ZOOTECNIA DE PRECISÃO: FERRAMENTAS DIGITAIS PARA O MONITORAMENTO DE PASTAGENS

Autores: Beatriz de Sousa da Silva [1], João Victor Gomes Ramos[1], Jheyli Becerra Campos[2], Paula Alberti Bonadiman[3], Samuel de Assis Silva[1].

[1]Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias/Departamento de Agronomia, CEP 29500-000 Alegre-ES, Brasil, sousa.beatriz.1002@gmail.com, joaogomesr12@gmail.com, samuel.assilva@gmail.com.
[2] Universidade Estadual de Santa Cruz/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias/Departamento de Agronomia, CEP 45662-900 Ilhéus-BH, Brasil, jheylibecerra1999@gmail.com.
[3]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, CEP 29052-010 Vitória-ES, Brasil, bonadimanpaula@gmail.com.

Resumo
O sensoriamento remoto aéreo apresenta alto potencial para o monitoramento do vigor vegetativo de pastagens, possibilitando avaliar respostas das plantas às condições de manejo e ambientais. Teve como objetivo avaliar o vigor vegetativo do capim-Tanzânia *(Megathyrsus maximus*) submetido a doses de nitrogênio, com o auxílio de índices de vegetação NDVI e NDRE. O estudo foi feito em uma área experimental da Universidade Federal do Espírito Santo, em Alegre-ES, utilizando quatro doses de nitrogênio (50, 100, 150 e 200 kg ha^{-1}), avaliadas em período chuvoso e seco. As imagens foram obtidas através do sensor multiespectral embarcado em veículo aéreo não tripulado e usadas para obtenção dos índices espectrais. O NDVI teve maior contribuição para a caracterização do vigor vegetativo, com valores de 0,63 a 0,69, e o NDRE com valores de 0,31 a 0,37. O NDVI teve maior importância no período seco e os índices obtidos tiveram contribuições semelhantes no período chuvoso. Conclui-se que o NDVI teve maior relevância para o vigor vegetativo, enquanto o NDRE obteve informações complementares sobre as condições fisiológicas da pastagem.
Palavras-chave: Sensoriamento remoto. Capim-Tanzânia. Vigor Vegetativo.

Área do Conhecimento: Engenharia agrícola

Introdução

As pastagens são consideradas a principal fonte de alimentação dos sistemas pecuários brasileiros, principalmente em sistemas extensivos, pelo seu baixo custo e alta capacidade de produção de forragem. A produtividade e a persistência das áreas dependem de manejos adequados, como a adubação nitrogenada e o controle do pastejo, que atuam no crescimento, na produção e na capacidade de rebrota das plantas (Dias-filho, 2014). O equilíbrio entre o momento de utilização e o período de crescimento da forragem é fundamental para preservar sua produtividade e qualidade nutricional.

Entre as espécies usadas em sistemas intensificados, destaca-se o *Megathyrsus maximus* cv. Tanzânia (capim-Tanzânia), caracterizado por alta produção de matéria seca, valor nutritivo e capacidade de adaptação às condições tropicais. O nitrogênio possui um papel fundamental no crescimento, perfilhamento e rebrota da forrageira, sendo necessário o ajuste das doses para otimizar a produção (Silva et al., 2007). Simultaneamente, o avanço das tecnologias tem possibilitado novas estratégias para o monitoramento das pastagens. O sensoriamento remoto aéreo por veículos aéreos não tripulados (VANTs), permite obter imagens de alta resolução e o uso de índices de vegetação, como o vigor e o desenvolvimento das plantas (Lalibert et al., 2011; Ustin et al., 2009). Sendo assim, a integração entre adubação nitrogenada e sensoriamento remoto pode contribuir para o acompanhamento da capacidade de rebrota do capim-Tanzânia, auxiliando na tomada de decisões e no manejo adequado.

Sendo assim, o atual estudo teve como objetivo avaliar o vigor vegetativo do capim-Tanzânia com aplicações de doses de nitrogênio, com o auxílio dos índices espectrais NDVI e NDRE, durante os períodos chuvoso e seco.

Metodologia

O estudo foi realizado na área experimental da Universidade Federal do Espírito Santo, em Alegre, cultivada com capim-Tanzânia (*Megathyrsus maximus*). A região possui o clima Cwa com temperatura média anual de 23,1ºC e precipitação média anual de 1.341mm (Köppen et al., 1928). Foram realizados tratamentos de adubação nitrogenada, usando ureia 44% de N como fonte de nitrogênio, aplicados na área as quantidades de 50, 100, 150 e 200 kg de N ha^{-1} , em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. 32 pontos amostrais foram distribuídos aleatoriamente na área, avaliados no pré-pastejo entre 2022 e 2023, nos períodos chuvoso e seco.

