



SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM PECUÁRIA ESPECIALIZADOS QUANTO AO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO DA DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) DERIVADO DE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT 8

Rodolfo Correa **Manjolin**¹; Célia Regina **Grego**²; Sandra Furlan **Nogueira**³; Cristina Aparecida Gonçalves **Rodrigues**³; Maurício Pinto Carvalho **Conceição**⁴

Nº 16506

RESUMO – Nosso objetivo neste estudo foi avaliar espacialmente, usando geoestatística, a variação do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) em dois tipos de sistemas de pastejo: rotacionado e contínuo. A obtenção do NDVI ocorreu por meio de imagens do satélite Landsat 8 de 2013 a 2015, tratadas usando o software ArcGIS 10.3. Os valores de NDVI foram atribuídos a cada pixel (30 x 30 m) da imagem. As datas das imagens foram agrupadas em duas estações, seca (de abril a setembro) e chuvosa (de outubro a março), e os valores de NDVI foram analisados usando estatística descritiva e geoestatística, incluindo análise dos semivariogramas e interpolação por krigagem ordinária em uma grade de 1 x 1 m. Os parâmetros de dependência espacial obtidos pelo ajuste do semivariograma foram utilizados para a interpolação por krigagem ordinária, e os mapas foram elaborados. Houve dependência espacial para o NDVI nos dois sistemas de produção de pecuária, com melhor representação da variabilidade na estação seca de 2013, pois o padrão de variabilidade espacial do semivariograma escalonado indica maior homogeneidade dos dados da área de estudo nessa época em relação às demais. Os mapas resultantes da krigagem permitiram identificar, com maior precisão, a interferência da condição de estresse hídrico no desenvolvimento da pastagem, mais vigorosa no sistema rotacionado. A utilização de NDVI obtido por imagens de satélite Landsat 8 demonstrou potencial para o acompanhamento do vigor da vegetação em áreas de pastagem.

Palavras-chave: geoestatística, pastagem, variabilidade espacial.

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas-SP; r.manjolin@gmail.com.

2 Orientadora: Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP; celia.grego@embrapa.br.

3 Colaboradora, Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP.

4 Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Geografia, PUC, Campinas-SP.



ABSTRACT – *Our objective in this study was to analyze, using geostatistics, the spatial variation of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in two pasture systems: rotational and continuous. We obtained the NDVI from Landsat-8 satellite images taken from 2013 to 2015 and treated using the ArcGIS 10.3 software. The NDVI values were assigned to each pixel (30 x 30 m) in the image. The images were grouped by dates in two seasons, dry (from April to September) and rainy (from October to March), and the NDVI values were analyzed using descriptive statistics and geostatistics, including semivariogram analysis and interpolation using ordinary kriging on a 1 x 1 m grid. The spatial dependence parameters obtained by adjusting the semivariogram were used for the interpolation using ordinary kriging, and the maps were created. There was spatial dependence for the NDVI on both pasture systems, and a better representation of the variability in the dry season of 2013, because the spatial variability pattern of the scaled semivariogram indicates higher homogeneity of the data on the study area at that time in comparison to the others. The maps produced using kriging enabled identifying with greater precision the water stress condition's interference on the development of the pasture, which showed more vigour under the rotational system. The NDVI obtained from Landsat-8 satellite images showed good potential for use in the observation of plant vigour at pasture areas.*

Keywords: geoestatística, pastagem, variabilidade espacial.

1 INTRODUÇÃO

A agropecuária é um setor de grande importância econômica no Brasil, pois contribui com aproximadamente 23% do PIB e gera milhares de empregos diretos e indiretos. A pecuária de corte, por exemplo, tem se destacado, colocando o país como o segundo maior produtor de carne bovina no mundo, atrás apenas dos EUA, e o primeiro em exportação (BRASIL, 2016), com uma produção dividida entre rebanho extensivo e intensivo (IBGE, 2006). A preocupação com a degradação das pastagens é de grande importância para manter a produtividade sem precisar explorar novas áreas. Segundo Macedo et al. (1993), a degradação da pastagem é um processo de perda de vigor, de recuperação natural e de produtividade que torna a pastagem suscetível a pragas, doenças e plantas invasoras.



