ANAIS

MODELO DE NIVEL DE DANO ECONÔMICO PARA SPHENOPHORUS LEVIS EM CANA-DE-AÇUCAR: UMA FERRAMENTA TECNOLÓGICA PARA TOMADA DE DECISÃO

LUÍS GUSTAVO ALMEIDA NUNES
lg.nunes@unesp.br
UNESP

DAVID FERREIRA LOPES SANTOS
david.lopes@unesp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

RESUMO: Este relato tecnológico descreve o desenvolvimento de um modelo de nível de dano econômico (NDE) para o controle de Sphenophorus levis em cana-de-açúcar. O modelo, implementado em uma ferramenta tecnológica, integra dados de campo (como produtividade de colmos e infestação da praga) e econômicos (custos de produção e preço da cana) para determinar o NDE e direcionar ações de manejo. A construção do modelo baseia-se na correção do cálculo da perda de produtividade, que considera um fator moderador criado para calibrar o quanto a produtividade total da área será reduzida em função do percentual de tocos atacados, ajustado por um fator moderador que reflete a densidade de plantas. A ferramenta auxilia na tomada de decisões sobre o momento de controle da praga, otimizando o uso de recursos como inseticidas e mão de obra, e contribuindo para a sustentabilidade da produção através da redução do impacto ambiental e da promoção de práticas agrícolas mais eficientes.

PALAVRAS CHAVE: Nível de dano econômico, Sphenophorus levis, manejo de pragas, cana-de-açúcar, tecnologia.

ABSTRACT: This technological report describes the development of an Economic Injury Level (EIL) model for the control of Sphenophorus levis in sugarcane. The model, implemented in a technological tool, integrates field data (such as stalk productivity and pest infestation) and economic data (production costs and cane price) to determine the EIL and guide management actions. The model's construction is based on correcting the productivity loss calculation, which considers a moderating factor created to calibrate how much the total area productivity will be reduced as a function of the percentage of attacked stools, adjusted by a moderating factor that reflects plant density. The tool assists in decision-making regarding the timing of pest control, optimizing the use of resources such as insecticides and labor, and contributing to the sustainability of production by reducing environmental impact and promoting more efficient agricultural practices.

KEY WORDS: Economic injury level, Sphenophorus levis, pest management, sugarcane, technology.

MODELO DE NIVEL DE DANO ECONÔMICO PARA *Sphenophorus levis* EM CANA-DE-AÇUCAR: UMA FERRAMENTA TECNOLÓGICA PARA TOMADA DE DECISÃO

RESUMO

Este relato tecnológico descreve o desenvolvimento de um modelo de nível de dano econômico (NDE) para o controle de *Sphenophorus levis* em cana-de-açúcar. O modelo, implementado em uma ferramenta tecnológica, integra dados de campo (como produtividade de colmos e infestação da praga) e econômicos (custos de produção e preço da cana) para determinar o NDE e direcionar ações de manejo. A construção do modelo baseia-se na correção do cálculo da perda de produtividade, que considera um fator moderador criado para calibrar o quanto a produtividade total da área será reduzida em função do percentual de tocos atacados, ajustado por um fator moderador que reflete a densidade de plantas. A ferramenta auxilia na tomada de decisões sobre o momento de controle da praga, otimizando o uso de recursos como inseticidas e mão de obra, e contribuindo para a sustentabilidade da produção através da redução do impacto ambiental e da promoção de práticas agrícolas mais eficientes.

Palavras-chave: nível de dano econômico, *Sphenophorus levis*, manejo de pragas, cana-de-açúcar, tecnologia.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma cultura de importância global, com destaque para o Brasil, maior produtor mundial, onde desempenha papel fundamental na produção de açúcar, etanol e bioenergia (Stolf & Oliveira, 2020). A cultura, adaptável a diversos sistemas de cultivo, contribui para a segurança energética e alimentar, com produção anual estimada em 678,67 milhões de toneladas e área colhida de 8,7 milhões de hectares no Brasil (CONAB, 2024).

Considerando sua importância econômica e social, a cana-de-açúcar é suscetível a diversas pragas, entre elas o bicudo-da-cana-de-açúcar (*Sphenophorus levis*), que causa perdas significativas na produtividade (Pavlu & Molin, 2016). A expansão de *S. levis* nas lavouras sul-americanas tem gerado perdas financeiras (Casteliani et al., 2020). O manejo eficaz da praga é desafiador devido ao seu ciclo de vida, com adultos noturnos e larvas que danificam rizomas e colmos (Degaspari et al., 1987). A distribuição espacial da praga demanda planos de amostragem precisos (Pavlu & Molin, 2016). Estudos recentes buscam entender o comportamento de *S. levis* para otimizar as estratégias de manejo (Ferreira & Ferreira, 2023).

