

LEVANTAMENTO DE FALHAS NA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR POR VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

Luis Fernando Sanglade Marchiori¹
Hedio Manzano Trevisan²

1- Introdução

O interesse em veículos aéreos não tripulados (VANTs), também conhecidos como “Drones”, vem crescendo de forma significativa em todo o mundo graças ao avanço da tecnologia embarcada como sistemas de navegação por GPS, sensores e câmeras de precisão, favorecendo, portanto, suas aplicações na agricultura.

O surgimento dessas aeronaves no mercado civil trouxe uma importante alternativa na agricultura de precisão que tem por objetivo vistoriar o campo durante o ciclo do cultivo da cana ou pós-safra, possibilitando fornecer um diagnóstico preciso além de registrar falhas e certificar as evoluções da lavoura através de imagens aéreas georreferenciadas.

Dentre várias aplicações na agricultura destacam-se também o monitoramento de recursos hídricos, observações de rios e lagos, áreas de proteção permanente, acompanhamento de práticas agrícolas e uso do solo.

Todas essas aplicações podem auxiliar o produtor a identificar estratégias que possam aumentar a eficiência no gerenciamento da agricultura, apontando falhas e maximizando a rentabilidade das colheitas aumentando a produção final da matéria prima tornando assim o agronegócio mais competitivo.

Este trabalho objetivou estimar as falhas no *stand* (densidade de plantas por hectare) na cultura da cana-de-açúcar por meio de análises de imagens aéreas georreferenciadas obtidas por veículos aéreos não tripulados (VANTs).

2- Revisão bibliográfica

2.1- Falhas em Linhas de Cana-de-Açúcar

Por ser um termo muito popular entre os produtores de cana-de-açúcar, as falhas nas linhas de cana são definidas como a distância a partir de 0,5 m entre duas canas ao longo do sulco, medidas de colmo a colmo ao nível do solo

¹ Engenheiro agrônomo, doutor em Agronomia, Diretor Técnico da Fazenda Experimental da Esalq/USP e Professor da Fatec Piracicaba - SP.

² Acadêmico do Curso Superior em Tecnologia de Biocombustíveis – Fatec Piracicaba, Piracicaba, SP.

tanto para cana planta quanto para cana soca (Stolf et al., 1986). Assim, podemos quantificar as falhas nas linhas de uma determinada área efetuando a somatória da distância entre colmos para qualquer medida maior ou igual a 0,5 m.

Para Stolf (1986), a distribuição perfeitamente simétrica da muda no sulco é de 12 gemas/m, com uma gema a cada 8 cm onde a distância entre colmos é praticamente nula. Ele ainda afirma que, se 50% das gemas germinam, emergirão 6 perfilhos primários por metros, porém não se garante que a cada 2 gemas uma sempre germina, assim, encontrar espaços de 1 metro significa que 12 gemas deixaram de germinar.

Beauclair e Scarpari (2006) também afirmam que a densidade do plantio de cana é de 12 gemas/m de sulco correspondendo um gasto entre 7 e 10 toneladas de cana por hectare que podem prevenir o surgimento de falhas em até 5 safras.

Segundo Garcia (2008), embora altamente vantajoso, o plantio mecanizado das mudas causa danos às gemas durante o manejo aumentando falhas no canavial e reduzindo a produtividade da cultura. Porém, Cebim et al. (2008) concluiu que mesmo utilizando maior quantidade de mudas no processo mecanizado de plantio, o número de falhas no perfilhamento aumentam.

A melhor profundidade de plantio nunca deve ser maior que a profundidade da aração que oscila entre 0,25 e 0,30 m, evitando assim a dificuldade no desenvolvimento e a penetração das raízes em solo compactado, de acordo com Brieger e Paranhos (1964), embora Guimarães (1975) tenha testado profundidades menores como 0,20 e 0,10 obtendo resultados satisfatórios no desenvolvimento da cultura.

