
USO DE IMAGENS DE SATÉLITE PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS COM FALHAS DE PLANTIO DE SOJA UTILIZANDO O QGIS

USE OF SATELLITE IMAGES TO IDENTIFY FAULTY AREAS OF SOYBEAN PLANTING USING QGIS

Antônio Fernando Galvão de Melo Machado¹, Renildo Luiz Mion¹, Samantha Verdi Figueira^{2*}, Andressa de Barros Guimarães Reis², Bruna Paula Alves da Silva², Fabrício Moreira Alves², Wania Clelia dos Reis Brito Paranaíba², Thais Poltronieri dos Santos², Susy Ricardo Lemes Pontes²

¹ Universidade Federal de Rondonópolis, Rondonópolis– MT, Brasil.

² Centro Universitário Goyazes, Trindade– GO, Brasil.

*Correspondente: samantha.figueira@unigy.edu.br

Resumo

Objetivo: descrever alguns fatores que podem levar a imperfeições no plantio da cultura de soja na lavoura, como manejo inadequado do solo, falha na semeadora, doenças e disponibilidade hídrica que podem ocorrer durante todo o processo. Métodos: avaliação sobre as falhas presentes na produção da soja através da elaboração de imagens de mapeamento por meio da ferramenta Google Earth para delimitar o talhão e para comparação dos erros no plantio foi usado o software QGIS 3.10. Resultados: Com o uso de tecnologias foi possível analisar sistematicamente as áreas, o que resulta na racionalização quanto ao uso de insumos, hídrica e no controle de pragas, aumentando significativamente a produtividade, identificar o prejuízo financeiro e reduzindo os custos.

Palavras-chave: Agrícola. Solo. Sustentabilidade. Tecnologia.

Abstract

Objective: to describe some factors that can lead to imperfections in the planting of the crop, such as better soil management, failure in the seeder, diseases and water availability that can occur throughout the process. Methods: evaluation of the failures presented in soybean production through the elaboration of mapping images using the Google Earth tool to delimit the field and comparison of errors in the medium used in the QGIS 3.10 software. Results: With the use of possible technologies in a systematic way as areas, which results rationally and in the control of inputs, water and significant pests, increasing productivity, identifying the financial profit and increasing the cost.

Keywords: Agricultural. Soil. Sustainability. Technology.

Introdução

Agricultura de precisão (AP) vem crescendo rapidamente e fortalecendo ainda mais o Agronegócio, por ser um conjunto de tecnologias com o objetivo de aumentar a produção e juntamente diminuir o uso excessivo de insumos, adubos, recursos hídricos ou qualquer outra técnica de cultivo agrícola, e assim se tornando, segundo Capelli (1999), uma produção mais eficiente e sustentável aos recursos econômicos e ambientais.

Este conjunto de técnicas apresenta potencial para ser utilizado em qualquer tipo de cultura, mas se observa que é mais utilizada nas grandes culturas, como milho, soja, café, algodão e até mesmo em pastagens, sendo utilizada nessas culturas para o monitoramento da aplicação de fertilizantes, irrigação, falhas no plantio, competição com outras espécies e doenças (MASSRUHÁ et al., 2014). E para a soja em especial, pelo fato do Brasil ser o maior produtor de soja do mundo, onde na safra 2020/2021, a cultura ocupou uma área de 38,502 milhões de hectares, o que totalizou uma produção de 135,409 milhões de toneladas. A produtividade média da soja brasileira foi de 3.517 kg/ha. De acordo com o levantamento feito em 05/2021 (CONAB, 2021).

Somando as grandes culturas, como a produção de soja, e a AP, é possível se obter uma maior rentabilidade da área cultivada, através da análise de dados, auxilia no entendimento das condições ideais para o cultivo, seja por meio da aplicação de insumos, monitoramento de doenças ou pragas, irrigação, entre outros (FRASER, 2018). Sendo a forma mais precisa de monitoramento da produção agrária e utiliza as tecnologias mais avançadas (DELGADO et al., 2019).

Existe um abrangente nicho de tecnologias utilizadas na AP, pode se citar, por exemplo: Piloto automático; Controle de aplicação de insumos; Sensores; Adubação de precisão; Semeadoras a taxas variáveis; Drones; Barras de luz e softwares de geoprocessamento e análises de terreno, como o QGIS. De acordo com Molin et al. (2015), a soma destas tecnologias de ponta permite o monitoramento e a execução com exatidão de insumos necessários e do manejo do solo. Para o qual é feita uma coleta de dados das áreas geograficamente referenciadas, tornando assim possível a implementação da automação agrícola, facilitando na tomada de decisões.