10º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2016 2 a 4 de agosto de 2016 – Campinas, São Paulo

Técnicas de geotecnologias, como o sensoriamento remoto, vêm sendo utilizadas como importantes ferramentas para o monitoramento das pastagens degradadas e a obtenção de índices e parâmetros, para estudo e análise dos sistemas de produção (ABDON et al., 2009; GAO et al., 2006). Segundo Andrade et al. (2013), as condições das áreas de pastagens podem ser avaliadas em diferentes escalas por dados provenientes de sensores a bordo de plataformas orbitais.

O satélite Landsat 8 (sensor OLI) é utilizado para o monitoramento de áreas. Com resolução de 30 m para as bandas do visível e do infravermelho, esse sensor disponibiliza imagens para uma mesma área a cada 16 dias, e essas imagens podem ser transformadas em imagens de reflectância da superfície terrestre e usadas no cálculo de índices de vegetação. Esses índices são frequentemente usados no monitoramento da vegetação por sensoriamento remoto, e o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) é um dos indicadores mais utilizados para estimar a quantidade de vegetação (ROUSE et al., 1973). Esse índice é sensível às características biofísicas das plantas, traduzido por um indicador numérico – -1 (solo descoberto ou com vegetação sem folhas e em condição de estresse hídrico) e 1 (vegetação com folhas e sem restrições hídricas) –, e é um indicador para o monitoramento das mudanças de uso e cobertura da terra (LIU et al., 2010).

A geoestatística, por sua vez, é uma ferramenta de importante valia para o tratamento dos dados ambientais e a interpretação dos resultados. Quando aplicada a índices de cobertura vegetal, a análise geoestatística mostra, com a detecção da dependência espacial, como os modelos de produção e tipos de manejo agropecuários alteram o vigor da cobertura vegetal a partir de dados pontuais. A identificação da variabilidade espacial de índices como o NDVI ajuda a discriminar áreas de pastagem que podem estar em processo de degradação ou em condições variadas de vigor. A análise geoestatística expressa matematicamente a relação espacial entre os dados e permite interpolar valores nos locais não amostrados, sem tendência e com variância mínima, resultando em mapas de variabilidade que auxiliam no processo de diagnóstico das condições de vigor da cobertura vegetal das pastagens.

Dentro desse contexto, nosso objetivo neste estudo foi avaliar espacialmente, por meio da geoestatística, dois sistemas de manejo da pastagem (rotacionado e contínuo), utilizando o NDVI como indicador, para apresentar qual sistema é menos suscetível à degradação da pastagem.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os sistemas de produção analisados estão localizados no campus da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA-USP) em Pirassununga, SP. São dois pastos



10º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2016
2 a 4 de agosto de 2016 – Campinas, São Paulo

experimentais. O primeiro está dividido em seis unidades experimentais, em cada uma das quais os animais foram submetidos ao método da lotação rotativa com 28 dias de descanso e 7 dias de ocupação. O segundo está dividido em três unidades experimentais, onde os animais foram submetidos ao método da lotação contínua (Figura 1). A espécie de capim utilizada é a *Urochloa brizantha* cv. Marandu (braquiarião).

A área localiza-se no Bioma Mata Atlântica. O clima local, segundo a classificação de Köppen, é o Cwa, ou clima subtropical úmido, com precipitação anual de 1.300 mm e temperatura média de 23 °C.

O solo da área de pastejo rotacionado foi corrigido em outubro de 2012 com a aplicação de calcário agrícola (1.200 kg ha⁻¹; PRNT 99%) e fertilizante N-P-K (500 kg ha⁻¹ 10:20:10).

