



Eficácia do manejo conservacionista do solo em área de cana-de-açúcar em Presidente Castelo Branco, PR.

*Naiany Camara Ruiz*¹, *Stéphanie Abisag Sáez Meyer Piazza*², *Helio Henrique Soares Franco*³, *Giuliano Torrieri Nigro*⁴

¹Acadêmica do Curso de Agronomia, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar - UNICESUMAR. Bolsista ICETI-UniCesumar/Fundação Araucária, naianyruiz20@gmail.com

² Pós-Doutoranda, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar - UNICESUMAR. Bolsista ICETI-UniCesumar/Fundação Araucária, s.meyer.piazza@gmail.com

³Pós-Doutorando, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar - UNICESUMAR. Bolsista ICETI-UniCesumar/Fundação Araucária, hhsfranco@hotmail.com

⁴Orientador, Doutor, Professor do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas - PPGTL, Pesquisador do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI, Universidade Cesumar – Unicesumar. giuliano.nigro@vitru.com.br

RESUMO

Este projeto tem como objetivo avaliar os impactos do cultivo da cana-de-açúcar em solos arenosos sob diferentes manejos conservacionistas, com ênfase no terraceamento, no município de Presidente Castelo Branco-PR. A cultura da cana, devido ao preparo intensivo do solo, ao tráfego de máquinas pesadas e à cobertura incompleta durante parte do ciclo, intensifica os processos erosivos, aumentando a perda de solo e de água. Para mensurar esses impactos, serão monitoradas duas megaparcelsas de cana: uma com terraceamento e outra sem. O acompanhamento será feito com drones após eventos de chuva intensa, gerando ortomosaicos e modelos digitais de elevação que permitirão identificar e quantificar sulcos erosivos ao longo do ciclo produtivo da cultura. Além disso, serão correlacionados os estágios fenológicos da cana com a intensidade dos processos erosivos. Espera-se que os resultados indiquem a eficácia do terraceamento como prática conservacionista frente às condições impostas pela cana-de-açúcar em solos arenosos, fornecendo subsídios técnicos e científicos para um manejo mais sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Cana-de-açúcar; ; Conservação do solo; Erosão hídrica; Drones; Terraceamento.

1 INTRODUÇÃO

O cultivo da cana-de-açúcar exerce papel fundamental na matriz agrícola do Paraná, especialmente na região Noroeste, mas apresenta riscos ambientais significativos, sobretudo em solos arenosos. A erosão hídrica nessas áreas resulta da combinação entre alta suscetibilidade natural do solo, operações mecanizadas intensivas e períodos em que a cultura não cobre totalmente o terreno, deixando-o exposto ao impacto direto das chuvas (Bertoni; Lombardi Neto, 2017).

A substituição da vegetação natural por atividades agrícolas e urbanas intensifica a erosão do solo, agravada pelo uso de máquinas e insumos químicos. A erosão, embora natural, é amplificada pela remoção da cobertura vegetal, que compromete a proteção contra o impacto das chuvas e facilita o transporte de sedimentos (Bertoni; Lombardi Neto, 2017).

Nas áreas agrícolas, a utilização de maquinário pode levar à compactação do solo, reduzindo sua porosidade e, conseqüentemente, dificultando tanto a infiltração da água quanto o desenvolvimento das raízes. Além disso, em solos arenosos, o preparo convencional, frequentemente baseado em arações e gradagens intensivas, contribui para a formação de camadas subsuperficiais compactadas. Esse processo eleva a resistência à penetração, restringindo o acesso das plantas à água e aos nutrientes, o que compromete seu crescimento e reduz a produtividade das culturas (Hamza *et al.*, 2019).

Esse processo não apenas reduz a fertilidade do solo e a produtividade agrícola, mas também promove assoreamento de cursos d'água e transporte de nutrientes e agroquímicos, intensificando impactos ambientais. Assim, a adoção de práticas



conservacionistas surge como alternativa para mitigar esses problemas, reduzindo o escoamento superficial e favorecendo a infiltração da água (Fidalski, 1998).

Uma das práticas conservacionistas é o terraceamento, que se trata de uma técnica eficaz de conservação do solo, especialmente em terrenos arenosos, pois reduz o escoamento superficial e favorece a infiltração da água (Fidalski, 1998; Lima *et al.*, 2010).

Porém, apesar da ampla utilização do terraceamento, poucos estudos analisam sua efetividade em áreas cultivadas com cana-de-açúcar em solos arenosos, considerando as particularidades do manejo da cultura e sua interação com processos erosivos.

O uso de drones, com sua alta resolução espacial e temporal, permite monitorar esses impactos de maneira precisa, inclusive em diferentes fases do ciclo da cana, oferecendo informações essenciais para práticas de manejo mais eficientes e sustentáveis.