Quanto maior a coleta de dados, com visualização em tempo real e detalhada da propriedade, mais acessibilidade o produtor terá para as resoluções do sistema produtivo

e econômico. E maiores possibilidades de correção dos vários fatores que podem ocasionar falhas na lavoura de soja, como a falta de nutrientes no solo, doenças na lavoura, falhas na semeadora, disponibilidade hídrica na cultura de soja. Podendo assim, fazer uma melhor gestão de sua propriedade, economizando tempo e dinheiro na utilização de insumos e do manejo e melhorando suas atividades agrícolas em aspectos sociais, econômicos e ambientais (BASSOI et al., 2019).

Considerando desta forma que a AP é um sistema capaz de gerir as lavouras em todos os aspectos durante sua produtividade, em especial de grandes culturas como a plantação de soja. Objetivou-se com este trabalho descrever alguns fatores que podem levar a falhas na lavoura e identificação das mesmas através do uso da Agricultura de Precisão, ressaltando a importância da coleta de dados durante a produção na tomada de decisão do produtor e diminuição os riscos, como manejo inadequado do solo, falham na semeadora, doenças e disponibilidade hídrica que podem ocorrer durante todo o processo.

Material e Métodos

Foi utilizado a ferramenta Google Earth para delimitação de uma área de talhão e elaboração de mapeamento e a análise de seus dados através da ferramenta de software QGIS 3.10.

O local de estudo foi a Fazenda Buriti estando localizada próximo a Primavera do Leste- MT, com aproximadamente 1.400.000,00 m² (140 ha), com coordenadas 15°27'53.26" S; 54°07'58.51" W (Figura 1).



Figura 1. Talhão para análise - Fazenda Buriti

Para a captura da imagem estudada foi feita pelo Google Earth que possui uma resolução de aproximadamente 15 m por pixel, a imagem foi registrada a uma altitude de visão de aproximadamente 5 km. A captura da imagem ocorreu através do Google Earth para ser delimitado a área de estudo e arquivada, para assim, posteriormente poder ser usada para o desenvolvimento do mapeamento no software QGIS 3.10, isto ocorreu no dia 12 de Novembro de 2021, sendo que o plantio da cultura de soja no talhão foi feito no dia 18 de setembro de 2021. Portanto, o período de cultura do plantio até a data de captura da imagem foi de 63 dias.

Após ser baixado a imagem de satélite utilizaremos um programa chamado Sentinel hub para determinar um território onde se encontra presente a área que será feito o mapeamento. Com isso, neste programa utilizando a forma de imagem TIFF de 32 bit, e com uma alta resolução, pode ser feito o download das imagens da banda 4 e da banda 8, podendo assim através destas bandas ser feito uma sobreposição entre elas e identificar o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI).

Com o auxílio do software QGIS utilizaremos do NDVI para desenvolvermos este mapeamento, o NDVI é gerado a partir da equação $NDVI = (nir - red) / (nir + red)$, em que red é índice na banda do vermelho, e nir é a refletância na banda infravermelho próximo. O NDVI é utilizado para medir a intensidade da clorofila nas plantas e também para monitoramento da lavoura. Os valores de NDVI varia de -1 a 1, onde quanto mais próximo de 1, maior é a intensidade de clorofila da planta. Possibilitando assim a análise e o diagnóstico da lavoura.

Para um melhor entendimento foi desenvolvido um Histograma para identificação da frequência de pixel do mapa desenvolvido no QGIS 3.10, uma técnica de segmentação que em geral se baseia no valor numérico de cada pixel presente na imagem. A imagem é dividida para que se possa ser analisado seguindo os padrões de cores, podendo indicar qual segmento de pixel (neste trabalho os pixel foi separado por diferente tonalidade de cores: rosa, verde, azul claro, azul escuro e roxo) mais presentes no gráfico e assim identificar quais partes estão mais homogêneas de acordo com os critérios de uniformidade.

Por fim, utilizamos uma ferramenta presente no QGIS chamado r.report, está ferramenta possibilita através da representação no formato raster para identificarmos a quantidade de pixel da imagem em seus respectivos valores atribuídos, para podermos analisar a quantidade por ha de falhas na lavoura, com desta ferramenta foi possível ser feita uma análise de quanto representava cada categoria em hectares da cultura de soja estudada.

