

## Aplicação do sensoriamento remoto na estimativa de biomassa de gramíneas

Érica Silva Nakai<sup>1</sup>  
Carlos Alberto Vettorazzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo – USP/ESALQ  
Av. Pádua Dias, 11- 13418-900 - Piracicaba - SP, Brasil  
ericanakai@usp.br  
cavettor@usp.br

**Abstract.** Vegetation is very important in climate regulation and carbon cycle to remove and store large amounts of carbon dioxide. This study quantified the aerial plant biomass to obtain the carbon stock of pastures with the aid of remote sensing at Figueira Farm, municipality of Londrina, State of Paraná, Brazil. Five 10m x10m plots were established with Tanzania grass and after their free growth, five locations of 1m<sup>2</sup> were cut to calculate biomass. Four vegetation spectral indices were generated: SR, NDVI, EVI and EVI2, as well as two buffers (50m and 100m), for greater coverage, from a scene of Landsat-8/OLI from August, 2015. The statistical analysis was performed with Pearson's correlation and stepwise regression. The Tanzania grass produced a mean biomass of 3.67 Mg.ha<sup>-1</sup> and mean carbon stock of 1.83 MgC.ha<sup>-1</sup>. The mean values of vegetation indices were 0.67 for NDVI, 0.58 for EVI, 0.54 for EVI2, and 4.80 for SR. The average values for the 50m buffer were 0.64 for NDVI, 0.54 for EVI, 0.52 for EVI2, and 4.35 for SR. The average values for the 100m buffer were 0.61 for NDVI, 0.51 for EVI, 0.49 for EVI2, and 3.98 for SR. The Pearson's correlation analysis indicated a strong negative correlation of the total biomass of pasture with all vegetation indices and buffers values. Stepwise regression analysis was significant for EVI ( $R^2=0.91$ ). It was found that vegetation indices have great potential in estimate the aboveground biomass, however these indices have not been sensitive enough to eliminate the soil effects.

**Palavras-chave:** Índices de Vegetação, Landsat, carbono, *Panicum*

## 1. Introdução

A vegetação tem grande importância na regulação climática e no ciclo do carbono ao remover e armazenar grandes quantidades de gás carbônico. Este gás é produzido pela respiração e absorvido pelas plantas através da fotossíntese. Sua remoção resulta em uma biomassa aumentada pelo crescimento das plantas (Walker et al., 2011). Desta forma, a biomassa vegetal tem sido utilizada como indicador de estoque de carbono, para entender a captura de carbono atmosférico pela vegetação. O produto da biomassa vegetal pela concentração de carbono resulta na quantificação do estoque de carbono (Higuchi et al., 2004).

As pastagens são um dos tipos de vegetação mais amplo em todo o mundo, cobrindo 15 milhões de km<sup>2</sup> nos trópicos, comparando-se com o tamanho das florestas tropicais (Scurlock, Hall, 1998). Pode ser responsável a 20% ou mais da produção terrestre de carbono total (Scurlock, Hall, 1998). De acordo com o Censo Agropecuário Brasileiro (IBGE, 2012), o território brasileiro tem aproximadamente 172,3 milhões de hectares (ha) de área total de pastagens que inclui as pastagens plantadas e pastagens naturais. Segundo Boddey et al. (2015), se a floresta é derrubada e substituída por pastagem bem manejadas, após dez anos ou mais, pode aumentar os níveis de estoque de carbono no solo. Portanto, as gramíneas têm importância de acumular carbono, além de fornecer forragem gado e população animal selvagem e reduzir a erosão (Grant et al., 2012).

Diversos estudos estimaram a biomassa de gramíneas como Sanderson et al. (1999), que compararam quatro frequências de corte do capim *Switchgrass* (*Panicum virgatum* L.) e foram obtidos altos valores de biomassa com um corte, cerca de 15-20 t.ha<sup>-1</sup>. Ribeiro (2007) quantificou a biomassa no Sítio Bom Sucesso, em Viçosa, Minas Gerais, próximo a um fragmento de Mata Atlântica. O estoque de carbono encontrado pelo autor foi de 0,42±0,18 tC.ha<sup>-1</sup> e de biomassa foi 0,84 t.ha<sup>-1</sup>. Goulart, Monteiro (2012) estimaram a biomassa de *Brachiaria decumbens* Stapf próxima à Floresta Estacional Semidecidual Submontana, no Rio de Janeiro. Os valores de biomassa variaram de 1,58 a 1,65 t.ha<sup>-1</sup> e o estoque de carbono variou entre 0,58 a 0,62 tC.ha<sup>-1</sup>.