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) utiliza o Nível de Dano Econômico (NDE) como ferramenta de decisão, definindo-o como o ponto em que o custo do controle de uma praga se iguala ao dano econômico causado por ela, buscando equilibrar custos e perdas (Higley & Pedigo, 1996; Fernandes et al., 2011; Lopes et al., 2019; Moura et al., 2018). O NDE de *S. levis* apresenta incertezas devido a fatores como a variação no perfilhamento da cana, diferentes condições climáticas e variações nos custos de produção e preços da cana, dificultando decisões precisas. A avaliação do NDE determina o limiar de intervenção, dependendo de variedade,

clima, custos e preço da cana, com controle tradicionalmente acionado a partir de 3% de rizomas danificados, embora esse valor varie (Dinardo-Miranda, 2018).

A aplicação do NDE no manejo de *Sphenophorus levis* em cana-de-açúcar é um tema que gera diversas perspectivas entre os pesquisadores. Precetti e Arrigoni (1990) já alertavam para o potencial de dano significativo desta praga, capaz de comprometer a produtividade e a longevidade dos canaviais, com larvas que perfuram rizomas e podem causar até 60% de morte de perfilhos e perdas de produção de até 30%. Essa visão é corroborada por Casteliani et al. (2020), que quantificaram a relação direta entre o dano aos rizomas e a perda de produção, estabelecendo que para cada 1% de aumento no dano aos rizomas, há uma perda de 1% na cultura, fornecendo uma base para o cálculo do NDE. No entanto, estudos recentes, como os de Casteliani et al. (2020), e observações de campo têm indicado um aumento de tocos atacados pela praga sem uma correspondente queda imediata na produtividade. Esse fenômeno contrasta com resultados de pesquisas anteriores, como os de Leite et al. (2006) que estabeleceram níveis de dano econômico baseados em correlações diretas entre ataque e perda de produção. Essa discrepância sugere que os métodos de avaliação de danos e o NDE de *S. levis* podem necessitar de ajustes, considerando a complexidade da tolerância da cana-de-açúcar e a influência de fatores como variedade, estágio de crescimento e condições ambientais. A complexidade da biologia da praga e sua interação com a cultura da cana-de-açúcar tornam a determinação precisa do NDE um desafio, exigindo estudos contínuos e a consideração de fatores como densidade de plantio e condições ambientais. A necessidade de adaptar e refinar o NDE para *S. levis* reflete a busca por estratégias de manejo mais eficazes e sustentáveis.

A intrínseca relação entre o MIP, o sistema produtivo da cana-de-açúcar e o NDE é fundamental para a otimização da cultura. O MIP, ao utilizar o NDE como ferramenta central, busca equilibrar custos de controle e perdas econômicas, considerando a complexidade do sistema produtivo (Bueno et al., 2020). Essa complexidade engloba a interação de pragas como *Sphenophorus levis* com a planta hospedeira e o ambiente, influenciando diretamente a precisão do NDE. Métodos de amostragem eficazes (Cardoso et al., 2016) e decisões de controle guiadas pelo NDE (Silva et al., 2024) são, portanto, cruciais para a eficácia do MIP, visando maximizar a produção de cana-de-açúcar de forma sustentável.

Este estudo tem por objetidesenvolver de um modelo de NDE para *S. levis* que integre informações econômicas, cultura, da praga e estruturado para ser implementado em ferramenta tecnológica (software ou aplicativos) para auxiliar produtores no MIP. Os impactos esperado pelo uso deste modelo de NDE é otimizar gastos em controle de pragas, redução do uso de inseticidas e o retorno econômico do investimento.

Para tanto, s procedimentos metodológicos envolveram coleta de dados de campo, análise estatística descritiva, teste de comparação de médias e simulação de Monte Carlo desenvolver e validar o modelo proposto.

2. DIAGNÓSTICO DO PROBLEMA

O modelo de NDE para *Sphenophorus levis* foi desenvolvido com o objetivo de auxiliar os produtores de cana-de-açúcar na tomada de decisões sobre o controle da praga, considerando as particularidades de cada lavoura e região. A metodologia consiste nas seguintes etapas:

2.1. Coleta de dados e personalização:

Personalização de parâmetros: O produtor ajusta preço da cana, custos, TCH, tocos atacados e o fator moderador.