Outro fator importante são os danos às soqueiras e até mesmo arranquio destas que normalmente são causados pela colheita mecanizada durante o corte, reduzindo a brotação e, conseqüentemente, a produtividade de futuras safras (REIS, 2009).

2.2- Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs)

A FAA (Administração Federal de Aviação) dos Estados Unidos define VANT como uma aeronave não tripulada capaz de voar além do seu limite visual de forma autônoma ou remotamente controlada. Conhecidos mundialmente como UAVs (*Unmanned Aerial Vehicles*), os VANTs são classificados em dois tipos de aeronaves com características aerodinâmicas distintas podendo ser de asa fixa ou rotativa.

Avanços recentes em tecnologia da computação, *softwares*, estruturas leves, navegação, avançados links de dados, sofisticados sensores e a miniaturização de componentes impulsionam a demanda na construção e uso de VANTs em diversos países como Estados Unidos, Israel, Japão, Coreia do Sul, Austrália, França, Inglaterra, Itália, Alemanha e Suécia que possuem um considerável programa de desenvolvimento desta tecnologia onde somente o Japão lidera com aproximadamente 2.000 VANTs empregados na pulverização e operações de plantio na agricultura (DE GARMO, 2004).

Segundo Schoenung e Wegener (1999), por não serem tripulados, os VANTs não oferecem riscos aos seus controladores, já que a aeronave é controlada em terra, além disso, têm um custo operacional inferior às aeronaves convencionais e são vistos como uma alternativa para satélites e aviões tripulados.

3- Metodologia

De acordo com o perfil deste estudo, a escolha da aeronave de asa rotativa se justifica pelo levantamento cartográfico de pequenas áreas isoladas, com capacidade para pouso e decolagem vertical até mesmo em áreas de difícil acesso, facilitando a operação no campo.

A aeronave utilizada neste estudo foi um hexacóptero modelo TAROT 690 PRO com autonomia de 25 minutos de voo, capaz de cobrir aproximadamente 2,5 hectares de área cultivada em aproximadamente 5 minutos de voo, reservando 5 minutos para o processo de retorno e aterrissagem do aparelho.

A meta principal durante o primeiro voo consistiu em detectar áreas suspeitas de falhas no campo visual através da transmissão de imagens de vídeo em tempo real para então selecionar um ou mais talhões de interesse.

Para a obtenção das imagens, a aeronave foi equipada com uma câmera CANON SX 160 IS de 16 megapixels (4608x3456). A área de cobertura de cada imagem está em função do teto de serviço da aeronave, assim, quanto maior a altura, maior será o quadro da imagem. Determinado o teto de serviço e selecionada a área de interesse a ser mapeada, ingressamos os valores das variáveis como distância focal da lente, altura do voo, velocidade de cruzeiro e o intervalo na captação de imagem no plano de voo (Figura 1).

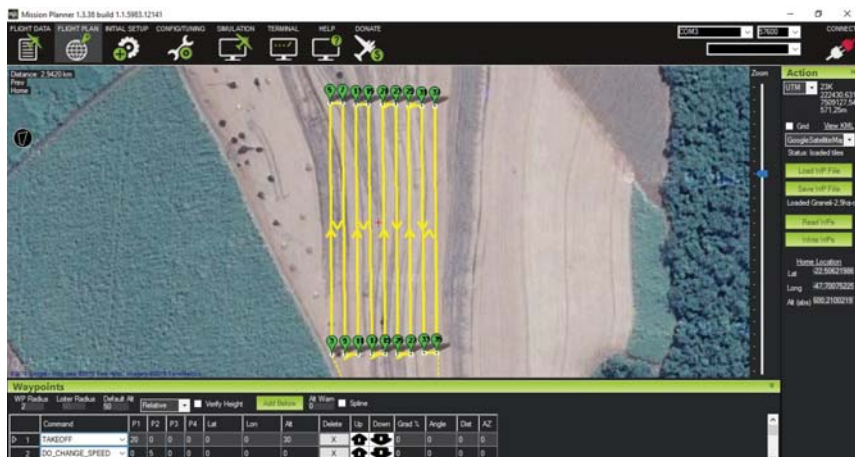


Figura 1. Plano de voo sobre área A2.