Adubação e manejo da pastagem

Primeiramente foi feita a análise do solo para determinação da fertilidade e a acidez. De acordo com os resultados, precisou ser aplicado 30 kg ha^{-1} de fósforo e 60 kg ha^{-1} de potássio, não sendo necessário a aplicação de calcário. A adubação nitrogenada foi feita de acordo com os tratamentos estabelecidos, e depois da aplicação da ureia, com o intuito de auxiliar na incorporação e reduzir a volatilização do nitrogênio, foi feito a irrigação com aspersores Plano P1-150, com dois bocais de 8 x 5 mm e vazão de 6,6 m^3 h^{-1}.

A entrada dos animais acontecia quando a pastagem atingia aproximadamente 70 cm e a retirada com 30 a 40 cm, com permanência na área de 24 a 48 horas. Eram aproximadamente de 25 a 30 vacas em lactação por ciclo, posteriormente o período de descanso era de 40 dias ou até alcançar 70 cm de altura.

Sensoriamento remoto e avaliação do vigor

O vigor vegetativo foi avaliado por meio de imagens multiespectrais através do sensor RedEdge MX (MicaSense), embarcado em VANT DJI Inspire 2. Foram usadas bandas azul, verde, vermelho, RedEdge e infravermelho próximo. Os voos foram feitos a 80m de altura, e os levantamentos ocorreram em janela máxima de duas horas, definida a partir do ângulo solar, visando reduzir a influência das sombras.

Processamento e análise de dados

As imagens foram processadas para obter índices de vegetação NDVI (índice de Vegetação por Diferença Normalizada) e NDRE (índice de Vegetação por Diferença Normalizada da Borda do Vermelho), que serviram como indicadores do vigor vegetativo do capim-Tanzânia. Os valores dos índices foram de acordo com as doses de nitrogênio e as condições sazonais da pastagem. Os resultados foram submetidos à análise exploratória, estatística descritiva e análise de correlação, com o nível de 5% de significância.

Resultados

Vigor vegetativo do capim-Tanzânia

O vigor vegetativo do capim-Tanzânia, avaliado pelos índices NDVI e NDRE, obteve variação entre o período chuvoso, seco e entre as doses de nitrogênio. Durante o período chuvoso os índices foram semelhantes, com importância relativa de 0,49 para NDVI e 0,51 para o NDRE. No período seco, o NDVI apresentou maior relevância, com o valor de 0,52 e o NDRE somente 0,48.

As avaliações realizadas entre maio e dezembro, o NDVI teve média importância com 0,66, enquanto o NDRE apresentou valores próximos a 0,34. Na análise por período, o NDVI teve maior significância de 0,55 em maio e 0,53 em dezembro, já o NDRE apresentou 0,45 e 0,47 respectivamente.

A análise por tratamento nitrogenado teve maiores resultados com o NDVI, com valores de relevância entre 0,63 e 0,69, em compensação o NDRE apresentou valores entre 0,31 e 0,37. Sendo assim, o NDVI teve maior contribuição para caracterizar as variações do vigor vegetativo do capim-Tanzânia, e o NDRE apresentou participação complementar.

Discussão

A maior contribuição do NDVI observada na maioria dos casos avaliados, indica maior sensibilidade do índice às variações relacionadas ao vigor vegetativo do capim-Tanzânia. O NDVI é muito utilizado para o monitoramento das pastagens devido a sua relação com cobertura e a biomassa verde da vegetação, sendo um dos índices mais usados em estudos de sensoriamento remoto de áreas forrageiras (Pinna et al., 2024; Furnitto et al., 2025). Revisão recente sobre sensoriamento remoto de pastagens mostra que o NDVI e NDRE está entre os índices mais estudados para avaliação da biomassa e das condições de vegetação (Furnitto et al., 2025).

A contribuição dos índices foi similar no período chuvoso, o NDVI foi o índice de maior importância no período seco. Indicando que a resposta espectral da pastagem foi atingida pelas condições ambientais, principalmente pela disponibilidade hídrica. A variação sazonal do crescimento de gramíneas está ligada às condições de temperatura, precipitação e disponibilidade de água, que afeta na atividade fotossintética e no desenvolvimento do dossel. Demais estudos com pastagens demonstraram que variáveis ambientais, como a água, clima e o solo, podem auxiliar na variabilidade observada nos índices espectrais (Pinna et al., 2024).

