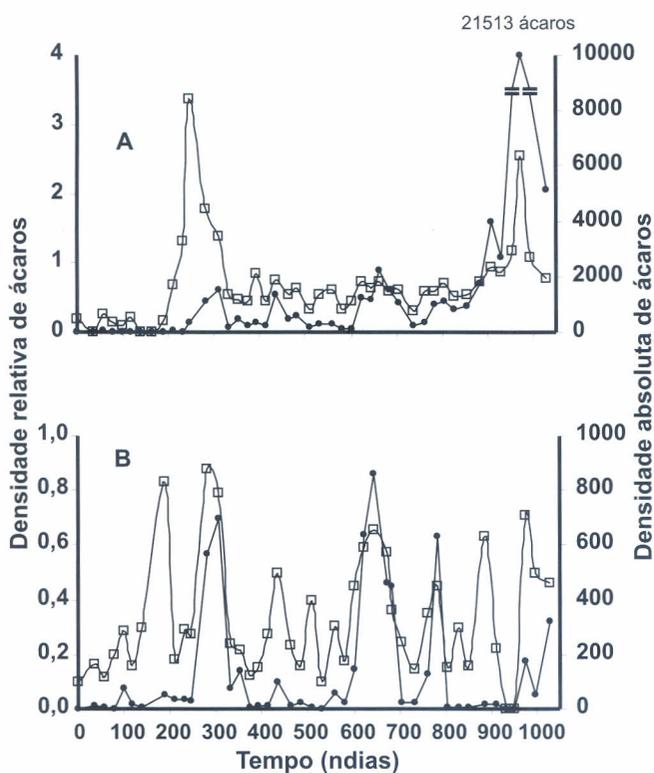
Nome da variável	Descrição
Ndapl	Número de dias após o primeiro levantamento no ciclo ou em todo o período de monitoramento
NACAFRU	Número de ácaros nos frutos amostrados (n=5 frutos/planta)
NACAR AM	Número de ácaros nos ramos amostrados (n=5 ramos/planta)
NACAPLA	Número de ácaros na planta (n=10 unidades/planta)
INPLACFR	Incidência (número ou proporção) de plantas com ácaros nos frutos
INPLACRA	Incidência (número ou proporção) de plantas com ácaros nos ramos
INPLACA	Incidência (número ou proporção) de plantas com ácaros
NFRUSIN	Número de frutos com sintomas (n=100 frutos/planta)
NRAMSIN	Número de ramos com sintomas (n=100 ramos/planta)
NFOLSIN	Número de folhas com sintomas (n=100 folhas/planta)
NORGSIN	Número de órgãos com sintomas em 300 unidades amostradas por planta
INPLSIFR	Incidência (número ou proporção) de plantas com sintomas nos frutos
INPLSIRA	Incidência (número ou proporção) de plantas com sintomas nos ramos
INPLSIFO	Incidência (número ou proporção) de plantas com sintomas nas folhas
INPLSIN	Incidência (número ou proporção) de plantas com sintomas
NBRONOV	Estimativa (média por planta) do número de brotos novos por m <sup>2</sup> de copa
NFOSNOV	Estimativa (média por planta) do número de folhas novas por broto
TAMFRUT	Diâmetro médio de fruto (mm)

TAMFRU. Optou-se pelo ajuste de cada potencial covariável isoladamente, devido à maior facilidade de interpretação biológica.

Através da análise do coeficiente de correlação  $r$  de Pearson, foram investigadas possíveis associações entre a incidência de órgãos doentes, por planta, num determinado levantamento  $t$ , e a mesma incidência em  $t^*$  e o número de ácaros em  $t^*$ , onde  $t^* = t - lag$ , onde  $lag = 1, 2$  e  $3$ . Cada par de realizações das variáveis correlacionadas correspondeu a uma planta do talhão ( $N=1160$  plantas para TV e  $N=720$  para TN) e  $t$  correspondeu ao número do levantamento e não ao número de dias.

