

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO PARA O MONITORAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE SPHENOPHORUS LEVIS NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

EDUARDO GRANSO¹, TIAGO R. TAVARES², JADER S. DA SILVA³, FRANZ A. PAVLU⁴, JOSÉ P. MOLIN⁵

¹Eng° Agrônomo, Analista, Usina Iracema – São Martinho, Iracemápolis – SP, Fone: (19) 3456-7700, eduardo.granso@saomartinho.com.br

²Eng° Agrônomo, Doutorando, Depto. Engenharia de Biosistemas, USP/ESALQ, Piracicaba – SP;

³Eng° Agrônomo, Gestor de Qualidade Agrícola, Usina Iracema – São Martinho, Iracemápolis – SP;

⁴Eng° Agrônomo, Me., CEO, Drop Agricultura, Piracicaba – SP;

⁵Eng° Agrícola, Prof., Lab. de Agricultura de Precisão, Depto. Engenharia de Biosistemas, USP/ESALQ, Piracicaba – SP.

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2018
Curitiba, Paraná, 2 a 4 de outubro de 2018

RESUMO: O *Sphenophorus levis* é uma das principais pragas de solo da cana-de-açúcar. O diagnóstico é executado por amostragem em todo o talhão, em uma densidade fixa. Sua distribuição não ocorre de maneira aleatória, sendo influenciada pelas propriedades físico-químicas do solo. O objetivo deste trabalho foi explorar as relações entre a distribuição espacial do *S. levis* e a condutividade elétrica aparente do solo (CEa), avaliando a possibilidade de utilização desta ferramenta para definir áreas de maior e menor risco de infestação. O estudo foi conduzido em duas áreas pertencentes à Usina Iracema, em Iracemápolis-SP. Os dados de CEa foram coletados utilizando o sensor V3100 (Veris Technologies, Salina, Kansas) e o levantamento de *S. levis* foi realizado pela equipe da própria Usina. Também foram utilizados os resultados de análise textural de alguns pontos dos talhões. Ambas as áreas apresentaram correlação entre os dados de CEa e argila. As classes de CEa com maiores valores apresentaram maior frequência de tocos atacados em relação às classes de valores menores. Os resultados observados são sugestivos para indicação da CEa como ferramenta para o direcionamento da amostragem de *S. levis* em talhões de cana-de-açúcar.

PALAVRAS-CHAVE: atributos do solo, bicudo-da-cana, manejo integrado de pragas.

SOIL APPARENT ELECTRICAL CONDUCTIVITY FOR MONITORING SPHENOPHORUS LEVIS SPATIAL DISTRIBUTION IN SUGARCANE

ABSTRACT: *Sphenophorus levis* is one of the main soil pests of sugarcane. The diagnosis is performed by sampling the whole field, in a fixed density. Its distribution does not occur in a random manner, being influenced by the physical-chemical properties of the soil. The objective of this work was to explore the relationships between the spatial distribution of *S. levis* and the soil apparent electrical conductivity (CEa), evaluating the possibility of using this tool to define areas of higher and lower risk of infestation. The study was conducted in two areas belonging to the Iracema Power Plant, in Iracemápolis-SP. CEa data were collected using the V3100 equipment (Veris Technologies, Salina, Kansas) and the *S. levis* survey was performed by the Plant's own team. Also the results of textural analysis of some points of the fields were used. Both areas presented a correlation between CEa and clay data. The CEa classes with higher values presented a higher frequency of attacked stumps than the smaller classes. The observed results are suggestive for the indication of CEa as a tool to guide the sampling of *S. levis* in sugar cane fields.

KEYWORDS: soil attributes, sugarcane weevil, integrated pest management

INTRODUÇÃO

Com o fim das queimadas dos canaviais e, o aumento da colheita mecanizada da cana-de-açúcar, os problemas relacionados à sanidade da cultura tendem a crescer, principalmente em relação a insetos-pragas (ALMEIDA, 2008). O bicudo da cana-de-açúcar (*Sphenophorus levis*) é considerado uma importante praga desta cultura, podendo ocasionar perdas expressivas de produtividade, chegando a 30 t ha⁻¹ ano⁻¹ em casos mais severos (DEGASPARI et al., 1987). As larvas causam danos diretos nos colmos e nas partes subterrâneas da touceira, podendo causar a morte das plantas, falhas na rebrota e diminuição da produtividade e longevidade do canavial (PRECETTI; ARRIGONI, 1990).

