



Uso de Drones para determinar declividade e potencial para mecanização agrícola em áreas de plantio de cana-de-açúcar

Lucas Ribeiro de Carvalho¹

<https://orcid.org/0009-0006-8069-9262>

Camila da Silva Dourado²

<https://orcid.org/0000-0002-4485-7319>

Resumo: O crescimento da produção de cana-de-açúcar no Brasil tem sido impulsionado por vários fatores, incluindo a expansão das áreas cultivadas, o aprimoramento das técnicas agrícolas e a crescente demanda por etanol como biocombustível. Neste cenário, o geoprocessamento desempenha um papel essencial, na otimização da produção e na gestão das plantações de cana-de-açúcar. Ferramentas de geoprocessamento, como o levantamento topográfico realizado com VANT (aerofotogrametria) permite o monitoramento detalhado das áreas de cultivo, planejamento do uso da terra, e identificação de áreas mais adequadas para expansão. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é determinar a declividade do terreno, com uso de imagens de drones, a fim de identificar potencialidades para a mecanização agrícola em áreas com cultivo de cana-de-açúcar. Para isto foram utilizadas 731 imagens capturadas pelo VANT ARATOR 5C, e aplicadas técnicas de geoprocessamento para gerar o Modelo Digital de Elevação, mapas de declividade e mapas de curvas de níveis da área. Assim, a partir do levantamento aéreo, os resultados mostraram que embora a área esteja numa declividade classificada como suave ondulada, ela apresenta potencial para produção e mecanização agrícola; entretanto, se faz necessário o uso de curvas de nível para garantir a alta produtividade.

Palavras-Chave: Aerofotogrametria; VANT; Geoprocessamento; Planejamento agrícola.

Abstract: The growth of sugarcane production in Brazil has been driven by several factors, including the expansion of cultivated areas, the improvement of agricultural techniques and the growing demand for ethanol as a biofuel. In this scenario, geoprocessing plays an essential to optimize the production and management of sugarcane plantations. Geoprocessing tools, such as topographic surveys carried out with UAVs (aerial photogrammetry) allow detailed monitoring of cultivation areas, land use planning, and identification of areas most suitable for expansion. In this sense, the objective of this work is to determine the slope of the land, using drone images, in order to identify potential for agricultural mechanization in areas with sugar cane cultivation. For this, 731 images captured by the ARATOR 5C UAV were used, and geoprocessing techniques were applied to generate the Digital Elevation Model, slope maps and level curve maps of the area. The results showed that although the area has a slope classified as gently undulating, it has potential

¹ Graduando em Bacharelado em Engenharia Agronômica, UNASP, campus Engenheiro Coelho, São Paulo-Brasil. E-mail: lucassirlene12@gmail.com

² Docente do curso de Engenharia Agronômica do Centro Universitário Adventista de São Paulo, campus Engenheiro Coelho, São Paulo-Brasil. E-mail: camila.dourado@acad.unasp.edu.br





Key Words: Aerial photogrammetry; VANT; Geoprocessing; Agricultural planning.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp L.) destaca-se como uma das principais culturas de interesse econômico para o Brasil, fornecendo matéria-prima para a produção de açúcar, etanol e energia (TRENTIN et al., 2011) e pela eficiência na produção de biocombustíveis, com destaque para o estado de São Paulo, tendo a maior área e a maior produção no país, 5,4 milhões de hectares e mais de 400 milhões de toneladas, respectivamente (AGRIANUAL, 2015). Neste cenário, a maior parte das áreas em expansão apresenta limitações que estão diretamente relacionadas aos aspectos agronômicos e à variabilidade meteorológica do ambiente (PICOLI et al., 2009).

O estudo da cultura em ambientes com disponibilidade específica de recursos (topografia e radiação solar) pode gerar informações importantes para adequar ao sistema produtivo o melhor manejo e tratos culturais, sendo possível explorar ao máximo o local de produção, promovendo o rendimento e, consequentemente, uma maior lucratividade e/ou competitividade entre os produtores de cana-de-açúcar (MAULE et al., 2001).

Coan et al. (2012) afirma que superfícies com diferentes exposições em relação ao sol (norte-sul, leste-oeste) e declividades do terreno divergem entre si nas quantidades recebidas de radiação solar, a qual é o fator primário que condiciona os elementos climatológicos e fisiológicos relacionados ao crescimento e estabelecimento das culturas. Neste sentido, estudos realizados por Viana et al. (2013) indicam que a evapotranspiração potencial e as temperaturas médias divergem ao longo de uma bacia hidrográfica, sendo ambas proporcionais à declividade do terreno.