Outra técnica, que pode analisar a estrutura e estimar a biomassa de gramíneas, é uso do sensoriamento remoto. Pode ser aplicado em grandes áreas a baixo custo e de modo eficiente por meio de análises espectral, espacial e temporal (Guo et al. 2000a; Bolfe 2011). Os estudos de pastagens com imagens do satélite Landsat foram utilizadas para vários propósitos: Todd et al. (1998) utilizaram diferentes índices de vegetação com imagens do Landsat-5/TM para estimar a biomassa acima do solo em lugares com e sem pastejo, no Colorado, Estados Unidos. Os lugares com pastejo foram linearmente relacionados com GVI, NDVI, WI e Vermelho ( $R^2=0,62\pm 0,67$ ) e não houve relações significativas com lugares sem pastejo. Gou et al. (2000b) avaliaram as relações entre fatores biofísicos da pastagem com modelos de reflectância espectral do Landsat-5/TM, no Kansas, Estados Unidos. Os autores obtiveram resultados significativos entre biomassa acima do solo e variáveis espectrais. Neste contexto, este estudo visa estimar a biomassa acima do solo e o estoque de carbono de pastagem, na Fazenda Figueira, em Londrina, Paraná, com auxílio do sensoriamento remoto.

## 2. Metodologia

A Fazenda Figueira localiza-se no município de Londrina, região norte do Estado do Paraná (PR), Brasil (Figura 1). A fazenda possui uma área de 3.686,64 ha, destes 1.865,30 ha são ocupados por pastagens.

A temperatura média anual é de 21°C (média máxima 28°C e média mínima 18°C). Segundo a classificação de Köppen, a zona climática é Cfa, na faixa de transição entre os climas tropical e subtropical, apresenta-se quente e úmido no verão e seco no inverno com geadas pouco frequentes. A precipitação anual média é de 1.600 mm, com período de

estiagem de julho e agosto, com média mensal de 50 mm (Mendonça, Danni-Oliveira, 2002; Cooper et al., 2003).