## RESULTADOS

O acompanhamento das dez plantas distribuídas ao acaso nos talhões, indicou estreita semelhança entre as cultivares quanto ao comportamento fenológico. Os resultados do acompanhamento do clima não indicaram anormalidades nos três anos de registros. As temperaturas médias mensais oscilaram entre 15,5 e 25,4°C. Os dados de velocidade e direção do vento corresponderam somente ao período de maio de 2002 a fevereiro de 2004, para o qual a velocidade máxima observada não ultrapassou os 10 Km/h, com sentido predominante leste-oeste.



**FIG. 1** - Número médio de ácaros por unidade de observação, por planta infestada (—□—) e número total de ácaros amostrados no talhão (—•—) (10 unidades de observação por planta - frutos e ramos - em todas as plantas), em talhões de 'Valência', com  $N=1160$  plantas (A) e de 'Natal', com  $N=720$  plantas (B), no período de janeiro de 2002 a novembro de 2004.

Os dados indicaram acentuada diferença nos níveis de infestação pelo ácaro entre os dois talhões (Figura 1), com população maior no talhão de 'Valência'. Durante o primeiro ano de monitoramento dos talhões foram detectados ácaros somente sobre frutos. A presença de ácaros nos ramos, só foi registrada em janeiro de 2003, no segundo levantamento deste ciclo (Tabela 2).

O número de ácaros por planta infestada no TN mostrou-se mais uniforme ao longo do período, mas com picos coincidentes com os do TV. Observou-se maior densidade de ácaros por planta infestada nos períodos de outubro a dezembro de 2002 e de 2003, em TV e TN, e de setembro a novembro de 2004 no talhão TV. Ao final deste último ciclo, embora tenha havido aumento da população de ácaros no talhão da cultivar Natal, a densidade estimada pela amostra foi menor que a do ciclo anterior (Figura 1).

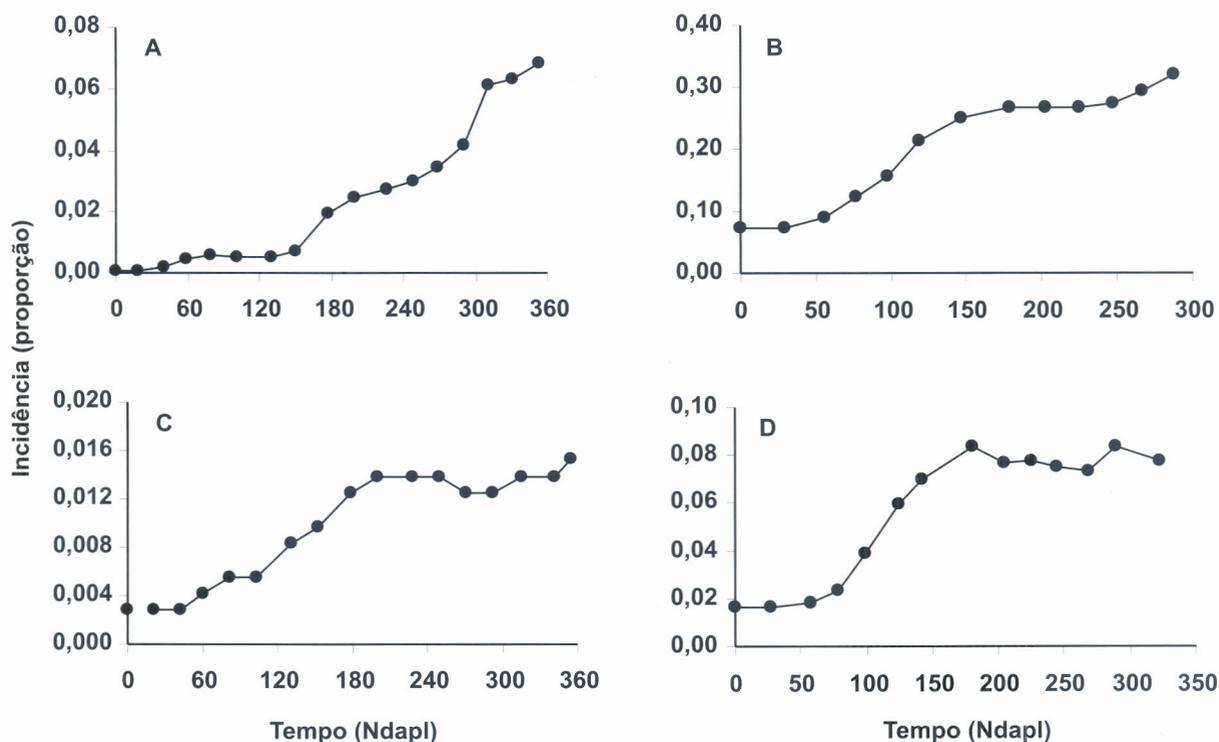
Ao longo de todo o período de monitoramento, o número médio de ácaros por planta infestada foi de 6,9 em TV e 4,7 em TN. Esta relação apresentou os mais altos valores no talhão de mais alta infestação em setembro/2002, com 33,6 ácaros/planta e em outubro/2004 com 25,2 ácaros/planta. Os levantamentos de final de setembro de 2004 acusaram a maior densidade relativa de ácaros por fruto nos talhões: 5,2 ácaros por fruto amostrado, no TV, e 1,4 ácaros por fruto amostrado nas plantas infestadas no TN. A proporção média de ácaros situados em frutos foi de 94,5% e 96,7%, para TV e TN, respectivamente. Nas datas de mais alta infestação nos ramos, não havia frutos maduros, os quais já tinham sido colhidos e os da florada subsequente estavam verdes e com metade do tamanho final. A correlação positiva significativa entre o número médio de ácaros por planta e a proporção de plantas com ácaro ( $r = 0,88$ ,  $P < 0,001$ , para TV; e  $r = 0,94$ ,  $P < 0,001$ , para TN), indicou que incrementos na população de ácaros ocorrem, de modo geral, com dispersão no talhão.