Fonte: do autor, 2016.

Na sequência do processo, as fotos foram unificadas formando um mosaico. Para obter um mosaico, é necessário que as imagens tenham no mínimo 40% de sobreposição entre elas conforme ilustrado na figura 2.

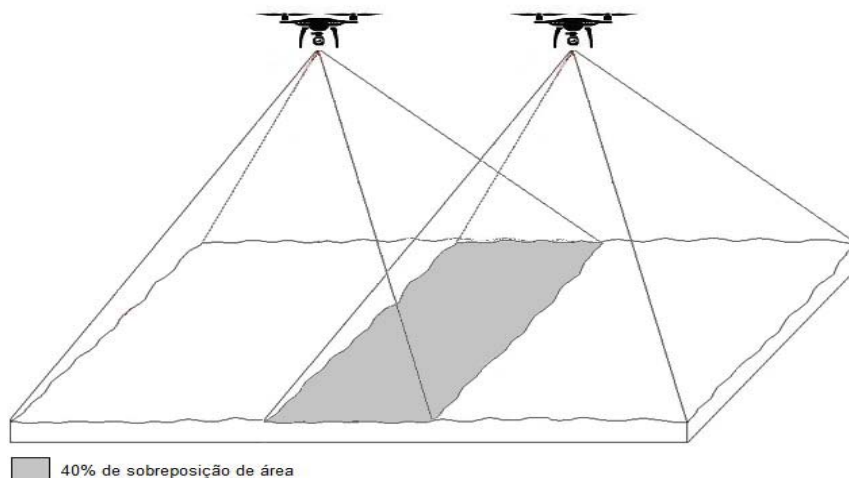


Figura 2. Recobrimento parcial de imagens.

Fonte: do autor, 2016.

3.1- Método de levantamento de falhas na cultura de cana

A primeira área de estudo (A1) cedida pela AFOCAPI (Associação dos fornecedores de cana de Piracicaba) possui 7,70 hectares e localiza-se no município de Piracicaba, interior de São Paulo, nas coordenadas latitude e longitude -22.809532° , -47.604662° , respectivamente. O estudo da área foi realizado 60 dias após o plantio, ou seja, na fase de emergência da cana. Nesta área foram demarcadas via RTK (GPS de alta precisão) aleatoriamente duas pequenas parcelas de 625 m^2 (P1 e P2) onde foi aplicado o método de Stolf (1986), mensurando em campo o somatório do comprimento das falhas com o uso de uma trena (Figura 3). Após o levantamento com trena em campo, realizou-se também o levantamento dos valores das falhas via Sistema de Informação Geográfica (SIG).

A segunda área de estudo (A2) cedida pela usina Granelli possui 2,5 hectares e localiza-se no município de Charqueada, interior de São Paulo, nas coordenadas latitude e longitude -22.502819° , -47.701269° , respectivamente (Figura 4). O mapeamento desta área também foi executado 60 dias após o plantio da cana, ou seja, na fase de emergência da cana, neste caso o levantamento foi realizado apenas com o auxílio do drone operando a 40 metros de altura (Figura 5).



Figura 3. Mosaico da área A1 estudada (AFOCAPI).
Fonte: do autor, 2016.

