

Produção de matéria seca do capim *Andropogon gayanus* cv. Planaltina estimadas por meio do NDVI

João Lucas Aires Dias¹

Paulo Alexandre Rodrigues Pereira²

Izaías de Macedo Barros³

Pedro Matheus Barboza Barros⁴

Sabino Pereira da Silva Neto⁵

Resumo

A utilização do sensoriamento remoto em estudos de manejo de pastagens é escassa, especialmente para *Andropogon gayanus* cv. Planaltina. O objetivo do trabalho foi averiguar se uma câmera digital de chip único, convertida em equipamento multiespectral, seria capaz de medir e de perceber diferenças no índice vegetativo da diferença normalizada (NDVI) no capim *Andropogon gayanus* cv. Planaltina submetida a diferentes doses de nitrogênio. Conduziu-se um experimento em casa de vegetação com delineamento em blocos casualizados, submetendo o cultivar a 5 diferentes doses de nitrogênio (tratamentos), com 4 repetições. Medições de NDVI foram realizadas sobre os dosséis utilizando um sensor óptico ativo GreenSeeker® modelo HCS-100 e comparadas com as medições da câmera Canon PowerShot A495 de chip único, convertida em equipamento multiespectral por meio da remoção do filtro de vidro que bloqueia a passagem do comprimento de onda do infravermelho. Em seu lugar, inseriu-se o filtro que permite a passagem dos comprimentos de ondas do vermelho e infravermelho próximo. As medições de ambos os equipamentos foram correlacionadas com as doses de nitrogênio, produção de matéria seca do colmo, lâminas foliares, material morto e altura do cultivar. Semelhante ao sensor óptico ativo, concluiu-se que a câmera multiespectral mediu o NDVI e percebeu diferenças na produção de matéria seca do colmo, de lâminas foliares e de material morto e da altura de plantas do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina quando submetidas a diferentes doses de nitrogênio.

Palavras-chave: Campo. Massa seca de forragem. Pastejo de precisão.

Introdução

O Brasil se destaca no agronegócio mundial como um dos principais produtores e exportadores de alimentos. Nesse cenário, a bovinocultura brasileira tem papel importante, uma vez que conta com o segundo maior rebanho do mundo. Para tanto, o rebanho do Brasil possui 214,8 milhões de cabeças que são mantidas principalmente em regime de pastejo em áreas que ocupam 171,8 milhões de hectares (IBGE, 2017).

1 Universidade Federal do Tocantins, *Campus* Gurupi. Graduando curso de Engenharia Florestal. jlucas.florestal@gmail.com. Rua 18A entre as avenidas Rio Branco e Guaporé, Gurupi-TO, 77410350.

2 Universidade Federal do Tocantins, *Campus* Gurupi. Graduando curso de Agronomia. rodriguespereira23@gmail.com.

3 Universidade Federal do Tocantins, *Campus* Gurupi. Graduando curso de Agronomia. izaia_macedo11@hotmail.com.

4 Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Viçosa. Graduando curso de Agronomia. pedrogpi12@gmail.com.

5 Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus* Gurupi. Professor doutor. sabino.pereira@ifto.edu.br.

Os bovinos no Brasil são produzidos utilizando como principais alimentos as pastagens cultivadas e nativas. Os pecuaristas usam estimativas da biomassa de gramínea disponível para determinar as taxas de lotação dos animais em pastejo (SANTOS et al., 2008). Geralmente, essa predição é realizada por meio da amostragem da gramínea, em quadro com área conhecida. Nessa amostra é determinada a disponibilidade de matéria seca que será a referência para as estimativas de oferta de forragem em todo o pasto (DEMINICIS, 2015), com isso, são realizados os ajustes da taxa de lotação animal.

Novas práticas e tecnologias usadas principalmente na agricultura de precisão estão sendo adotadas para monitoramento da biomassa da pastagem. Entre essas, destacam-se os sensores ópticos ativos que utilizam a reflectância espectral do dossel forrageiro para estimar a produtividade da pastagem (SENA JÚNIOR et al., 2007). Esses sensores usam o índice por diferença normalizada (NDVI) como medida indireta da oferta de forragem.

O surgimento e o desenvolvimento de sensores permitiram maior capacidade de aquisição de dados no campo uma vez que não realizam amostragens destrutivas e que possuem custos elevados por um longo período de tempo. Além dos sensores ópticos ativos, têm-se os sensores passivos, como as câmeras multiespectrais que também são capazes de detectar o NDVI das culturas (FONSECA et al., 2015).

As câmeras multiespectrais têm como principal vantagem, em relação aos sensores ópticos ativos, a capacidade de realizar o mapeamento da variabilidade horizontal da oferta de matéria seca do pasto, pois podem ser embarcadas em veículos aéreos não tripulados (VANTs). Essa caracterização permite distinguir adequadamente os níveis de oferta de biomassa da pastagem no plano horizontal e possibilita a previsão dos padrões de deslocamento e desempenho dos animais em pastejo.