O conjunto de operações envolvidas para o seu controle pode encarecer a atividade, sendo importante o monitoramento das áreas infestadas por meio da amostragem da praga. Boletins técnicos têm sugerido que o levantamento populacional seja realizado logo após o corte do canavial, antes da destruição das soqueiras. São coletadas duas amostras por hectare, onde em cada ponto faz-se uma cova de 0,5 x 0,5 x 0,3 m; tornando-se um método que exige de grande esforço para que todas áreas sejam avaliadas dentro do prazo disponível.

A distribuição espacial de *S. levis*, assim como os danos causados pelo mesmo, são altamente agregados (alcance curto) e não ocorre de forma aleatória, sendo possível investigar a relação de sua incidência com determinados fatores como atributos físicos e químicos. Um dos avanços que se espera com a gestão localizada e mais intensa das lavouras é a expansão da oferta de técnicas e tecnologias para o monitoramento e diagnóstico localizado dos fenômenos. Dentre eles, a investigação espacial da ocorrência de insetos-praga pode ser uma peça chave na busca por maiores produtividades.

A condutividade elétrica aparente do solo (CEa) é uma tecnologia que permite a caracterização física do solo de forma qualitativa, com alta resolução espacial e baixo custo. Molin e Faulin (2013) descrevem a condutividade elétrica (CE) como a habilidade que um material possui em conduzir eletricidade, sendo mensurada pela unidade padrão Siemens por metro (S m⁻¹). A CEa do solo é a mensuração da CE no momento da avaliação, onde é possível aferir este parâmetro de acordo com as condições presentes do solo em questão (MOLIN, 2015). Alguns fatores podem afetar a CEa, como salinidade do solo, teor de argila, capacidade de troca catiônica (CTC) e teor de umidade do solo (Mc NEILL, 1992; RHOADES et al., 1999).

A hipótese deste estudo é de que a variabilidade espacial da CEa se relaciona indiretamente com a distribuição espacial de *S. levis*, viabilizando sua utilização no auxílio do direcionamento de amostragens para o diagnóstico desta praga. Assim, o trabalho objetivou avaliar as relações entre a ocorrência de *S. levis* e a CEa em dois talhões de cana-de-açúcar, analisando-se a frequência de tocos atacados (TA) localizados em diferentes classes de condutividade elétrica.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em duas áreas pertencentes à Usina Iracema, localizada no município de Iracemápolis-SP. A primeira área (A) possui 49,84 ha e está em seu 6º corte. O solo foi caracterizado como Latossolo vermelho eutrófico pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999). A segunda área (B) possui 49,57 ha em área de Latossolo vermelho-amarelo álico e está em seu 7º corte. A amostragem de solo para quantificação do teor de argila (profundidade de 0 a 25 cm) foi realizada numa densidade de 1 amostra a cada 5 ha, totalizando 9 amostras para a área A e 10 para a área B.

O levantamento de *S. levis* foi realizado por uma equipe responsável pelo monitoramento de pragas da própria usina. Os dados foram coletados nos dias 31/05/2017, 20/06/2017 e 04/07/2017 para a área A e no dia 14/08/2017 para a área B. A amostragem foi feita numa densidade de aproximadamente 9 pontos por hectare, totalizando 446 pontos na área A e 474 na B. Pavlu e Molin (2016), estudando métodos de amostragem de *S. levis*, observaram dependência espacial da praga a partir de 14 amostras ha⁻¹.

A partir do vértice do talhão, são contadas 22 ruas de cana e desloca-se 8 m (10 passos) para dentro da 22ª rua, fazendo a coleta do primeiro ponto. Após a primeira coleta, desloca-se 16 m (20 passos) e faz-se a segunda coleta, seguindo a distância de 16 m até o fim da rua. A partir da primeira rua amostrada, conta-se mais 44 ruas e adentra-se na 44ª rua, repetindo todo o processo, sendo o primeiro ponto amostral a 8 m de distância, e os demais a 16 m de distância até o fim da rua, deslocando-se 44 ruas até o fim do talhão. A figura 1 ilustra como é o deslocamento da equipe de amostragem no campo.

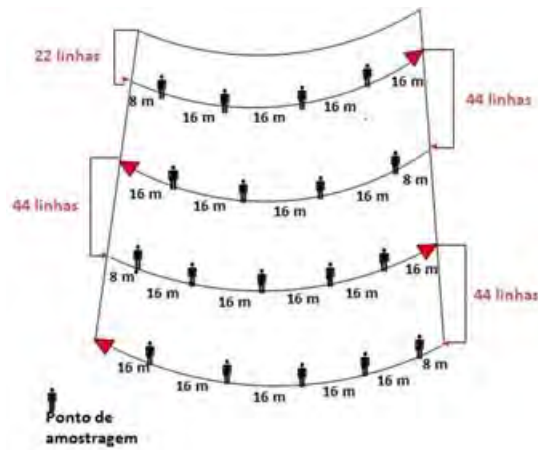


FIGURA 1. Esquema de deslocamento no talhão para a amostragem de *S. levis*.

