

Monitoramento da reflectância espectral da *Urochloa brizantha* cv. Marandu com câmara multiespectral e sensor óptico ativo

Camila Rosa Fosenca¹, João Lucas Aires Dias¹, Izaías de Macedo Barros¹, Júlio César Lucena Araújo², Ricardo Alencar Libório², Sabino Pereira da Silva neto²

¹Alunos do curso técnico em agronegócio integrado ao médio, Câmpus de Gurupi – Instituto Federal do Tocantins, IFTO. E-mail: camilarf18@yahoo.com.br;

²Professor do curso técnico em Agronegócio, Câmpus de Gurupi – Instituto Federal do Tocantins, IFTO. E-mail: sabino.pereira@ifto.edu.br

Resumo: O objetivo foi avaliar a capacidade de uma câmara convencional de chip único que opera com filtro óptico multiespectral e de um sensor óptico ativo em discriminar alterações no índice vegetativo da diferença normalizada (NDVI) do dossel da *Urochloa brizantha* cv. Marandu em função das doses de nitrogênio, e a capacidade desse índice de se correlacionar com as características produtivas da gramínea. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados em esquema fatorial com parcela subdividida no tempo com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram compostos por cinco doses de nitrogênio correspondentes a 0; 62,50; 125; 187,40 e 250 mg dm⁻³ e as subparcelas os cinco diferentes períodos de cortes 14, 21, 28, 35 e 42 dias. Independente do tratamento foi realizada a adubação em dose única de 200 mg dm⁻³ de fósforo uma semana após a semeadura e 300 mg dm⁻³ de potássio após o corte de estabelecimento. As predições das equações de regressão indicam que as respostas espectrais do dossel da planta forrageira foram influenciadas pela aplicação de N. Em todas as situações os valores de NDVI adquiridos pelo sensor óptico se ajustaram a modelos matemáticos de segundo grau e os da câmara multiespectral, apenas aos 42 dias de crescimento após a adubação, se ajustaram a regressão de primeiro grau. Assim, a câmara digital convertida e o sensor óptico ativo detecta mudanças na reflectância espectral dos dossel da cultivar Marandu em resposta à adubação nitrogenada.

Palavras-chave: gestão, luz, NDVI, pecuária de precisão

1. INTRODUÇÃO

O rebanho bovino brasileiro possui 204 milhões de cabeças que são mantidas, principalmente, em regime de pastejo em áreas que ocupam 152 milhões de hectares (MAPA, 2013) das quais quase 90% estão em solos ácidos e de baixa fertilidade. Diante disso, a necessidade de fertilização de pastagens é evidente, tendo em vista que a grande maioria dos solos não fornecem nutrientes de maneira adequada para o crescimento das plantas e nos níveis de extração das gramíneas utilizadas na formação de pastagens cultivadas (MARTHA JR. et al. 2007).

A sustentabilidade da pecuária em termos agronômicos, econômicos e ambientais tem como principal obstáculo o declínio na produtividade das pastagens com o passar do tempo, principalmente, devido à ausência de cuidados com a fertilidade do solo. Dentre os diversos nutrientes a adubação nitrogenada tem papel importante, tendo em vista, que essa atua positivamente sobre os fatores morfológicos da gramínea forrageira, estimulando seu crescimento e, conseqüentemente, concorrendo para o aumento da produtividade da pastagem (MARTHA JR. et al. 2007).

A avaliação do status nutricional relacionado ao nitrogênio (N) em gramíneas e diversas culturas, tradicionalmente, envolvem métodos caros, demorados e potencialmente poluidores do meio-ambiente. Entretanto, detecções automáticas têm sido desenvolvidas de forma eficaz, prática, menos onerosos e que podem ser relacionadas com outras variáveis tais como a biomassa disponível e a cobertura do solo. Além disso, esses sistemas podem correlacionar, no

espaço e tempo, a biomassa de forragem disponível e o comportamento dos animais em pastejo (ROBERTS et al. 2010).