Outras pesquisas têm utilizado variáveis topográficas para explicar os padrões aleatórios da variação no rendimento e qualidade de culturas (TURCO et al., 2012; BENINCASA, 1976). Neste contexto, uma melhor compreensão dos padrões espaciais das culturas, baseada em informações topográficas, pode fornecer aos agricultores oportunidades de aplicação de cenários específicos de manejo (SANCHEZ et al., 2012).

Desta forma, avaliar de forma mais eficiente, adotando novas tecnologias, o crescimento da cana-de-açúcar, cultivada em diferentes exposições e declividades é de suma





importância para o manejo e monitoramento de sua produção, tendo em vista o uso de máquinas agrícolas no cultivo desta cultura em grandes áreas. E isto, se configura como a pergunta principal deste trabalho.

Por conseguinte, para a implantação e funcionamento de qualquer atividade agrícola existe a necessidade da realização de levantamentos topográficos, entre outras atividades semelhantes. Para que isso se torne possível em qualquer local, independente das condições físicas desse espaço, é necessária a utilização de algumas ferramentas que possibilitem sua realização.

Dentre essas novas ferramentas de geoprocessamento utilizadas para a realização de levantamentos topográficos e outras atividades afins, o uso dos drones tem se mostrado muito eficiente na agricultura. O uso dos drones para coletar informações do terreno representa uma evolução tecnológica da ciência chamada aerofotogrametria. Segundo Gomes et.al (2024) as principais mudanças que ocorreram foram chegadas dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's), comumente chamado de drone, o que permitiu a velocidade de aquisição dos dados (muitas vezes é em tempo real), como também a redução de custos com a operação.

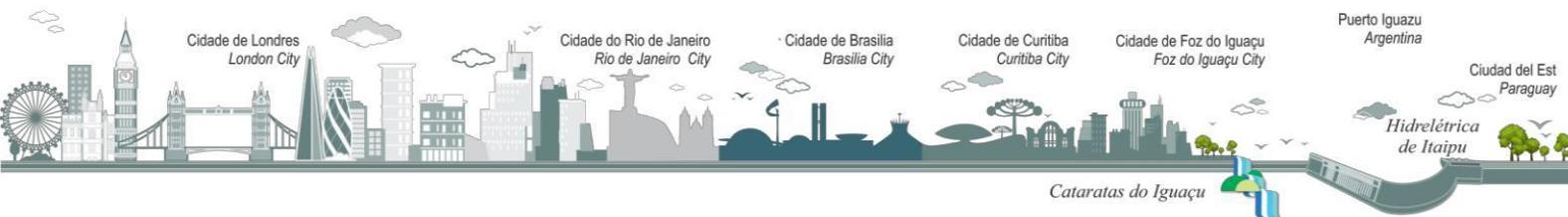
Desse modo, os drones podem ser utilizados para a realização de várias atividades na topografia, como: mapeamento, monitoramento ambiental, análise de relevo de uma região entre outras atividades (TAVARES, 2017). Diante disso, a utilização de drones se mostra como alternativa às ações que antes dependiam de aeronaves tripuladas como a realização de mapeamento, conforme citado anteriormente. Vale ressaltar também que essa nova tecnologia, por não necessitar o contato direto com o objeto, pode facilitar o acesso às áreas remotas ou restritas e otimizar o tempo despendido no levantamento (DIAS et al., 2014).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é determinar a declividade do terreno, com uso de imagens de drones, e técnicas de geoprocessamento a fim de identificar potencialidades para a mecanização agrícola em áreas com cultivo de cana-de-açúcar.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