Análise de dados

A AP utiliza de tecnologias capazes de identificar esses problemas através da amostragem do solo georreferenciado, analisando as variáveis taxas de fertilizantes presentes no solo, com isto, poderão ser feito correções do solo, quanto para adubação de manutenção. De acordo com Otake (2017), a tecnologia vem como uma inovação aos métodos já existentes, porém mais árduos de serem executados. As tecnologias estão cada vez mais, adentrando ao meio rural com o objetivo de melhorar o gerenciamento e a organização das propriedades.

Dentre estas tecnologias, destaca-se o uso de imagens, que podem auxiliar na identificação de manchas e falhas na lavoura, diante de uma visita de campo e com as análises feitas do solo, é de extrema importância que através de estudos técnicos se alcance uma solução adequada para a lavoura, facilitando assim a tomada de uma decisão mais assertiva da equipe técnica frente aos problemas de uniformidade da lavoura.

Sendo que são variados os fatores podem comprometer o desenvolvimento uniforme da lavoura de soja, proporcionando áreas falhas na plantação. Dentre eles, destaca-se a falta de nutrientes no solo, doenças na lavoura, falhas na semeadora e disponibilidade hídrica na cultura de soja. E estes podem ser identificados, corrigidos e até mesmo prevenidos com o uso assertivo das tecnologias que envolvem a AP, como por exemplo, a análise de falhas pelo software QGIS.

Identificação das falhas

Através de um aumento progressivo dos tons de cores do mapeamento das imagens no mapeamento é possível observar mais claramente as áreas que possuem maiores falhas (Figura 2). Na comparação entre as imagens é notório que a maior concentração de falhas se encontra na metade superior do talhão.



Figura 2 - Aumento progressiva dos tons de cores do mapeamento das imagens do talhão analisado.

Nestas variáveis de tonalidades podemos identificar as áreas que possuem maior quantidade de clorofila, o que indica regiões com maior concentração da vegetação e conseqüentemente uma plantação mais saudável e com um bom desenvolvimento da plantação de soja.

Através das imagens capturadas pelo satélite do Google Earth usando somente o espectro RGB, foram analisadas e processadas pela ferramenta de software QGIS 3.10 para a identificação do índice de folha verde ou IFV, servindo para demonstrar a cobertura relativa de folhas verdes desta área. As regiões com a coloração rosa são as áreas em que estão as falhas e por isso carecem de uma observação mais detalhada para identificar os possíveis motivos para sua ocorrência e as possibilidades de solução. Nas regiões com a coloração verde claro é observado o desenvolvimento esperado para a plantação nesta etapa da cultura. Por fim, as regiões com uma coloração mais escuras (azul, azul escuro e roxo), são regiões que a plantação de soja está em um desenvolvimento superior ao que se espera nesta etapa da cultura.

Através deste mapeamento podemos identificar algumas falhas na cultura da soja (Figura 3). Representando que em uma parcela considerada da produção existe algumas falhas identificadas, assim será necessário saber os fatores que estão causando essa má formação da soja, pois com um cuidado especial poderão desenvolver de forma mais homogênea, melhorando assim sua produção e lucro ao produtor.

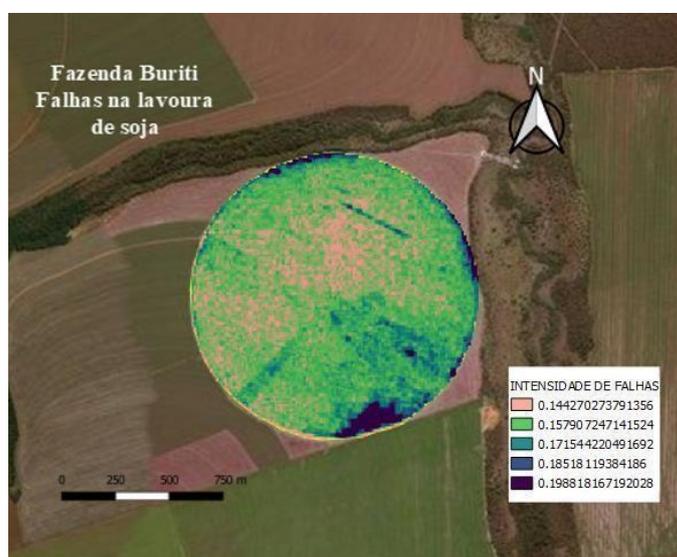


Figura 3. Destaque das áreas com falhas na lavoura de soja – Fazenda Buri.