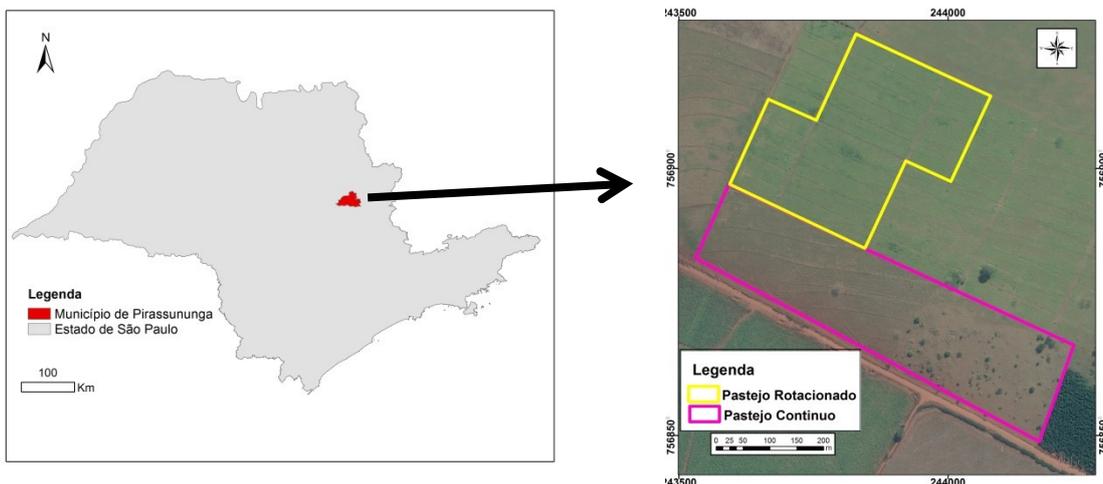


Figura 1. Área de estudo (campus experimental FZEA-USP) em Pirassununga, SP, dividida em pastejo rotacionado e pastejo contínuo.

Foram utilizadas imagens das bandas 4 (vermelho – V) e 5 (infravermelho próximo – IVP) obtidas pelo sensor *Operational Land Imager* (OLI) do satélite Landsat 8. As imagens já ortorretificadas e convertidas para valores de reflectância da superfície foram selecionadas e processadas, respectivamente, por ferramentas on-line disponíveis nos sites <http://earthexplorer.usgs.gov/> e <http://espa.cr.usgs.gov/>, ambos os serviços disponibilizados pelo *United States Geological Survey* (USGS). Foram obtidas 30 imagens de cada banda com até 10% de cobertura de nuvens, em datas diferentes entre abril de 2013 e agosto de 2015 para as estações seca e chuvosa (Tabela 1).



10º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2016
2 a 4 de agosto de 2016 – Campinas, São Paulo

Tabela 1. Data e estação do ano para os dados de NDVI obtidos nos anos de 2013 a 2015 para Pirassununga, SP.

Data	Estação	Data	Estação	Data	Estação
10/10/2013	Chuvosa	17/01/2015	Chuvosa	11/09/2014	Seca
26/10/2013	Chuvosa	17/04/2013	Seca	23/04/2015	Seca
11/11/2013	Chuvosa	19/05/2013	Seca	09/05/2015	Seca
13/12/2013	Chuvosa	06/07/2013	Seca	25/05/2015	Seca
30/01/2014	Chuvosa	13/08/2013	Seca	10/06/2015	Seca
19/03/2014	Chuvosa	08/09/2013	Seca	26/06/2015	Seca
13/10/2014	Chuvosa	04/04/2014	Seca	12/07/2015	Seca
29/10/2014	Chuvosa	07/06/2014	Seca	28/07/2015	Seca
16/12/2014	Chuvosa	10/08/2014	Seca	13/08/2015	Seca
01/01/2015	Chuvosa	26/08/2014	Seca	29/08/2015	Seca

O software ArcGIS 10.3 foi usado para calcular os valores de NDVI por meio da aplicação da Equação 1 aos valores de todos os *pixels* das imagens. Posteriormente, as imagens das diferentes datas foram empilhadas, o que possibilitou a obtenção de um único arquivo de imagem com múltiplas camadas, cada camada relacionada a uma data. Os valores de NDVI de todos os *pixels* das áreas correspondentes a cada sistema de produção foram extraídos e dispostos em uma tabela com suas respectivas datas e as coordenadas do sistema de projeção cartográfica das imagens (projeção UTM, *datum* WGS 84) do centro de cada *pixel*.