As medidas de NDVI podem ser obtidas por câmeras que utilizam dois ou mais chips, os quais captam os diferentes comprimentos de ondas que permitem calcular o citado índice. Entretanto, essas câmeras têm design óptico complexo, o que eleva seu valor de aquisição. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a correlação do NDVI obtido por meio de câmera convencional de chip único que opera com filtro óptico multiespectral com algumas características estruturais, como a folha e o colmo do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina em função de doses de nitrogênio.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no período de 14 de janeiro de 2015 a 19 de maio de 2015 em condições de casa de vegetação localizada no Instituto Federal do Tocantins. A gramínea *Andropogon gayanus* cv. Planaltina foi cultivada em vasos de polietileno sem furos, com capacidade de cinco litros, contendo como substrato areia lavada e vermiculita na proporção de 2:1 v v⁻¹. Na fase de estabelecimento da cultura, foram realizados desbastes de plantas periodicamente para que permanecessem até cinco plantas por vaso. (SOUZA et al., 2009).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos inteiramente casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por cinco doses de nitrogênio na forma de ureia, correspondentes a 0,0; 62,5; 125,0; 87,5 e 250,0mg dm⁻³, baseados na capacidade do vaso e na proporção do substrato, sendo divididos em 4 aplicações, com intervalo de 7 dias entre as aplicações. Independentemente dos 5 tratamentos, na semeadura, a adubação em dose única de 200mg dm⁻³ de fósforo foi realizada para todos os vasos, utilizando como fonte superfosfato simples e a primeira aplicação de nitrogênio. Uma semana após a semeadura, aplicaram-se 300mg dm⁻³ de potássio na forma de cloreto de potássio e 2,25mg dm⁻³ de calcário domilítico por vaso.

No dia 24 de fevereiro de 2015, aos 42 dias após a emergência das plantas, realizou-se o corte de uniformização a 10 cm de altura em relação ao nível do solo. Os efeitos das doses de nitrogênio e dos valores de NDVI na produção de matéria seca da gramínea foram estudados durante três cortes sucessivos: 24 de março de 2015, 21 de abril de 2015 e 19 de maio de 2015, com intervalos de 28 dias entre cada corte. Todos os materiais vegetais coletados nos cortes foram pesados e colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C até atingir peso constante.

Para analisar a reflectância espectral do dossel forrageiro foi utilizado o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) (BRANDÃO et al., 2005). Os dados do NDVI foram coletados a 0,60m de altura do topo do dossel da gramínea. Para aquisição dos dados foi usada câmera Canon® Powershot A495 de 10 megapixels fixada em uma haste de estrutura metálica. A câmera foi convertida em multiespectral por meio da remoção do filtro de vidro que bloqueia a passagem do comprimento de onda do infravermelho; em substituição, inseriu-se filtro de vidro bg3 da Schott®, que permite a passagem dos comprimentos de ondas do vermelho e infravermelho próximos. As imagens dos dosséis das gramíneas foram processadas e convertidas em imagens que informam o valor de NDVI, por meio do programa ImageJ (image processing and analysis in Java), que converte as imagens de cores a valores de cinza, determinando o NDVI por meio da coloração. As medidas de reflectância espectral foram obtidas nos mesmos períodos, entre 09h e 12h, minimizando o efeito das mudanças em relação ao período de iluminação do dia.

Para verificar a eficiência da câmera multiespectral em analisar a reflectância espectral, realizou-se a leitura no NDVI com um sensor óptico ativo GreenSeeker® modelo HCS-100, que possui dois diodos emissores de luz (LED) que emitem radiação ativa em dois comprimentos de onda centralizados no vermelho (660nm) e no infravermelho próximo (770nm), com largura espectral de 25nm. Esse equipamento gera valores de NDVI que são calculados automaticamente por meio da Equação 1:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

Em que, NIR é a reflectância no infravermelho próximo e RED é a reflectância no vermelho.

De acordo com Cardoso (2014), o princípio do NDVI está relacionado à absorção da radiação na região espectral do vermelho pelas clorofilas presentes nas células vegetais e ao espalhamento ou reflectância pelas folhas da radiação na região do infravermelho próximo.