As curvas de progresso da leprose dos citros (Figura 2) foram construídas e analisadas em consonância com os ciclos identificados de acordo com a fenologia das plantas. A análise dos conjuntos de resíduos ordinários e padronizados associados aos modelos ajustados não apresentou pontos ou padrões atípicos, indicando boa qualidade do ajuste do modelo logístico (dados não apresentados). Ao final do primeiro ano de monitoramento, apenas uma planta no TV e duas plantas no TN apresentavam sintomas, o que não possibilitou a construção de curva epidemiológica no ciclo 2002. O número de plantas sintomáticas foi crescente para todo o período no TV (Tabela 3). A incidência de órgãos doentes foi crescente no TV a não ser por três pequenos decréscimos ao final dos ciclos 2003 e 2004. Já no TN, as incidências, sejam de plantas ou de órgãos doentes, apresentaram oscilações (Figura 3). As estimativas da quantidade de inóculo inicial diferiram de zero com exceção daquela calculada para INPLSIRA em 2003 e para INPLSIFR em 2004, para o talhão de 'Valência' (Tabela 4). Para o talhão de 'Natal' a estimativa de  $\beta_2$  foi diferente de zero em poucos casos, destacando-se a alta quantidade de inóculo inicial situado nos ramos no ciclo 2004. As taxas de progresso da

**TABELA 2** - Número médio de ácaros *B.phoenicis* por órgão da planta, nas plantas infestadas, e incidência máxima observada de plantas infestadas, em três ciclos

Cultivar	Ciclo	Número médio de ácaros*			Incidência máxima de plantas infestadas
		Em frutos	Em ramos	No total amostrado	
'Valência'	2002	1,74	0,00	0,68	0,09 (04/12/02)
	2003	1,12	0,51	0,56	0,26 (15/12/03)
	2004	1,70	0,51	0,86	0,73 (27/09/04)
'Natal'	2002	0,70	0,00	0,35	0,12 (03/12/02)
	2003	0,65	0,32	0,32	0,18 (06/11/03)
	2004	0,77	0,25	0,31	0,19 (24/03/04)