A obtenção dos valores de NDVI foi calculada pela Equação 1, descrita pela diferença entre a reflectância do infravermelho próximo (IVP) e a reflectância do vermelho (V), dividida, pela soma das duas reflectâncias IVP e V (ROUSE et al., 1973):

$$NDVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)} \quad (1)$$

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva para exploração inicial, verificação da normalidade da distribuição de frequência e para testar a significância da normalidade por meio do teste Kolmogorov-Smirnov a 5%. Para verificar a dependência espacial, interpolar os dados e elaborar os mapas, foi empregada a análise geoestatística segundo Vieira (2000). Foi construído o semivariograma, partindo das pressuposições de estacionaridade da hipótese intrínseca, e foi calculada a semivariância $\gamma(h)$ estimada pela Equação 2:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^N [Z(x_i) - Z(x_i+h)]^2 \quad (2)$$

$N(h)$ é o número de pares dos valores $Z(x_i)$, $Z(x_i+h)$, separados por um vetor h . É esperado, segundo Vieira (2000), que medições localizadas próximas sejam mais parecidas entre si que aquelas separadas por grandes distâncias, isto é, que aumente $\gamma(h)$ com a distância h até um valor



10º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2016
2 a 4 de agosto de 2016 – Campinas, São Paulo

máximo, no qual se estabiliza em um patamar correspondente à distância limite de dependência espacial, que é o alcance. Medições localizadas a distâncias maiores que o alcance terão distribuição aleatória, razão pela qual serão independentes entre si (VIEIRA, 2000).

Para análise da variabilidade espacial, o semivariograma foi ajustado com o modelo matemático de melhor correspondência. Os semivariogramas para o valor de NDVI medido em diferentes datas foram apresentados de forma escalonada de acordo com Vieira et al. (1997) e a Equação 3:

$$\gamma_{sc}(h) = \frac{\gamma(h)}{VAR(z)} \quad (3)$$

$\gamma_{sc}(h)$ é o semivariograma escalonado, $\gamma(h)$ é o semivariograma original e $VAR(z)$ é a variância dos dados. Teoricamente, essa equação requer a existência de uma variância finita, a qual pode ser garantida se a estacionaridade de segunda ordem existir. Entretanto, a grandeza usada neste cálculo é apenas o número convenientemente calculado para a variância dos dados, mas não exatamente a grandeza estatística variância. O escalonamento foi utilizado com a finalidade de elaborar vários semivariogramas no mesmo gráfico, pois os dados apresentam a mesma escala no eixo das semivariâncias. Quando semivariogramas escalonados agrupam-se, pode-se dizer que as propriedades envolvidas têm variabilidade espacial semelhante (VIEIRA et al., 1997). Os programas computacionais e procedimentos para construção e ajuste do modelo do semivariograma foram baseados no programa computacional GEOEST (VIEIRA, 2002).

O grau de dependência espacial (GD) foi calculado segundo a Equação 4 e classificado, segundo Zimback (2001), como de dependência fraca ($GD < 25\%$), dependência moderada ($26\% < GD \leq 75\%$) e dependência forte ($GD > 75\%$).

$$GD = \left(\frac{C_1}{C_0 + C_1} \right) \cdot 100 \quad (4)$$

C_0 é o chamado efeito pepita, ou seja, a semivariância na distância zero, e C_1 é a variância estrutural. Havendo dependência espacial demonstrada pelo semivariograma, pode-se estimar valores para qualquer outro local que não tenha sido amostrado usando-se a krigagem ordinária, que, segundo Vieira et al. (2002), estima os valores com condições de não tendenciosidade e com variância mínima em relação aos valores conhecidos.



Com os valores estimados, foram construídos mapas de isolinhas em função da coordenada geográfica. O uso da krigagem como interpolador permite mostrar a variabilidade espacial de determinada área, pois a partir dela é possível construir mapas de faixas de valores que, neste trabalho, foram elaborados utilizando os dados interpolados e inseridos em sistema de informações geográficas no programa ArcGIS 10.3.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva e os valores de média, mínimo, máximo e coeficiente de variação estão representados na Figura 2.