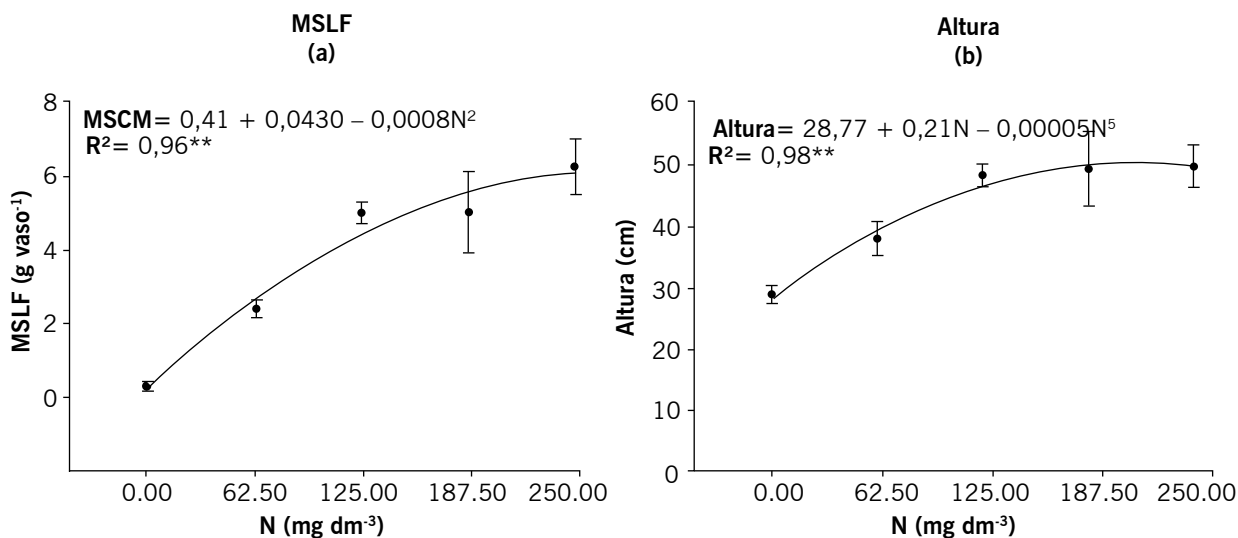
Após as coletas periódicas, os dados foram submetidos à análise de variância e regressão para verificar a significância do efeito das doses de nitrogênio sobre os valores de NDVI. A escolha da equação de regressão foi realizada com base no coeficiente de determinação (R^2), na significância da regressão e de seus coeficientes, testados ao nível de 1% e 5% de probabilidade. Os dados das características estruturais do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina foram submetidos ao estudo de correlação simples, aplicando-se o teste de Pearson a 5% e 1% de probabilidade entre os valores de NDVI da câmera multiespectral e do sensor óptico ativo.

Resultados e discussão

A análise de regressão da produção de matéria seca de lâminas foliares (MSLF) e altura de plantas do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina mostra que o nitrogênio (N) alterou essas variáveis

produtivas, as quais se ajustaram ao modelo quadrático, sendo que essas equações tiveram coeficientes de regressão de 0,96 e 0,98, respectivamente (Figura 1).

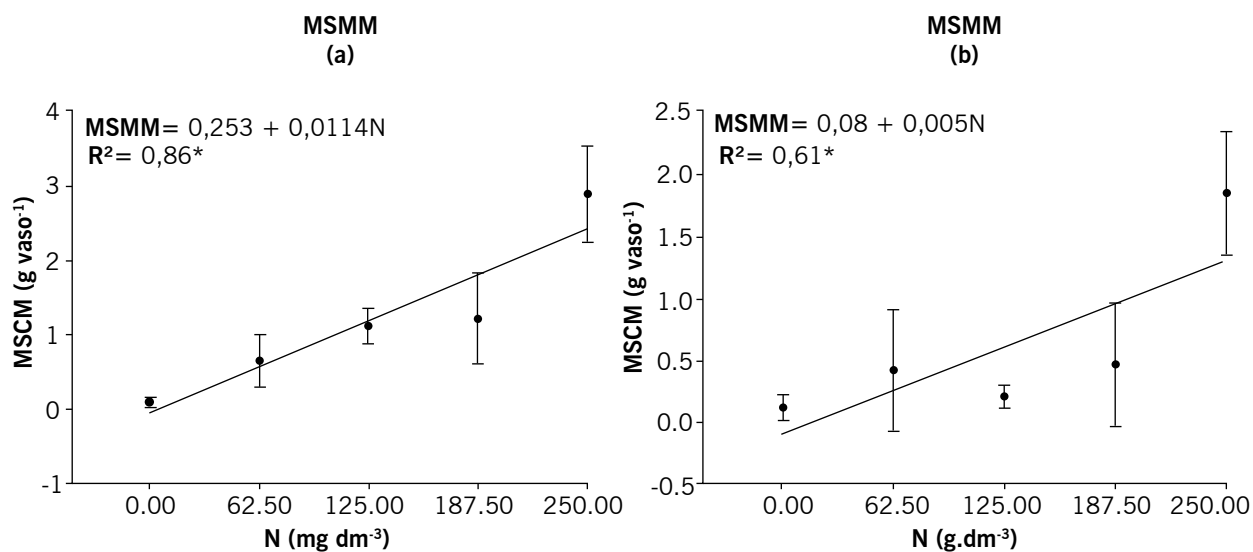
Figura 1 – Produção de matéria seca de lâminas foliares - MSLF (1a) e altura de plantas (1b) do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina em função das doses de nitrogênio. Significância de regressão ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade.



Fonte: Elaboração dos autores (2019).