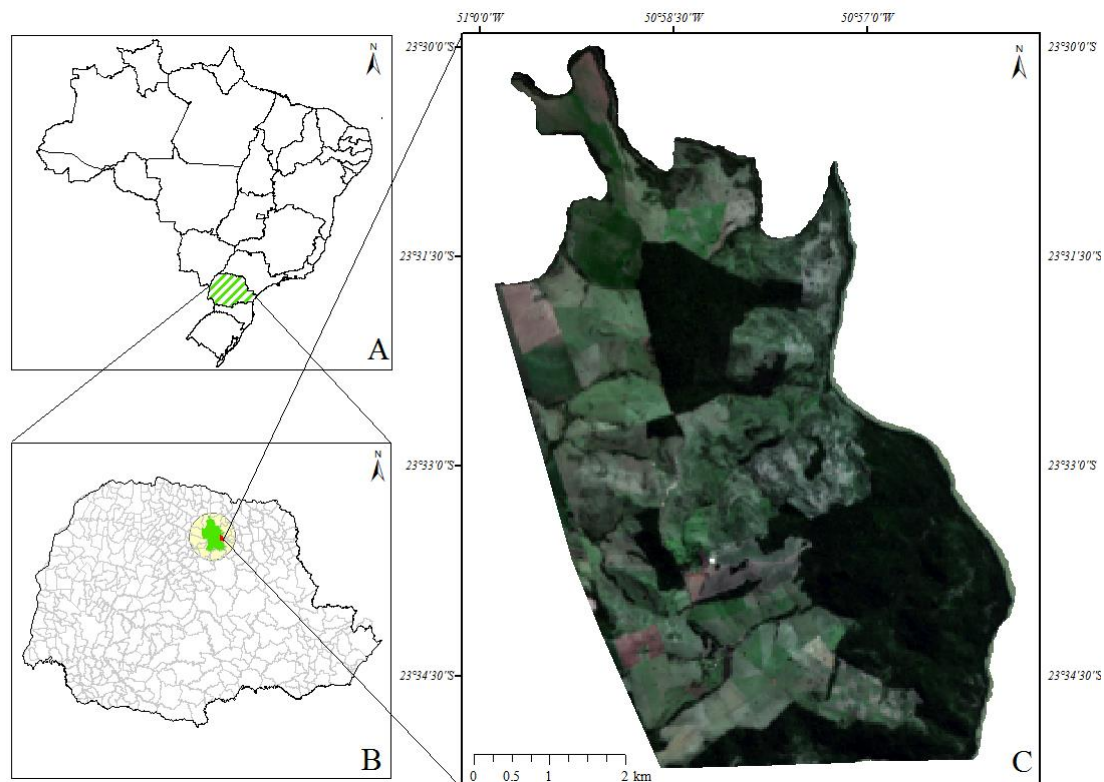


Figura 1. Localização da área de estudo. A: Mapa do Brasil destacando o Estado do Paraná; B: Estado do Paraná com município de Londrina (verde); C: Fazenda Figueira (Landsat-8/OLI, composição R(4) G(3) B(2), de 11 de agosto de 2015)

Em 2015, a temperatura média anual foi de 21,7°C, com média máxima de 28,2°C e média mínima de 16,6°C e a precipitação anual foi de 2.442 mm (Figura 2). Os dados temperatura e pluviometria foram cedidos pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), baseado na estação de Londrina.

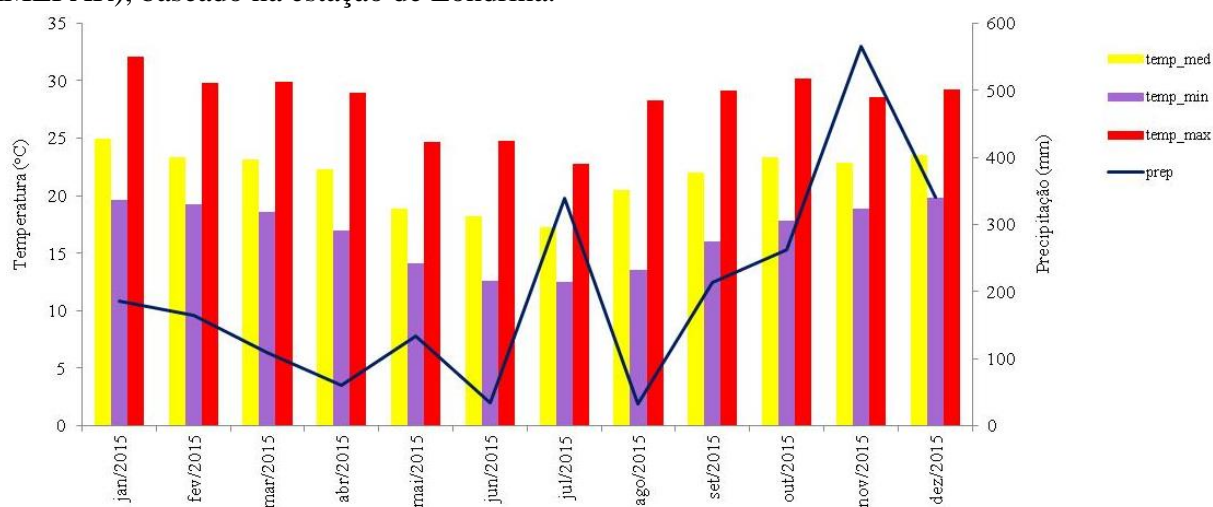


Figura 2. Temperatura média, máxima e mínima e precipitação total mensal, em 2015 (Fonte: SIMEPAR).

