

ÍNDICES DO RGB NA DETECÇÃO DO EFEITO DE DOSES DE CINZA E SALINIDADE NO GERGELIM

Edimir Xavier Leal Ferraz¹, Raquele Mendes de Lira², Alan Cezar Bezerra², Naiane Beatriz da Silva Souza³, Elizeu Matos da Cruz Filho¹, Antonio Henrique Cardoso do Nascimento⁴

RESUMO: Objetivou-se com o presente trabalho verificar a capacidade de detecção do estresse salino e o efeito da aplicação de cinzas vegetais na cultura do gergelim, utilizando índices de imagens RGB obtidas por VANTS. O experimento foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST). Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema fatorial ((5 x 2) + 2), com 4 repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram em cinco doses de cinzas de bagaço da cana-de-açúcar (0, 30, 60, 90 e 120 g planta⁻¹), duas qualidades de água (A1= Água do abastecimento (0,5 dS m⁻¹); A2 = Água de poço artesiano (4,1 dS m⁻¹)) e duas testemunhas adicionais (T1 = Adubação recomendada + água do abastecimento (0,5 dS m⁻¹); e T2 = Adubação recomendada + Água do poço artesiano (4,1 dS m⁻¹)). Aos 30 e 60 dias após o semeio (DAS), as imagens aéreas foram coletadas e realizou-se o processamento aplicando os índices de vegetação. As doses de cinza do bagaço da cana-de-açúcar não proporcionaram diferença significativa nos índices de vegetação. Somente aos 60 dias após o plantio, foi possível observar diferença entre as qualidades de água nos índices VARI, NGRDI e MGRVI.

PALAVRAS-CHAVE: Drones, *Sesamum indicum* L., Salinidade.

RGB INDICES IN THE DETECTION OF THE EFFECT OF ASH DOSES AND SALINITY ON SESAME

ABSTRACT: The objective of this work was to verify the ability to detect salt stress and the effect of the application of vegetable ash on the sesame crop, using indices of RGB images

¹ Mestrando, Pós-graduação em Engenharia agrícola – PGEA/UFRPE, CEP 52171-900, Recife, PE. E-mail: edimirferraz@outlook.com

² Prof.(a) Doutora, UAST, UFRPE, Serra Talhada, PE

³ Graduanda, Bacharelado em Agronomia, UAST, UFRPE, Serra Talhada, PE

⁴ Prof. Doutor, UAST, UFRPE, Serra Talhada, PE

transmitted by UAVs. The experiment was monitored at the Federal Rural University of Pernambuco, Academic Unit of Serra Talhada (UFRPE/UAST). The experimental design was randomized blocks in a factorial scheme ((5 x 2) + 2), with 4 repetitions, totaling 48 experimental units. The treatments consisted of five doses of sugarcane bagasse ash (0, 30, 60, 90 and 120 g plant⁻¹), two water qualities (A1= Supply water (0.5 dS m⁻¹); A2 = Water from an artesian well (4.1 dS m⁻¹)) and two additional controls (T1 = Recommended fertilization + supply water (0.5 dS m⁻¹); and T2 = Recommended fertilization + Well water artesian (4.1 dS m⁻¹)). At 30 and 60 days after sowing (DAS), aerial images were collected and processed by applying the vegetation indices. The doses of sugarcane bagasse ash do not provide a significant difference in the vegetation indices. Only 60 days after planting, it was possible to observe differences between water qualities in the VARI, NGRDI and MGRVI indices.

KEYWORDS: Drones, *Sesamum indicum* L., Salinity.

INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.), que pertence à família Pedaliácea, é uma das plantas oleaginosas mais antigas e usadas pela humanidade (LIMA et al., 2013). Esta espécie possui um papel social importante no meio rural, devido ser cultivada principalmente por pequenos e médios agricultores, além de ser uma opção para regiões propensas à escassez de água graças à sua resistência à seca (ARAÚJO et al., 2014).

