

## USO DE SENSOR ÓTICO ATIVO NA QUALIDADE DA BRACHIARIA BRIZANTHA FERTIRRIGADA COM ESGOTO TRATADO

GILMAR O. SANTOS<sup>1</sup>, DAVID L. ROSALEN<sup>2</sup>, ROGÉRIO T. DE FARIA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutorando em Agronomia, Depto. Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV-UNESP), Jaboticabal-SP, Fone: (0xx18) 98122-7569, gilmar\_engambiental@yahoo.com.br. <sup>2</sup>Professor, Doutor, Depto. Engenharia Rural, FCAV-UNESP, Jaboticabal-SP.

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

**RESUMO:** O Sensoriamento Remoto permite estimar o estado nutricional das plantas em relação às doses de Nitrogênio devido à modificação da reflectância do dossel. Neste trabalho, avaliou-se a correlação entre o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) com a qualidade em Nitrogênio (N) e proteína bruta (PB) da biomassa na *Brachiaria brizantha* cv. Marandu fertirrigada com doses de efluente de esgoto tratado (EET). Os índices médios de NDVI das parcelas foram obtidos através de um sensor ótico ativo da marca GreenSeeker. Foram estabelecidos cinco tratamentos fertirrigados com as seguintes frações de EET em água: E5=1,0; E4=0,87; E3=0,6; E2=0,31; E1=0,11. No tratamento E5 foram aplicados 1.132 kg ha<sup>-1</sup> de N. Os demais tratamentos receberam quantidades proporcionais às frações de aplicação definida em cada tratamento. A qualidade foliar foi representada pelo teor de N e PB. A aplicação sucessiva de EET propiciou em melhor qualidade foliar em N e PB correlacionando com os maiores índices de NDVI apresentando correlação muito forte com o teor de N (R>0,96) e forte para PB (R>0,88), demonstrando que o método pode ser usado para a estimativa de qualidade de forragem. A qualidade foliar e o NDVI foram crescentes em função da aplicação gradual de EET aplicado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sensoriamento Remoto, Greenseeker, NDVI.

## USE OF ACTIVE OPTICAL SENSOR IN THE QUALITY BRACHIARIA BRIZANTHA FERTIGATED WITH TREATED SEWAGE

**ABSTRACT:** The Remote Sensing allows to estimate the nutritional status of plants in relation to Nitrogen levels due to the change in reflectance of the canopy. This study evaluated the correlation between Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to quality in Nitrogen (N) and crude protein (PB) of biomass in *Brachiaria brizantha* cv. Marandu fertigated with treated sewage effluent doses (EET). The average rates of NDVI of the plots were obtained through an active optical sensor GreenSeeker brand. Were established five Fertirrigated treatments with the following fractions of EET in water: E5=1.0; E4=0.87; E3=0.6; E2=0.31; E1=0.11. In E5 treatment were applied 1,132 kg ha<sup>-1</sup> of N. The other treatments received proportionate amounts for implementing fractions defined in each treatment. The leaf quality was represented by N and PB content. The successive application of EET provided better quality leaf N and PB correlating with higher NDVI indices showing strong correlation with N content (R>0.96) and strong to PB (R>0.88), demonstrating that the method can be used to estimate quality of forage. Leaf quality and NDVI were growing due to the gradual application of applied EET.

**KEYWORDS:** Remote Sensing, Greenseeker, NDVI.

**INTRODUÇÃO:** Uma das principais respostas de uso das geotecnologias é a previsão de produtividade agrícola e a estimativa do estado nutricional das culturas. O uso do GreenSeeker permite uma avaliação rápida e sem causar impactos nas culturas agrícolas. O GreenSeeker vem sendo amplamente utilizado em culturas que são aplicados níveis graduais de nitrogênio, pois o NDVI pode indicar o estado nutricional da planta em relação ao nitrogênio (GROSH et al., 2009). Para Povh (2007) a clorofila absorve a luz incidente nas bandas azul e vermelha e reflete a luz na banda do verde, sendo que as quantidades absorvidas são proporcionais à quantidade de clorofila foliar. No entanto, o sensoriamento remoto é uma ferramenta que possibilita a obtenção de informações de forma rápida e precisa, além de poder associar a demais fatores. A qualidade foliar (teor de nitrogênio foliar) é um exemplo, podendo ser correlacionado com o NDVI, enquanto a maioria dos métodos (medidores de clorofila e análise foliar) exigiria quantidade de amostras de plantas para identificar a condição nutricional da cultura na lavoura (POVH et al., 2008). Plantas sujeitas a estresse de nitrogênio ocorrem o aumento nas concentrações de carotenoides e redução na produção de clorofila, o que causa menor absorção de energia pelas folhas reduzindo assim os valores de NDVI. A deficiência de nitrogênio causa mudanças previsíveis no desenvolvimento e composição das folhas das plantas e, indiretamente, mudanças na distribuição