Em cada ponto amostral foi feita uma trincheira de 0,5 x 0,5 m (0,25 m²) e retiradas todas as soqueiras existentes. Os perfilhos foram cortados no sentido longitudinal para a quantificação das diferentes formas biológicas da praga (larva, pupa e adulto) e o número de tocos atacados (TA).



FIGURA 2. Trincheira aberta para amostragem (esquerda); Teco atacado por larva de *S. levis* (direita).

A avaliação da CEa nos talhões foi realizada com o equipamento V3100 (Veris Technologies, Salina, Kansas) tracionado por um trator numa velocidade média de deslocamento de 15 km/h, e um espaçamento entre passadas de 15 m (10 entrelinhas de 1,5 m) conectado a um coletor de dados e um receptor GNSS Garmin modelo 18x LVC, com uma frequência de coleta de dados de um ponto por segundo.

O equipamento é composto por seis discos rotativos dispostos lado a lado que entram em contato com o solo a uma profundidade de aproximadamente 7,0 cm, o que garante contato elétrico. Seu funcionamento consiste na injeção de uma determinada intensidade de corrente elétrica na superfície do solo, por meio de dois eletrodos. A passagem da corrente elétrica no solo resulta numa diferença de potencial, que é medida por outros dois eletrodos ao lado dos eletrodos de corrente (RABELLO, 2009). O par de discos internos integra a resistência entre as profundidades de 0 a 30 cm, enquanto o par de discos externos integra a resistência de 0 a 90 cm. As leituras foram realizadas no dia 27/07/2017 na área A e no dia 31/07/2017 na área B.

Os dados de CEa na camada de 0 a 30 cm foram filtrados utilizando o software ArcGIS 10.4 (ESRI, Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA, USA), com o objetivo de se remover valores discrepantes em relação ao próprio conjunto de dados (via estatística descritiva) e também em relação a seus vizinhos (via análise espacial). Após a filtragem, os dados foram submetidos a análises de geoestatísticas para a construção dos semivariogramas e ajuste dos modelos de interpolação. Utilizou-se o método de interpolação por krigagem para os dados da CEa. Os mapas temáticos foram gerados pelo software ArcGIS 10.4. Os teores de argila da amostragem de solo foram submetidos a estatística descritiva e cruzados com os valores de CEa (0-30 cm) para a determinação do coeficiente de correlação de Pearson (r).

Devida a ausência de dependência espacial nas informações de distribuição da praga, optou-se por avaliar ponto a ponto com as informações de CEa interpoladas. Para tal, as informações foram classificadas de forma qualitativa, em duas categorias: ausência (AUS) e presença (PRE). Desta forma, os pontos onde não

foram observados tocos atacados (TA) entraram na categoria AUS, e os pontos onde foram observados um ou mais tocos atacados entraram na categoria PRE.

Os valores de CEa de ambas as áreas foram separados em diferentes categorias de condutividade, com base na amplitude dos conjuntos de dados de cada área. A área A foi dividida em três classes (baixa, média e alta) e a área B, devido à menor variabilidade, foi dividida em duas classes (baixa e alta). Desta forma, foi possível avaliar a frequência da presença da praga nas diferentes condições de condutividade elétrica aparente do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a tabela 1, é possível notar uma diferença expressiva na textura das duas áreas, sendo a área A caracterizada por apresentar solo argiloso (66,7 % de argila) e maior amplitude de variabilidade; e a área B apresentando textura menos argilosa (22,9 % de argila) e com menor amplitude de variação. Amplitude que explica a maior variabilidade de valores de CEa na área A em relação a B (Tabela 2).

O teor de argila em ambas as áreas se correlacionou significativamente com a CEa. De acordo com a classificação proposta por Cohen (1998), os valores de coeficiente de correlação de Pearson (r) entre 0,10 e 0,29 apontam para uma relação fraca, já valores entre 0,30 e 0,49 são considerados moderadas, e os de 0,5 até 1 possuem forte relação. Desta forma, área A apresentou valores médios de correlação (0,44), enquanto que a área B apresentou forte correlação (0,65) entre os teores de argila e os valores de CEa.

TABELA 1. Estatística descritiva dos teores de argila (%) referentes às amostragens de solo e sua correlação com a CEa (0-30 cm).