A produção de matéria seca de colmo (MSCM) e de material morto (MSMM) se ajustaram ao modelo linear com coeficientes de determinação iguais a 0,86 e 0,61, respectivamente (Figura 2).

Figura 2 – Produção de matéria seca de colmo – MSCM (2a) e material morto – MSMM (2b) do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina em função das doses de nitrogênio. Significância de regressão ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade.

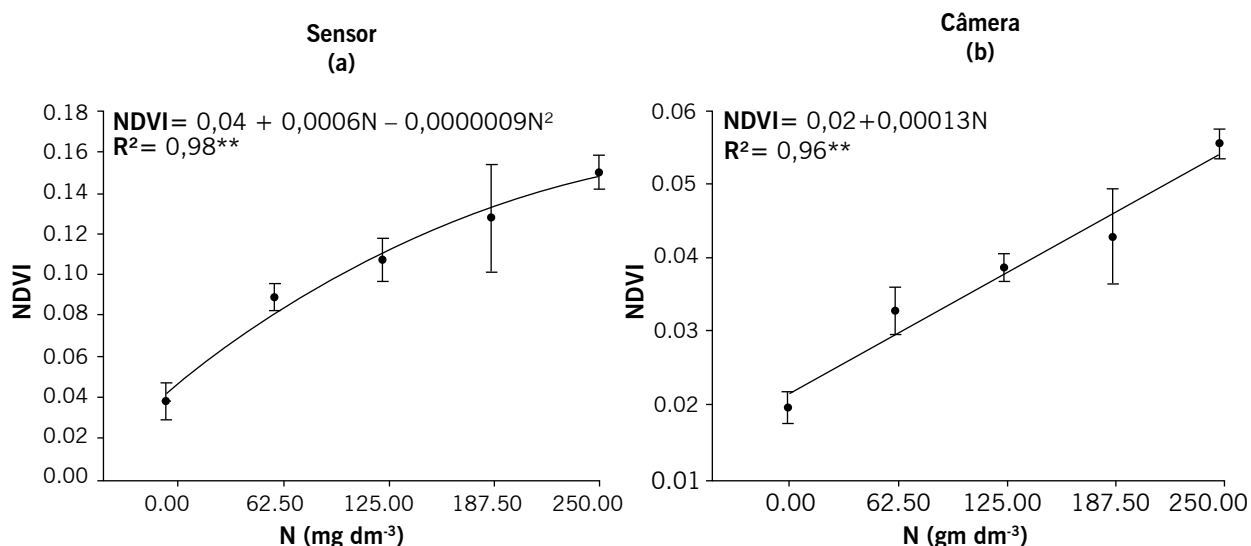


Fonte: Elaboração dos autores (2019).

A produção de matéria seca de folhas e colmo do capim-*Andropogon* é influenciada positivamente pela adubação nitrogenada (MAGALHÃES et al., 2002). Simões et al., (2015) observaram que a matéria seca do capim Tifton foi influenciada pela adubação nitrogenada, apresentando equação segundo modelo quadrático.

Os resultados da análise de regressão mostram que houve efeito das doses de N sobre as características espectrais do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina (Figura 3).

Figura 3 – Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) obtido por sensor óptico ativo (3a) e câmera multiespectral (3b) do dossel de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina, em função de diferentes doses de nitrogênio. Significância de regressão ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade.



Fonte: Elaboração dos autores (2019).

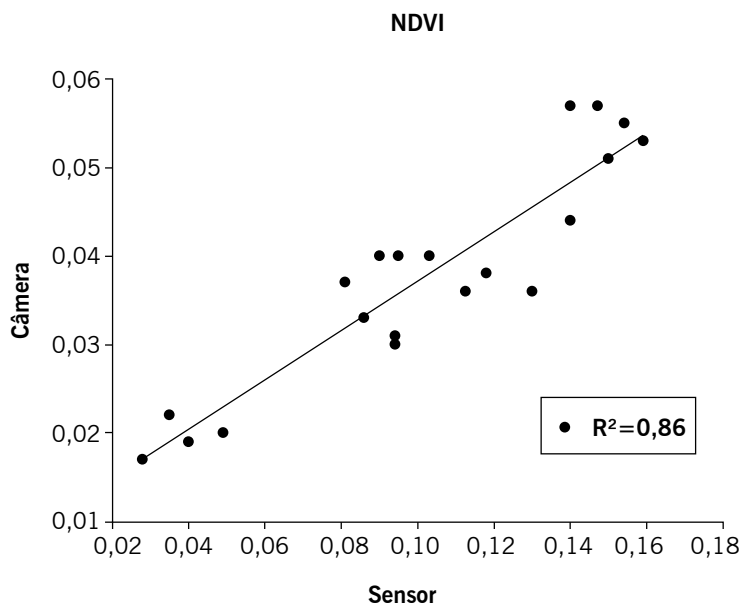
Observa-se que a resposta espectral é alterada com a variação da biomassa (FONSECA et al., 2002), pois quando se aplica N na planta há um aumento na clorofila e com isso a absorção da radiação na região do espectro visível é maior, causando o aumento do NDVI (READ et al., 2003). Assim, essas alterações espectrais foram detectadas tanto pelo sensor óptico ativo quanto pela câmera multiespectral.