Histograma para identificação da frequência de pixel do mapa desenvolvido no QGIS

Através do histograma pode-se tirar algumas conclusões com relação a área estudada e em quais regiões as condições da vegetação está mais presente no talhão de soja estudado. Este gráfico mostra quais pixel apresenta com mais frequência na imagem estudada, onde quanto maior o pico de frequência maior aquela tonalidade de cor apareceu na imagem como demonstrado na figura 4.

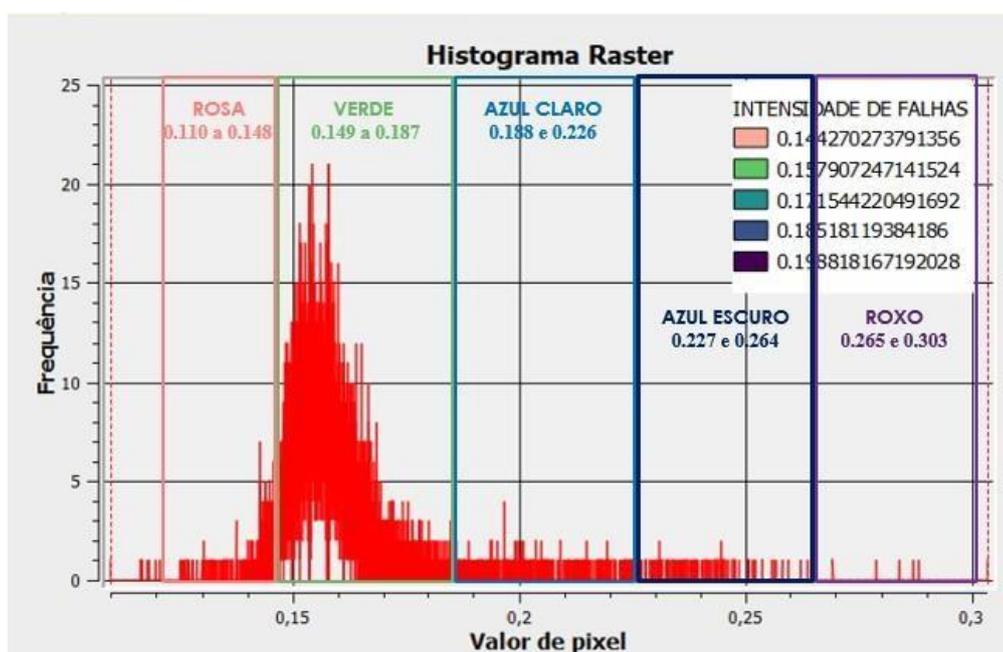


Figura 4. Histograma da intensidade de falhas. Método QGIS.

Segundo Salles & Ling (1993), o histograma é uma das formas mais comuns de se representar a distribuição de valores de pixel de uma imagem. Ao se observá-lo, tem-se uma noção instantânea sobre as características mais relevantes de uma imagem, lendo em consideração o que está sendo observado na imagem, tais como a intensidade média de vegetação presente em uma área através de distribuição dos valores de pixel. É uma técnica de segmentação que em geral se baseadas no valor numérico de cada pixel presente no histograma da imagem, onde tem a ideia de segmentar algum objeto de estudo dividindo a imagem em partes ou blocos, ou seja, em partes consideradas homogêneas de

acordo com algum critério de uniformidade, neste trabalho utilizou-se os padrões de cores. Portanto, pode-se observar que existe uma crescente de pixel entre a faixa de 0.110 e 0.148 (rosa), alcançando seu pico entre as faixas 0.149 e 0.187 (verde), após atingir essa faixa começa a baixar até nos pontos 0.188 e 0.226 (azul claro), e após este intervalo a frequência de pixel abaixa bastante entre as faixas de 0.227 e 0.264 (azul escuro) e na faixa de 0.265 e 0.303 (roxo).

Com isto, podemos perceber que existe um predomínio de coloração verde o que demonstra uma certa homogeneidade na cultura, mas que ainda é necessário desenvolver alguns planejamentos para alcançar uma maior produtividade deste talhão em estudo.