Uma grande problemática nas regiões semiáridas do nordeste brasileiro é a escassez de água e má distribuição das chuvas, logo o uso de águas subterrâneas surge como alternativa para a irrigação dos cultivos agrícolas. No entanto, a qualidade da água nem sempre é satisfatória devido ao acúmulo de sais. Segundo Santos et al. (2010), áreas irrigadas com água salinas tem a sua fertilidade e produtividade das culturas limitadas.

O uso de cinzas vegetais na agricultura entra com duplo benefício por conseguir reduzir o uso de fertilizantes devido sua rica composição, e por ser destino de um grande volume desse resíduo, que representa um problema ambiental (BONFIM-SILVA et al., 2013). Dentre seus nutrientes, se tem o silício que apresenta alta importância por conseguir atenuar o estresse salino (MACHADO, 2020; SOUSA, 2020).

Os veículos aéreos não tripulados (VANTs) são pequenas aeronaves que possuem a capacidade de executar tarefas como monitorar e mapear sem que exista um contato direto (MEDEIROS, 2007). Os VANTs proporcionam maior rapidez e eficiência na detecção e

compreensão de fatores bióticos e abióticos que afetam a resposta espectral das plantas (KIM et al., 2019). A utilização de VANTs na agricultura é indicado por diversos motivos, principalmente devido à sua alta capacidade de revisita, aliado à facilidade de obter imagens com alta resolução espacial, espectral e radiométrica, podendo ser empregado nos manejos agrícolas como verificação de estresse hídrico (FERNANDES, 2016). De acordo com Sá (2022) a facilidade de obtenção de imagens RGB tem popularizado o uso de índices de vegetação na região do visível, de modo que é possível empregar no monitoramento de estresses.

Sabendo-se que os VANTs apresentam grande potencial na detecção de efeitos causados por estresse hídrico, objetivou-se com esse trabalho, verificar a viabilidade do uso de índices do RGB obtidas por VANTs na detecção de estresse salino, assim como, na verificação do efeito da aplicação de doses de cinzas da cana-de-açúcar no gergelim.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco na Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST). Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial $((5 \times 2) + 2)$, com 4 repetições totalizando 48 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram em cinco doses de cinzas de bagaço da cana-de-açúcar (0, 30, 60, 90 e 120 g planta⁻¹), duas qualidades de água (A1= Água do abastecimento (0,5 dS m⁻¹); A2 = Água de poço artesiano (4,1 dS m⁻¹)) e duas testemunhas adicionais (T1 = Adubação recomendada + água do abastecimento (0,5 dS m⁻¹); e T2 = Adubação recomendada + Água do poço artesiano (4,1 dS m⁻¹)), apenas as testemunhas foram adubadas segundo a recomendação para a cultura. A cultivar de gergelim utilizada foi a BRS SEDA.

Cada bloco contava com três linhas de cultivos paralelas umas às outras, porém, apenas a linha central foi considerada para avaliações e as demais consideradas como bordadura. Os tratamentos foram sorteados e aplicados no comprimento da linha lateral. Cada unidade experimental foi composta por nove plantas.

O preparo do solo foi feito de modo convencional (uma aração e duas gradagens), em seguida realizou-se a montagem do sistema de irrigação por gotejamento utilizando gotejadores autocompensantes. As diferentes qualidades de águas foram armazenadas e bombeadas de forma individual.

O manejo de irrigação foi baseado na evapotranspiração da cultura (ET_c) obtida com os dados da evapotranspiração de referência (ET_o), coeficiente de cultivo (KC) e coeficiente de

localização (KI). A ETo foi calculada por meio do modelo de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), os Kc para cada fase fenológica da cultura do Gergelim, utilizou-se os propostos por Lourenço et al. (2018).

Para as adubações foi realizado uma análise química do solo e cinzas (Tabela 1) e partir dela recomendado valores que suprissem a necessidade da cultura, isso nas plantas testemunhas, as demais foram adubadas somente com as doses de cinza.