espectral de radiação refletida (MOTOMIYA et al., 2009). Segundo Nogueira et al. (2012) relatam que a coloração verde de forrageiras podem aumentar em até 10% se for aplicado fertilizante nitrogenado. O uso de efluente de esgoto tratado (EET) tem propiciado melhor qualidade foliar devido ao excesso de nutrientes que o compõe. O nitrogênio, elemento comum no EET, é um dos insumos mais significativos que influencia no aumento da produtividade e qualidade agrícola (POVH et al., 2008) além de estimular o aumento da pigmentação verde das plantas, refletindo em maior clorofila foliar. No entanto, o NDVI não é apenas dependente do teor de nitrogênio nas plantas, mas sim de qualquer outro fator externo que tenha influência sobre a biomassa. Em condições de maior cobertura do solo com plantas, ocorre um pico de absorção na banda do vermelho, tornando insensíveis as alterações de biomassa, refletindo em produtividade agrícola (POVH et al., 2008). Neste trabalho, avaliou-se a correlação entre o uso de sensor ótico pelo Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) com a qualidade em nitrogênio (N) e proteína bruta (PB) na biomassa da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu fertirrigada com doses de Efluente de Esgoto Tratado (EET).

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi conduzido durante o ano de 2014 na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV-UNESP), em Jaboticabal, SP (21°14'42"S e 48°16'25"O). Utilizou-se efluente proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Dr. Adelson Taroco, localizada próxima à área experimental, cujo sistema de tratamento é constituído por um sistema misto (anaeróbio e aeróbio) através de Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente (DAFA) e Lagoas Facultativas, sendo que essa ETE coleta esgoto da cidade de Jaboticabal. O clima da região é subtropical úmido, Aw, segundo critérios de Köppen, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso. A temperatura média é de 22,2°C, com média de máximas igual a 24,3°C, observada nos meses de janeiro e fevereiro, e a média das mínimas é de 18,6°C. As médias anuais de precipitação e evapotranspiração de referência somam 1.425 mm e 1.081 mm, respectivamente, com deficiência e excedente hídrico de 56 e 400 mm ano<sup>-1</sup>, respectivamente. A precipitação é concentrada nos meses mais quentes do ano, com ocorrência de cerca de 80% no período de outubro a março. Durante a condução do experimento, no segundo ano, houve redução da precipitação e aumento da temperatura média. O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO eutrófico (LVe) (ANDRIOLI e CENTURION, 1999), caracterizado por textura muito argilosa (>50%), alto teor de ferro, boa fertilidade e relevo suave. O experimento foi conduzido em área útil de 288 m<sup>2</sup>, constituídas de 20 parcelas de 14,4 m<sup>2</sup>, com 2,4 m de largura e 6 m de comprimento. A distribuição da lâmina de irrigação de EET foi obtida com um sistema de aspersão em linha tripla, possibilitando definir cinco tratamentos, em quatro repetições, com as seguintes frações do efluente em água: E5=1,00; E4=0,87; E3=0,60; E2=0,31 e E1=0,11. O controle da fertirrigação seguiu a necessidade nutricional da cultura, conforme proposto por Vilela et al. (1998) de reposição de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) exportado pelas forrageiras ao longo do ano ou a demanda hídrica pelo método FAO 56 (FARIA et al., 2002), no tratamento referência (E3), considerando o critério de maior valor no intervalo de 28 dias. As lâminas de irrigação foram de 750, 661 e 842 mm no verão, outono-inverno e primavera, aplicando 1.132 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio no tratamento E5 (Tabela 1). O excesso hídrico, principalmente no período chuvoso, foi consequência do critério nutricional.

TABELA 1. Adubação nitrogenada via EET (kg ha<sup>-1</sup>) no verão, outono-inverno e primavera, em 2014.