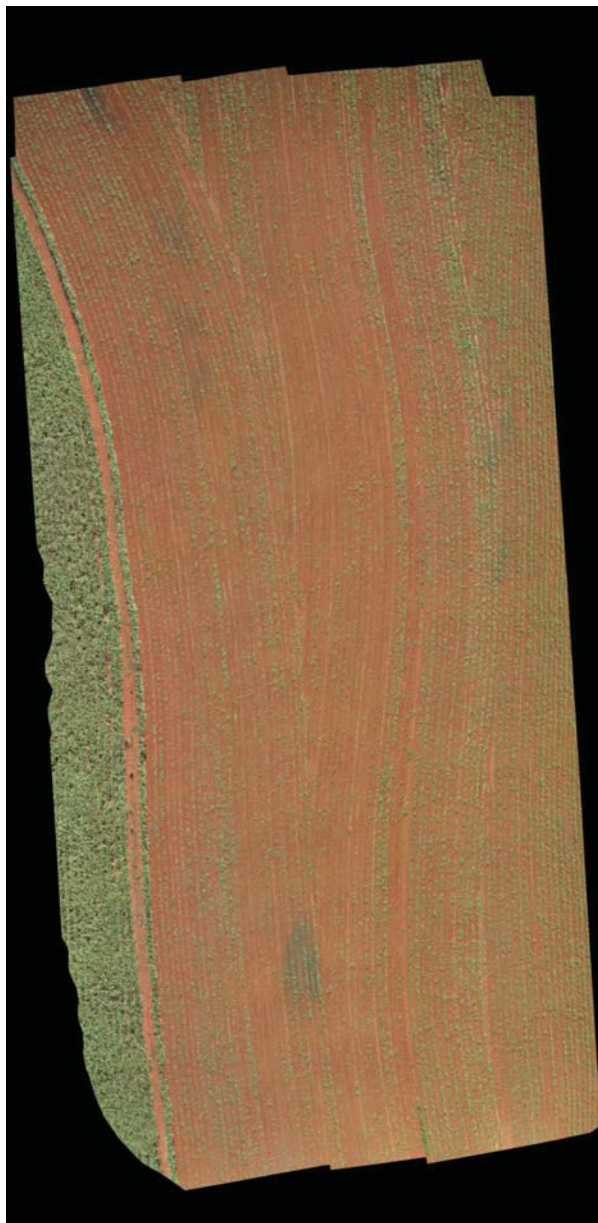


Figura 4. Mosaico da área A2 estudada (Usina Granelli).
Fonte: do autor, 2016.



Figura 5. Drone sobrevoando área de estudo.

Fonte: do autor, 2016.

Com as imagens obtidas montou-se o mosaico, que foi georreferenciado para localizar e mensurar falhas no terreno. O processo de georreferenciamento da imagem utilizou dados de coordenadas do sistema de navegação da aeronave, conhecidos como “pontos de controle” onde estão indicadas a latitude e longitude. Para a obtenção de uma imagem georreferenciada é necessário no mínimo 4 pontos de controle dispersos sobre o mosaico da área de interesse. O georreferenciamento, o recorte da área e a quantificação de falhas foram realizados viaSIG (Figura 6).

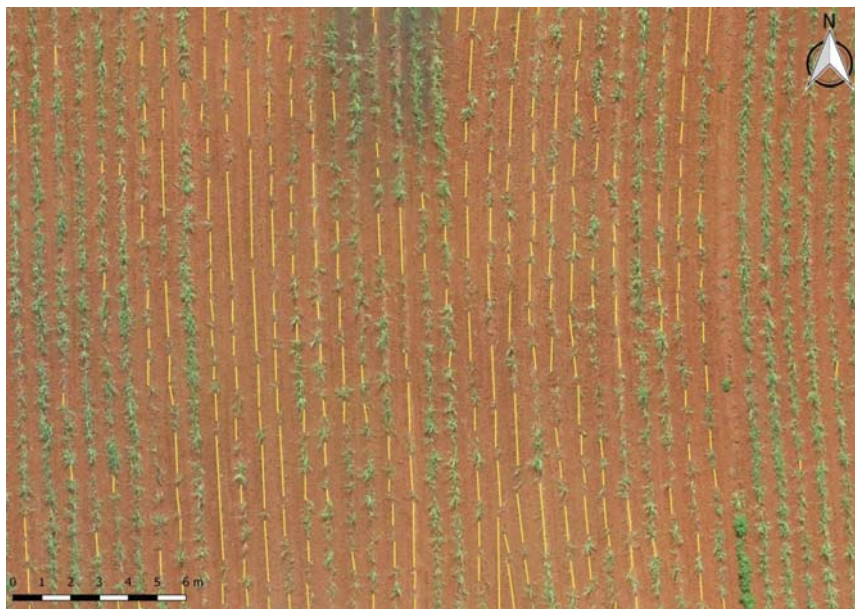


Figura 6. Marcação de linhas de falhas.