Tabela 1. Análise química do solo e cinzas do bagaço da cana-de-açúcar.

| Solo | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------|------------------|------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------|------|-----|-----|--------------------|------------------|------|------|
| M.O | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | H ⁺ Al ³⁺ | P | Cu | Fe | Mn | Zn | PST | V | CE | pH | |
| g Kg ⁻¹ ----- | | | | cmol dm ³ ----- | | | ----- mg dm ³ ----- | | | | % | dS m ⁻¹ | H ₂ O | | |
| 10,3 | 0,8 | 3,1 | 1,3 | 0,4 | 1,2 | 1358,7 | 0,7 | 13,3 | 19,7 | 3,7 | 0,8 | 82 | 1,4 | 7,0 | |
| Cinzas da cana-de-açúcar | | | | | | | | | | | | | | | |
| M.O | N | P | K | Ca | Mg | S | Si | Cu | Fe | Mn | Zn | Na | Cl | CE | pH |
| ----- g Kg ⁻¹ ----- | | | | | | ----- mg kg ⁻¹ ----- | | | | | | dS m ⁻¹ | H ₂ O | | |
| 212,5 | 1,1 | 12,8 | 60,5 | 21,1 | 6,0 | - | 54,0 | 54,0 | 3660 | 717 | 135 | 830 | - | 20,2 | 10,4 |

MO = Matéria orgânica; CE = Condutividade elétrica da água; PH = Potencial hidrogeniônico.

Aos 30 e 60 dias após o semeio (DAS), foram realizadas coletas de imagens aéreas com um VANT do modelo DJI Mavic 2 Enterprise Dual, equipado com uma câmera RGB e posicionado a 40 m de altura com um mínimo de sobreposição de 70% de lateral e 80% de frontal. As imagens obtidas de cada coleta foram processadas para o georreferenciamento e geração do ortomosaico utilizando o software Agisoft Metashape Professional Edition 1.6.0. Com a obtenção dos ortomosaicos, foram realizadas as aplicações dos índices de vegetação (Tabela 2), em ambiente R, utilizando o pacote FieldimageR (MATIAS et al., 2020).

Tabela 2. Índices de vegetação e as respectivas equações de uso.

| Nome | Abreviatura | Equação | Autor |
|--|-------------|-----------------------------------|--------------------------|
| <i>Visible Atmospherically</i> | VARI | $\frac{g-r}{g+r-b}$ | (GITELSON et al., 2002) |
| <i>Normalized Green Red Diferrence</i> | NGRDI | $\frac{g-r}{g+r}$ | (TUCKER, 1979) |
| <i>Modified Green Red Vegetation Index</i> | MGRVI | $\frac{g^2-r^2}{g^2+r^2}$ | (BENDING et al., 2015) |
| <i>Vegetative</i> | VEG | $\frac{g}{r^{0.667} * b^{0.333}}$ | (HAGUE et al., 2006) |
| <i>Woebbecke Index</i> | WI | $\frac{g-b}{r-b}$ | (WOEBBECKE et al., 1995) |

Rg: Banda do Verde; Rr: Banda do Vermelho; Rb: Banda do Azul.

Com o valor do pixel médio de cada parcela experimental realizou-se uma análise de variância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. Quando significativo, as qualidades de água foram analisadas por meio do teste Tukey ($p>0,05$). Para comparar as testemunhas com os outros tratamentos foi utilizado o teste Dunnett ($p>0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a análise de variância (Tabela 3), verificou-se que o contraste das testemunhas com os outros tratamentos se diferenciou em relação aos índices de vegetação VARI, NGRDI e MGRVI, VEG e WI, em todas as coletas, com exceção do VEG que só se diferenciou aos 30 dias após o semeio (DAS). Com relação ao estresse salino, somente o VARI, NGRDI e MGRVI se diferenciaram, isto aos 60 DAS. As diferentes doses de cinza não promoveram efeito significativo sobre a resposta espectral dos índices adotados. Como houve detecção do efeito da salinidade, aos 60 DAS, índices como o VARI, NGRDI e MGRVI apresentaram-se promissores para detectar efeito do estresse salino.