Foram estabelecidas cinco parcelas com o capim Tanzânia, de tamanho 10 m x 10 m, depois foi roçado ao nível do solo e foram adotadas medidas de proteção com arame para o

gado não invadir a área. Após o crescimento livre do capim, aproximadamente 180 dias, uma nova poda foi feita dentro das parcelas. Foram escolhidos cinco locais demarcados por uma moldura quadrada de 1 m<sup>2</sup>. A moldura foi posicionada em pontos representativos de altura média do dossel de cada parcela e distante da cerca, de forma a representar a condição média do pasto no momento da coleta de dados. O corte foi feito com uma segadeira costal, a uma altura de 15 cm pela dificuldade de cortar o colmo. Após o corte, a pesagem foi feita com balança eletrônica e posteriormente foram separadas subamostras de um quilo em sacos de papel identificados. Em seguida, as subamostras foram secas em estufa a 90°C por 24 horas para determinação do teor de matéria seca. A matéria seca final (MS) foi calculada pela equação (1):

$$MS \text{ final} = 1 - \frac{(MF \text{ amostra} - MS \text{ subamostra})}{MF \text{ subamostra}} \quad (1)$$

Em que MS é a matéria seca e MF é a matéria fresca. A conversão para carbono foi 50%.

Para calcular os Índices de Vegetação (IV), foi utilizada uma imagem de satélite Landsat-8/OLI. A cena foi referente a agosto de 2015, órbita ponto 222/76. A imagem foi obtida pela NASA, com Datum WGS 84 e projeção Universal Transversa de Mercator - fuso 22S. As imagens são disponibilizadas com correção geométrica e radiométrica com correção nível 1 (L1G) e a correção atmosférica foi feita com *Provisional Landsat 8 Surface Reflectance* (L8SR). Foram utilizadas as bandas 2 (0,45 - 0,51 µm), banda 4 (0,64 - 0,67 µm) e banda 5 (0,85 - 0,88 µm), referente às faixas do azul, vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético, respectivamente. Com essas bandas, foi possível calcular os índices de vegetação: Razão Simples (RS), Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação Melhorado (EVI e EVI2). Das parcelas georreferenciadas do campo, foram extraídas as médias dos valores dos pixels, também foram criados dois *buffers* de 50 m e 100 m para maior abrangência da área de vegetação (Figura 3). O processamento das imagens foi feito por meio do software ArcGIS 10.2.1.

A análise estatística foi realizada com correlação de Pearson, entre os dados obtidos de biomassa e os índices de vegetação, para quantificar o grau de associação linear entre as variáveis. Posteriormente, foi realizada a regressão *stepwise*, considerando os valores de biomassa como variáveis dependentes e índices de vegetação como variáveis independentes. Foi utilizado o software SAS *Statistical Analysis System* 9.3 para essas análises.

### 3. Resultados e Discussão

A média de biomassa da pastagem foi 3,67 Mg.ha<sup>-1</sup> e a média de carbono foi 1,83 MgC.ha<sup>-1</sup>. Os valores de biomassa acima do solo e de carbono de gramíneas foram baixos por diversos motivos: houve invasão de bezerros nas parcelas e não foi possível saber a quantidade deles e o tempo de permanência em cada parcela. Infelizmente, também houve problema social na Fazenda Figueira (invasão do Movimento Sem Terra), que prejudicou a fase de coleta de dados com o período total de crescimento de 261 dias.

Vários fatores influenciam o ciclo de crescimento das gramíneas, como temperatura, presença de água, luz e fertilidade do solo, sem desconsiderar a genética das plantas (Santos, 2006; Porter et al., 2014). Os meses de junho, julho e agosto de 2015 tiveram temperaturas mínimas abaixo de 15°C, o que poderia cessar o crescimento das gramíneas. Segundo Santos et al. (2011), as gramíneas tropicais reduzem significativamente seu crescimento a temperaturas abaixo de 22°C. Com relação à frequência de chuva, o período de crescimento do capim Tanzânia ocorreu durante os baixos valores de chuvas de 2015, o que provavelmente também poderia ter afetado o resultado da biomassa. Andrade et al. (2001) verificaram uma relação entre a redução nas taxas de acúmulo de matéria seca do capim Tanzânia com a diminuição das chuvas no período de crescimento. Outro fator que pode ter contribuído para o baixo valor da biomassa foi a senescência. De acordo com Hodgson

(1990), a folha começa a perder peso durante a senescência e pode perder aproximadamente 50% do seu peso no estado maduro.