\*Amostras de n=5 frutos, n=5 ramos por planta e total amostrado de n=10 unidades por planta



**FIG. 2** - Curvas de progresso da doença medido pela proporção de plantas sintomáticas (incidência) em talhão de 'Valência', nos ciclos 2003 (A) e 2004 (B) e em talhão de 'Natal', ciclos 2003 (C) e 2004 (D).

doença diferiram de zero para todas as incidências e ciclos. Os coeficientes de determinação ficaram acima de 0,92 para todas as variáveis (Tabela 4). O teste t bilateral ( $\alpha=0,05$  e 24 gL), para a diferença entre as quantidades de inóculo inicial entre os dois ciclos, por cultivar, foi significativo quando  $\beta_2$  foi estimado para INPLSIRA e INPLSIN. As taxas de progresso da doença diferiram de um ciclo para outro ( $P<0,05$ ) somente quanto à INPLSIFR no TV. Para as demais incidências, as estimativas de  $\beta_3$  mantiveram-se estatisticamente iguais de um ciclo para outro.

Os resultados da regressão Poisson (Tabela 5) indicaram que tanto INPLACA como INPLSIN são influenciadas pela fenologia das plantas da variedade 'Valência'. Os dados do ciclo 2002 não foram passíveis de análise nas combinações de

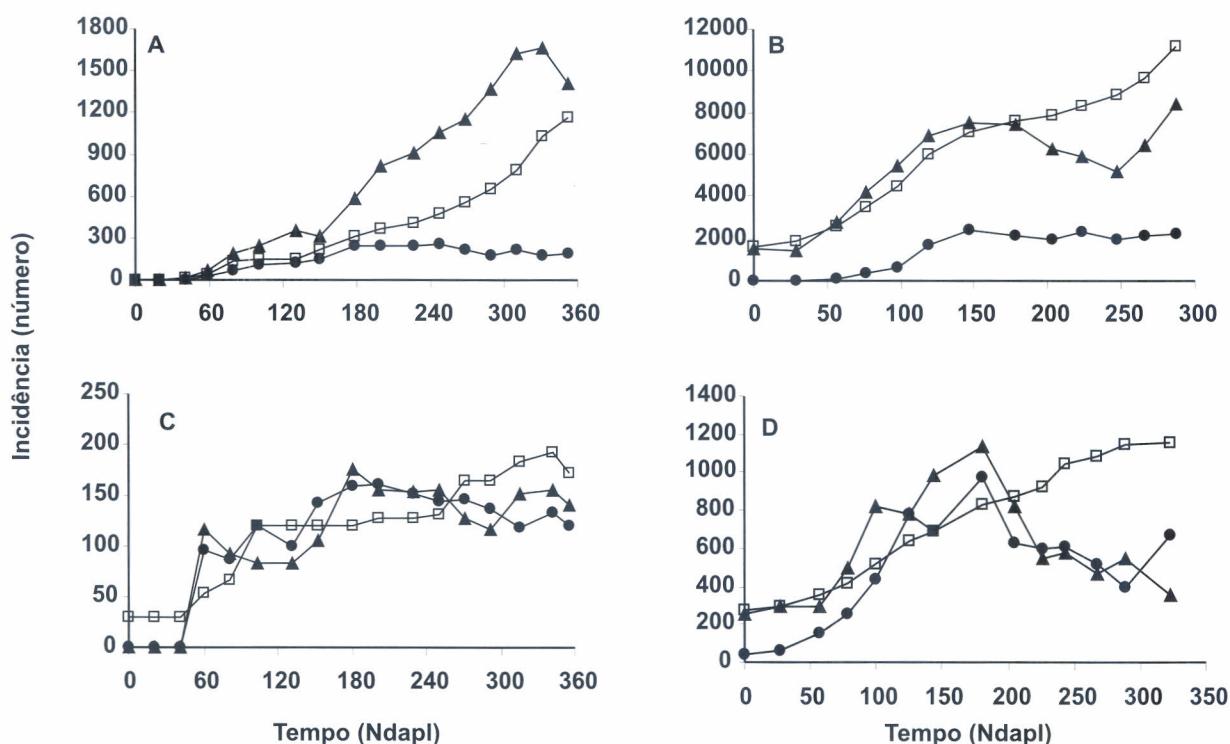
variáveis, de modo que são relatados os resultados de 2003 e de 2004. Medidas da fenologia das plantas NBRONOV e TAMFRU foram consistentes quanto à significância para modelar as incidências de plantas com ácaros e de plantas sintomáticas. A variável NFOSNOV, embora altamente correlacionada com NBRONOV, foi não significativa no ciclo 2003 para explicar INPLSIN.