Área	Máximo	Mínimo	Média	Variância	DP	CV	Curtose	Corr. CEa
A	73,60	59,00	66,70	27,45	5,24	7,86	-1,41	0,44
B	25,80	20,90	22,90	3,68	1,91	8,34	-1,74	0,65

Onde: DP = desvio padrão; CV = coeficiente de variação; Corr. CEa = correlação entre os teores de argila e os valores de CEa.

TABELA 2. Estatística descritivas das leituras de CEa (0-30cm em função da subdivisão das áreas.

Area	ha	CEa	Máximo	Mínimo	Média	Variância	DP	CV	Curtose
A	16,7	Baixa	5,33	3,48	4,28	0,52	0,72	16,79	-0,21
	16,7	Média	8,26	5,33	6,65	0,83	0,91	13,68	-1,33
	16,7	Alta	13,10	8,27	9,57	0,95	0,98	10,21	0,27
B	26,1	Baixa	2,22	0,64	1,82	0,07	0,27	14,71	0,06
	26,1	Alta	4,05	2,22	2,77	0,15	0,38	13,85	-0,76

Onde: CEa = condutividade elétrica aparente (mS.m⁻¹); DP = desvio padrão; CV = coeficiente de variação.

Observando os mapas apresentados na Figura 3, é possível visualizar as zonas com valores distintos de condutividade elétrica, bem como o caminhamento da equipe de amostragem, apresentada na imagem pelos pontos de coleta georreferenciados. Os pontos maiores indicam os locais onde houve presença de tocos atacados pela praga e os pontos menores, onde não foram encontrados danos.

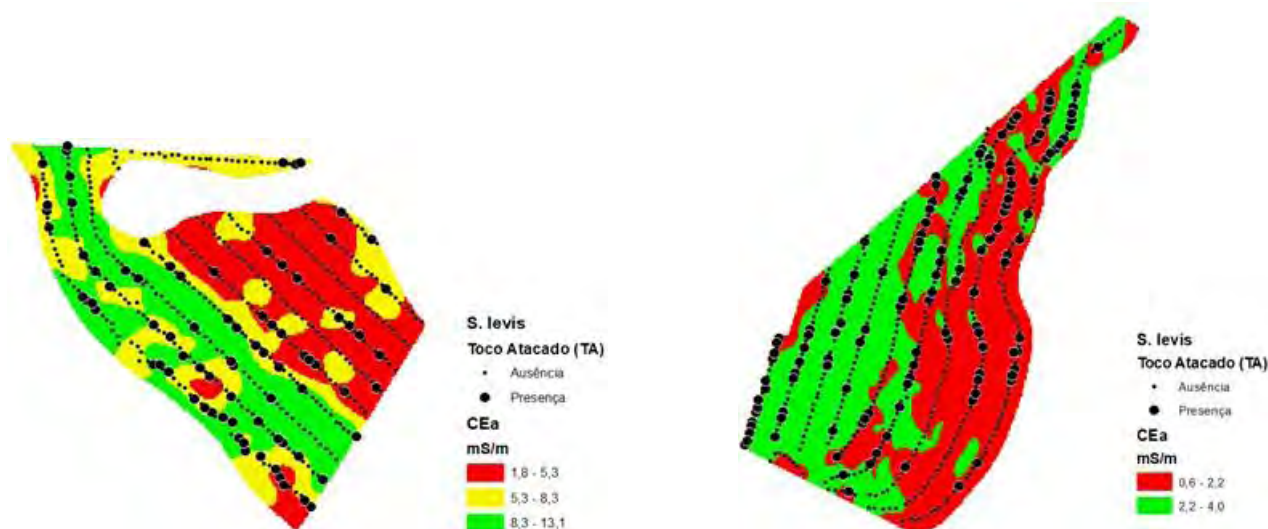


FIGURA 3. Mapa temático das classes de CEa e pontos de levantamento de *S. levis* e a frequência de observações de tocos atacados (TA) da área A (esquerda) e B (direita).

TABELA 3. Distribuição das observações de tocos atacados (TA) em diferentes classes de CEa.

Área	CEa	N total	AUS	PRE	% TOTAL	% CLASSE
A	Baixa	149	129	20	4,5	13,4
	Média	151	121	30	6,7	19,9
	Alta	146	114	32	7,2	21,9
TOTAL		446	364	82	18,4	-
B	Baixa	239	175	64	13,5	26,8
	Alta	235	169	66	13,9	28,1
TOTAL		474	344	130	27,4	-

Onde: CEa = condutividade elétrica aparente ($\text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$); N total = número total de pontos amostrados; AUS = pontos sem observação de tocos atacados; PRE = pontos com um ou mais tocos atacados; %TOTAL = porcentagem de tocos atacados em relação ao total de pontos coletados; %CLASSE = porcentagem de tocos atacados em relação aos pontos coletados dentro da classe de CEa especificada.