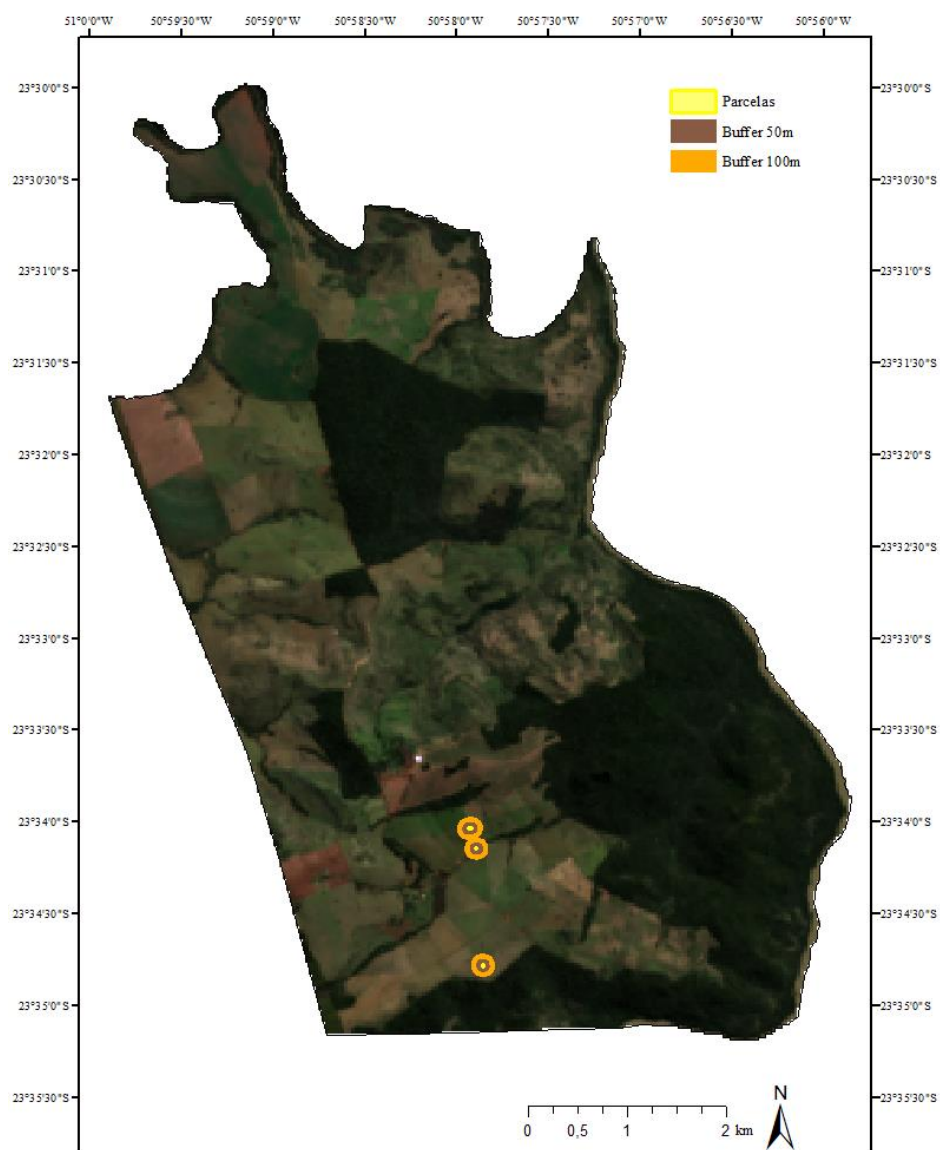


Figura 3. Representação dos *buffers* de 50 m (marrom) e 100 m (laranja), para as parcelas de capim (amarelo), em uma imagem Landsat-8/OLI, composição colorida R(4) G(3) B(2), de 11 de agosto de 2015.

Foram extraídos os valores de índices de vegetação das parcelas de capim, o valor médio de NDVI foi 0,67, o de EVI foi 0,58, EVI2 foi 0,54 e RS foi 4,80. Foram feitos *buffers* de 50m e 100 m para as parcelas de capim. Os valores médios do *buffer* de 50 m foram de 0,64 para NDVI, 0,54 para EVI, 0,51 para EVI2 e 4,35 para RS. Os valores médios do *buffer* de 100 m foram de 0,61 para NDVI, 0,51 para EVI, 0,49 para EVI2 e 3,98 para RS. O teste Tukey indicou diferença entre RS e os IV.