Diante das predições expostas, observam-se potencial de utilização dessas tecnologias que permitirão gradualmente substituir ou complementar os métodos tradicionais de monitoramento do status de nitrogênio das plantas forrageiras. Além disso, pode proporcionar a definição do melhor momento para aplicação de nitrogênio para as gramíneas forrageiras de clima tropical, pois a deficiência de nitrogênio causa mudanças no desenvolvimento e na composição das folhas das plantas e, indiretamente, altera a distribuição espectral da radiação refletida pelas folhas de plantas deficientes (TARPLEY et al., 2000).

As equações de regressão indicam que apesar das respostas espectrais dos dosséis da cultivar Planaltina de *Andropogon gayanus* serem influenciadas pela aplicação de N, elas apresentaram comportamentos matemáticos distintos em relação aos métodos de obtenção dos valores de NDVI (Figura 2). Assim, quando se utilizou o sensor óptico ativo, os valores do NDVI se ajustaram ao modelo matemático quadrático, com o coeficiente de determinação igual a 0,98. As respostas do NDVI da câmera multiespectral convertida apresentaram comportamento matemático linear e coeficiente de

regressão igual a 0,96. Entretanto, esses dois métodos apresentam alta correlação entre os valores de NDVI dos dosséis da planta investigada (Figura 4).

Figura 4 – Correlação entre as medidas de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) obtida por sensor óptico ativo e câmera multiespectral dos dosséis do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina.



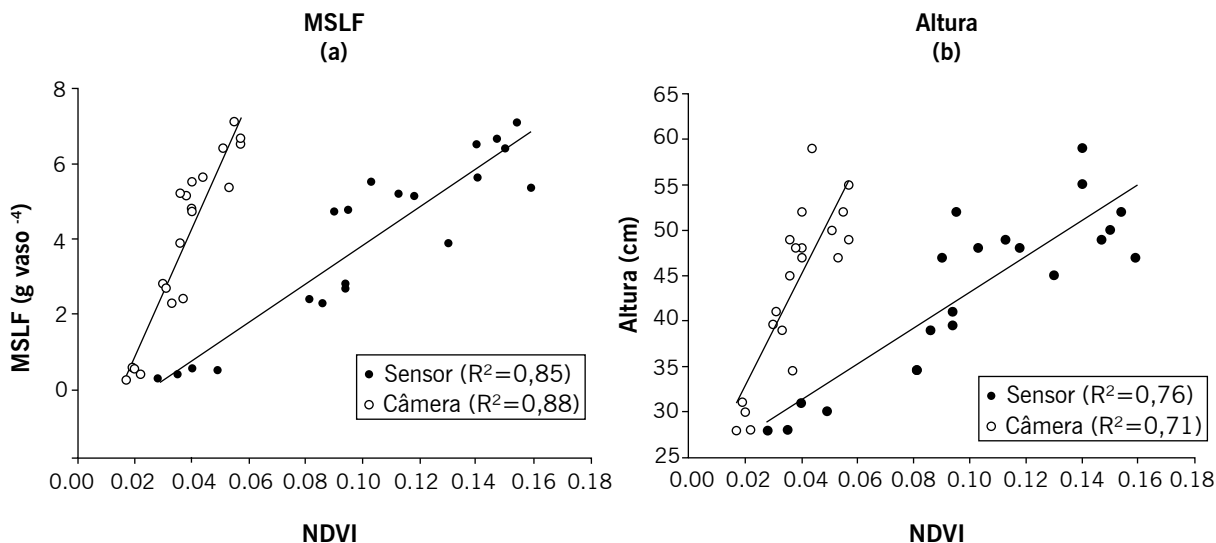
Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Podemos perceber que os valores da câmera multiespectral se aproximaram dos valores do sensor óptico (FIGURA 4), mostrando a capacidade da câmera em observar espectros refletidos. Nesse sentido, conjectura-se que os valores de NDVI obtidos pela câmera podem auxiliar o monitoramento espacial e temporal das pastagens.

Dentro das técnicas de manejo da pastagem, os ajustes da carga animal e da taxa de lotação são importantes ferramentas para adequar a intensidade de desfolha que as pastagens venham sofrer durante o pastejo dos animais. Para tanto, devem ser considerados vários fatores, tais como: categoria animal, tamanho da área, número de hectares de pastagem, forragem disponível, método de pastejo, entre outros (CARVALHO et al., 2008). Os pecuaristas usam estimativas da biomassa de gramínea disponível para determinar as taxas de lotação dos animais em pastejo (SANTOS et al, 2008). Nas amostras é determinada a disponibilidade de matéria seca que será a referência para as estimativas de oferta de forragem em todo o pasto (DEMINICIS, 2015).