Tomando-se planta como unidade de observação, não houve correlação significativa ( $P>0,05$ ) entre NORGSIN, nos tempos t, e NACAPLA medida em t\*, onde t\*=-t-1, t-2 e t-3, em qualquer data. As correlações calculadas para NORGSIN em t e para a mesma variável em t\* ficaram acima de 0,90 ( $P<0,001$ ) para a maioria das combinações (t, t\*) nos dois talhões.

**TABELA 3** - Número médio de órgãos com sintomas de leprose dos citros por planta, nas plantas doentes, e incidência máxima (em proporção) observada de plantas com sintomas, em três ciclos

Cultivar	Ciclo	Número médio de órgãos com sintomas*				Incidência máxima de plantas infestadas
		Frutos	Ramos	Folhas	No total amostrado	
'Valência'	2002	0,00	1,64	0,00	1,64	0,0009 (04/12/02)
	2003	2,12	21,79	21,39	46,00	0,0664 (15/12/03)
	2004	7,53	29,84	25,86	53,02	0,3207 (18/10/04)
'Natal'	2002	2,50	15,80	2,00	13,92	0,0028 (03/12/02)
	2003	25,15	25,37	31,03	46,34	0,0153 (16/12/03)
	2004	14,72	25,31	29,04	49,70	0,0681 (24/11/04)

\*Amostras de n=100 frutos, n=100 ramos, n=100 folhas por planta e total amostrado de n=300 unidades por planta

**FIG. 3** - Número de órgãos com lesões de leprose em 100 unidades de observação de cada tipo – frutos (—●—), ramos (—□—) e folhas (—▲—) – por planta, em talhão de 'Valência', nos ciclos 2003 (A) e 2004 (B) e em talhão de 'Natal', nos ciclos 2003 (C) e 2004 (D).

## DISCUSSÃO

A preferência do ácaro da leprose por frutos é comumente relatada na literatura (Oliveira, 1986) e, segundo Rodrigues (2000), um tempo inicial de dois meses após o florescimento é necessário para a migração de populações do ácaro de outros órgãos da planta (folhas e ramos) para os novos frutos. De fato, os resultados deste trabalho confirmam essas afirmativas. Em janeiro de 2003, com frutos no estágio inicial de desenvolvimento, foi observado crescimento da população de ácaros nos ramos nos dois talhões. Essa época foi precedida por contínua emissão de brotos e folhas novas. Para Zhang *et al.* (2000), folhas e ramos novos são

locais favoráveis à alimentação de vetores. A emissão de novos brotos parece atrair não apenas a população do ácaro, como também a população do ácaro virulífero, uma vez que a variável fenológica NBRONOV esteve positivamente associada à INPLSIN, conforme detectado pela regressão Poisson.