Fator moderador: O fator de moderação, estimado em 0,8% (com base em observações na região da alta mogiana nordeste do estado de São Paulo), varia significativamente conforme as características de plantio da cana-de-açúcar, especialmente a densidade de plantas. Há uma relação inversa entre esses fatores: quanto maior a densidade de plantas, menor tende a ser o fator de moderação, com valores que podem oscilar entre 0,6% e 1,0%. Essa variação, detalhada em Dinardo-Miranda (2018), reflete a menor incidência de falhas em plantios com maior densidade.

Fator Moderador (%)	Plantas m^{-1}	Descrição
0,6%	15	Densidade ideal para alta produtividade.
0,7%	13	Densidade alta, bom rendimento.
0,8%	11	Densidade moderada, rendimento satisfatório.
0,9%	9	Densidade baixa, perda de rendimento.
1,0%	7	Densidade muito baixa, alta perda de rendimento.

Fonte: Elaborador pelo autor (2025).

Em densidades mais altas, como 15 plantas m^{-1} (0,6%), o NDE tende a ser maior, pois a lavoura tolera maiores níveis de infestação de pragas antes que o dano econômico seja significativo. Isso facilita o MIP, pois a alta densidade compensa parcialmente os danos causados por pragas.

À medida que a densidade diminui, o NDE se reduz, tornando a lavoura mais vulnerável a perdas econômicas. Em densidades mais baixas, como 7 plantas m^{-1} (1,0%), o NDE é o menor, exigindo controle rigoroso de pragas e medidas para melhorar a densidade populacional.

Portanto, a busca pelo equilíbrio entre a densidade ideal e as práticas de manejo, guiadas pelo NDE, é importante para otimizar a produtividade da cana-de-açúcar e garantir a eficácia do MIP."

2.2. Cálculos do modelo de NDE:

- **Perda de Produtividade (PP) (t/ha):**

$$PP = TCH \times \left[\left(\frac{Tocos\ atacados}{Tocos\ da\ Amostra}\right) \times Fator\ Moderador\right] \quad (01)$$

- **Perda Financeira (PF) (R$ $há^{-1}$):**

$$PF = \left[\frac{(PP \times Preço\ da\ Cana)}{(1+i)^n}\right] \quad (02)$$

Onde:

O preço da cana deve refletir a volatilidade do mercado e a variabilidade da série temporal. O resultado financeiro produtivo deve ser calculado a valor presente, considerando

uma taxa de desconto apropriada ao risco (i) e o tempo decorrente entre a decisão e a colheita da cana.

O cálculo do custo do controle (CC) (**R$/ ha^{-1}**) é definido pela equação 3.

- CC = Custo de Operação + Custo do Inseticida

Assim, o ponto de NDE é definido pela fórmula 3.

$$\mathrm{NDE} = \mathrm{PF} > \mathrm{CC} \qquad (03)$$

2.3. Ferramenta de simulação e análise:

- **Cenários múltiplos:** Simulações com variação dos parâmetros de produtividade (TCH) e do preço da cana, pois são variáveis que ocorrerão no futuro, cujos resultados estão sujeitos a outras variáveis além do controle da praga.

- **Análise de sensibilidade:** A partir da simulação é possível criar uma distribuição de frequência identificando os cenários: Otimista, Provável e Pessimista quanto ao impacto no NDE.

2.4. Decisão de controle:

Considerando a natureza dinâmica e multifatorial do processo, propõe-se uma abordagem baseada na Simulação de Monte Carlo para a decisão de controle. Através desta simulação, o NDE é calculado, levando em conta as diversas fontes de risco. A decisão de controle é então tomada com base na probabilidade de acerto, definida como:

- **Controle Recomendado:** A partir da probabilidade que o NDE seja maior que zero.

- **Controle Não Recomendado:** A partir da probabilidade que o NDE seja menor que zero.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A revisão do cálculo da perda de produtividade, ao incorporar o fator moderador variável em função da densidade de plantas, busca refinar a precisão do modelo de NDE. A ferramenta tecnológica desenvolvida, ao integrar esse cálculo aprimorado, visa fornecer aos produtores uma avaliação mais realista da viabilidade econômica do controle de *Sphenophorus levis* em diferentes cenários.