O trabalho foi realizado na Fazenda Salto Grande, localizada no município de

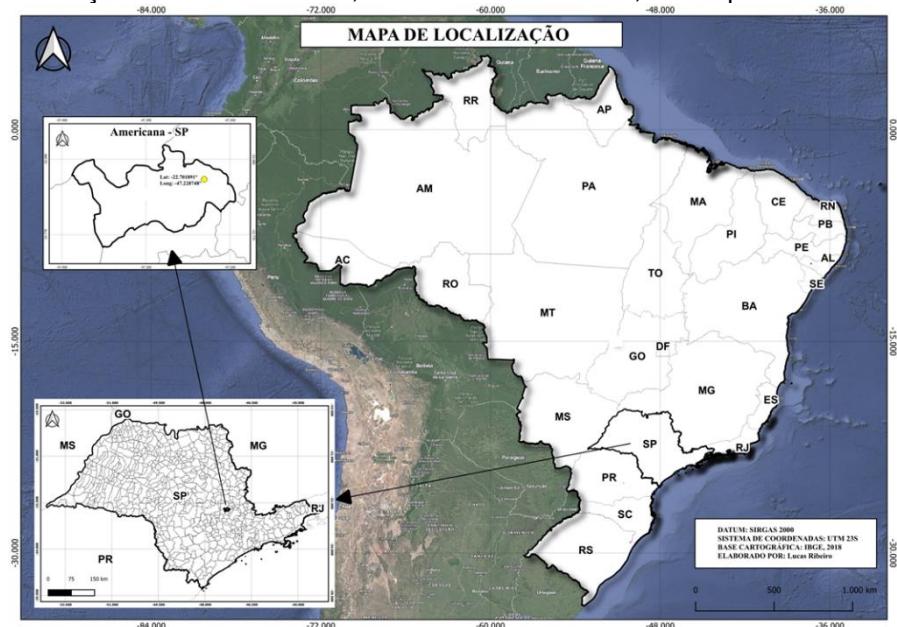




Americana – SP, entre as coordenadas 22,701891° Sul e 47,228748° Oeste, numa propriedade de produção de cana-de-açúcar, com 85,88 hectares de área total, solos do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo, e com declividade média de 5,77% (Figura 1).

A fazenda está situada no entorno de uma Área de Preservação Permanente (APP), destacando com isto os cuidados com a sistematização, preparo e técnicas de manejo e conservação do solo com base na declividade do terreno, para garantir a conservação do solo e produtividade da cultura da cana-de-açúcar.

Figura 1 - Localização da área de estudo, Fazenda Salto Grande, município Americana, SP, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Aquisição de dados

Para captura de imagens do terreno, foi utilizado o veículo aéreo não tripulado (VANT) Arator 5C de asa fixa, desenvolvido pela XMobots, com autonomia de até 60 minutos da bateria em voo, sobrevoando até 300 hectares por voo, com uma altura de até 200 metros e resolução de 3cm/pixel da câmera multiespectral (XMOBOTS, 2022).

O Arator 5C foi projetado para cobrir grandes áreas com alta eficiência, com capacidade de voar por longos períodos e cobrir distâncias significativas. Equipado com uma série de sensores e câmeras de alta resolução que permitem a captura de imagens e dados





detalhados das lavouras, facilitando a análise e o planejamento das práticas agrícolas, identificação de declividade em terrenos, criação de modelos digitais do terreno e mapas topográficos.

Levantamento e Processamento de Imagens

Para o levantamento planialtimétrico, a primeira etapa foi a realização do planejamento para o voo. Esta etapa constituiu-se em uma visita de campo, para reconhecimento da área, como suas dimensões, topografia e características do terreno, a fim de determinar a altura do voo e quantidade de sobreposição necessária entre as imagens para garantir uma cobertura completa.

Posteriormente, foi elaborado o plano do voo. Para esta etapa, foi utilizado o software XPlanner, exclusivo para aeronaves da XMobots. A plataforma calcula as diretrizes a serem adotadas pelo drone e apresenta em sua interface, assim é possível prever a altura a ser alcançada pelo equipamento, que influencia na quantidade das imagens captadas, e que por sua vez interfere no percurso realizado durante o voo, no seu tempo de duração.

Para este trabalho foi adotada uma altura de 120 m, altitude máxima aceita pela legislação brasileira. Com essa altura foram capturadas 731 imagens, em um total de 33 minutos de voo. Nas configurações avançadas, foi adotada uma sobreposição de 70% lateral e 70% frontal. Foi levado em consideração as condições meteorológicas, como vento e chuva, que poderiam afetar o desempenho do voo, quantidade de combustível, ou autonomia de bateria, previsto para o voo.

Para fins de processamento, delimitação, análise e modelagem de mapas foram utilizados uma série de procedimentos baseados em algoritmo e funções matemáticas do software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS 3.16, adotando o Datum Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas de 2000 (SIRGAS 2000) e projeção plana Universal Transversa de Mercator na zona 23 Sul.