No mercado existem medidores portáteis de clorofila, com contato físico com as folhas, que correlacionam às propriedades espectrais de transmitância de energia eletromagnética das lâminas foliares e o teor de N na planta (DWORAK et al. 2013). Além desses, o sensoriamento remoto tem-se mostrado eficaz para avaliação do status nutricional e a produtividade das pastagens, por meio, principalmente, dos índices de vegetação (ABRAHÃO et al. 2009). Entre essas medidas de refletância do dossel forrageiro as comumente usadas, para avaliar o status nutricional das plantas, da biomassa e a concentração de nutrientes são os índices vegetativos da diferença normalizada baseado nas refletâncias do vermelho (NDVI) e verde (GNDVI) (SILVA JR. et al. 2008).

As medidas de NDVI podem ser tomadas com o uso de câmeras que utilizam dois ou mais chips os quais operam em diferentes comprimentos de ondas que posteriormente permitem calcular o referido índice. No entanto, essas câmeras possuem designe óptico complexo o que eleva o seu valor de aquisição. Portanto, o interesse por projetos, que utilizam câmeras convencionais de chip único que operam com filtro óptico multiespectral, vem aumentando em razão dos baixos custos da sua conversão.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho, foi avaliar a capacidade de uma câmera convencional de chip único que opera com filtro óptico multiespectral e de um sensor óptico ativo em discriminar alterações no NDVI do dossel da *Urochloa brizantha* cv. Marandu em função das doses de nitrogênio, assim correlacionando esses índices com as características agrônomicas da gramínea, tanto da câmera digital como do sensor óptico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado no mês de dezembro de 2014 até o mês de abril de 2015 em condições de casa de vegetação no Instituto Federal do Tocantins, Câmpus Gurupi. Onde a gramínea *Urochloa Brizantha* cv Marandu foi cultivada em vasos plásticos sem furos com capacidade de oito litros contendo como substrato areia e vermiculita na proporção de 2:1 v v¹. Foram realizados desbastes periódicos de plantas até que permanecessem cinco plantas vaso⁻¹. A cada três dias realizou-se o remanejamento das posições dos vasos nas bancadas.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados em esquema fatorial com parcela subdividida no tempo com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram compostos por cinco parcelas de doses de nitrogênio correspondentes a 0; 62,50; 125; 187,40 e 250 mg dm⁻³ e as subparcelas pelos cinco diferentes períodos de cortes 14, 21, 28, 35 e 42 dias. Independente do tratamento foi realizada a adubação em dose única de 200 mg dm⁻³ de fósforo uma semana após a semeadura e 300 mg dm⁻³ de potássio após o corte de estabelecimento.

Aos 30 dias após a emergência das plantas realizou-se o corte de uniformização a 10 cm de altura do solo. Os efeitos das doses de nitrogênio, nas características produtivas da gramínea, foram estudados durante os cinco períodos de tempo. Foi realizada em cada período coletas de amostras das plantas com cortes a 10 cm acima do solo, para determinação da produção da matéria seca dos tratamentos. Colocou-se todo o material para secar em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65°C até peso constante.

Para analisar a refletância espectral do dossel forrageiro foi utilizado o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) utilizando-se para isto um sensor óptico ativo e uma câmera multiespectral. O senso óptico possui dois LED's que emitiam radiação ativa em dois comprimentos de onda centralizada no vermelho (660 nm) e no infravermelho próximo (770 nm), com largura espectral de 25 nm. Já a câmera multiespectral foi convertida por meio da remoção do filtro de vidro que bloqueia a passagem do comprimento de onde do infravermelho e em seu lugar inseriu-se filtro multiespectrais que permite a passagem dos comprimentos de ondas do vermelho e infravermelho próximo.

Os dados do sensor óptico e as imagens foram coletados a 60 cm de altura do topo do dossel da gramínea. As leituras do NDVI foram realizadas pelo sensor óptico ativo GreenSeeker® modelo HCS-100 e com a câmera Canon PowerShot A495 de chip único.

