

# O Efeito Bordadura do HLB - Uma Análise Geoestatística.

(The Plantation Edge Effect of HLB – A Geostatistical Analysis.)

<sup>1</sup>Gottwald, T. and <sup>2</sup>Irey, M.

<sup>1</sup>USDA, ARS, US Horticultural Research Laboratory, Fort Pierce, Florida, USA; <sup>2</sup>Southern Gardens Citrus, US Sugar Corp., Clewiston, Florida, USA.

Quando se observa mapas da incidência de Huanglonlbing (HLB), torna-se aparente que HLB se agrega não apenas em reboleiras de plantas dentro de talhões, mas também em reboleiras de talhões e áreas de maior ocorrência. Quando se observa pomares individuais, características específicas da distribuição da doença tornam-se mais visíveis. Especialmente durante o estudo da incidência inicial da doença observa-se seu aparecimento em diversas áreas de concentração dentro do pomar. Num primeiro exame, parece que ocorre a concentração das plantas doentes ao longo do perímetro do pomar. Observando-se mais atentamente, entretanto, verifica-se a concentração da doença também ao longo de estradas, canais, lagos e outros objetos geográficos dentro do pomar. Todos estes locais de concentração têm como característica serem interfaces entre o pomar e espaços vazios -- bordaduras. É nestas bordaduras que a incidência de HLB se acumula. Este fenômeno é por nós descrito como “efeito bordadura”.

É intuitivo que o processo espacial responsável pelo efeito bordadura esteja relacionado com a transmissão da bactéria pelos psilídeos e, portanto, com o movimento e migração dos mesmos. Os psilídeos parecem ter maior população nas bordaduras dos pomares. Isto não quer dizer que os insetos não penetrem nos pomares, mas que ocorre um acúmulo de indivíduos ao longo das bordaduras, indicando que a maioria da população migratória dos psilídeos permanece nas primeiras plantas com as quais tem contato na bordadura dos pomares. Portanto, a distribuição da doença no pomar é uma indicação indireta da preferência migratória e alimentar dos psilídeos.

Entendendo o efeito bordadura, podemos desenvolver estratégias de controle do psilídeo ou de manejo do HLB, ou usar a informação para projetar pomares com o mínimo de bordaduras a fim de reduzir ou evitar a infecção.

O objetivo deste estudo é descrever o efeito bordadura em termos analíticos como gradientes de doença para diversos tipos de bordaduras, e usar estas informações para desenvolver modelos e estratégias visando projetar uma segunda geração de formatos de pomares.

## **Materiais e Métodos:**

A distribuição espacial do HLB foi determinada em duas grandes plantações comerciais de citros com 1.320 ha (SG) e 4.574 ha (DG), respectivamente, no sul da Florida, com base na inspeção comercial de sintomas visuais da doença. A área foi completamente inspecionada (100% das plantas) 5 vezes durante um período de 2 anos. Os pomares têm diversas variedades de laranjas com a predominância de Valência e Hamlin em diversos porta-enxertos, distribuídos em diversos talhões. O tamanho dos talhões é de 4 ha com 14 linhas de 110 a 115 plantas por linha ou aproximadamente 1.500 plantas por talhão. A incidência de HLB foi determinada pelos sintomas visuais da doença. A localização-GPS de cada planta sintomática e da data em que foi localizada foram registrados em um mapa GIS-referenciado do pomar.

Os cálculos do efeito bordadura foram feitos usando ArcMAP para explorar intensamente os dados geo-referenciados mapeados. Para examinar o efeito bordadura do perímetro dos pomares, anéis concêntricos foram traçados a incrementos de 10 m (Fig. 1). O número de plantas com HLB em relação ao total de plantas foi calculado como densidade (plantas com HLB/ha).

Para examinar a direção da expansão da doença o pomar foi repartido e avaliado em quadrantes N, S, E (leste), W (oeste), NE, NW, SE, e SW (Fig. 1).