Os valores dos IV diminuíram à medida que aumentava o tamanho da amostra. O formato das touceiras em dossel pode ter influenciado nos resultados por limitar a quantidade de luz na parte inferior da planta, aumentando o efeito do solo sobre os índices. Também observou-se que o mês de agosto apresentou o menor índice pluviométrico, apenas 32,2 mm, e o

fotoperíodo foi menor durante o inverno, o que pode ter afetado os valores dos índices. A condição, distribuição e estrutura da vegetação podem afetar a relação entre a biomassa e os índices espectrais (Todd et al., 1998, Khanghah et al., 2014). Henebry (1993) demonstrou a dependência da disponibilidade de água em relação à produtividade de pastagem com variação dos valores NDVI de Landsat/TM. Fausto et al. (2013) encontraram valores mais baixos de NDVI na estação seca do que na chuvosa, em uma área de pastagem da fazenda Miranda, Cuiabá, utilizando imagens de Landsat-5.

A análise de correlação de Pearson indicou uma forte correlação negativa da biomassa total de pastagem com todos os índices de vegetação e valores de *buffers*. Bremm et al. (2015) também encontraram uma resposta linear negativa do NDVI com a massa de forragem nos pampas brasileiros. Os autores atribuíram a resposta ao acúmulo de materiais senescentes nas touceiras. A análise de regressão *stepwise* foi significativa com  $R^2=0,9124$  (Figura 4).

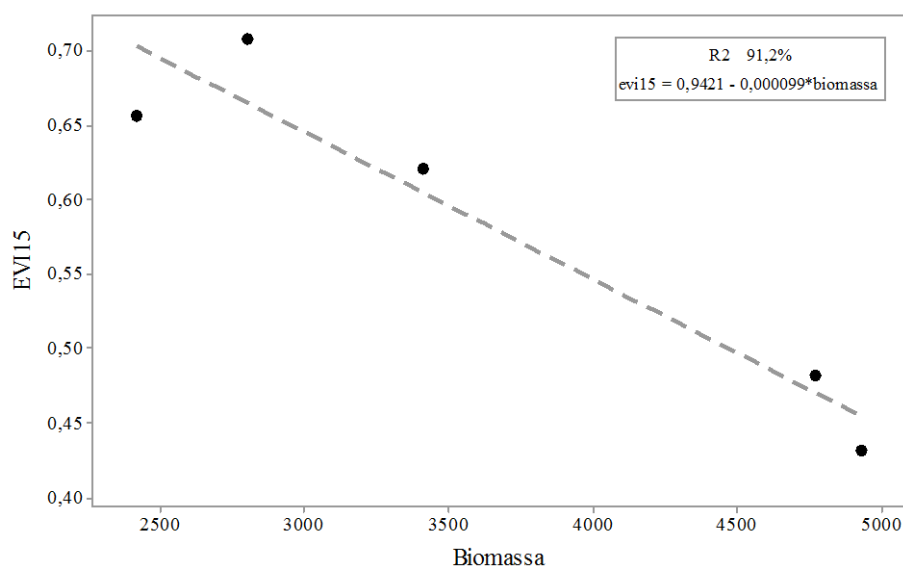


Figura 4. Gráfico da análise de regressão *stepwise*.

O índice de vegetação que melhor respondeu à regressão foi EVI. O gráfico de dispersão residual foi uniforme, tanto na região positiva como na negativa, mostrando que o modelo de regressão foi adequado (Figura 5). No estudo de Turner et al. (1992), o NDVI teve seu valor gradualmente diminuído com o acúmulo de material senescente durante a estação de crescimento do capim.

Os resultados deste estudo também mostraram uma boa correlação entre a biomassa de gramíneas com IVs, mas houve algumas limitações, como menor tamanho da parcela em comparação com o de pixel; este estudo foi conduzido com apenas um estágio de crescimento, que não permitiu uma melhor avaliação da predição da biomassa de gramíneas.