A personalização dos parâmetros do modelo, como preço da cana, custos de produção e TCH, permite que os produtores adaptem a ferramenta às suas condições específicas, resultando em recomendações mais precisas e relevantes. A atualização contínua do banco de dados regionalizado, com informações sobre preços, custos, clima e variedades de cana, garante que

a ferramenta reflita as condições mais recentes do mercado e do ambiente de produção. Essa abordagem está alinhada com as recomendações de Dinardo-Miranda (2018), que destaca a importância de considerar as variações regionais no manejo de pragas da cana-de-açúcar.

A ferramenta de simulação permite que os produtores avaliem o impacto de diferentes cenários de manejo, variando os parâmetros do modelo e analisando os resultados. A análise de sensibilidade identifica os parâmetros que mais influenciam o NDE e a decisão de controle, auxiliando os produtores a priorizarem suas ações de manejo. Essa capacidade de simulação é consistente com a abordagem de Higley e Pedigo (1996), que enfatizam a importância de considerar o equilíbrio entre custos de controle e perdas econômicas no manejo de pragas.

A validação do modelo com dados de campo, coletados de lavouras com diferentes níveis de infestação, é fundamental para garantir a precisão e a confiabilidade das recomendações geradas pela ferramenta. A comparação dos resultados do modelo com os dados reais, utilizando métricas estatísticas, permite avaliar a capacidade do modelo de prever o impacto da praga na produtividade e na rentabilidade da lavoura. Essa validação é crucial, considerando que estudos anteriores, como os de Leite et al. (2006) e Casteliani et al. (2020), demonstraram a complexidade da relação entre a infestação de *Sphenophorus levis* e a produtividade da cana-de-açúcar.

A discussão das limitações do modelo, como a incerteza dos parâmetros e a variabilidade das condições de campo, é importante para fornecer aos produtores uma visão realista das capacidades e das limitações da ferramenta. O aprimoramento contínuo do modelo, com base em novas pesquisas e dados, garante que a ferramenta permaneça atualizada e relevante para os produtores. A necessidade de atualização contínua é reforçada pelos estudos de Ferreira e Ferreira (2023), que destacam a importância de considerar o comportamento noturno da praga no desenvolvimento de estratégias de manejo.

Implicações práticas para os produtores:

A ferramenta tecnológica desenvolvida representa um avanço significativo no manejo de *Sphenophorus levis*, ao fornecer aos produtores uma ferramenta personalizada e baseada em dados para auxiliar na tomada de decisões. A ferramenta tem o potencial de otimizar o uso de recursos, reduzir o impacto ambiental e aumentar a rentabilidade da produção de cana-de-açúcar. Ao permitir a simulação de diferentes cenários, a ferramenta auxilia os produtores a tomarem decisões mais informadas sobre o momento e a intensidade do controle da praga, evitando aplicações desnecessárias de inseticidas e reduzindo os custos de produção.

Aplicações futuras e integração com outras tecnologias:

A ferramenta pode ser integrada com outras tecnologias de agricultura de precisão, como sensores remotos e sistemas de informação geográfica, para fornecer aos produtores uma visão mais completa e integrada da sua lavoura. A integração com sensores remotos, por exemplo, pode permitir a detecção precoce de áreas infestadas pela praga, auxiliando na tomada de decisões sobre o controle localizado. A ferramenta também pode ser adaptada para outras culturas e pragas, tornando-se uma ferramenta versátil para o manejo integrado de pragas.

Implicações para o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentáveis:

A ferramenta contribui para o desenvolvimento de estratégias de manejo de pragas mais sustentáveis, ao promover o uso racional de inseticidas e a otimização do uso de recursos. Ao auxiliar os produtores a tomarem decisões mais informadas sobre o controle da praga, a ferramenta contribui para a redução do impacto ambiental da produção de cana-de-açúcar e para a promoção de práticas agrícolas mais sustentáveis.

4. CONCLUSÕES

O modelo de NDE para *Sphenophorus levis*, ao corrigir o cálculo da perda de produtividade, apresenta-se como uma ferramenta tecnológica que pode auxiliar o produtor rural no Manejo Integrado de Pragas (MIP) da cana-de-açúcar. Ao integrar dados de campo e econômicos, o modelo oferece informações que podem otimizar o uso de recursos e auxiliar na tomada de decisões sobre o controle da praga.

A adoção do modelo pode contribuir para um manejo mais eficiente da cultura, auxiliando o produtor na avaliação da viabilidade econômica do controle em diversos cenários. A ferramenta pode auxiliar na identificação do momento ideal para o controle da praga, o que pode levar à otimização da aplicação de inseticidas e à redução do uso de água.