As variáveis fenológicas estão comprovadamente associadas ao crescimento da população do ácaro e ao crescimento da incidência da doença no talhão. Considerando que a temperatura tem pouca influência sobre a população (Oliveira, 1995) e a alta capacidade de sobrevivência e de estabelecimento da população mesmo sob condições extremamente desfavoráveis, conforme destacadas por

**TABELA 4** - Estimativas dos parâmetros do modelo logístico ajustado às curvas de progresso da leprose dos citros, medido através da incidência de plantas com sintomas em frutos (INPLSIFR), em ramos (INPLSIRA), em folhas (INPLSIFO) e na planta (INPLSIN) e respectivos coeficientes de determinação

Cultivar	Ciclo	Variável dependente	Estimativas dos parâmetros do modelo			R <sup>2</sup>
			Incidência máxima ( $\hat{\beta}_1$ )	Quantidade de inóculo inicial ( $\hat{\beta}_2$ )	Taxa de progresso da doença ( $\hat{\beta}_3$ )	
'Valência'	2003	INPLSIFR	0,0300 ***	0,0011 *	0,0138 ***	0,9690
		INPLSIRA	0,2044	0,0010 *	0,0126 ***	0,9840
		INPLSIFO	0,0974 ***	0,0013 *	0,0141 ***	0,9767
		INPLSIN	0,1055 **	0,0016 *	0,0135 ***	0,9778
	2004	INPLSIFR	0,2049 ***	0,0016	0,0448 ***	0,9819
		INPLSIRA	0,3305 ***	0,0555 ***	0,0118 ***	0,9848
		INPLSIFO	0,2458 ***	0,0388 **	0,0219 **	0,9295
		INPLSIN	0,3018 ***	0,0451 **	0,0198 ***	0,9657
'Natal'	2003	INPLSIFR	0,0096	0,0002 ***	0,0383 ***	0,9608
		INPLSIRA	0,0904 *	0,0028	0,0044 ***	0,9666
		INPLSIFO	0,0082 ***	0,0006 ***	0,0228 ***	0,8201
		INPLSIN	0,0147 ***	0,0015 ***	0,0204 ***	0,9626
	2004	INPLSIFR	0,0704	0,0004	0,0434 **	0,9574
		INPLSIRA	0,0666 ***	0,0075 ***	0,0161 ***	0,9794
		INPLSIFO	0,0427 ***	0,0003 ***	0,0525 ***	0,8780
		INPLSIN	0,0793 ***	0,0040 ***	0,0267 ***	0,9305

\*\*\* P < 0,001; \*\* P < 0,01; \* P < 0,05; demais estimativas foram não significativas (P > 0,05).

**TABELA 5** - Estimativas dos coeficientes  $\beta_1$ , das análises de regressão Poisson para incidência de plantas com ácaros (INPLACA) e para incidência de plantas com sintomas (INPLSIN) e variáveis fenológicas, para as cultivares Valência e Natal, ciclos 2003 e 2004

Variável dependente	Variável preditora	Ciclo	$\beta_1$ estimado e erro padrão associado	
			Cv. Valência	Cv. Natal
INPLACA	Tempo (Ndapl)	2003	0,0036 (0,0003)	0,0069 (0,0004)
		2004	0,0067 (0,0002)	0,0013 (0,0006)
	NBRONOV	2003	0,0008 (0,0001)	0,0009 ( - )
		2004	-0,0002 ( - )	-0,0014 (0,0003)
	TAMFRU	2003	0,0270 (0,003)	0,0432 (0,0052)
		2004	0,0310 (0,002)	-0,0222 (0,0062)
INPLSIN	Tempo (Ndapl)	2003	0,0106 (0,0007)	0,0041 (0,0024) ns
		2004	0,0049 (0,0002)	0,0042 (0,0012)
	NBRONOV	2003	0,0020 (0,0001)	0,0006 (0,0009) ns
		2004	0,0020 ( - )	0,0004 (0,0004) ns
	TAMFRU	2003	0,0804 (0,007)	0,0550 (0,0360) ns
		2004	0,0240 (0,002)	0,0566 (0,0169)

\*Estimativas dos coeficientes do efeito das covariáveis ( $\beta_1$ ) não seguidas por 'ns' foram altamente significativas (P < 0,001).