As imagens foram utilizadas para a obtenção do modelo digital de elevação (MDE), a fim de delimitar suas variáveis altimétricas, declividade e curva de nível. O mapa de declividade foi gerado a partir da ferramenta “Declividade” e classificado de acordo com as normas descritas pela Embrapa. Para geração do mapa de curva de nível foi aplicada a



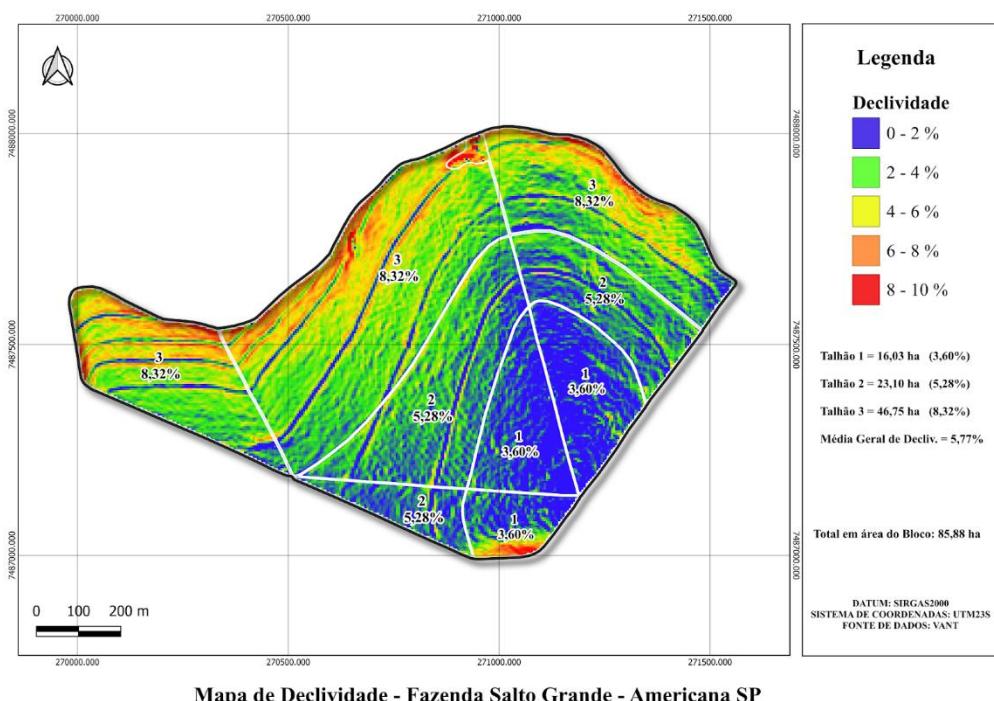


ferramenta “Contorno”, onde foram definidos os intervalos entre as curvas de nível (o espaçamento vertical entre as linhas de contorno).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a aplicação do Modelo de Digital de Elevação (MDE) foi possível determinar que o terreno da Fazenda Salto Grande se encontra numa altimetria que varia de 543 metros a 604 metros. A partir do MDE, foi confeccionado o mapa de declividade da área específica do trabalho dentro do município de Americana, conforme apresentado na Figura 2.

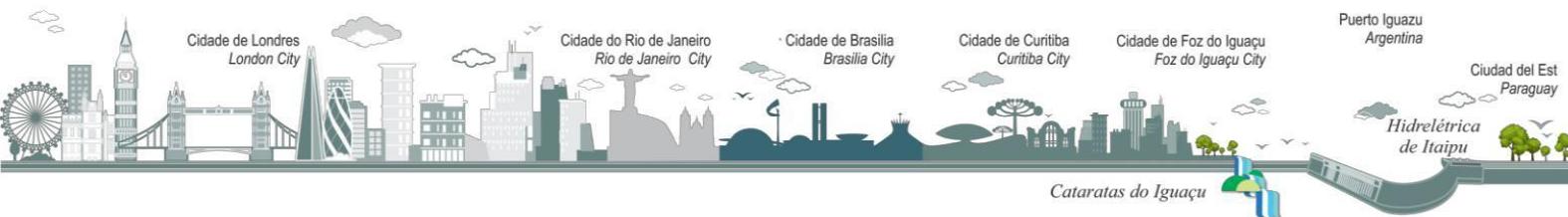
Figura 2 - Mapa de declividade da Fazenda Salto Grande – Americana SP



Mapa de Declividade - Fazenda Salto Grande - Americana SP

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 2 observa-se que a área tem uma declividade média geral de 5,77%, permitindo classificá-la como relevo suave ondulado de acordo estipulado pela Embrapa (SANTOS, 2018), apresentando inclinação mínima de 0% e máxima de 10%. A área foi





dividida em 3 talhões para destacar o tamanho correspondente a cada classe de declividade. Verifica-se que 46,75 ha da área da fazenda possui declividade média de 8,32%, onde 23,10 ha possui declividade de 5,28% e correspondendo a menor área, com 16,03 ha uma declividade de 3,60%.