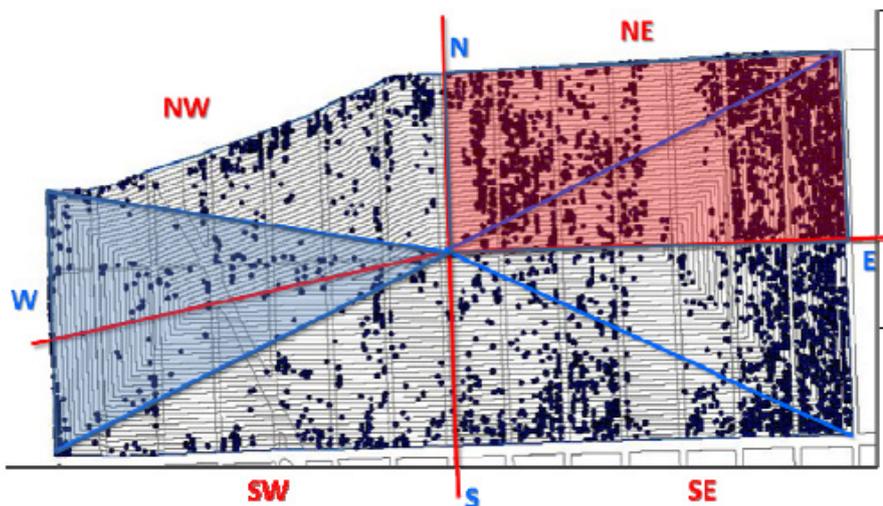


Figura 1. Parte do pomar SG mostrando os raios de 10 m concêntricos e a divisão em quadrantes, com os quadrantes W e NE coloridos em azul e vermelho, respectivamente.



Figura 2. Demonstração de dois pomares adicionais com o efeito de bordadura nos perímetros. Para o pomar da esquerda, notar o acúmulo de plantas positivas de HLB nas bordaduras dos raios de 1900 pés (580 m) resultantes da erradicação de reboleiras de cancro cítrico.

## Resultados e Conclusões:

Quando o perímetro do pomar foi examinado, houve uma forte relação curvilínea decrescente entre a ocorrência da doença e a distância da bordadura (Fig. 3). Este efeito foi também examinado como uma

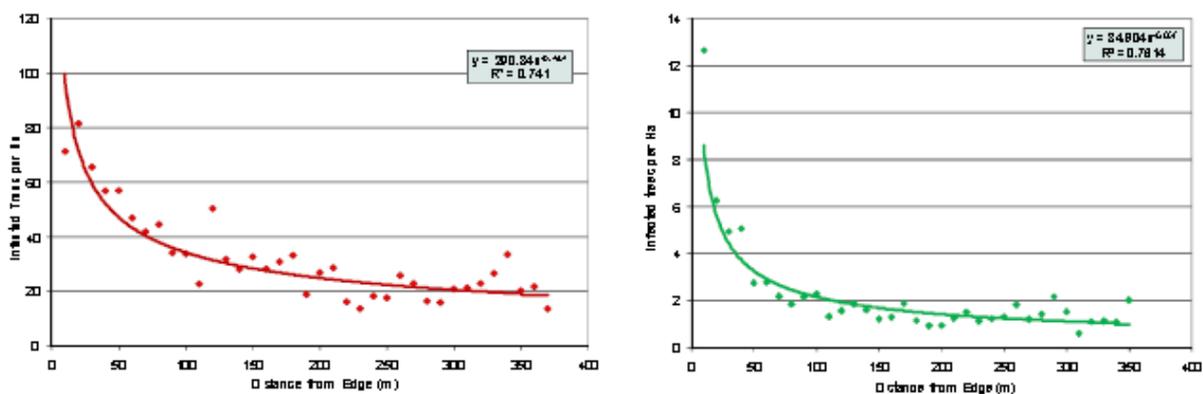


Figura 3. Efeito de bordadura nos perímetros em 2 pomares comerciais no sul da Florida.