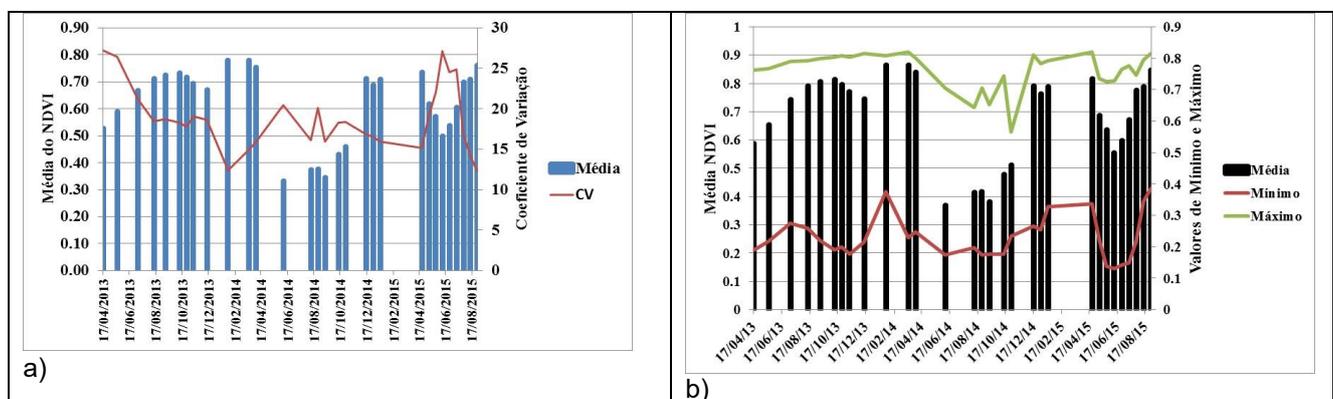


Figura 2. Resultado da análise estatística descritiva para os valores de NDVI nas datas amostradas: a) média e coeficiente de variação (CV); b) média, valor mínimo e valor máximo.

Observa-se grande variação nos valores de NDVI no decorrer do tempo mesmo dentro da mesma estação do ano, com o coeficiente de variação variando de 12% a 26% aproximadamente. O teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov indicou a não normalidade de distribuição de frequência em todas as datas. No entanto, na geostatística, mais importante que a normalidade é que os semivariogramas apresentem patamares bem definidos (SOUZA et al., 2014), permitindo identificar a dependência espacial envolvida nos dados.

De acordo com a quantidade de chuva acumulada (Figura 3) no tempo, o ano de 2014 foi atípico, apresentou menor quantidade de chuva entre 2013 e 2015 (USP, 2016) e também os menores valores de NDVI (Figura 2). Na Figura 3, é claramente identificada a diferença de precipitação do período das estações seca e chuvosa.

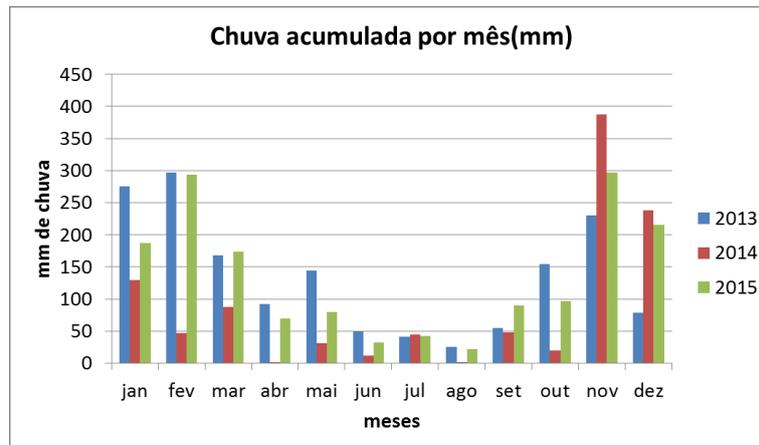


Figura 3. Chuva acumulada por mês nos anos 2013, 2014 e 2015 no Município de Pirassununga, SP.
Fonte: Estação Meteorológica da FZEA (USP, 2016).