Para ter o conhecimento sobre os reais fatores que estão causando estas falhas, é necessário que profissionais e produtores atuem em conjunto para identificar as razões que podem colaborar para alcançar a melhor produtividade possível da soja em todo seu potencial.

Para isto, entende que o grande desafio para identificar os causadores destas falhas e a melhor maneira de combatê-las e atingir maiores níveis de produtividade é aliando a implementação tecnológica como as utilizadas na AP para um desempenho e na facilitação de tomadas de decisão, aliado com a viabilidade econômica e aplicabilidade comercial.

Análise da área em estudo para verificação da quantidade de falhas no plantio

```

+-----+
|                                     RASTER MAP CATEGORY REPORT                                     |
| LOCATION: temp_location                                                     Thu Nov 25 23:19:50 2021 |
+-----+
| REGION  north: 15:27:30.953895S  east: 54:07:36.795806W |
|         south: 15:28:13.993377S  west: 54:08:21.174604W |
|         res:    0:00:00.318811   res:    0:00:00.319272 |
+-----+
| MASK: none |
+-----+
| MAP: (untitled) (rast_61a044446d5a99 in PERMANENT) |
+-----+
|                                     Category Information                                     |
|                                     #|description                                     | hectares |
+-----+
| 0.264674-0.303358|plntio muito concentrado (roxo) . . . . . | 0.055958 |
| 0.225989-0.264674|plntio concentrado (azul escuto). . . . . | 0.951269 |
| 0.187305-0.225989|plntio acima da média (azul claro). . . . . | 2.872503 |
| 0.148628-0.187305|Plantio bem desenvolvido (Verde) . . . . . |120.440744|
| 0.109936-0.148621|falhas na plantação (rosa) . . . . . | 13.551258 |
+-----+
| TOTAL                                                     |137.871732|
+-----+

```

Figura 5. Relatório de categoria de mapa através do Raster.

Diferentemente da agricultura convencional, a agricultura de precisão observa muito a variabilidade espacial da área, através desta figura 5 pode ser analisado como a área pode apresentar diferenciações de produtividade nesta cultura de soja, podendo alcançar uma produtividade maior em certos pontos e em outro menos ou nenhuma.

O produtor tem a expectativa de que a cultura de soja alcance o máximo de produção possível, através destes dados podemos analisar falhas em sua produção e consequente prejuízo econômico no plantio. Lembrando que através da figura 2 se notou que o talhão obteve uma concentração de falhas na metade superior do talhão, portanto, teria que ser feita uma análise desta área para identificar o motivo de tal falhas acontecer.

Através de uma ferramenta presente no QGIS chamado r.report, é feita uma representação no formato raster (calcula a quantidade de pixel da imagem, atribuindo para cada pixel um valor diferente e sendo representado de maneira visual ou numérica), com desta ferramenta foi possível ser feita uma análise de quanto representava cada categoria em hectares da cultura de soja estudada. Podendo assim pode ser analisado a quantidade de falhas na plantação (13,55 ha, representando 9,82% da área), identificar o plantio bem desenvolvido (120,44 ha, representando 87,36% da área), está ser a meta que o produtor busca alcançar nesta etapa da plantação, além das áreas que estão acima da média (2,87 ha, representando 2,08% da área), o plantio concentrado (0,95 ha, representando 0,68% da área) e um plantio muito concentrado (0,05 ha, representando 0,04% da área).

Como estes dados pode ser estabelecido algumas observações de dados relevantes ao plantio de soja deste talhão, levando em consideração que houve um plantio total da cultura de soja de aproximadamente 138 ha, podemos identificar que ocorreu uma má formação ou de nenhuma de aproximadamente 13,55 ha do talhão analisado, o que representando cerca de 9,8% da produção.

Com isto, a AP pode identificar os problemas que afetaram esta produtividade e com o auxílio de tecnologias melhorar ao máximo a produção de soja. Através de dados levantados pela Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária (IMEA), durante a safra de 2020/2021 a safra teve uma produção de aproximadamente 58 sacas por hectare, o que podemos utilizar para fazer um comparativo para se ter ideia da perda que o produtor teve e seu prejuízo financeiro.