A não significância do efeito da água aos 30 DAS aconteceu em função do número de dias de irrigação após a semeadura, que promoveu pouco acúmulo de sais, não afetando de forma significativa a resposta espectral da cultura. Com o aumento do acúmulo de sais no solo os efeitos do estresse salino começaram a ser expresso na cultura, e assim foi possível identificar diferença nos índices estudados.

De acordo com Silva et al. (2021) a salinidade de água superior a $2,7 \text{ dS m}^{-1}$ aplicada de forma contínua nas fases vegetativa e de floração prejudicam o acúmulo de fitomassa das plantas de gergelim. Essa mesma afirmativa pode ser considerada para justificar a significância dos índices quando comparados partir do 30 DAS aos 60 DAS, pois o acúmulo de sais em função do tempo já pode interferir no desenvolvimento da cultura e conseqüentemente a resposta espectral.

Tabela 3. Resumo de análise de variância para as variáveis VARI, NGRDI, MGRVI, VEG e WI.

| FV | GL | VARI | NGRDI | MGRVI | VEG | WI |
|-----------------|----|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | QM | | | | |
| 30 DAS | | | | | | |
| Água | 1 | 0,001 ^{ns} | 0,001 ^{ns} | 0,004 ^{ns} | 0,005 ^{ns} | 0,0012 ^{ns} |
| Doses | 4 | 0,001 ^{ns} | 0,0007 ^{ns} | 0,002 ^{ns} | 0,003 ^{ns} | 0,041 ^{ns} |
| A x D | 4 | 0,0001 ^{ns} | 0,0001 ^{ns} | 0,0004 ^{ns} | 0,0003 ^{ns} | 0,010 ^{ns} |
| Testemunhas (T) | 1 | 0,002 ^{ns} | 0,0015 ^{ns} | 0,003 ^{ns} | 0,009 ^{ns} | 0,097 ^{ns} |
| T x (A + D) | 1 | 0,0098** | 0,0056** | 0,016** | 0,025** | 0,633** |
| Blocos | 3 | 0,006** | 0,0051** | 0,011** | 0,022** | 0,073 ^{ns} |
| Resíduo | 33 | 0,0009 | 0,0006 | 0,0015 | 0,002 | 0,026 |
| CV (%) | - | 16,3 | 15,71 | 13,95 | 3,77 | 9,22 |
| 60 DAS | | | | | | |
| Água | 1 | 0,012** | 0,008** | 0,0311** | 0,091 ^{ns} | 0,442 ^{ns} |
| Doses | 4 | 0,003 ^{ns} | 0,002 ^{ns} | 0,007 ^{ns} | 0,050 ^{ns} | 0,135 ^{ns} |
| A x D | 4 | 0,002 ^{ns} | 0,001 ^{ns} | 0,005 ^{ns} | 0,022 ^{ns} | 0,075 ^{ns} |
| Testemunhas (T) | 1 | 0,003 ^{ns} | 0,002 ^{ns} | 0,006 ^{ns} | 0,006 ^{ns} | 0,102 ^{ns} |
| T x (A + D) | 1 | 0,030** | 0,019** | 0,067** | 0,086 ^{ns} | 0,841** |
| Blocos | 3 | 0,0006 ^{ns} | 0,0008 ^{ns} | 0,003** | 0,031 ^{ns} | 0,007 ^{ns} |
| Resíduo | 33 | 0,0013 | 0,0008 | 0,003 | 0,026 | 0,084 |
| CV (%) | - | 37,31 | 35,03 | 33,60 | 14,60 | 21,64 |

ns – não significativo, ** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente; GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação.

Na Tabela 4, consta o teste Tukey para as diferentes águas e o teste Dunnet para a comparação das testemunhas com os demais tratamentos. Aos 60 dias, observa-se uma superioridade no valor do pixel médio das parcelas irrigadas com água de baixa salinidade em detrimento as parcelas irrigadas com água salina, em todos os índices estudados. Aos 30 DAS também foi constatado esse comportamento, no entanto, sem diferença significativa pelo teste Tukey.