Kennedy *et al.* (1996), pode se inferir que a flutuação populacional de *B. phoenicis* depende mais da fenologia das plantas e do tipo de tecido disponível por épocas ao longo do ano do que dos fatores climáticos. As associações com fenologia da planta foram investigadas tomando-se variáveis preditoras isoladamente e em momentos concomitantes. Faz-se necessário investigar modelos mais amplos,

que identifiquem a influência de mais de uma preditora simultaneamente a fim de verificar possíveis influências de interações entre elas sobre as incidências de infestação e de sintomas. Outros aspectos possíveis de serem investigados são interações entre ciclos e preditoras e o efeito destas com defasagem no tempo.

O modelo logístico, a exemplo de trabalhos anteriores

(Rodrigues, 2000), mostrou bom ajuste ao progresso anual da leprose, descrevendo o avanço da doença em situações de baixa e média incidência. No talhão de 'Valência', onde a incidência máxima estimada saltou de 10 para 30 % de plantas doentes, é notória a importância dos ramos infectados como inóculo inicial, pois diferença estatística significativa entre as estimativas de  $\beta_2$  para as epidemias de 2003 e de 2004 foi constatada unicamente para INPLSIRA. A presença de ramos doentes é, portanto, fundamental no progresso poliético da doença.

O total observado de órgãos com lesões nos talhões ao longo dos três anos de acompanhamento não teve comportamento sempre crescente devido à queda no número de frutos ou de folhas sintomáticos (Figura 3), que, por sua vez, pode ser devido à colheita de frutos, incluindo frutos sintomáticos, quando atingiram a maturação e à abscisão de frutos e folhas doentes. Um segundo aspecto a ser considerado é que foi feita amostragem a esmo de frutos internos e de ramos e folhas externos do dossel, não marcados previamente. Ou seja, a cada levantamento, as 300 unidades de observação, sejam frutos, ramos ou folhas, não foram necessariamente as mesmas. Como não foi efetuada poda de ramos durante o período experimental, o número de ramos com lesões de leprose foi crescente ao longo de todo o período de monitoramento, nos dois talhões, caracterizando o ramo como fonte perene de infecção.