Fonte: do autor, 2016.

4- Resultados

Com o auxílio do critério de Stolf (1986) as falhas maiores que 0,5 metros, foram quantificadas. Na área A1, o somatório do comprimento das falhas (F%) levantado para cada parcela em campo com o uso de trena apresentou os seguintes resultados:

- Parcela P1: F%=10,20%
- Parcela P2: F%=10,20%

Após o levantamento com trena em campo, realizou-se também o levantamento dos valores das falhas via software SIG, com os seguintes resultados:

- Parcela P1: F%=11,00%
- Parcela P2: F%=73,20%

Na área A2, o levantamento foi realizado diretamente via SIG em toda a área, devido a sua menor dimensão e a facilidade do sistema utilizado. Foram identificados 1.986 falhas nos 2,26 hectares de área, onde os comprimentos variaram entre 0,46 e 20,20 metros, valores mínimos e máximos registrados no estudo (Figura 7).



Figura 7. Gráfico da quantidade de falhas em A2, subdividido em tamanhos.
Fonte: do autor, 2016.

Considerando 6.667 metros lineares por hectare no espaçamento entrelinhas de 1,5 metros, nos 2,26 hectares de cana plantada com 15.067,00 metros de sulcos analisados foram registrados 4.125 metros de falhas, sendo que falhas entre um e dois metros de comprimento apareceram com frequência nos resultados (Figura 8).



Figura 8. Gráfico da Soma do comprimento de falhas em A2, subdividido em tamanhos.
Fonte: do autor, 2016.

Com base também em Stolf (1986), determinamos as variáveis conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Cálculo e resultado de falhas.

%F	$(4125 \div 15067) \times 100$	=	27,4%
TM	$27,4 \div 10,6$	=	2,6 m
FREQ	$(100 - 27,4) \div 10,6$	=	6,8 m

Via *software* de tratamento de imagens, alternativamente, também foi calculada a porcentagem de falhas, neste caso pela comparação entre a cobertura foliar da cana numa parcela de 114 m² dos próprios 2,26 hectares de área onde não havia presença de falhas (Figura 9) considerada modelo padrão, e a imagem da área total a fim de correlacionar os valores (Figura 10).

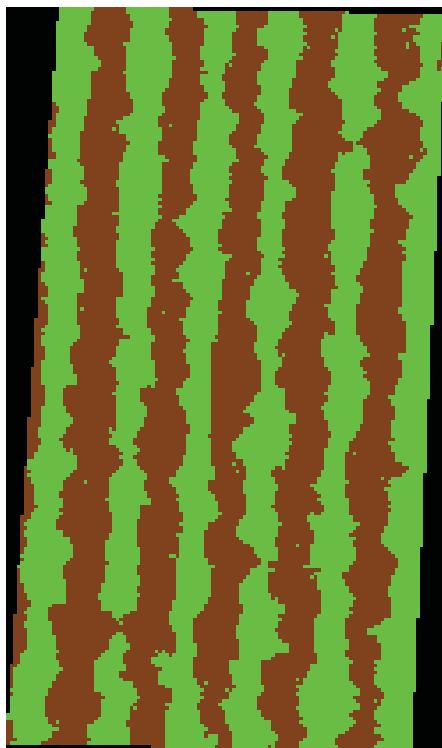


Figura 9. Parcela padrão zero falhas.
Fonte: do autor, 2016.