Ao comparar as testemunhas com os outros tratamentos nota-se, maiores valores nos índices das testemunhas. Isso ocorreu devido a adubação nitrogenada, aplicada somente nas testemunhas, que permitiu um maior crescimento do dossel da planta, assim como a coloração das folhas com um verde mais intenso que os demais tratamentos. De acordo com Peng et al. (2021), a aplicação moderada do nitrogênio pode garantir o aumento dos pigmentos fotossintéticos. Como os demais tratamentos receberam apenas as cinzas vegetais sem o acréscimo de nitrogênio, houve um maior contraste em virtude da presença do nitrogênio nas

testemunhas. Simões et al. (2015), constataram aumento nos índices de vegetação com o incremento da quantidade de nitrogênio no solo.

O índice VEG não conseguiu identificar diferença significativa entre as águas, apresentando em relação aos outros índices, baixa eficiência na detecção. Silva et al. (2022) relata que o VEG é um índice sensível para a detecção de alterações na coloração da vegetação, todavia, existem índices com melhores desempenhos.

Tabela 4. Teste tukey e teste Dunnet para os índices de vegetação nas diferentes águas e testemunhas.

| 30 DAS | | | | | |
|------------------------|----------|----------|----------|---------|---------|
| FV | VARI | NGRDI | MGRVI | VEG | WI |
| 0,5 dS m ⁻¹ | 0,187A* | 0,154A* | 0,282A* | 1,258A* | 1,724A* |
| 4,1 dSm ⁻¹ | 0,175A* | 0,142A* | 0,262A* | 1,235A* | 1,713A* |
| T1 | 0,238a | 0,191a | 0,342a | 1,341a | 2,137a |
| T2 | 0,201a | 0,164a | 0,301a | 1,274a | 1,917a |
| 60 DAS | | | | | |
| 0,5 dS m ⁻¹ | 0,105A* | 0,088A* | 0,172A* | 1,132A | 1,38A |
| 4,1 dSm ⁻¹ | 0,071B*+ | 0,059B*+ | 0,117B*+ | 1,036A | 1,17B* |
| T1 | 0,176a | 0,143a | 0,274a | 1,22A | 1,74a |
| T2 | 0,135a | 0,113a | 0,216a | 1,17A | 1,52a |

Médias seguidas da mesma letra minúscula para o fator água (A1 e A2) e maiúscula para as testemunhas (T1 e T2), não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p > 0.05$). Médias seguidas de * e/ou + se diferenciam da testemunha 1 (T1) e testemunha 2 (T2), pelo teste de Dunnett (< 0.05). FV – Fator de variação; DAE- Dias após a emergência.

Na Figura 1, apresenta-se os índices VARI (A), NGRDI (B) e MGRVI (C) com as delimitações referentes ao fator de variação da água e as testemunhas adicionais, obtidos aos 60 DAS. Ao analisar os índices exibidos na figura, é possível identificar diferenças significativas entre as testemunhas e os demais tratamentos. Entretanto, a distinção se torna mais evidente no índice MGRVI, devido à amplitude maior dos pixels das parcelas, o que propicia uma variação mais ampla nas cores observadas. Essa característica do MGRVI realça as diferenças entre os tratamentos, tornando-as mais facilmente discerníveis a olho nu.

Por outro lado, apesar de numericamente ocorrer diferença significativa entre as águas, a diferença não se mostrou tão expressiva visualmente (Figura 1). Sendo melhor visualizado apenas no MGRVI (Figura 1C).