A falta de correlação entre a incidência da doença numa observação e a quantidade de ácaros em observações anteriores é surpreendente, uma vez que o controle do ácaro é há décadas preconizado para o controle da doença. Programas de monitoramento em que se utilizam amostras seqüenciais do ácaro têm sido divulgados e seguidos por produtores de citros, como critério para aplicação de acaricidas. A ausência de correlação entre ácaro e doença mostra que essa abordagem é improcedente. Além disso, a aplicação de acaricidas, amplamente empregada no controle da doença, é uma medida de proteção, dentro dos princípios de Whetzel (Kimati & Bergamin Filho, 1995). Como tal, o principal efeito na epidemia é a redução da taxa de progresso da doença. Foi bem demonstrado neste estudo que a taxa de progresso da doença varia pouco de ano para ano. A doença progride porque o inóculo se acumula de ano para ano. Portanto a utilização de medidas de controle com efeito predominante sobre a taxa de progresso da doença não é a melhor tática para evitar o avanço de epidemias de leprose dos citros. Medidas de erradicação, como poda de ramos doentes, devem contribuir de forma mais eficaz.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Grupo Nova América, Fazenda Guacho, por ceder a área na qual o experimento foi realizado e apoiar todo o trabalho. À Fapesp pelo suporte financeiro na realização desta pesquisa (Processo 01/02066-1).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASSANEZI, R.B. & LARANJEIRA, F.F. Spatial patterns of leprosis and its mite vector in commercial citrus groves in Brazil. *Plant Pathology* 56:97-106. 2007.
- BERGAMIN FILHO, A. Conceitos e objetivos. In: A. Bergamin Filho, A., Kimati, H. & Amorim, L. (Eds.) *Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos*. São Paulo SP. Ceres. 1995. pp. 540-553.
- CAMPBELL, C.L. & MADDEN, L.V. *Introduction to plant disease epidemiology*. New York. Wiley. 1990.
- CHIAVEGATO, L.G. Avaliação da potencialidade de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: tenuipalpidae) na transmissão da leprose em plantas cítricas. Anais, 15º. Congresso Brasileiro de Entomologia, Caxambu MG. 1995. p. 14.
- CHILDERS, C.C., FRENCH, J.V. & RODRIGUES, J.C.V. *Brevipalpus californicus*, *B. obovatus*, *B. phoenicis* and *B. lewisii* (Acari: Tenuipalpidae): a Review of their Biology, Feeding Injury and Economic Importance. *Experimental and Applied Acarology* 30:5-28. 2003.
- COLARICCIO, A., LOVISOLO, O., CHAGAS, C.M., GALLETI, S.R., ROSSETTI, V. & KITAJIMA, E.W. Mechanical transmission and ultra-structural aspects of citrus leprosis disease. *Fitopatologia Brasileira* 20:208-213. 1995.
- IBRAF. Instituto Brasileiro de Frutas. Online: <http://www.ibraf.org.br/estatisticas/producao.asp>. 2007.
- KENNEDY, J.S., IMPE, G.van, HANCE, P. & LEBRUN, P. Demecology of the false spider mite, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari, Tenuipalpidae). *Journal of Applied Entomology* 120:493-499. 1996.
- KIMATI, H. & BERGAMIN FILHO, A. Princípios gerais de controle. In: A. Bergamin Filho, A., Kimati, H. & Amorim, L. (Eds.) *Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos*. São Paulo SP. Ceres. 1995. pp. 692-716.
- NUTTER, F.W. Quantifying the temporal dynamics of plant virus epidemics: a review. *Crop Protection* 16:603-618. 1997.
- OLIVEIRA, C.A.L. Flutuação populacional e medidas de controle do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) em citros. *Laranja* 7:1-31. 1986.
- OLIVEIRA, C.A.L. Aspectos ecológicos do *Brevipalpus phoenicis*. In: Oliveira, C.A.L. & Donadio, L.C. (Eds.). *Leprose dos citros*. Jaticabal SP. FUNEP. 1995. pp. 37-48.
- OMOTO, C. Avanços na implementação de estratégias de manejo da resistência do ácaro-da-leprose, *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae), a acaricidas em pomares de citros. Anais, 20º. Congresso Brasileiro de Entomologia, Gramado RS. 2004. p. 128.
- RODRIGUES, J.C.V. Leprose dos citros, cito-histopatologia, transmissibilidade e relação com o vetor *Brevipalpus phoenicis* Geijskes (Acari: Tenuipalpidae). Dissertação de Mestrado. Piracicaba SP. Universidade de São Paulo. 1995.
- RODRIGUES, J.C.V. Relações patógeno-vetor-planta no sistema leprose dos citros. Tese de Doutorado. Piracicaba SP. Universidade de São Paulo. 2000.
- RODRIGUES, J.C.V., KITAJIMA, E.W., CHILDERS, C.C. & CHAGAS, C.M. Citrus leprosis vírus vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) on citrus in Brazil. *Experimental and Applied Acarology* 30:161-179. 2003.

RODRIGUES, J.C.V. & OLIVEIRA, C.A.L. Ácaros fitófagos dos citros. In: Mattos Júnior, D., Negri, J. D. de, Pio, R.M. & Pompeu Júnior, J. (Eds.) Citros. Campinas SP. Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. pp. 691-727.

SALVA, R.A. & MASSARI, C.A. Situação do ácaro da leprose no Estado de São Paulo - Levantamento - Fundecitrus, Agosto 1995.

In: Oliveira, C.A.L. & Donadio, L.C. (Eds.). Leprose dos citros. Jaboticabal SP. FUNEP. 1995. pp. 13-17.

ZHANG, X.-S., HOLT, J. & COLVIN, J. A general model of plant-virus disease infection incorporating vector aggregation. Plant Pathology 49:435-444. 2000.

---

Recebido 4 Dezembro 2006 - Aceito 21 Agosto 2007 - FB 6125