Estação	E5	E4	E3	E2	E1
Verão	346	304	210	107	38
Outono-Inverno	366	321	222	113	40
Primavera	420	369	255	130	46
Total	1.132	994	687	350	124

Os demais nutrientes, foram aplicados, via EET, as seguintes quantidades (kg ha<sup>-1</sup>), no tratamento E5: P=21, K=463, Ca=358, Mg=108, Na=1.428, SO=421, Fe=17, Mn=2 e Zn=3. Os demais tratamentos receberam quantidades proporcionais às frações de aplicação definida em cada tratamento. Na forma mineral, foi aplicado no verão, outono-inverno e primavera, adubação mineral complementar de P e K foi de 136 e 696 kg ha<sup>-1</sup>. As adubações foram escalonadas de acordo com as necessidades da cultura em cada ciclo de corte (28 dias). As avaliações qualitativas da forrageira em proteína bruta (PB) foram analisadas conforme proposto por Silva e Queiroz (2006) e nitrogênio foliar pelo método de Bataglia et al. (1983) (Boletim Técnico n° 78). As periodicidades das análises foram nas respectivas estações do ano. O sensor ótico ativo utilizado foi o GreenSeeker Hand Held. O sensoriamento de avaliação com o GreenSeeker foi realizado manualmente, com passagem sobre a forrageira a uma altura de 0,5 m, avaliando sempre as linhas centrais de cada parcela. O monitoramento era feito sempre um dia antes do início da colheita. A calibração do GreenSeeker era realizada sempre em solo sem vegetação. As leituras em todos os tratamentos foram obtidas a partir de uma altura média de 0,8 a 1,0 m entre o sensor e o alvo (GROHS et al., 2009) realizada em 7,2 m<sup>2</sup> (12 m de deslocamento linear sobre a unidade experimental, multiplicado pela largura útil de 0,6 m captada pelo sensor). Foram gerados de 20 a 30 medições do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) por tratamento.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Houve tendência de aumento nas leituras do NDVI em resposta ao aumento das doses graduais de nitrogênio via EET (Figura 1). Obteve correlação muito forte ( $R > 0,99$ ) entre as doses de nitrogênio e o NDVI. Os maiores efeitos graduais por tratamento no NDVI foram obtidos no outono-inverno. Este fato ocorreu devido à estiagem no período, favorecendo uma maior absorção de nitrogênio via EET pela forrageira e um menor índice de área foliar, causando acúmulo de nutrientes e de clorofila.

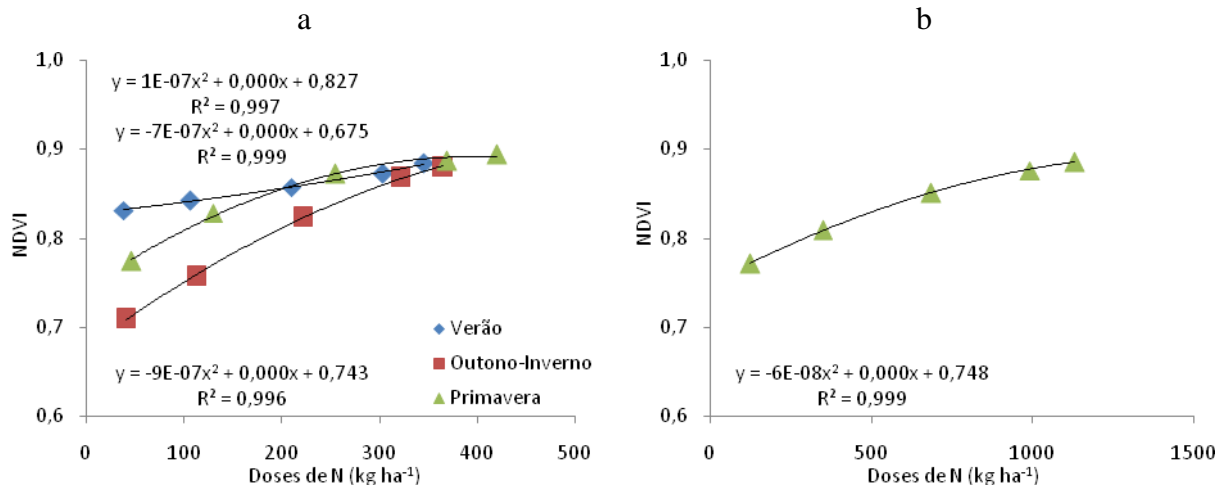


FIGURA 1. NDVI em função das doses de nitrogênio via EET aplicada sazonal (a) e anual (b).