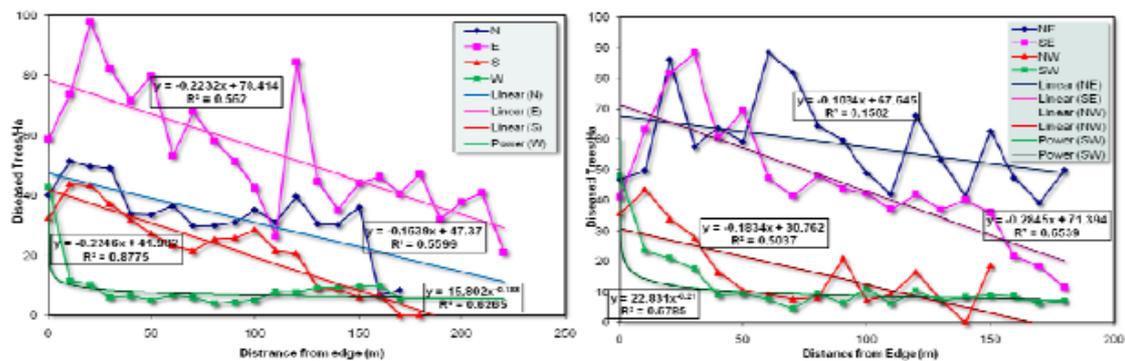


Figura 4. Gradiente direcional de ocorrência de HLB em um grande pomar comercial no sul da Florida demonstrando o efeito bordadura perimetral em todas as direções.

função inversa potencial (IPF), frequentemente usada para descrever gradientes de doenças causadas por outros patógenos. A IPF demonstrou um decréscimo rápido na incidência de HLB em função da distância da borda, indicando um efeito bordadura significativo. Os talhões foram então divididos em quadrantes direcionais conforme descrito anteriormente. Estes quadrantes foram estudados utilizando-se a IPF ou então o gradiente linear simples quando a regressão linear mostrou melhor enquadramento dos dados do que a IPF (Fig. 4). Estes gradientes foram todos significativos mas nem sempre tão fortes quanto o gradiente perimetral. Os gradientes em direção ao W e SW enquadraram-se melhor em uma IPF e, portanto, mostraram decréscimos mais acentuados das incidências nestas direções, enquanto que os gradientes nas demais direções foram menos consistentes. Todas as direções mostraram decréscimos lineares de incidência em função da distância (Fig. 4). A incidência de HLB ao longo destes gradientes foi maior nas direções N, E, NE, e SE, em comparação com as direções W, S, NW, e SW. Isto mostra que maiores acúmulos de plantas afetadas por HLB ocorreram nas bordaduras ao leste do pomar, como se vê na Figura 1. Esta observação é consistente com o acúmulo inicial de plantas doentes detectado na bordadura leste do pomar, indicando migração de psilídeos contaminados vindos das direções leste e sul (Gottwald et al. 2007).

O efeito potencial de carreadores e canais de irrigação também foi examinado (Fig. 5). Um carreador na direção E-W dá o principal acesso ao pomar. As primeiras plantas em ambos os lados deste carreador não se desenvolvem tão bem como a maioria das plantas do talhão por causa do efeito do cascalho do leito carrocável. Os carreadores de direção N-S são numerosos, largos e compostos por um canal de irrigação ladeado por duas faixas carrocáveis separando talhões num espaço de cerca de 23 m. Estes carreadores N-S apresentaram um efeito bordadura muito forte indicado pela boa adequação do modelo IPF e um forte decréscimo no número de plantas com HLB em direção ao interior dos pomares. O carreador principal E-W não apresentou qualquer efeito perceptível de bordadura. Isto pode ser resultado do padrão geral de migração dentro do pomar, de leste para oeste, resultando em acúmulos de plantas ao longo dos espaços abertos causados pelos carreadores N-S. Entretanto, observa-se um acréscimo no número de plantas com HLB a cerca de 30 a 40 metros da bordadura E-W. Isto pode ser devido aos efeitos do cascalho descritos acima.

Diversos lagos dentro da plantação foram examinados e o efeito bordadura demonstrado pelo decréscimo na densidade de plantas com HLB a partir da primeira rua de plantas ao lado dos lagos em direção ao interior dos talhões. Assim, o efeito bordadura foi acentuado e o modelo IPF se enquadrou bem aos dados obtidos (Fig. 5, à direita).