Tendo em vista que é uma área propícia à cenários de produção agrícola, torna-se totalmente necessário a construção de curvas de nível e demais medidas de conservação para prevenir erosão e degradação do solo.

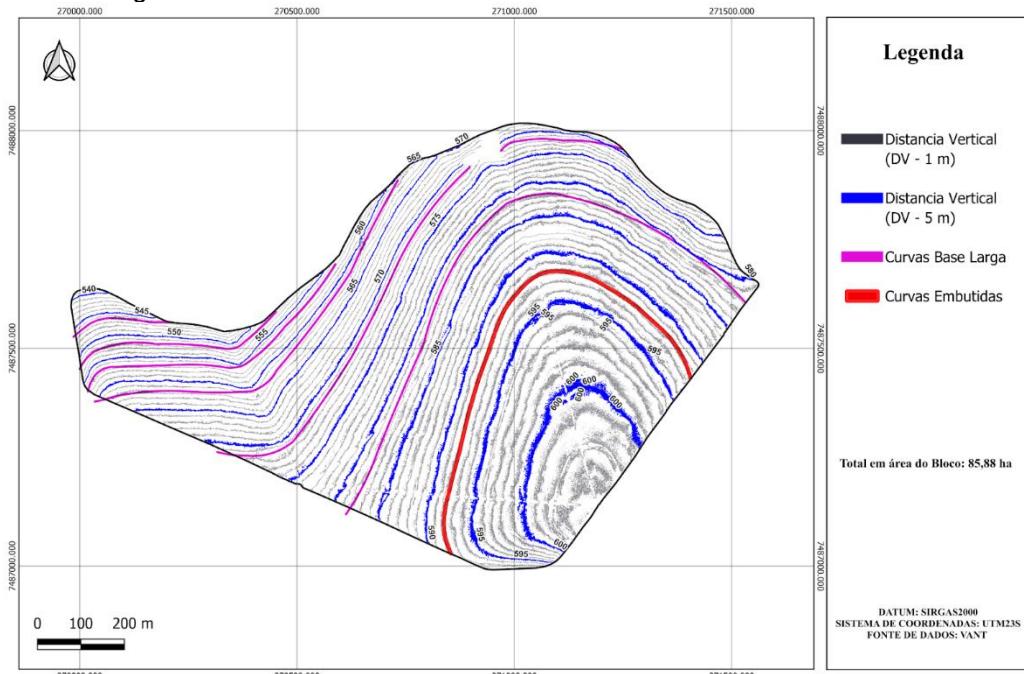
Estes métodos que relacionam declividade e mecanização agrícola foram utilizados em vários trabalhos, em diferentes partes do Brasil, como no Estado do Paraná (HOFIG, P.; FRANCISCO, C. A. J, 2015). Onde de forma semelhante foram classificadas e selecionadas as áreas aptas à mecanização agrícola, (< 5% de declividade em 15% da área correspondendo 1,1 milhões de hectares, enquanto 11% não se recomenda a mecanização agrícola pois 11% da área tem mais de 20% de declividade).

Os resultados apresentados permitem, ainda, orientar o produtor rural definir a escolha de culturas adequadas, uma vez que áreas com diferentes porcentagens de declividade podem ter características de drenagem e exposição solar distintas (RAMALHO FILHO; BEEK, 1994). Outra vantagem é a otimização do uso de máquinas e técnicas de cultivo, promovendo um arranjo mais eficiente. Ele também pode ser útil para o gerenciamento da irrigação, pois indica como a água se movimenta pelo terreno, ajudando a evitar o acúmulo excessivo em áreas de baixa declividade (AYERS; WESTCOT, 1994).





Figura 3 – Curvas de nível da Fazenda Salto Grande – Americana SP



Mapa de Curvas de Nível - Fazenda Salto Grande - Americana SP

Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com a declividade da área, a alocação de curvas de nível torna-se essencial para o bom manejo e a proteção contra erosões e a degradação do solo durante a implantação da cultura. Após a análise das cotas de acordo com os dados do voo realizado, foi definido que seriam necessárias sete curvas de nível no bloco para prevenir danos em épocas de chuva intensa, sendo uma curva embutida e seis curvas de base larga.