No outono-inverno e na primavera, doses de nitrogênio inferior a 200 kg ha<sup>-1</sup> por estação do ano propiciou em menor desenvolvimento da forrageira, havendo muitas falhas tendo influência direta do solo exposto ou de biomassa seca, resultando em menos valores de NDVI. No verão, os fatores climáticos favoreceram no rápido desenvolvimento da cultura, sendo possível determinar com mais acurácia e sem interferência a variabilidade da reflectância do dossel. Resultados semelhantes foram obtidos por Povhet al. (2008) avaliando as relações das leituras realizadas com um sensor ótico ativo com doses de N, concentração de nitrogênio nas folhas, produção de matéria seca e produtividade de grãos nas culturas de trigo, triticale, cevada e milho. Deghaid et al. (2014) avaliando a correlação entre o NDVI e a produtividade do amendoim na produção de massa verde e seca do amendoim obtiveram regressão linear positiva e coeficientes de correlação de 0,31 e 0,27, respectivamente. Os baixos valores de NDVI foram atribuídos à exposição de solo nu entre fileiras de plantas. A aplicação sucessiva e gradual de EET propiciou em melhor qualidade foliar em nitrogênio correlacionando com os maiores índices de NDVI (Figura 2). Houve correlação muito forte ( $R > 0,9$ ) com o NDVI e o nitrogênio foliar.

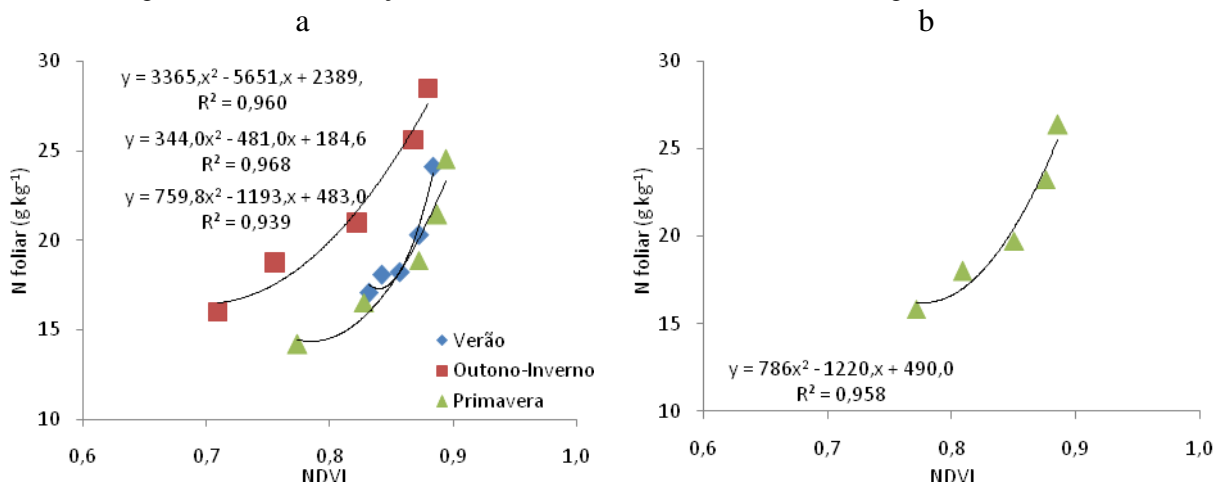


FIGURA 2. Nitrogênio foliar em função do NDVI sazonal (a) e anual (b).

O decréscimo no teor de nitrogênio foliar na primavera e verão e conseqüentemente dos índices de NDVI é ocasionado pela maior velocidade de expansão foliar no período, proporcionando diluição dos nutrientes foliares (SILVA et al., 2012). Motomiya et al., (2009) avaliando a deficiência de nitrogênio foliar na cultura do algodoeiro utilizando sensor ótico ativo, obtiveram aumento dos índices de NDVI com o aumento das doses de nitrogênio aplicado, mostrando-se eficiente ferramenta para detecção de deficiência de nitrogênio foliar. A disponibilidade de nitrogênio favoreceu em melhor qualidade nutricional da forrageira em consequência do aumento de compostos mais digestíveis, havendo efeito gradual no teor de proteína bruta e NDVI com a

aplicação de nitrogênio via EET. Houve forte correlação ( $R > 0,88$ ) entre o NDVI e o teor de proteína bruta da forragem (Figura 3).