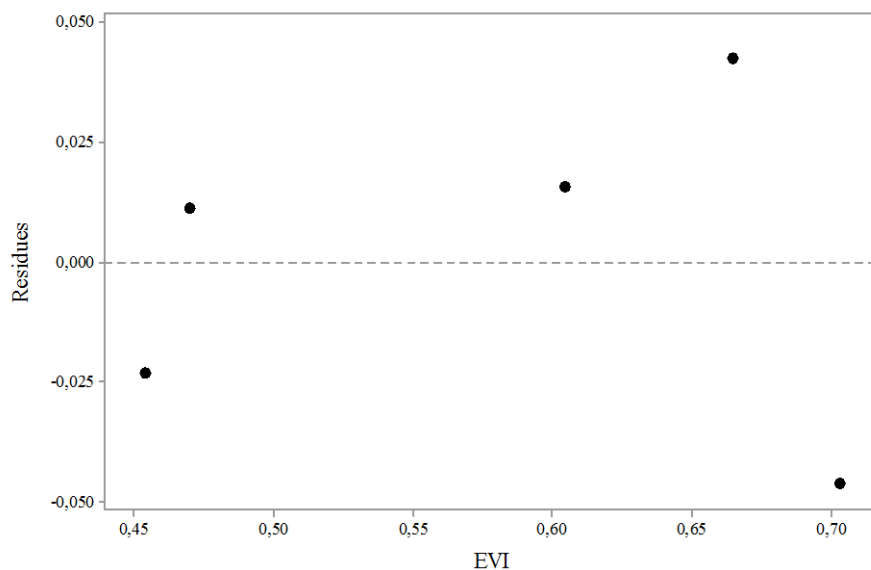


Figura 5. Gráfico de dispersão de resíduos de EVI obtidos nas parcelas.

#### 4. Conclusão

Os índices de vegetação possuem grande potencial em estimar a biomassa vegetal acima do solo, mas os índices deste estudo não tiveram sensibilidade suficiente para eliminar os efeitos do solo. Também houve influência do tamanho da parcela que não foi adequado ao tamanho do pixel da imagem do Landsat. Além disso, a imagem foi adquirida num período muito seco, que influencia nos baixos valores dos índices de vegetação.

#### Referências

- Andrade, C. M. S. de; Garcia, R.; Couto, L.; Pereira, O. G. Fatores Limitantes ao Crescimento do Capim-Tanzânia em um Sistema Agrossilvipastoril com Eucalipto, na Região dos Cerrados de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 30, n. 4, p. 1178-1185, 2001.
- Boddey, R. M., Urquiaga, S., Jantalia, C. P., Alves, B. J. Balanço de carbono em sistemas pastoris e de integração lavoura-pecuária no Brasil. **Anais do 27º Simpósio sobre manejo da pastagem**. Sistemas de produção, intensificação e sustentabilidade da produção animal. Piracicaba-SP, Brasil, 2015. 288 p.
- Bolfe, E. L.; Andrade, R. G.; Vicente, L. E.; Batistella, M.; Grego, C. R.; Victoria, D. de C. Uso de geotecnologias no monitoramento de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Embrapa gado de corte: Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. Campo Grande-MS, Brasil, 2011, p. 71-80.
- Bremm; C.; Bredemeier, C.; Oliveira, C. A .O. de; Junges, A. H.; Silva, C. S. da; Carvalho, P. C. de F. Estimativa de forragem por sensor remoto ativo de superfície em pastagens naturais do Bioma Pampa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...**São José dos Campos: INPE, 2015. p. 5180–5186.
- Cooper, M.; Sparovek, G.; Faria, L. E. O. de; Lenharo, A. R.; Marçal, F. M.; Barreto, A. P.; Garcia, M. Levantamento de solos e adequação ao uso da terra da Estação Experimental Agrozootécnica Hildegard Georgina Von Pritzelwitz. Relatório Técnico FEALQ. 2003, 111 p.
- Fausto, M. A.; Machado, N. G.; Nogueira, J. de S.; Biudes, M. S. Comparação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em uma área de cerrado, MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 9., 2013, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: 2013. p. 1-6.
- Goulart, A. C. de O.; Monteiro, J. M. G. Estoque carbono na biomassa acima do solo de pastagens e serapilheira em São José de Ubá, estado do Rio de Janeiro. In: Congresso Florestal Paranaense, 4, 2012, Paraná. **Anais...**Paraná., 2012.