A principal vantagem do uso de drones está na resolução espacial submétrica, alcançando menos de 3 cm por pixel, como demonstrado em estudos de Oliveira *et al.*, 2007 e Oliveira *et al.*, 2022. Em comparação, mesmo satélites de alta resolução, como por exemplo o WorldView-3 (0,31 m/pixel), apresentam limitações para identificar microtopografias, além de envolverem custos elevados.

Outra vantagem dos drones é a flexibilidade operacional em relação aos satélites, que podem levar dias ou semanas para revisitar a mesma área. Os drones, por sua vez, podem ser utilizados logo após eventos críticos, como chuvas intensas, fornecendo análises mais precisas e sem a limitação da cobertura de nuvens (Moraes *et al.*, 2024).

Além do avanço científico, a pesquisa tem relevância socioambiental, pois pode otimizar o terraceamento, reduzir custos com recuperação de solos e ser aplicada em outras regiões semelhantes. A disponibilização dos resultados em formatos acessíveis, como mapas e relatórios, oferecerá subsídios práticos a produtores e gestores, em consonância com o ODS 15 da ONU (proteção da vida terrestre).

Sendo assim, este estudo tem como objetivo geral avaliar os impactos do cultivo da cana-de-açúcar em solos arenosos em áreas com e sem terraceamento, no município de Presidente Castelo Branco-PR, com foco na ocorrência e evolução de processos erosivos monitorados por drones. Para tal, será necessário relacionar os estágios fenológicos da cana com a intensidade dos processos erosivos; quantificar perdas de solo por meio de modelos digitais de elevação obtidos via drones; avaliar a eficácia do terraceamento como medida conservacionista no cultivo da cana; e propor recomendações de manejo para reduzir perdas de solo em sistemas de produção de cana em solos arenosos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A bacia hidrográfica da área de estudo se encontra entre as coordenadas geográficas 23°11'27" sul e 52°06'0.16" oeste. Essa área é drenada por um afluente do Córrego da Tába, que tem 1.374 m de extensão e deságua no Ribeirão Jacupiranga, tributário do Rio Pirapó (Pellegrini; Barbosa, 2023).

Serão avaliadas duas megaparcelas agrícolas (Figura 1) com cultivo consolidado de cana-de-açúcar: megaparcela implantada com sistema de terraceamento (CT); e megaparcela sem adoção de terraceamento (ST) ou práticas conservacionistas estruturais, permitindo maior suscetibilidade à erosão. A escolha dessas áreas visa estabelecer um comparativo robusto sobre a eficácia do terraceamento na contenção da erosão hídrica, considerando as condições edafoclimáticas locais.

Figura 1: Localização das megaparcelas em Presidente Castelo Branco, PR.



Fonte: Pellegrini; Barbosa, 2023.

O estudo terá caráter comparativo e observacional, com monitoramento sistemático ao longo de um ciclo agrícola da cana-de-açúcar. Serão acompanhados os principais estágios fenológicos: 1) Plantio e germinação – fase inicial, marcada por maior exposição do solo; 2) Crescimento vegetativo – aumento da cobertura do solo; 3) Maturação – dossel fechado, maior proteção superficial; 4) Pós-colheita/rebrota – nova exposição do solo devido ao corte mecanizado.

Será utilizado um drone DJI Air2S, equipado com câmera RGB de 20 MP, operando em altitude de 80 metros, com sobreposição lateral e frontal de 80%. Essa configuração assegurará $GSD \leq 3$ cm/pixel, suficiente para identificar microtopografias e sulcos erosivos.

As imagens obtidas nos voos com drone serão processadas no software de código aberto *OpenDroneMap*, que permite a reconstrução fotogramétrica em três dimensões a partir de imagens sobrepostas. Esse processamento resultará na geração de ortomosaicos georreferenciados, que são composições fotográficas corrigidas geometricamente, com precisão cartográfica suficiente para medições lineares e de área. Além disso, serão elaborados Modelos Digitais de Elevação (MDE), representando a superfície com todos os elementos visíveis (plantas, resíduos e estruturas), e Modelos Digitais de Terreno (MDT), nos quais o relevo é isolado, eliminando a cobertura superficial e possibilitando representar fielmente as variações da microtopografia. O MDT é essencial para a quantificação volumétrica da perda de solo, pois permite calcular a diferença entre superfícies em diferentes períodos de monitoramento, metodologia já validada em trabalhos recentes de erosão agrícola (Oliveira *et al.*, 2022).

De forma complementar, será realizada uma análise multivariada para correlacionar a evolução dos sulcos erosivos com variáveis ambientais. Para isso, serão integrados: (i) dados pluviométricos, obtidos tanto em estações meteorológicas locais quanto em sensores instalados diretamente nas áreas de estudo; (ii) informações sobre a cobertura da vegetação, coletadas por meio de observações de campo e análise espectral das imagens; e (iii) dados de declividade do terreno, derivados dos modelos digitais. Esses conjuntos de informações serão tratados estatisticamente por meio de regressões lineares múltiplas, a fim de identificar variáveis de maior influência, e de análises de cluster, buscando agrupar eventos e áreas com padrões semelhantes de erosão.