Levando em consideração que o valor atualmente novembro de 2021 o preço por saca está aproximadamente R\$165,00 podemos ter um balanço de quanto o produtor teria de lucro a mais se eliminasse estas falhas e tivesse totalmente homogênea. Através de uma conta simples levando em consideração que a falha ocorreu em 13,55 há.

$$13,55 \times 58 \times 165 = 129.673,5 \text{ R\$}$$

Portanto, como auxílio da AP para identificar, suprir as necessidades e eliminar os fatores que afetam a produção da cultura de soja, o produtor conseguiria ter um lucro financeiro a mais de aproximadamente 130 mil reais, a qual poderia utilizar de benefício para a cultura ou em prol da própria fazenda.

Conclusão

É possível concluir que as técnicas de análise do plantio de grandes culturas, como a soja, utilizando a ferramenta Google Earth e o software de geoprocessamento QGIS para identificar falhas na lavoura, podendo ser usadas como uma primeira ferramenta para diagnóstico e correção das possíveis causas destas falhas, promovendo assim, ganho em rendimento e níveis de produção. Com os avanços na tecnologia esta ferramenta pode colaborar para o auxílio na AP trazendo grandes benefícios para a produção, com a utilização dos mapeamentos para identificar diversas variáveis que podem atrapalhar um bom desempenho durante a cultura de soja, auxiliando o produtor na tomada de decisões mais seguras e assertivas.

Conseguimos fazer a identificação da extensão das falhas na área de estudo, visto que em uma área equivalente a 138 ha de uma cultura de soja aproximadamente 13.55 ha do talhão apresentou falhas, o que equivale a 9,8% da produção. Com isto, levando em consideração os valores atuais da venda de sacas por hectares, o produtor teria um lucro a mais de aproximadamente 130 mil reais, valor que poderia ser utilizado em benefício da fazenda.

Referências

1. AMADO, T.J.C., SANTI, A.L. Agricultura de precisão aplicada ao aprimoramento do manejo do solo. In: FIORIN, J.E., ed. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. Passo Fundo, Berthier, 2007. p.99-144.

2. ANTON, C.; MATEI, O.; AVRAM, A. Use of multiple data sources in collaborative data mining. In. INTELLIGENT Systems Applications in Software Engineering. 3a . [S. l.]: Springer International Publishing, 2019. cap. xviii, p. 502.
3. BASSOI, L. H. et al. Agricultura de precisão e agricultura digital. Revista Digital de Tecnologias Cognitivas, n. 20, p. 17-36, 2019.
4. BASTOS, R. S.; SÁ MENDONÇA, E.; ALVAREZ V., V. H.; CORRÊA, M. M.; COSTA, L.
5. M. Formação e estabilização de agregados do solo influenciados por ciclos de umedecimento e secagem após adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, p.21-31, 2005.
6. BELAY, S. A. et al. Conservation Agriculture Saves Irrigation Water in the Dry Monsoon Phase in the Ethiopian Highlands. Water (Switzerland), v. 2103, 2019.
7. BENTO, J. M. S. Perdas por insetos na agricultura. Ação ambiental, v. 4, n. 2, p. 19- 21, 1999
8. BUCK, Guilherme. A Importância da amostragem e análise do solo. 11. 2015. Disponível em: http://www.roundupreadyplus.com.br/2018/wpcontent/themes/rrplus/assets/boletins/boas_praticas_01.pdf. Acesso em: 5 nov. 2021.
9. CAPELLI, N. L. Agricultura de precisão: novas tecnologias para o processo produtivo. LIE: DMAQAG: FEAGRI: UNICAMP, 1999. Disponível em:<
10. <http://www.bases.cnptia.embrapa.br/cria/gip/gipap/capelli.doc> >. Acesso em: 10 de set. 2021.
11. CARDOSO J. A. Amostragem de solo na determinação da variabilidade dos atributos de fertilidade em áreas de reforma de cana-de-açúcar, Goiatuba, GO. Universidade de Brasília-unb, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária Programa de Pós-graduação em Agronomia. Brasília – DF. 94p, 2013.
12. CASTRO, C. N. Definição de Unidades de Gerenciamento do Solo por Meio da Sua Condutividade Elétrica e Variáveis Físico-Químicas. 2004. 142 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, RS, 2004.
13. COLOMINA, I.; MOLINA, P. Unnamed aerial systems for photogrammetry and remote sensing. A review Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. v. 92, p.79-97, 2014.