Grant, K. M.; Johnson, D. L.; Hildebrand, D. V.; Peddle, D. R. 2012. Quantifying biomass production on rangeland in southern Alberta using SPOT imagery. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v. 38, n. 6, p. 695-708, 2012.

Guo, X.; Price, K. P.; Stiles, J. M. Biophysical and spectral characteristics of cool- and warm-season grasslands under three land management practices in Eastern Kansas. **Natural Resources Research**, v. 9, n. 4, p. 321-331, 2000a.

Guo, X.; Price, K. P.; Stiles, J. M. Modeling Biophysical Factors for grasslands in eastern Kansas using Landsat TM data. **Transactions of the Kansas academy of science**, v. 103, n. 3-4, p. 122-138, 2000b.

Henebry, G. M. Detecting changes in grasslands using measures of spatial dependence with landsat TM data. **Remote Sensing of Environment**. v. 46, p. 223-234, 1993.

Higuchi, N.; Chambers, J.; Santos, J. dos; Ribeiro, R. J.; Pinto, A. C. M.; Silva, R. P. da; Rocha, R. de M.; Tribuzy, E. S. Dinâmica e balanço do carbono na vegetação da Amazônia Central. **Floresta**, v. 34, n. 3, p. 295-304, 2004.

Hodgson, J. G. **Grazing management science into practice**. New York: Longman scientific & technical, 1990. 203p.

Instituto Brasileiro de Geografia Estatística – IBGE. 2012. **Pesquisa Pecuária Municipal**. Available in: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2012/>.

Khanghah, S. Y.; Arzani, H.; Javadi, S. A. Above ground biomass estimation of arid rangelands using IRS P6 imagery (case study: Deylam, Iran). **Journal of Biodiversity & Environmental Sciences**. v. 4, n. 1, p. 157-163, 2014.

Mendonça, F. de A.; Danni-Oliveira, I. M. Dinâmica atmosférica e tipos climáticos predominantes da bacia do rio Tibagi. In: Medri, M. E.; Bianchini, E.; Shibatta, O. A.; Pimenta, J. A. **A bacia do rio Tibagi**. 2002, p. 63-66.

Porter, T. F.; Chen, C.; Long, J. A.; Lawrence, R. L.; Sowell, B. F. Estimating biomass on CRP pastureland: A comparison of remote sensing techniques. **Biomass and Bioenergy**, v. 66, p. 268-274, 2014.

Ribeiro, S. C. **Quantificação do estoque de biomassa e análise econômica da implementação de projetos visando a geração de créditos de carbono em pastagem, capoeira e floresta primária**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa. 2007.

Sanderson, M. A.; Read, J. C.; Reed, R. L. Harvest management of switchgrass for biomass feedstock and forage production. **Agronomy Journal**, v. 91, n. 1, p. 5-10, 1999.

Santos, P. M.; Costa, R. Z. M. da. **Manejo de pastagens de capim-tanzânia**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. 26p. (Documentos 52).

Santos, N. L.; Azenha, M. V.; Souza, F. H. M. de; Reis, R. A.; Ruggieri, A. C. Fatores ambientais e de manejo na qualidade de pastos tropicais. **Enciclopédia Biosfera**. v. 7, n. 13, p. 531-549, 2011.

Scurlock, J. M. O.; Hall, D. O. The global carbon sink: a grassland perspective. **Global Change Biology**, v. 4, n. 2, p. 229-233, 1998.

Todd, S. W.; Hoffer, R. M.; Milchunas, D. G. Biomass estimation on grazed and ungrazed rangelands using spectral indices. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, n. 3, p. 427-438, 1998.

Turner, C. L.; Seastedt, T. R.; Dyer, M. I.; Kittel, T. G. F.; Schimel, D. S. Effects of management and topography on the radiometric response of a tallgrass prairie. **Journal of Geophysical Research**. v. 97, p. 18855-18866, 1992.

Walker, W. S.; Baccini, A.; Nepstad, D.; Horning, N.; Knight, D.; Braun, E.; Bausch, A. **Guia de campo para estimativa de biomassa florestal e estoque de carbono**. Woods Hole Research Center, 2011.