As curvas de nível embutidas formam paredes que, sendo colocadas no local correto, não deixam a água correr para as demais curvas de baixo e nem rasgar o solo com a erosão, elas seguram a força da água colaborando para uma boa distribuição da água em toda a fazenda.

Já as curvas de nível base larga (passantes) não precisam formar paredes de contenção, elas formam barrigas que também ajudam a conter a velocidade da água onde pode ser implantada a cultura por cima delas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS





A inclinação do terreno foi considerada apta à mecanização agrícola para diversos tipos de cultura, principalmente na cana-de-açúcar. Os talhões 1 e 2 são levemente declivosos < 5,5% em 48% da fazenda Salto Grande o que corresponde à aproximadamente 39 hectares.

O talhão 3 apresenta a maior declividade da fazenda, onde são 8,32% em uma área de 46,75 hectares, resultando em 52% da área da fazenda, é crucial que decisões de manejo e conservação do solo sejam tomadas de forma estratégica nessa área para minimizar a erosão e maximizar a produtividade em uma área acentuada.

Durante a execução do trabalho, foram encontradas algumas dificuldades, como as condições adversas de vento que afetaram a precisão dos dados coletados no primeiro levantamento, tendo em vista que o mês em que foi feito o levantamento (agosto) é um mês considerado "difícil" para os pilotos de drone por conta das variações climáticas, o voo precisou ser feito em uma segunda ocasião em que se obteve 100% de sucesso.

A utilização de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) mostrou-se eficaz, permitindo um levantamento detalhado e em tempo real da topografia do terreno, além de reduzir custos operacionais. Assim, este trabalho destaca a importância do uso de tecnologias modernas no mapeamento e gerenciamento agrícola, oferecendo uma abordagem inovadora e eficiente para aumentar a produtividade e sustentabilidade da cultura da cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONÇO, A. dos S. et al. Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado (VANT) para utilização em atividades inerentes à agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2005, Canoas. *Anais...* Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2005.1 CD-ROM.

ANTONIO, M. F. G; SPADOTTO, C. A.; CONCEIÇÃO, M. P. Y. PESSOA; Avaliação da Vulnerabilidade Natural do Solo em Áreas Agrícolas: Subsídio à avaliação do Risco de contaminação do Lençol Freático por Agroquímicos. *Pesticidas: R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente*, Curitiba, v. 12, jan./dez. 2002

BRUNINI, R. G.; TURCO, J. E. P., Crescimento da Cana de Açúcar em diferentes cenários produtivos de exposições e declividades, *Revista Ambiência Guarapuava*, v.12, Novembro 2016.

COSTA, S. W.; MERCANTE, E., ANTONIO, M. V. B., Utilização de técnicas de Geoprocessamento para caracterização de áreas aptas à irrigação por gotejamento no município de salto do Lontra-





Paraná. REA - Revista de Estudos Ambientais. v.14, 2012.

GOMES, A.A.R., BARROS, B.A., GIRI, F.B., NUNES, J.C.B., OLIVEIRA, M.P., ISAHIAS, M.S., RODRIGUES, D.S. Uso de drones para mapeamento topográfico. **Revista de Gestão e Secretariado**, v.15, n.5, maio de 2024. <https://doi.org/10.7769/gesec.v15i5.3799>.

HOFIG, P.; FRANCISCO, C. A. J; Classes de Declividade do Terreno e Potencial para Mecanização no Estado do Paraná, **Coffe Science**, Lavras v.10, abr/jun 2015.

MORAES, E. R.; DOMINGUES, L. A. S.; MEDEIROS, M. H.; PEIXOTO, J. V. M.; LANA, R. M. Q. Produtividade e características agronômicas da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS**, v. 3, n. 1, p. 27–32, jan./mar. 2016.

OLIVEIRA, M.A, VICENTE, R. F., BEZERRA, R. A. G; Otimização da Identificação de Falhas de Plantio na Cana-de-Açúcar com Uso de Geoprocessamento, CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, **Anais...** Outubro, 2015.

XMOBOTS. ARATOR 5C – Diversos Mercados – Agricultura. (2022). Disponível em: <https://xmobots.com.br/arator-5c-diversos-mercados-agricultura/> Acessado em: julho de 2024.