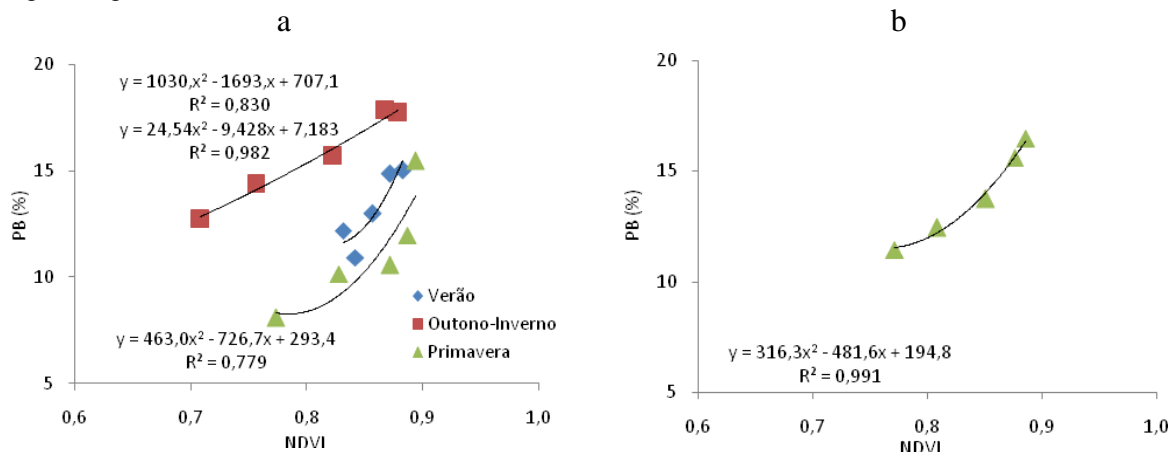


FIGURA 3. Proteína bruta em função do NDVI sazonal (a) e anual (b).

**CONCLUSÕES:** A aplicação sucessiva de EET propiciou em melhor qualidade foliar em Nitrogênio e Proteína Bruta correlacionando com os maiores índices de NDVI apresentando correlação muito forte com o teor de N ( $R > 0,96$ ) e forte para PB ( $R > 0,88$ ), demonstrando que o método pode ser usado para a estimativa de qualidade de forragem. A qualidade foliar e o NDVI foram crescentes em função da aplicação gradual de EET aplicado.

## REFERÊNCIAS

- ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 27, Brasília, 1999. **Anais...** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 32p. (CD-ROM).
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLAM, P. R.; GALLO, J. R. **Método de análise química de plantas**. Campinas: IAC, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- DEGHAI, J.; ROSALEN, D. L.; ZERBATO, C.; FURLANI, C. E. A. Correlação entre o índice de vegetação por diferença Normalizada (NDVI) e características agrônômicas da cultura do Amendoim. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 43., 2014, Campo Grande. **Estratégias para a redução do custo Brasil no agronegócio**. Jaboticabal: SBEA, 2014.
- FARIA, R. T. de; CARAMORI, P. H.; CHIBANA, E. Y.; BRITO, L. R. de S.; NAKAMURA, A. K.; FERREIRA, A. R. **Clima - programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos**. Londrina: IAPAR, 2002. 29p.:il. (IAPAR. Boletim Técnico, 66).
- GROHS, D. S.; BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M.; POLETTI, N. Modelo para estimativa do potencial produtivo em trigo e cevada por meio do sensor greenseeker. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n.1, p.101-112, 2009.
- MOTOMIYA, A. V. de A.; MOLIN, J. P.; CHIAVEGATO, E. J. Utilização de sensor ótico ativo para detectar deficiência foliar de nitrogênio em algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.2, p.137-145, 2009.
- NOGUEIRA, S. F.; PEREIRA, B. F. F.; GOMES, T. M.; PAULA, A. M.; SANTOS, J. A. dos; MONTES, C. R. Treated sewage effluent: agronomical and economical aspects on bermuda grassproduction. **Agricultura Water Management**, v.116, p.151-159, 2012.
- POVH, F. P. **Utilização de sensor ótico ativo em culturas de cereais**. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2007. 86p.
- POVH, F. P.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; MOLIN, R.; SALVI, J. V. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.8, p.1075-1083, 2008.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2006. 235p.
- SILVA, J. G. D.; MATOS, A. T.; BORGES, A. C.; PREVIERO, C. A. Composição químico-bromatológica e produtividade do capim-mombaça cultivado em diferentes lâminas de efluente do tratamento primário de esgoto sanitário. **Revista Ceres**, v.59, n.5, p.606-613, 2012.
- VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G. de; MACEDO, M. C. M. **Calagem e adubação para pastagens na região do cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrado. Circular Técnico 37. 1998. 16p.