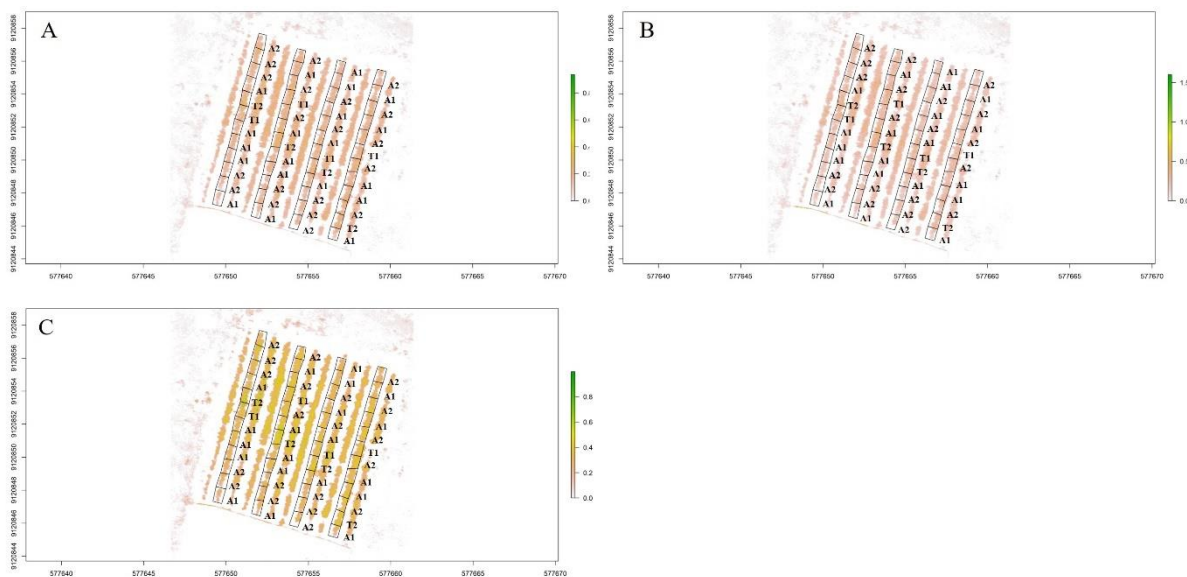


Figura 1. Resposta espectral das diferentes águas (A1= Água do abastecimento; A2 = Água de poço artesiano) e testemunhas adicionais (T1 = Adubação recomendada + água do abastecimento; e T2 = Adubação recomendada + Água do poço artesiano) nos índices VARI (A), NGRDI (B) e MGRVI (C).

CONCLUSÕES

As doses de cinza do bagaço da cana-de-açúcar não proporcionaram diferença significativa nos índices de vegetação. Somente aos 60 dias após o plantio, foi possível observar diferença entre as qualidades de água por meio dos índices VARI, NGRDI e MGRVI. Visualmente, o MGRVI se mostrou mais eficiente para detectar o estresse hídrico causado pelas diferentes qualidades de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56), p. 300, 1998.
- ARAÚJO, F. DOS S., BORGES, S. R. DOS S., SILVA, G. Z. DA, ARAÚJO, L. H. B. DE, & TORRES, E. J. DE M. Doses de fósforo no crescimento inicial de gergelim cultivado em solução nutritiva. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, vol.8, p.41-47, 2014.

