

## APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NA FENOTIPAGEM DE FORRAGEIRAS\*

*Data de aceite: 15/12/2021*

**Ricardo Guimarães Andrade**

**Marcos Cicarini Hott**

**Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior**

**Juarez Campolina Machado**

**Domingos Sávio Campos Paciullo**

A avaliação de fenótipos em programas de melhoramento genético vegetal avança vertiginosamente em conjunto com as tecnologias de sensoriamento remoto e da informação (RAHAMAN et al., 2015; FENG et al., 2021). Verifica-se uma gama de possibilidades nos levantamentos de precisão e de alto rendimento em benefício da fenotipagem de forrageiras, objetivando-se o melhoramento genético das plantas em resposta aos cenários demográficos e climáticos presentes e futuros (CHEN et al., 2014; LI et al., 2014; RAHAMAN et al., 2015; SWAEF et al., 2021). À luz da genômica se torna de fundamental importância a fenotipagem em larga escala, onde o levantamento de características desejáveis produz grande volume de dados relacionáveis à genes de interesse, configurando-se na ciência fenômica (SANTOS; YASSITEPE, 2014). Esta ciência pode sobremaneira reverter-se em ganhos e evoluir com o surgimento de

equipamentos de sensoriamento remoto aéreo e terrestre, em termos de maior agilidade e menor custo nos levantamentos de estresses (DEERY et al., 2014), bem como na avaliação do estado nutricional, vigor e produtividade das plantas (XUE e SU, 2017; SILVA JUNIOR et al., 2018; SILVA et al., 2020). Plataformas de fenotipagem em larga escala (terrestre ou aérea, por exemplo) são implantadas de forma a fornecerem dados em diferentes escalas espaciais e temporais com possibilidade de obter respostas às diversas questões biológicas com precisão, agilidade e rigor científico. Para tanto, um grande volume de dados pode ser gerado e muitas das vezes se faz necessário a aplicação de técnicas mais robustas para análise dos dados, tais como algoritmos de aprendizagem de máquinas (SINGH et al., 2016). No entanto, há inúmeras opções de ferramentas de aprendizagem de máquinas, sendo que a seleção do método vai depender do tipo de problema ou questão a ser respondida, envolvendo esforços multidisciplinares na verificação da melhor configuração do sistema em virtude do alto custo. Experimentos de campo, em maior extensão territorial, demandam enorme custo nos estudos de fenotipagem, e com isto o ferramental em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e sensoriamento remoto pode apoiar na melhoria das análises e na redução de custos. A necessidade de experimentação não destrutiva, econômica e em grande escala torna as tecnologias de sensoriamento remoto e de

processamento de dados fundamentais para a melhoria da performance e eficiência da fenotipagem vegetal (SOUSA et al., 2015). A partir dos dados de sensoriamento remoto pode-se reconstruir ambientes e até espécimes de plantas no plano computacional, por meio de avançados softwares de processamento de imagens (LI et al., 2014). Aliado ao melhoramento genético, no manejo agropecuário são muito úteis os SIG's que operam atribuindo localização geográfica ao objeto de estudo, contribuindo assim para a incorporação de inteligência na tomada de decisão, formando grandes bancos de dados, os quais podem ser dispostos em Big Data, disponíveis para um grande conjunto de procedimentos analíticos na avaliação da vegetação.

As espécies forrageiras, normalmente, se localizam em extrato herbáceo-arbustivo complexo formado por gramíneas e leguminosas, cuja estrutura anatômica aumenta a demanda por precisão, atrelada à dificuldade inserida no sistema produtivo pela ocorrência de invasoras, pragas, degradação e superpastejo animal. Todas essas variáveis tornam o sensoriamento remoto e a análise acurada das faixas eletromagnéticas indispensáveis para a implantação de um projeto de fenotipagem em larga escala para as forrageiras utilizadas no Brasil. Nas Figura 1A e 1B têm-se exemplo da aplicação da tecnologia de plataformas Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para monitoramento de parcelas experimentais de capim-elefante.



Figura 1 – Imagem mosaico RGB (A) e o NDVI (B) estimado para área central de parcelas experimentais de capim-elefante, para o dia 26 de fevereiro de 2019.