Assim, com o intuito de validar a capacidade da câmera multiespectral em estimar características estruturais do capim *Andropogon* por meio dos valores de NDVI, realizou-se a análise de correlação simples entre essas variáveis (FIGURA 5). Nota-se que a produção de matéria seca de lâminas foliares (MSLF) e altura de plantas do *Andropogon* se correlacionaram positivamente com valores altos para os dois equipamentos utilizados para medir o NDVI dos dosséis forrageiros.

Figura 5 – Correlação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) obtida por sensor óptico ativo e câmera multiespectral e a produção de matéria seca de lâminas foliares – MSLF (5a) e altura (5b) de plantas do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina.



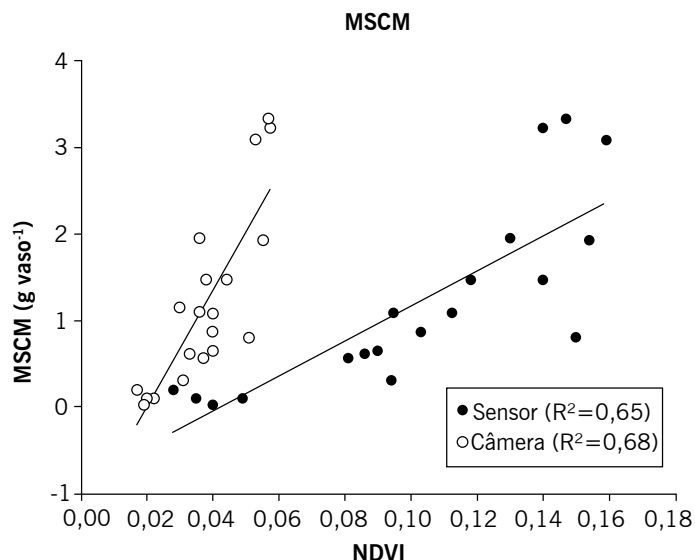
Fonte: Elaboração dos autores (2019).

A lâmina foliar da gramínea é a principal fração utilizada para realizar o ajuste da taxa de lotação dos animais em pastejo (MARTHA JÚNIOR et al., 2004). Assim, os valores de NDVI podem ser utilizados como ferramenta de manejo da pastagem, uma vez que o conhecimento da disponibilidade de MSLF é imprescindível para o manejo dos animais em pastejo (ZHAO et al., 2007). Diante disso, nota-se que o uso de valores de NDVI tem grande potencial para estimativas indiretas da disponibilidade de massa seca da forragem.

Sob essa ótica, as respostas do estudo indicam que pode-se estimar a altura das plantas por meio dos valores de NDVI. Normalmente, a variável altura é utilizada para determinar práticas de manejo da pastagem como o ajuste da carga animal ou mesmo o momento de entrada e saída dos animais de uma área de pastejo (MACHADO; KICHEL, 2004).

Em relação à variável matéria seca do colmo (MSCM) também se observou uma correlação significativa e positiva (Figura 6). A disponibilidade da fração colmo, assim como de folhas e material morto, tem uma grande variação em uma pastagem, o que gera alterações na qualidade da dieta dos animais, uma vez que esse componente morfológico tem menor digestibilidade.

Figura 6 – Correlação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) obtida por sensor óptico ativo e câmera multiespectral e produção de matéria seca do colmo (MSCM) de plantas do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina.

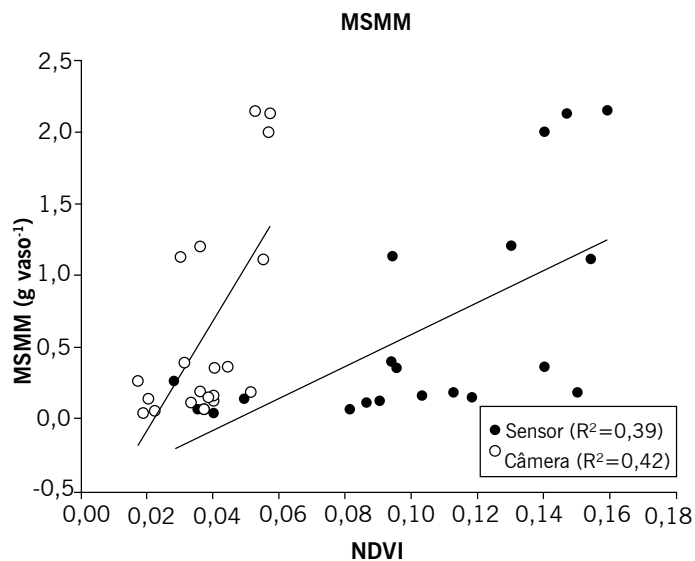


Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Assim, o uso do NDVI pode detectar variações na disponibilidade de matéria seca de colmo, o que auxilia o manejador da pastagem a adotar ações que minimizem alterações na qualidade da dieta dos animais em pastejo.