As imagens dos dosséis da gramínea foram processadas e convertidas em imagens que informam o NDVI, para isto utilizou-se o programa ImageJ (image processing and analysis in Java). Já os valores do NDVI coletados pelo sensor óptico ativo forma calculados internamente por meio da seguinte equação:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Em que, NIR é a reflectância no infravermelho próximo e RED é a reflectância no vermelho. O NDVI pode variar de -1 a +1. Valores negativos representam solo nu ou sem vegetação, e os valores maiores que zero representam a vegetação.

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 atributos avaliados, utilizando-se o programa Assisat versão 7.5 beta. 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 produtivas da gramínea se submeteram a estudo de correlação com os valores de NDVI da câmera digital e do medidor portátil.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As predições das equações de regressão indicam que as respostas espectrais do dossel da planta forrageira foram influenciadas pela aplicação de N. Em todas as situações com o uso do sensor óptico ativo os valores do NDVI se ajustaram a modelos matemáticos de segundo grau (Figura 1) e da câmera multiespectral apenas aos 42 dias de crescimento após a adubação os valores de NDVI se ajustaram a regressão de primeiro grau (Figura 3). No entanto, os coeficientes das regressões foram altos e assim são adequadas para as predições realizadas na investigação científica. A resposta quadrática se deve em parte ao aumento da clorofila que ao atingir o ponto de maturidade fotossintética que se estabiliza em determinado patamar e assim se mantém invariável, mesmo após o incremento de N no tecido vegetal (COSTA et al. 2001).

As regressões também apresentaram altos valores de coeficientes de determinação. Assim, as estimativas são adequadas para caracterizar as alterações da reflectância espectral provocadas pelas doses de N aplicadas ao capim-Marandu. Na figura 1 são apresentadas as predições, por meio de regressões, das respostas espectrais da gramínea com uso de câmera digital. Já na figura 2 são apresentadas as predições das respostas espectrais da gramínea com uso de sensor óptico ativo.