Para assegurar a confiabilidade dos resultados, será conduzida uma etapa de validação em campo, na qual serão realizadas medições diretas dos sulcos erosivos. Serão utilizados trenas e nivelamentos para obtenção de perfis transversais, em pontos estrategicamente distribuídos e georreferenciados. Esse procedimento, recomendado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), servirá para calibrar os cálculos



volumétricos realizados a partir dos modelos digitais, minimizando incertezas metodológicas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a execução deste projeto, espera-se gerar um diagnóstico consistente sobre os impactos do cultivo da cana-de-açúcar em solos arenosos sob diferentes manejos. Os resultados deverão evidenciar diferenças significativas na formação e evolução de sulcos erosivos entre as áreas com e sem terraceamento, permitindo quantificar volumetricamente a perda de solo ao longo do ciclo da cultura. Também se espera identificar os estágios fenológicos da cana mais suscetíveis à erosão, como o período inicial de plantio e a fase pós-colheita, quando o solo fica mais exposto à ação das chuvas.

A análise integrada das imagens de drones com dados pluviométricos, topográficos e de cobertura vegetal possibilitará compreender melhor os fatores determinantes da erosão em sistemas de cana-de-açúcar, resultando em modelos preditivos capazes de simular cenários de mitigação em diferentes condições climáticas. Além disso, os produtos finais incluirão mapas temáticos de vulnerabilidade, relatórios técnicos ilustrados e recomendações práticas que poderão orientar tanto produtores rurais quanto gestores públicos na adoção de estratégias de manejo mais eficientes.

Do ponto de vista científico, os resultados contribuirão para validar o uso de drones como ferramenta de monitoramento da erosão agrícola, ampliando seu potencial de aplicação em áreas de solos arenosos. Do ponto de vista prático, fornecerão subsídios para otimizar o terraceamento e integrar outras práticas conservacionistas, favorecendo a sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar e a preservação dos recursos hídricos da região.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Espera-se que os resultados reforcem a importância das práticas conservacionistas, evidenciando o papel do terraceamento na mitigação de processos erosivos, mas também apontando a necessidade de sua integração com estratégias complementares de manejo, como a manutenção de cobertura vegetal. Assim, o estudo poderá fornecer subsídios técnicos para agricultores, pesquisadores e gestores públicos, fortalecendo ações voltadas à conservação do solo e da água em áreas de cana-de-açúcar.

Ao articular ciência, prática agrícola e sustentabilidade, este trabalho busca contribuir não apenas para o aumento da produtividade, mas também para a preservação dos recursos naturais, alinhando-se a metas globais de conservação e ao desenvolvimento de sistemas de produção mais resilientes.

REFERÊNCIAS

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 10 ed. São Paulo: Ícone, 2017, 392p.

COELHO, W. R.; CAVICHIOLI, F. A.. A aplicação de drones na agroindústria de precisão. **Revista Interface Tecnológica**, v.18, n.1, 202. DOI: <https://doi.org/10.31510/infa.v18i1.1108>

FIDALSKI, J. Sistema de terraceamento agrícola proposto para a região noroeste do Paraná. **Acta Scientiarum**, v.20, p. 313-316, 1998. DOI: 10.4025/actasciagron.v20i0.4366



HAMZA, M.; BRASSEUR, B.; SPICHER, F.; GALLET-MORON E.; BURIDANT, J.; KOBALISSI, A.; HOREN, H. Physical recovery of forest soil after compaction by heavy machines, revealed by penetration resistance over multiple decades. **Forest Ecology and Management**, v. 449, p. 1-10, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117472>

LIMA, J. M.; OLIVEIRA, G. C.; MELO, C. **Conservação do solo e da água notas de aulas práticas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010. 62p. (Disciplina GCS 104). Disponível em: http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/slides/matdispo/geraldo_cesar/NOTAS%20DE%20AULAS%20-%20PR%C3%81TICA.pdf. Acesso em: 15 abr. 2025.

MORAES, L. R *et al.* Benefícios, desafios e legislações para utilização de drones na produção agrícola: uma revisão da literatura. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v.03, 2024. DOI: <https://doi.org/10.61164/rmm.v3i3.2181>

OLIVEIRA, A. M. M., PINTO, S. A. F. LOMBARDI NETO, F. Caracterização de indicadores da erosão do solo em bacias hidrográficas com o suporte de geotecnologias e modelo predictivo. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 5, n.1, p. 63-86, 2007.

OLIVEIRA, R. P. *et al.* Mapeamento de erosão com drones no Cerrado: vantagens e aplicações. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 4, p. 891-905, 2022.

PELLEGRINI, A.; BARBOSA, G. M. C. **Manejo e conservação de solo e água: volume 1 - formação, implantação e metodologias**. Rede Paranaense de Agropesquisa e Formação Aplicada, Curitiba: SENAR AR/PR, 2023.