O menor valor do coeficiente de correlação foi obtido para matéria seca de material morto (Figura 7). Esse era um resultado esperado, tendo em vista que as folhas que senesceram estão localizadas na base da gramínea.

Figura 7 – Correlação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) obtida por sensor óptico ativo e câmera multiespectral e a produção de matéria seca morta (MSMM) de plantas do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina.



Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Silva Jr. et al. (2008) encontraram que a produção de matéria seca da *Urochloa decumbens* Stapf. se correlacionou positivamente com os valores de NDVI obtidos por câmeras espectrais. Abrahão et al. (2009) também observaram correlação positiva entre NDVI e produção de matéria seca do capim Tanzânia. Além disso, o uso de sensor óptico ativo também apresenta correlações significativas entre o NDVI e a produtividade da pastagem em termos de matéria verde ou de matéria seca (SERRANO et al., 2016).

Porém, pôde ser percebida uma diferenciação na predição dos gráficos quando coletados os dados por meio da câmera multiespectral e do sensor óptico ativo. Tais diferenciações de dados podem trazer consigo uma dúvida ao produtor no momento de indicação da câmera multiespectral como estimador de biomassa em pastagens de capim *Andropogon gayanus* cv. Planaltina.

As diferenças entre os valores de NDVI do sensor óptico e da câmera está ligada a algumas características técnicas, por exemplo, diferenciação na área de abrangência, luz disponível quando capturados os dados, além da área a ser estudada. O sensor óptico capta especificamente as características físicas da planta, por representar a área de captura em forma de elipse e possui radiação própria sem a necessidade de luz solar para obter dados na hora da coleta da reflectância. A câmera multiespectral captura o solo ao redor da planta.

Diante disso, é possível gerar um modelo de disponibilidade de matéria seca da gramínea, por meio das leituras de NDVI, tanto da câmera multiespectral quanto do sensor óptico ativo, sob diferentes doses de N.

Conclusões

Valores de NDVI captados por câmera multiespectral se correlacionam com as características estruturais da *Andropogon gayanus* cv. Planaltina. Diante disso, o uso de valores de NDVI do dossel em pastagem de capim *Andropogon* pode auxiliar na gestão do manejo da pastagem.

A câmera multiespectral mediu o índice vegetativo da diferença normalizada (NDVI) e percebeu diferenças na produção de matéria seca de colmo, lâminas foliares, material morto e altura de plantas do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina quando submetidas a diferentes doses de nitrogênio.

Production of *Andropogon gayanus* cv. Planaltina dry matter estimated through NDVI

Abstract

Pasture management studies seldom use remote sensing, especially for *Andropogon gayanus* cv. Planaltina. This work aimed to investigate whether a single-chip digital camera converted into multispectral equipment could measure and perceive differences in the normalized difference vegetation index (NDVI) in *Andropogon gayanus* cv. Planaltina grass subjected to different doses of nitrogen. In a greenhouse with a randomized block design, the research team subjected the cultivar to 5 different doses of nitrogen (treatments), with four replications. The group compared the NDVI measurements of canopies carried out with a GreenSeeker® HCS-100 active optical sensor and a Canon PowerShot A495 single-chip camera that was converted into a multispectral device by replacing the glass filter that blocks the passage of the infrared by a filter that allows the passage of the red and near infrared wavelengths. Both measurements were correlated with nitrogen doses, stem and leaf blades dry matter and dead material production,

and cultivar height. The study concluded that the multispectral camera, as well as the active optical sensor, measured the NDVI and noticed differences in the production of stem, leaf blades and dead material dry matter, and *Andropogon gayanus* cv. Planaltina plant height when subjected to different doses of nitrogen. **Keywords:** Field. Forage dry mass. Precision grazing.