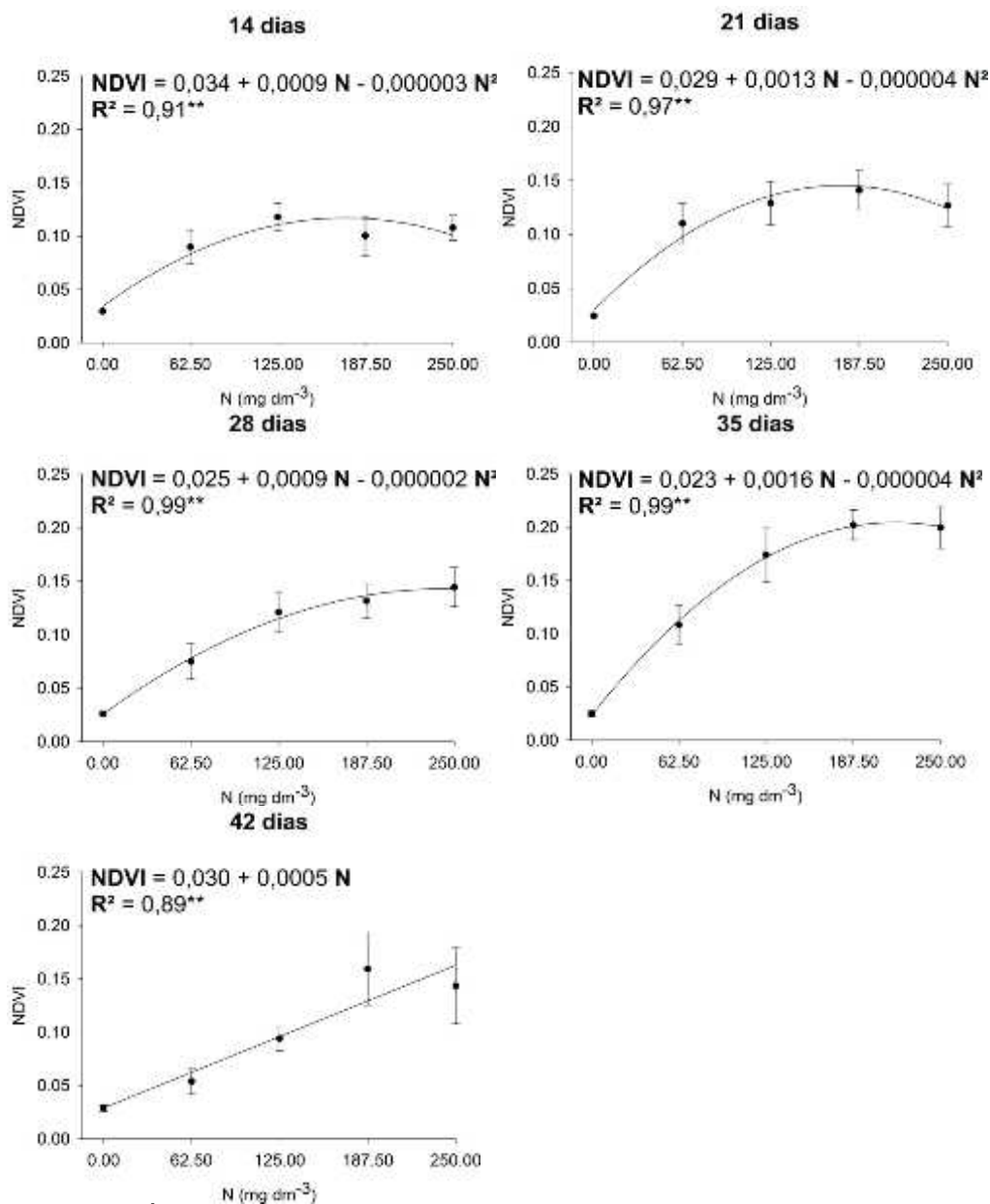


Figura 3 – Índice Vegetativo da Diferença Normalizada (NDVI) da *Urochloa brizantha* cv. Marandu em função de doses de nitrogênio (N) aos 14, 21, 28, 35 e 42 dias após corte de estabelecimento e da adubação. (**) Regressão significativa ao nível de 1% de probabilidade.

Os maiores valores de NDVI foram encontrados com adubação teórica de 150; 162,5; 225 e 200 mg dm⁻³ aos 14, 21, 28 e 35 dias de crescimento após a adubação com N, sendo esses valores 0,7; 0,13; 0,13 e 0,18. Isso significa que qualquer quantidade de nitrogênio colocada nas plantas acima desses valores, provocará uma redução no NDVI como nos gráficos acima de 14 a 35 dias, apenas aos 42 dias de idade nota-se um modelo linear crescente do valor de adubação, observando que o gráfico apresenta intenção para regressão quadrática, estima-se que caso continuasse a pesquisa aumentando as doses de N, também se adequaria ao modelo de 2º grau.