Adicionalmente, o modelo pode auxiliar o produtor na tomada de decisões que contribuam para a preservação da biodiversidade do solo, já que o uso racional de inseticidas pode reduzir o impacto negativo sobre organismos não-alvo. A longo prazo, isso pode auxiliar na recuperação da saúde do solo e na promoção de um ecossistema mais equilibrado.

Em resumo, o modelo de NDE para *Sphenophorus levis* pode ser uma ferramenta útil para auxiliar o produtor rural na tomada de decisões sobre o manejo da praga, buscando um equilíbrio entre rentabilidade e sustentabilidade na produção de cana-de-açúcar.

5. REFERÊNCIAS

ANA. Levantamento da cana-de-açúcar irrigada na região centro-sul do Brasil. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2017.

ANA. Levantamento da cana-de-açúcar irrigada e fertirrigada no Brasil. 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2019.

Casteliani, A., et al. Behavioral aspects of Sphenophorus levis (Coleoptera: Curculionidae), damage to sugarcane and its natural infection by Steinernema carpocapsae (Nematoda: Rhabditidae). Crop Protection, v. 137, p. 105262, 2020.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, v. 11 - Safra 2024/2025, n. 3 - Terceiro levantamento, Brasília, DF, 2024.

Degaspari, N., Botelho, P. S. M., Almeida, L. C., & Castilho, H. J. (1987). Biologia de Sphenophorus levis Vaurie, 1978 (Col.: Curculionidae). em dieta artificial a no campo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 22(6), 553-558.

Dinardo-Miranda, L. L. (2018). Sugarcane straw and the populations of pests and nematodes. Scientia Agricola, 70(5), 305-10.

Dinardo-Miranda, L. L., & Fracasso, J. V. (2010). Effect of insecticides applied at sugarcane planting on Sphenophorus levis Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) control and on the yield of first two harvests. In INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS: PROCEEDINGS OF THE XXVIIth CONGRESS, Veracruz, Mexico (pp. 1-10). México: Asociación de Técnicos Azucareros de México, AC (ATAM) & The XXVIIth ISSCT Organising Committee.

Dinardo-Miranda, L. L., & Fracasso, J. V. (2013). Sugarcane straw and the populations of pests and nematodes. Scientia Agricola, 70(5), 305-10.

Fernandes, F. L., et al. Economic injury level for the coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) using attractive traps in Brazilian coffee fields. Journal of Economic Entomology, v. 104, n. 6, p. 1909-1917, 2011.

Ferreira, P.H.U.; Ferreira, M.d.C. Sphenophorus levis Behavior Studies: Evaluating Insect Attractiveness or Repellency to One Insecticide Treatment and Assessing Nocturnal Insect Activity and Location Pattern. Insects 2023, 14, 205.

Garcia, A. W., & Botelho, P. S. M. (2016). Manejo de pragas da cana-de-açúcar. In Manejo integrado de pragas: conceitos e aplicações (pp. 305-328). Piracicaba: FEALQ.

Higley, L. G., & Pedigo, L. P. (1996). The EIL concept. Economic thresholds for integrated pest management. Lincoln, NE: University de Nebraska Press.

Leite, L. G., et al. (2006). Nível de dano econômico e nível de controle para o bicudo da cana-de-açúcar Sphenophorus levis (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar. Neotropical Entomology, 35(2), 221-226.

Lopes, M. C., et al. Economic injury level and sequential sampling plan for Liriomyza huidobrensis management in tomato crops. Crop Protection, v. 124, p. 104848, 2019.

Moura, A. P., et al. Nível de dano econômico de Liriomyza huidobrensis em alface cultivada em diferentes temperaturas. Horticultura Brasileira, v. 36, n. 2, p. 225-231, 2018.

Pavlu, S. C., & Molin, D. L. Spatial distribution of Sphenophorus levis in sugarcane crop and its importance for sampling. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 40, p. e0150195, 2016.

Stolf, R., & Oliveira, E. C. A. (2020). Cana-de-açúcar: do plantio à colheita. Campinas: Instituto Agronômico.

Maldaner, L. F., Veiga, M., & Molin, J. P. (2024). Análise Espaço-Temporal para Investigar a Influência do Espaçamento de Plantas na Linha no Rendimento da Cana-de-Açúcar. Scientia Agricola, v. 81, n. 1, e20220224.

Dinardo-Miranda, Leila Luci. Nematoides e pragas da cana-de-açúcar. 2. ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agronômico, 2018. 444 p. ISBN 978-85-85564-31-5.