- BENDIG, J.; YU, K.; AASEN, H.; BOLTEN, A.; BENNERTZ, S.; BROSCHEIT, J.; BARETH, G. Combining UAV-based plant height from crop surface models, visible, and near infrared vegetation indices for biomass monitoring in barley. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 39, pp. 79–87, 2015.
- BONFIM-SILVA, E. M.; CABRAL, C. E. A.; SILVA, T. J. A.; MOREIRA, J. C. F. & CARVALHO, J. C. S. Cinza vegetal: Características produtivas e teor de clorofila do Capim-Marandu. **Bioscience Journal**, vol. 29, p.1215-1225, 2013.
- DAROLT, M. R.; BLANCO, M. R. D. V.; ZAMBOM, N. F. R. A. Cinza vegetal como fonte de nutrientes e corretivo de solo na cultura de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 11, n. 1, p. 38-40, 1993.
- FERNANDES, P. **Estimativa da produtividade de milho (*Zea Mays* L.) através de imagens obtidas por veículo aéreo não tripulado**. 2016.
- GITELSON, A. A.; KAUFMAN, Y. J.; STARK, R.; RUNDQUIST, D. Novos algoritmos para estimativa remota de fração de vegetação. **Sensoriamento remoto de Ambiente**, v.80 n.1, 76-87, 2002.
- GUIJARRO, M.; PAJARES, G.; RIOMOROS, I.; HERRERA, P. J.; BURGOS-ARTIZZU, X. P.; RIBEIRO, A. Automatic segmentation of relevant textures in agricultural images. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 75, n. 1, p. 75-83, 2011.
- HAGUE, T.; TILLET, N. D.; WHEELER, H. Automated crop and weed monitoring in widely spaced cereals. **Precision Agriculture**, v. 7, p. 21-32, 2006.
- J. KIM, S. KIM, C. JU AND H. I. Son, "Unmanned Aerial Vehicles in Agriculture: A Review of Perspective of Platform, Control, and Applications," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 105100-105115, 2019.
- LIMA, F. A.; SOUSA, G. G. DE; VIANA, T. V. DE A.; PINHEIRO NETO, L. G.; AZEVEDO, B. M. DE; DE CARVALHO, C. M. Irrigação da cultura do gergelim em solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, p.102-111, 2013.
- LOURENÇO, E., DE AZEVEDO, P. V., PEREIRA, A., BEZERRA, J., SABOYA, L., & ZONTA, J. **Necessidades hídricas da cultura do gergelim na região da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte**. Embrapa Algodão-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2018.
- MACHADO, M. S. **Aplicação de silicato de potássio em coentro e cebolinha sobre estresse salino da solução nutritiva**. 2020.

MATIAS, F. I.; CARAZA-HARTER, M. V.; ENDELMAN, J. B. FIELDimageR: An R package to analyze orthomosaic images from agricultural field trials. **The Plant Phenome Journal**, v. 3, n. 1, 2020.

MEDEIROS, F. A. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão**. 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

PENG, J., FENG, Y., WANG, X., LI, J., XU, G., PHONENASAY, S., LUO, Q., HAN, Z., LU, W. Effects of nitrogen application rate on the photosynthetic pigment, leaf fluorescence characteristics, and yield of indica hybrid rice and their interrelations. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1-10, 2021.

SÁ, C. A. DE S. **Sensoriamento remoto aplicado em cultivos no submédio São Francisco por imageamento aéreo com drones**. 2022. 97 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2022.

SANTOS, R. V.; CAVALCANTE, L. F.; VITAL, A. F. M. Interações salinidade-fertilidade do solo. In: **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza, CE. parte II, cap 14, p. 221-252. 2010.

SILVA, A. A. R. DA; LACERDA, C. N. DE; LIMA, G. S. DE; SOARES, L. A. DOS A.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Morfofisiologia de genótipos de gergelim submetidos a diferentes estratégias de uso de água salina. **IRRIGA**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 42–55, 2021.

SILVA, M. H., ELIAS, A. R., & DO ROSÁRIO, L. L. Análise da cultura da soja a partir de índices de vegetação (ExG–GLI–TGI–VEG) advindos de imagens RGB obtidas com ARP. **Revista Brasileira de Geomática**, v. 10, n. 2, p. 140-154, 2022.

SIMÕES, C. R., ROSSIELLO, R. O. P., GRACIOSA, M. G., MACHADO, M. L., & SILVA, C. F. D. Imagens multiespectrais para avaliação de índice de área foliar e massa seca do capim 'Tifton 85', sob adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 45, p. 697-703, 2015.

SOUSA, V. F. DE O. Efeito da adubação silicatada em pimenteira sob estresse salino. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 1, n. 2, 2020.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 8, n. 2, p. 127–150, 1979.

WOEBBECKE, D. M.; MEYER, G. E.; VON BARGEN, K.; MORTENSEN, D. A. Color indices for weed identification under various soil, residue, and lighting conditions. **Transactions of the ASAE**, v. 38, n.1, p. 259-269, 1995.