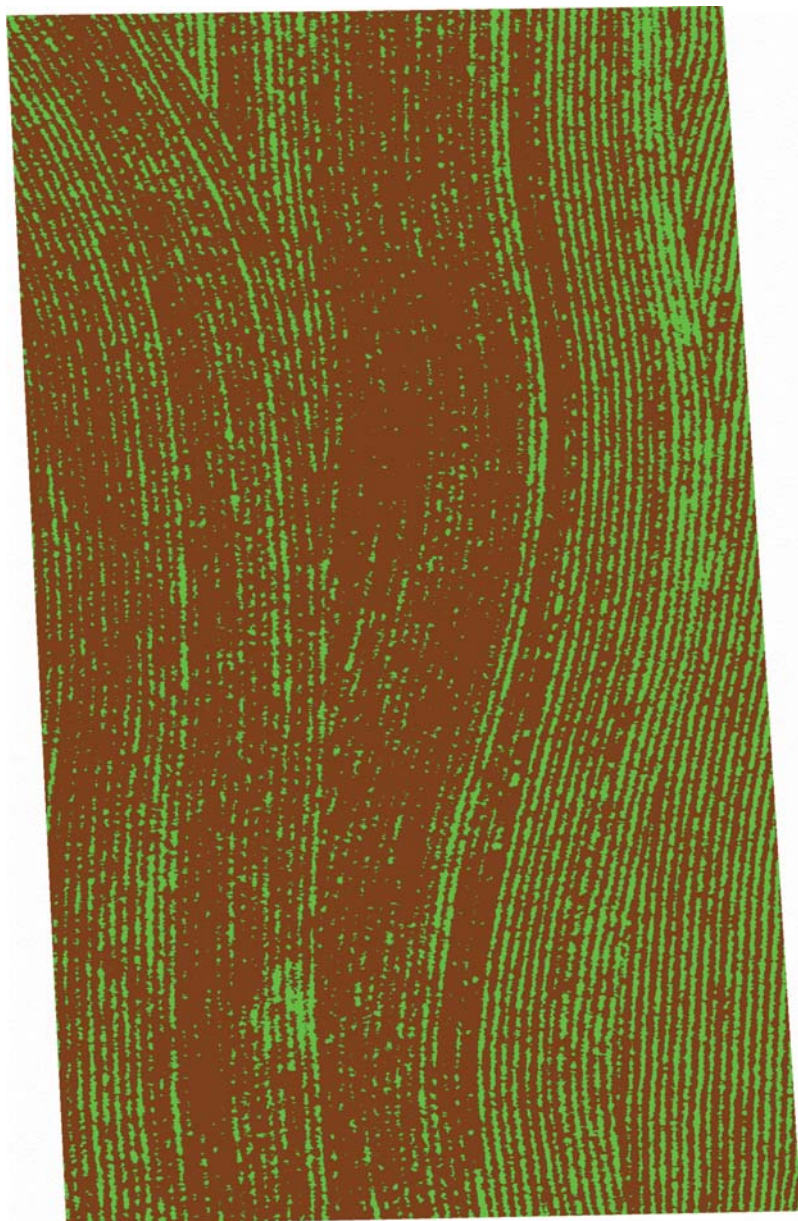


Figura 10. Área A2, tratada para verificação da falhas por cobertura foliar.

Fonte: do autor, 2016.

Em A2, via software de tratamento de imagens, obteve-se:

Cobertura foliar = 21,22%

Solo = 78,78%

Na parcela padrão com 114 m² e zero de falhas, verificamos:

Cobertura foliar = 50,30%

Solo = 49,70%

A diferença entre os valores encontrados em cada imagem, isto é, a cobertura foliar da área total e a cobertura foliar da área padrão é igual à porcentagem de falhas da área estudada. Assim temos que:

$$F\% = 50,30\% - 21,22\%$$

$$F\% = 29,08\%$$

5- Discussão

O mecanismo para levantamento de falhas via SIG se faz pela criação de linhas sobre as falhas manualmente, o somatório das linhas é automatizado pelo software. Em contrapartida, o software de tratamento de imagem calcula a cobertura foliar através da semelhança e frequência de pixels em comum na imagem, mas a classificação dos pixels que determina a diferença entre solo e cobertura foliar por sua tonalidade é determinada pelo operador do sistema, resultando em 29,08%. O software, porém não quantifica falhas nem mesmo calcula seus comprimentos.