Referências

- ABRAHÃO, S. A.; PINTO, F. A. C.; QUEIROZ, D. M.; SANTOS, N. T. S.; GLERIANI, J. M.; ALVES, E. A. Índices de vegetação de base espectral para discriminar doses de nitrogênio em capim-tanzânia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 9, p. 1637-1644, 2009.
- BRANDÃO, Z. N.; BEZERRA, M. V. C.; FREIRE, E. C.; SILVA B. B. Determinação de Índices de Vegetação usando Imagens de Satélite para uso em Agricultura de Precisão. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 5. CBA, Salvador, BA, 2005. **Anais...** Campina Grande: CNPA, 2005. CD-ROM On-line.
- CARDOSO, R. S.; AMORIM, M. C. C. T. Avaliação dos índices NDVI, NBDI e NDWI como ferramentas ao mapeamento do uso e cobertura da terra. In: Congresso Brasileiro de Geógrafos, 7, Vitória, ES, 2014.
- CARVALHO, R. C. R.; ATHAYDE, A. A. R.; VALERIANO, A. R.; MEDEIROS, L. T.; PINTO, J. C. Método de determinação da disponibilidade de forragem. **Ciência et Praxis**, Passos, MG, v. 1, n. 2, p. 7-10, 2008.
- DEMINICIS, B. B. Novas tecnologias aplicadas na produção e qualidade de forragens. In: KUHN, O. J.; NUNES, R. V.; STANGARLIN, J. R.; RAMPIM, L.; FEY, R.; COSTA, N. V.; COSTA, P. B.; GUIMARÃES, V. F.; ZAMBOM, M. A. **Ciências agrárias: tecnologias e perspectivas**. Marechal Cândido Rondon: Editora Unioeste, 2015. p. 247-256.
- FONSECA, C. R.; DIAS, J. L. A.; SILVA, T. L.; BARROS, P. M. B.; SILVA NETO, S. P. Câmera multiespectral discrimina alterações espectrais do dossel do capim-Marandu em função da adubação nitrogenada. In: Reunião anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. **Anais...** São Carlos, SP. SBPC, 2015.
- FONSECA, E. L.; ROSA, L. M. G.; FONTANA, D. C. Caracterização espectral de *Paspalum notatum* em diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 365-371, 2002.
- IBGE: Pesquisa pecuária municipal. **Efetivo do rebanho bovino em 2016**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua>>. Acesso em 13 ago. 2016.
- MACHADO, L. A. Z.; KICHEL, A. N. **Ajuste de lotação no manejo de pastagens**. Dourados, MT: Embrapa Gado de Corte, 2004. 55 p.
- MAGALHÃES, R. T. de; OLIVEIRA, I. P. de; KLIEMANN, H. J. Relações da produção de massa seca e as quantidades de nutrientes exportados por *Brachiaria brizantha* em solos sob o manejo pelo sistema "Barreirão". **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 32, n. 1, p. 1320, 2002.

MARTHA JR., G. B.; CORSI, M.; BARIONI, G. L.; VILELA, L. Intensidade de desfolha e produção de forragem do capim-tanzânia irrigado na primavera e no verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 927-936, 2004.

READ, J. J.; WHALEY, E. L.; TARPLEY, L.; REDDY, R. Evaluation of a hand-held radiometer for field determination of nitrogen status in cotton. In: SCHERPERS, J.; VANTOAI, T. Digital Imaging and Spectral Techniques: Applications to Precision Agriculture and Crop Physiology. **American Society of Agronomy Special Publication**, n. 66, 2003. p. 177-195.

SANTOS, S. A.; DESBIEZ, A.; ABREU, U. G. P.; CRISPIM, S. M. A. **Guia para estimativa da taxa de lotação e pressão de pastejo em pastagens nativas do Pantanal**. Corúmba, MS: Embrapa Pantanal, 2008. 26 p.

SENA JUNIOR, D. G.; PINTO, F. A. C.; QUEIROZ, D. M.; ALVES, E. A.; MAGALHÃES, J. R. Influência do solo na identificação de doses de nitrogênio em trigo utilizando classificadores multivariados com base em imagens digitais. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 21-26 abr. 2007, **Anais...** Florianópolis, Brasil, INPE, p. 385-392.

SERRANO, J. M.; BARRETO, S.; SHAHIDIAN, S.; SILVA, J. M.; Avaliação do sensor óptico de vegetação OptRx® na monitorização da variabilidade espacial e temporal de pastagens. **Revista de Ciências Agrárias**, 2016, v. 39, n. 2, p. 261-280, 2016.

SILVA JUNIOR, M. C.; PINTO, F. A. C.; FONSECA, D. M.; QUEIROZ, D. M.; MACIEL, B. F. Detecção do efeito da adubação nitrogenada em *Brachiaria decumbens* Stapf. Utilizando um sistema de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 37, n. 3, p. 411-419, 2008.

SILVA JUNIOR, C. A.; FRANK, T.; RODRIGUES, T. C. S. Discriminação de áreas de soja por meio de imagens EVI/MODIS e análise baseada em geo-objeto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 44-53, 2014. DOI: dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000100007.

SIMÕES, C. R.; ROSSIELLO, R. O. P.; GRACIOSA, M. G.; MACHADO, M. L.; SILVA, C. F. Imagens multiespectrais para avaliação de índice de área foliar e massa seca do capim 'Tifton 85', sob adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 697-703, 2015.

SOUZA, H. D. F.; ANDRADE, R. P. A.; KARIA, C. T. Seed production of pojugrass as influenced by crop establishment techniques. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3 Santa Maria, 2009.

TARPLEY, L.; REDDY, K. R.; SASSENATH-COLE, G. F. Reflectance indices with precision and accuracy in predicting cotton leaf nitrogen concentration. **Crop Science**, v. 40, n. 6, p.1814-1819, 2000.

ZHAO, D.; STARKS, P. J.; BROWN, M. A.; PHILIPS, W. A.; COLEMAN, S. W. Assessment of forage biomass and quality parameters of bermudagrass using proximal sensing of pasture canopy reflectance. **Grassland Science**, v. 53, n. 1, p. 39-49, 2007.

Submetido em: 22/06/2019

Aceito em: 21/10/2019