As densidades de plantas afetadas por HLB dentro dos primeiros 30 metros de distância de cada interface entre o pomar e diferentes tipos de espaços vazios são apresentadas na Tabela 1. Estes dados mostram que a densidade (D, plantas afetadas por HLB/ha) de plantas doentes foi maior ao longo do perímetro do pomar SG e para os quadrantes leste (E) e sudeste (SE) deste mesmo pomar. Lagos e carreadores N-S também tiveram densidades maiores que o esperado mas estas foram apenas cerca de 40 a 43% da maior densidade ao longo dos perímetros.

Estes resultados mostram que a interface do pomar com zonas sem plantas cítricas ao seu redor, e também os vazios criados internamente aos pomares por lagos, canais, carreadores e outras situações contribuem para a epidemia de HLB como focos lineares ou curvilíneos potenciais da doença porque a mesma tende a se acumular ao longo destas interfaces.

A forma e o perímetro de pomares cítricos são definidos predominantemente pela área disponível para o plantio. Entretanto, existem maneiras de se reduzir os espaços vazios internos que acumulam HLB na instalação de pomares através do manejo apropriado da infraestrutura da área plantada. Estratégias para se reduzir a ocorrências destes espaços vazios serão exploradas em futuros exercícios de modelagem estatística.

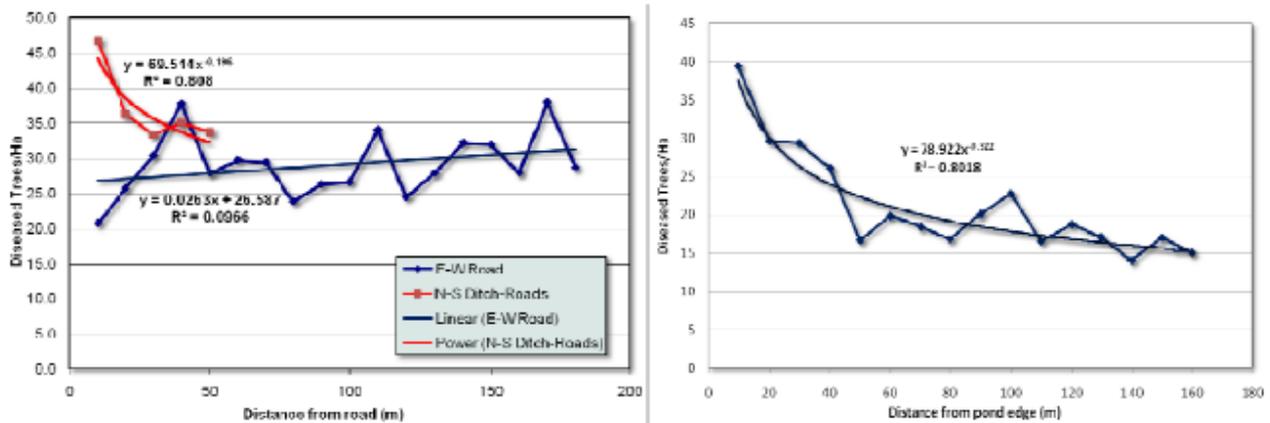


Figura 5. Efeito bordadura do carreador principal, carreadores secundários (esquerda) e lagos (direita)

Feature	Density
D DG perim	8.0
D SG perim	72.7
D N quadrant	47.3
D E quadrant	77.7
D S quadrant	39.2
D W quadrant	18.6
D N-E quadrant	59.7
D N-W quadrant	35.3
D S-E quadrant	67.8
D S-W quadrant	27.9
D N-S ditch-roads	32.1
D E-W road	NS
D Ponds	32.7

Tabela 1. Efeito de diversos objetos geográficos na densidade de plantas afetadas por HLB (plantas doentes por ha).

#### Literatura Citada

1. Gottwald T. R., daGraça, J. V., and Bassanezi, R. B. 2007. Citrus Huanglongbing: The pathogen, its epidemiology, and impact. Plant Health Progress doi:10.1094/PHP-2007-0906-01-RV.
2. Irwin, E. G., and Bockstael, N. E. 2007. The evolution of urban sprawl: Evidence of spatial heterogeneity and increasing land fragmentation. Proc. Nat. Acad. Sci. 104:20672-20677.
3. Fernández, C., Acosta, F.J., Abellá, G., López, F. and Díaz, M. 2002. Complex edge effect fields as additive processes in patches of ecological systems. Ecological Modeling 149: 273-283.