Foi verificada, na área A1 uma diferença entre o levantamento em campo com trena e o realizado via SIG, no caso da P1 de (11,0% - 10,2%) igual a 0,8%. Já na P2, a diferença observada (73,20% - 69,40%) foi de 3,8%. Devido à precisão do SIG, pode-se considerar que o levantamento em campo foi menos preciso devido às dificuldades visuais típicas do trabalho em campo. No entanto, o método pode ser validado, pois seus resultados foram mais restritivos.

Uma vez validado o método com uso do SIG, na área A2 o levantamento foi realizado apenas com esse método, dispensando o uso da trena em campo. Nessa área, a imagem georreferenciada através do SIG, apresentou porcentagem total de falhas de 27,40% com a metodologia de Stolf (1986). Comparando as imagens da parcela padrão sem falhas com a área total obtivemos 29,08% de falhas.

Conclusão

Foi possível avaliar falhas na cultura da cana-de-açúcar utilizando veículo aéreo não tripulado.

Ambos os métodos utilizados no levantamento de falhas (SIG e tratamento de imagens) mostraram eficiência permitindo validar os processos.

Conclui-se ainda, que o tratamento de imagens como método de avaliação de grandes áreas por sua maior produtividade e praticidade permite a rápida intervenção corrigindo as falhas nos canais com mudas pré-brotadas (MPB).

Referências

- BEAUCLAIR, E.G.F.; SCARPARI, M.S. Noções fitotécnicas. In: RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C.; CASAGRANDE, D.V. (Org.). **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. Piracicaba: Livro Ceres. 2006. v.1, p. 80-91.
- CARLIN, S.D.; SILVA, M.A.; PERECIN, D. Fatores que afetam a brotação inicial da cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 51, n. 296, p. 457-466, 2004.
- CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 187p.
- CEBIM, V.L.S.M. **Biometria de mudas de cana-de-açúcar (*Sacharum sp.*) em dois sistemas de plantio**. 2007. 90 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- DE GARMO, M. T. **Issues Concerning Integration of Unmanned Aerial Vehicle in Civil Airspace**. Center for Advanced Aviation System Development - Mitre, McLean, Virginia. 2004.
- DEPARTMENT OF DEFENCE – UNITED STATES OF AMERICA – OFFICE OF THE SECRETARY OF DEFENCE. **OSD Unmanned Aerial Vehicle**. Disponível em: <<https://www.uvsr.org/Documentatie%20UUVS/Publicatii-internationale/ReliabilityStudy-2003.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015.
- FAA Draft Advisory Circular, "**Unmanned Air Vehicle Design Criteria**," Section 6.j, 15 July 1994.
- EMBRAPA, 2016. **Uso de drone na agricultura e análise de imagens aéreas são temas de discussão na agrotins**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2945644/uso-de-drones-na-agricultura-e-analise-de-imagens-aereas-sao-temas-de-discussao--na--agrotins-2015>>. Acesso em: 20 jun. 2016.
- GARCIA, M.A.L. **Avaliação de um sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar**. 2008. 78f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- REIS, G. N. (2009) **Perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar crua em função do desgaste das facas do corte de base**. 89f. (Tese de doutorado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal.
- SCHOENUNG S.M.; WEGENER, S.S. 1999. Meteorological and remote sensing applications of high altitude unmanned aerial vehicles. In: INTERNATIONAL AIRBORNEREMOTE SENSING CONFERENCE AND EXHIBITION/21ST CANADIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING. 4., 1999, Canadá. **Anais...** Canadá, 1999. v.1, p. 1429-1436.
- STOLF, R. Metodologia de avaliação de falhas nas linhas de cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.4, n.6, p.22-36, jul./ago.1986.