Na imagem-mosaico RGB (Figura 1A) observa-se variabilidades nos tons de verde e a exposição de solo de fundo em algumas parcelas. Já na imagem com estimativa do índice NDVI (Figura 1B) fica evidente as variações do índice tanto dentro de cada parcela quanto entre as parcelas. Essas variações podem estar relacionadas a diferenças de vigor,

exposição de solo dentro de cada área útil das parcelas e que podem ser imperceptíveis por um observador no campo, mas sobretudo à diferenças de caracteres morfo-fisiológicos e adaptativos de cada genótipo. A Figura 2A mostra uma imagem-mosaico RGB de área com *Brachiaria ruziziensis* (cv. Kennedy) em que é possível observar espacialmente a variabilidade da forrageira com regiões mais esverdeadas indicando maior biomassa ou com maior vigor e regiões com manchas em tons de marrom que podem apresentar exposição de solo ou vegetação seca ou estressada. Na Figura 2B tem-se o mapa do índice NDRE (*Normalized Difference Red Edge*). Nota-se a boa sensibilidade do índice na identificação de regiões com vegetação vigorosa ou maior concentração de biomassa, bem como das regiões onde há exposição de solo e vegetação seca ou estressada e que apresentam os menores valores de NDRE.

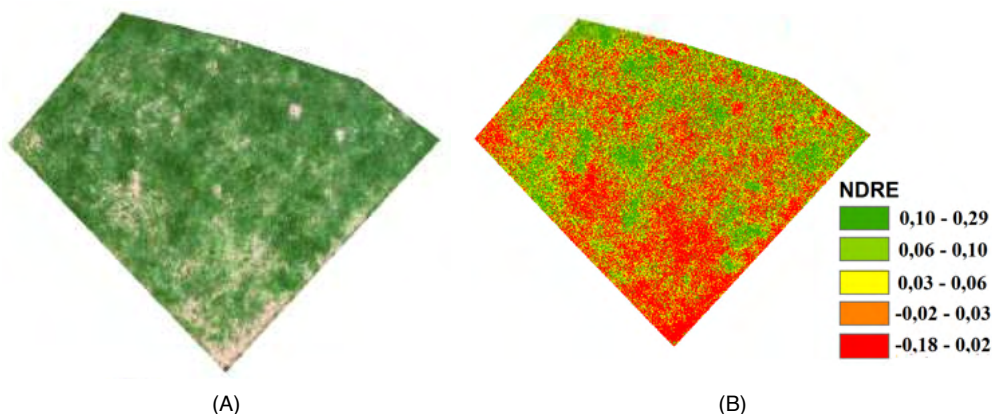


Figura 2 – Imagem mosaico RGB (A) de área com *Brachiaria ruziziensis* - cultivar Kennedy e mapa do índice NDRE (B), para o dia 14 de novembro de 2018.

A descrição de aspectos fenotípicos em forrageiras, em grande escala, perpassa pela capacidade, acuidade e agilidade na derivação de variáveis biofísicas por meio das novas geotecnologias e excelência no treinamento de equipes multidisciplinares, pois a forma expedita na condução de experimentos e extração de informações por meio de sensores pode influenciar na acurácia dos resultados obtidos, e conseqüentemente os ganhos de seleção (ARAUS et al., 2021). Destaca-se ainda que aplicação das imagens de sensores remotos e a implementação de algoritmos/modelos, possibilita a obtenção rápida de um grande volume de dados, o que abre caminho para a estratificação de extensas áreas destinadas a fenotipagem, as quais podem ser objeto de investigações acuradas, em etapas posteriores (FENG et al, 2021). As novas tecnologias disponíveis em sensoriamento remoto e a popularização de equipamentos de geolocalização abriram espaço para a fenotipagem de forrageiras em grande escala, desde os procedimentos de campo de alto rendimento

até levantamentos preliminares, os quais norteiam a utilização de equipamentos de maior precisão, equilibrando os custos e investimentos na detecção de fenótipos de interesse de forrageiras, dispostas em extensas pastagens, piquetes e capineiras ou em pequenas parcelas experimentais, manejados de acordo com os sistemas de produção adotados. O desenvolvimento de procedimentos em SIG, sensores e equipamentos de campo aplicados à biofísica vegetal é constante, e a pesquisa em fenotipagem de forrageiras com o uso de geotecnologias para levantamentos em larga escala, provavelmente, se valerá de novas abordagens em um futuro próximo.