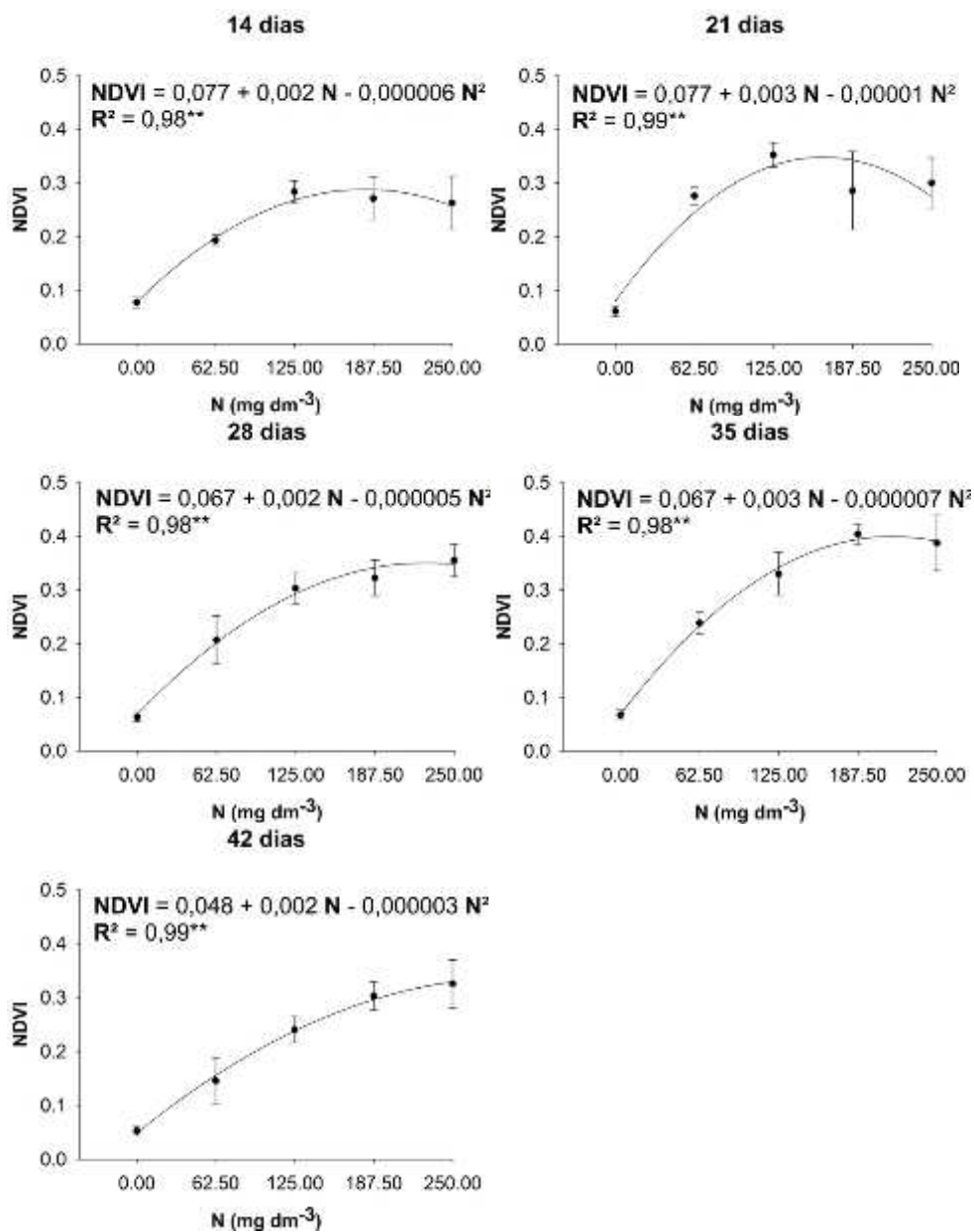


Figura 2 – Índice Vegetativo da Diferença Normalizada (NDVI) da *Urochloa brizantha* cv. Marandu em função de doses de nitrogênio (N) aos 14, 21, 28, 35 e 42 dias após corte de estabelecimento e da adubação. (**) Regressão significativa ao nível de 1% de probabilidade.

No sensor óptico ativo os maiores valores de NDVI foram encontrados com adubação teórica de 166,67; 150; 200; 214,30 e 333,34 mg dm⁻³ aos 14, 21, 28, 35 e 42 dias de crescimento após a adubação com N, com os respectivos NDVI 0,24; 0,3; 0,27; 0,39 e 0,38.

O principal componente morfológico consumido pelos animais em pastejo são as folhas. Assim os técnicos de campo realizam o ajuste da taxa de lotação animal considerando, principalmente, a disponibilidade de lâminas foliares, ajustando os valores da câmera multiespectral e do sensor ao modelo matemático de regressão linear do NDVI com as características agrônômicas do capim-Marandu, nota-se em todas as idades de crescimento correlação positiva.