A área A apresentou uma menor taxa de infestação (18,4%) em relação à área B (27,4%), provavelmente pelo fato desta segunda apresentar um canal mais antigo (7º corte), e conseqüentemente possuir um ano a mais no acúmulo de touceiras danificadas pela praga. Comparando a presença da praga com os valores de CEa, notou-se que na área A maiores porcentagens de ataques foram observadas em locais de maior condutividade elétrica aparente e na área B não houve uma relação clara entre CEa e ataque da praga. Do total de 18,4% de tocos atacados na área A, 13,9% destes se encontravam em áreas de média e alta CEa (75% dos ataques). Em contrapartida, do total de 27,4% de tocos atacados na área B, metade deles (13,9%) se encontraram na classe de alta CEa. A relação mais clara entre CEa e ataque do *S. levis* na área A pode estar relacionada a sua maior variabilidade de argila.

Embora a área B tenha apresentado dependência espacial, com evidente variabilidade textural no sentido leste-oeste, a amplitude do teor de argila nesta área foi baixa (4,9%) em comparação a área A (14,9%). Assim, a relação da presença da praga com locais de maiores CEa – e, portanto, maior teor de argila – pode estar condicionada a presença de marcante variabilidade espacial de textura. Os resultados obtidos neste trabalho sugerem a possível relação entre valores médio e altos de CEa com o ataque de *S. levis* na cultura da cana-de-açúcar em talhões de cana com variabilidade espacial de textura. Futuros trabalhos devem ser conduzidos para comprovação desta hipótese em áreas com diferentes níveis de gradiente textural, assim como utilizando bancos de dados com histórico de ataques desta praga.

CONCLUSÃO

A relação entre CEa e a ocorrência de ataques de *Sphenophorus levis* foi avaliada em duas áreas com diferentes gradientes de variabilidade textural. Os dados obtidos em ambas as áreas não permitiram uma interpretação clara da relação entre *S. levis* e CEa. Contudo, a área que apresentou maior gradiente textural obteve 75% dos tocos atacados pela praga em locais com média e alta CEa, o que sugere a relação entre a distribuição espacial de *S. levis* e a condutividade elétrica do solo em áreas que apresentem variabilidade textural. Mais estudos devem ser conduzidos para comprovação desta hipótese.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a Usina Iracema e ao Grupo São Martinho ao apoio e estrutura oferecida durante a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. C., STINGEL, E.; ARRIGONI, E. de B. **Monitoramento e controle de pragas da cana-de-açúcar**. Piracicaba-SP. Centro de Tecnologia Canavieira, 35p, 2008.
- DEGASPARI, N. et al. Biologia de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Col.: Curculionidae), em dieta artificial a no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 22, n. 6, p. 553-558, 1987.
- EMBRAPA, Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. EMBRAPA Produção de Informação, Brasília, p. 16, 1999.
- MCNEILL, J.D. Rapid, accurate mapping of soil salinity by electromagnetic ground conductivity meters. In: Topp, G.C., Reynolds, W.D., Green, R.E. (Eds.), *Advances in Measurement of Soil Physical Properties: Bringing Theory Into Practice*. Spec. Publ. 30. SSSA, Madison, WI, 209–229. 1992.
- MOLIN, J.P.; DO AMARAL, L.R.; COLAÇO, A.F. **Agricultura de precisão**. Oficina de Textos, 2015.
- MOLIN, J.P.; FAULIN, G.D.C. Spatial and temporal variability of soil electrical conductivity related to soil moisture. **Scientia Agricola**, v. 70, n. 1, p. 01-05, 2013.
- PAVLU, F A; MOLIN, J.P. A sampling plan and spatial distribution for site-specific control of *Sphenophorus levis* in sugarcane. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.38, p.279-287, 2016.
- PRECETTI, A. C. M. Aspectos bioecológicos e controle do besouro *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera, Curculionidae) em cana-de-açúcar. Copersucar, 1990.
- RABELLO, L. M. Condutividade elétrica do solo, tópicos e equipamentos. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/15427611.pdf>. Acessado em: 02/09/2018.
- RHOADES, J.D., CORWIN, D.L., LESCH, S.M. Geospatial measurements of soil electrical conductivity to assess soil salinity and diffuse salt loading from irrigation. 1999. In: CORWIN, D.L., LOAGUE, K., ELLSWORTH, T.R. (Eds.), *Assessment of Non-point Source Pollution in the Vadose Zone*. Geophysical Monograph 108 American Geophysical Union, Washington, DC, pp. 197–215.