## REFERÊNCIAS

\*ANDRADE, R. G.; HOTT, M. C.; MAGALHAES JUNIOR, W. C. P. Fenotipagem de forrageiras a campo em larga escala. In: MACHADO, J. C., AZEVEDO, A. L. S., PEREIRA, J. F. Melhoria de forrageiras na era genômica. Brasília: Embrapa, 2019. 207-238.

ARAUS, J. L.; KEFAUVER, S. C.; ZAMAN-ALLAH, M.; OLSEN, M. S.; CAIRNS, J. E. Translating high-throughput phenotyping into genetic gain. **Trends in Plant Science**, v. 23, n. 5, p. 451-466, 2018.

CHEN, D.; NEUMANN, K.; FRIEDEL, S.; KILIAN, B.; CHEN, M.; ALTMANN, T.; KLUKAS, C. Dissecting the phenotypic components of crop plant growth and drought responses based on high-throughput image analysis. **The Plant Cell**, v. 26, p. 4636-4655, 2014.

DEERY, D.; JIMENEZ-BERNI, J.; JONES, H.; SIRAUULT, X.; FURBANK, R. Proximal Remote Sensing Buggies and Potential Applications for Field-Based Phenotyping. **Agronomy**, v. 4, n. 3, p. 349-379, 2014.

FENG, L.; CHEN, S.; ZHANG, C.; ZHANG, Y.; HE, Y. A comprehensive review on recent applications of unmanned aerial vehicle remote sensing with various sensors for high-throughput plant phenotyping. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 182, 106033, 2021.

LI, L.; ZHANG, Q.; HUANG, D. A review of imaging techniques for plant phenotyping. **Sensors**, v. 14, n. 11, p. 20078-20111, 2014.

RAHAMAN, M. M.; CHEN, D.; GILLANI, Z.; KLUKAS, C.; CHEN, M. Advanced phenotyping and phenotype data analysis for the study of plant growth and development. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, article 619, p. 1-15, 2015.

SANTOS, T. T.; YASSITEPE, J. E. C. **Fenotipagem de plantas em larga escala: um novo campo de aplicação para a visão computacional na agricultura**. In: MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; ROMANI, L. A. S. (Ed.). *Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura*. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap. 5. p. 85-100.

SINGH, A.; GANAPATHYSUBRAMANIAN, B.; SINGH, A. K.; SARKAR, S. Machine Learning for High-Throughput Stress Phenotyping in Plants. **Trends in Plant Science**, v. 21, n. 2, p. 110-124, 2016.

SILVA, E. E.; BAILO, F. H. R.; TEODORO, L. P. R.; DA SILVA JUNIOR, C. A.; BORGES, R. S.; TEODORO, P. E. UAV-multispectral and vegetation indices in soybean grain yield prediction based on situ observation. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 18, 100318, 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100318>

SILVA JUNIOR, C. A.; NANNI, M. R.; SHAKIR, M.; TEODORO, P. E.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; CEZAR, E.; GOIS, G.; LIMA, M.; WOJCIECHOWSKI, J. C.; SHIRATSUCHI, L. S. Soybean varieties discrimination using non-imaging hyperspectral sensor. **Infrared Physics & Technology**, v. 89, p. 338-350, 2018.

SOUSA, C. A.; CUNHA, B. A. D. B.; MARTINS, P. K.; MOLINARI, H. B. C.; KOBAYASHI, A. K.; SOUZA JUNIOR, M. T. Nova abordagem para a fenotipagem de plantas: conceitos, ferramentas e perspectivas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, número especial, p. 660-672, 2015.

SWAEF, T.; MAES, W.; APER, J.; BAERT, J.; COUGNON, M.; REHEUL, D.; STEPPE, K.; ROLDÁN-RUIZ, I.; LOOTENS, P. Applying RGB-and Thermal-Based Vegetation Indices from UAVs for High-Throughput Field Phenotyping of Drought Tolerance in Forage Grasses. **Remote Sensing**, v. 13, n. 1, 147, 2021. doi: 10.3390/rs13010147.

XUE, J.; SU, B. Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. **Journal of Sensors**, v. 2017, 1353691, 2017. doi: 10.1155/2017/1353691.