Na Figura 3 e 4 são apresentados os coeficientes de correlação do NDVI da câmera multiespectral e as respostas produtivas da *Urochloa brizantha* cv. Marandu, sendo MSLF: matéria seca de lâminas foliares; MSCM: matéria seca de colmo + bainha; MSMM: matéria seca de material morto.

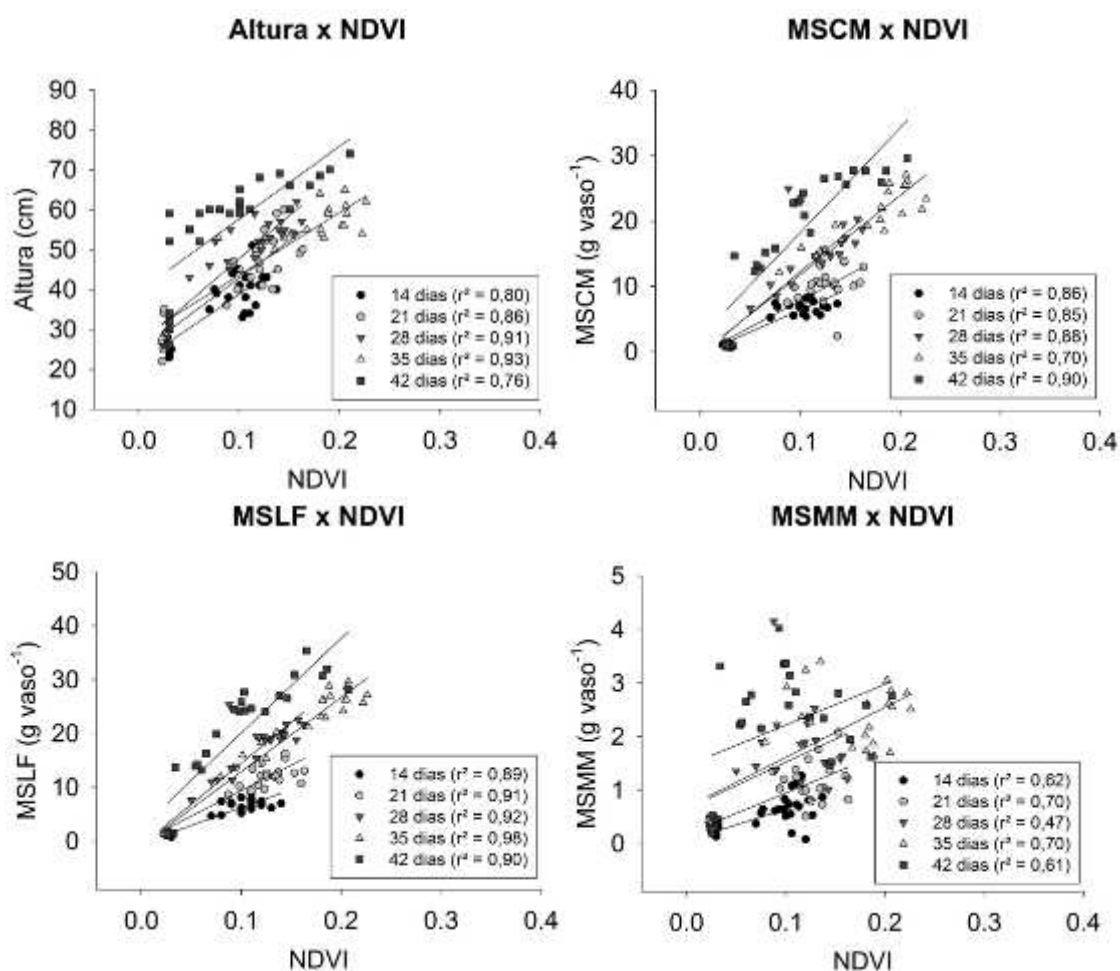


Figura 3. Correlação entre o índice vegetativo da diferença normalizada (NDVI) da camera multiespectral e as respostas produtivas da *Urochloa brizantha* cv. Marandu aos 14, 21, 28, 35 e 42 dias após corte de estabelecimento e da adubação.