A maior contribuição do NDVI nos tratamentos pode estar ligada ao efeito nitrogênio sobre o desenvolvimento vegetativo da forrageira. O nitrogênio participa da formação de proteínas, clorofila e outros compostos cruciais para o crescimento vegetal, ajudando na expansão foliar, perfilhamento e desenvolvimento. Apesar do NDVI ter maior contribuição, o NDRE foi um agente complementar, o uso da região RedEdge possibilitou informações relacionadas às características fisiológicas da vegetação, principalmente a variação de clorofila. O NDVI foi mais representativo das alterações estruturais e do vigor da vegetação, e o NDRE forneceu informações complementares relacionadas ao estado fisiológico das plantas.

As avaliações de maio e dezembro mostra o potencial do NDVI para acompanhar o vigor vegetativo do capim-Tanzânia em diferentes condições de desenvolvimento. Apesar disso, a interpretação dos índices deve considerar que a resposta espectral da pastagem gera interações entre características do dossel, manejo, condições ambientais e estado fisiológico das plantas. Os resultados obtidos mostram que o NDVI teve maior potencial para caracterizar o vigor vegetativo do capim-Tanzânia e o NDRE foi um indicador complementar.

Conclusão

O sensoriamento remoto aéreo desempenhou um papel promissor para avaliação do vigor vegetativo do capim-Tanzânia submetido a doses de nitrogênio. O NDVI teve maior contribuição na caracterização do vigor vegetativo, e o NDRE teve um comportamento complementar, principalmente com relação às características fisiológicas das plantas.

A variação observada entre os períodos chuvosos e seco enfatiza a influência das condições ambientais sobre a resposta da pastagem, reforçando o potencial dos índices de vegetação como ferramenta de apoio para o monitoramento e manejo adequado das pastagens. A maior contribuição do NDVI demonstra seu potencial para acompanhar alterações na estrutura e no desenvolvimento vegetativo do dossel, sendo uma alternativa eficiente para o monitoramento não destrutivo da pastagem.

A variação na importância dos índices entre os períodos chuvoso e seco evidência que as condições ambientais também influenciam a resposta espectral da pastagem. A maior contribuição do NDVI demonstra seu potencial para acompanhar alterações no desenvolvimento vegetativo, sendo uma alternativa eficiente para o monitoramento não destrutivo da pastagem.

Sendo assim, os resultados mostram que o uso de índices espectrais, em destaque o NDVI, pode auxiliar no acompanhamento do vigor vegetativo do capim-Tanzânia e auxilia para estratégias de manejo adequadas para pastagens. Contudo, o uso em conjunto de índices distintos e informações ambientais são capazes de ampliar a capacidade de caracterização das condições fisiológicas da forrageira.

Referências

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico da degradação de pastagens no Brasil.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014.

FURNITTO, N.; RAMÍREZ-CUESTA, J. M.; INTRIGLIOLO, D. S.; TODDE, G.; FAILLA, S. Remote sensing for pasture biomass quantity and quality assessment: challenges and future prospects. *Smart Agricultural Technology*, v. 12, 101057, 2025. DOI: 10.1016/j.atech.2025.101057. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101057. Acesso em: 20 ago. 2026.

KÖPPEN, W. Klimakunde: Grundriss der Klimakunde. Berlin: Walter de Gruyter, 1923.

LALIBERTE, A. S.; WINTERS, C.; RANGO, A. UAS remote sensing missions for rangeland applications. *Geocarto International*, v. 26, n. 2, p. 141-156, 2011. DOI: 10.1080/10106049.2010.534557. Disponível em: https://doi.org/10.1080/10106049.2010.534557. Acesso em: 20 ago. 2026.

PINNA, D.; PEZZUOLO, A.; COGATO, A.; PORNARO, C.; MACOLINO, S.; MARINELLO, F. Applications of satellite platforms and machine learning for mapping and monitoring grasslands and pastures: a systematic and comprehensive review. *Smart Agricultural Technology*, v. 9, 100571, 2024. DOI: 10.1016/j.atech.2024.100571. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100571. Acesso em: 21 ago. 2026.

SILVA, A. C. da et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-tanzânia submetido a doses de fósforo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2007. DOI: 10.1590/S1516-35982007000800005. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000800005. Acesso em: 20 ago. 2026.

USTIN, S. L.; GITELSON, A. A.; JACQUEMOUD, S.; SCHAEPMAN, M.; ASNER, G. P.; GAMON, J. A.; ZARCO-TEJADA, P. Retrieval of foliar information about plant pigment systems from high resolution spectroscopy. *Remote Sensing of Environment*, v. 113, supl. 1, p. S67-S77, 2009. DOI: 10.1016/j.rse.2008.10.019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.10.019. Acesso em: 24 ago. 2026.