14. DELGADO, J. A.; SHORT JR., N. M.; ROBERTS, D. P.; VANDENBERG, B. Big data analysis for sustainable agriculture on a geospatial cloud framework. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 3, article 54, 2019. Disponível em: . Acesso em: 9 set. 2021.
15. OLIVEIRA, C. M. et al. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. *Crop Protection*, v. 56, p. 50-54, 2014.
16. EISENBEISS, H. VANT Photogrammetry. Zurich, University of Technology Dresden. Doctor of Sciences: 237, 2009.
17. EMPRESA BRASILEIRA DE PRODUTOS AGRÍCOLAS. A EMBRAPA. [S. l.: s. n.],
18. 2021a. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 13 set. 2021.
19. ENDRES, V. C. Espaçamento, densidade e época de semeadura. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. Soja: recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Dourados: Embrapa Soja, 1996. p. 82-85.
20. FRASER, A. Land grab/data grab: precision agriculture and its new horizons. *Journal of Peasant Studies*, v. 46, n. 5, p. 893-912, 2018.
21. GARG, K.; WANI, S. P.; PATIL, M. D. A simple and farmer-friendly decision support system for enhancing water use efficiency in agriculture: tool development, testing and validation. *Current Science*, v. 109, 2016.
22. GOAP, A. et al. An IoT based smart irrigation management system using Machine learning and open source technologies. *Computers and Electronics in Agriculture*, Elsevier, v. 155, October, p. 41–49, 2018.
23. GONZÁLEZ PEREA, R. et al. Optimisation of water demand forecasting by artificial intelligence with short data sets. *Biosystems Engineering*, v. 177, p. 59–66, 2019.
24. GUEDES, J. V. C.; WEBER, L. S.; SANTI, A. L.; BONADIMAN, R. Georreferenciamento
25. da ocorrência de *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) em cultivo de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 21., 2006.
26. KOGAN, M. Integrated Pest Management: Historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review Entomology*, v. 43, p. 243-270, 1998.

27. MACHADO, Bruna; QUEIROZ, Sue Éllen. Efeito do tratamento de sementes de soja com silício e polímero na qualidade fisiológica das sementes e nas características agronômicas. *Enciclopédia Biosfera*, v. 15, n. 27, p. 1576, 2018
28. MASSRUHÁ, S. M. F. S. et al. *Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura*. 1. ed. Brasília, DF, Embrapa Informática Agropecuária, 2014. p. 411
29. MENEGATTI, L.A.A. *Metodologia para identificação, caracterização e remoção de erros em mapas de produtividade*. Piracicaba, 2002. 95f. (Dissertação). Mestrado em Agronomia, Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo
30. MOLIN, J. P. Geração e interpretação de mapas de produtividade para agricultura de precisão. In: BORÉM et. al. *Agricultura de precisão Viçosa: UFV*, 2000.
31. PANCHARD, J. et al. Common Sense Net: A Wireless Sensor Network for Resource-Poor Agriculture in the Semi-arid Areas of Developing Countries. *Information Technologies and International Development*, v. 4, p. 51–67, 2007.
32. PINTO, J.F. *Comportamento de plantas de soja frente a falhas e duplas dentro de uma população*. Pelotas, 2010. 45f. (Tese). Doutorado em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas.
33. REGHINI, Fernando Lucas; CAVICHIOLI , Fábio Alexandre. *Utilização de geoprocessamento na agricultura de precisão*. *Interface Tecnológica*, São Paulo, v. 17, n. 1, 2020. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/750/473> . Acesso em: 22 out. 2021.
34. RIFFEL, C. T.; GARCIA, M. S.; SANTI, A. L.; BASSO, C. J.; DELLA FLORA, L. P.; CHERUBIN, M. R.; EITELWEIN, M. T. Densidade amostral aplicada ao monitoramento georreferenciado de lagartas desfolhadoras na cultura da soja. *Ciência Rural*, v. 43, p. 2112- 2119, 2012.
35. SALLES E.O.T., LING L.L., “Uma Aplicação de Sistemas Nebulosos em Processamento de Imagens”, *Anais do Congresso Brasileiro de Automação*, 1993.
36. SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Aperfeiçoando o processo de semeadura. *SEEDNews*, v. 12, n. 6, p. 22-27, 2008.
37. SILVEIRA, Gabriel et al. Geoprocessamento aplicado na espacialização da capacidade de uso do solo em uma área de importância agrícola. *Revista Energia na Agricultura*, v. 30, n. 4, p. 363-371, 2015.

38. TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.