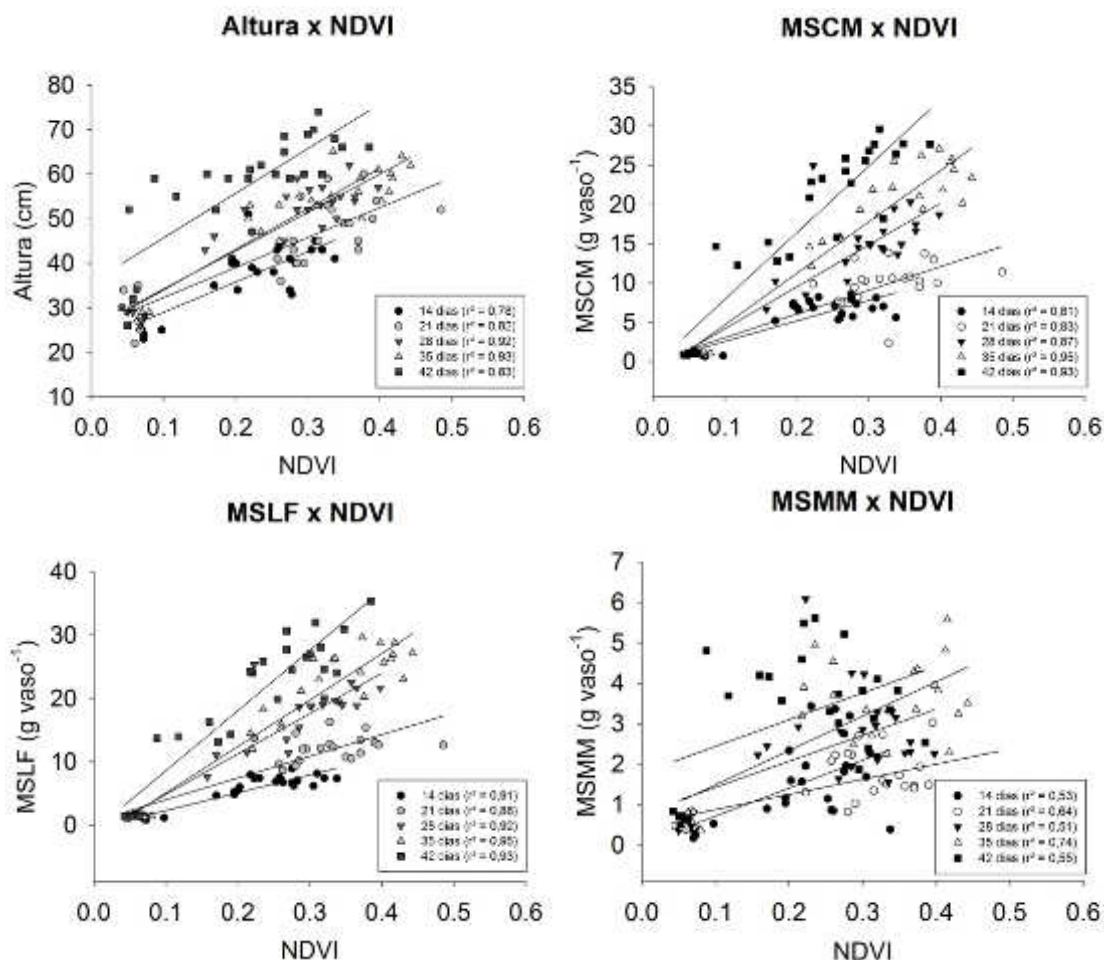


Figura 4. Coeficiente de correlação entre o índice vegetativo da diferença normalizada (NDVI) do sensor óptico e a respostas produtivas da *Urochloa brizantha* cv. Marandu aos 14, 21, 28, 35 e 42 dias de crescimento após a adubação.

Observa-se que entre as idades de 21 e 35 dias a câmera apresentou maiores valores de coeficiente de correlação (r^2) e o sensor aos 35 dias de idade. Já os dois equipamentos aos 14 dias de idade apresentaram os menores valores de r^2 a qual foi à idade de menor dose de N aplicada. E com relação às características produtivas, tanto a câmera como o sensor mostrou maior relação com matéria seca das lâminas foliares (MSLF) e os menores valores foram obtidos em matéria seca de material morto (MSMM). Esse resultado era esperado uma vez que as folhas senescentes se encontram na base da planta as quais tem seus nutrientes translocados diminuindo assim sua reflectância, dessa forma confirma que câmera multiespectral e o sensor óptico ativo podem ser viáveis no monitoramento da reflectância espectral do capim- Marandu. Essas alterações na reflectância e provocada principalmente pela quantidade de clorofila na planta que por sua vez é alterada em função de N disponível no tecido vegetal, pois, quando se aplica uma quantidade elevada de nitrogênio na planta, há um aumento na clorofila, com isso, a absorção da radiação na região do visível é maior, causando o aumento do NDVI (READ et al. 2003).

6. CONCLUSÕES

A câmera digital multiespectral e o sensor óptico ativo discriminam alterações espectrais do dossel da *Urochloa brizantha* cv. Marandu em função da adubação nitrogenada e as medidas

de NDVI obtidas com os dois aparelhos se correlacionam com as características produtivas da gramínea.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins pelo apoio a pesquisa (Edital 05/2014) e ao CNPq pela concessão de bolsas de iniciação científica na modalidade PIBIC-EM.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, S. A.; PINTO, F. A. C.; QUEIROZ, D. M.; SANTOS, N. T.; 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.

COSTA, C.; DWYER, L.M.; DUTILLEUL, P.; STEWART, D.W.; MA, B.L.; SMITH, D.L. Interrelationships of applied nitrogen, SPAD, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, n. 8, v. 24, p. 1173-1194, 2001.

DWORAK, V.; SELBECK, J. DAMMER, K.; HOFFMANN, M.; ZAREZADEH, A. A.; BOBDA, C. Strategy for the Development of a Smart NDVI Camera System for Outdoor Plant Detection and Agricultural Embedded Systems. **Sensors**, v. 13, p. 1523 – 1538, 2013.
em diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.3, p.365-371, 20

MAPA. **Pecuária brasileira reduz área e dobra produção em 36 anos**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/noticias/2013/02/pecuaria-brasileira-reduz-area-e-dobra-producao-em-36-anos>> Acesso em: 08 de junho de 2014.

MARTHA Jr., G.B.; VILELA, L. & SOUSA, D.M.G. **Adubação nitrogenada**. In: MARTHA Jr., G.B.; VILELA, L. & SOUSA, D.M.G., eds. Cerrado: Uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2007. p.117-144.

PIRES, J.L.F.; COROSSA, G.M.; STRIEDE, M.L.; DALMAGO, G.A.; CUNHA, G.R.; SANTI, A.; SILVA JÚNIOR, J.P.; SANTI, A.L.; SANTOS, H.P.; PASINATO, A.; REMOR, C. Uso de sensor óptico ativo para caracterização do perfil de NDVI em dosséis de trigo submetidos a diferentes estratégias de manejo. In: BERNARDI, A.C.C.; NAIME, J.M.; RESENDE, A.V.; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. (Eds) Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. Brasília: Embrapa, 2014. p. 279 – 286.

ROBERTS, J.; TROTTER, M.; LAMB, D.; HINCH, G.; SCHNEIDER, D. Spatio-temporal movement of livestock in relation to decreasing pasture biomass. In: **Australian Agronomy Conference, 2010**. Disponível em: <http://www.regional.org.au/au/asa/2010/pastures-forage/spatial/7131_robertsjj.htm#TopOfPage> Acesso em: 08 de junho de 2014.

SILVA JR., 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**, v. 37, n. 3, p. 411 – 419, 2008.