Para a identificação da variabilidade espacial, os dados foram submetidos à análise geoestatística por meio do cálculo da semivariância e do ajuste do semivariograma escalonado (Figura 4).

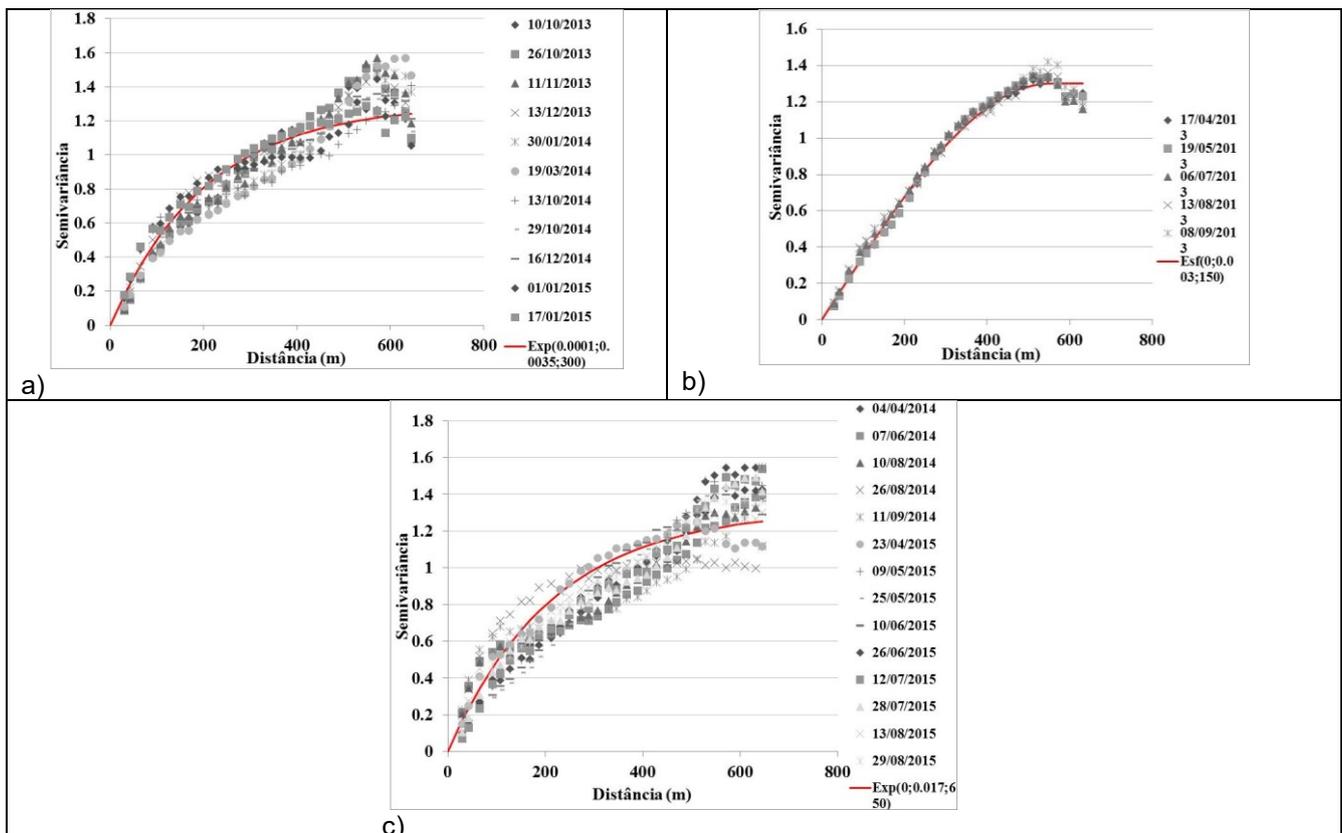


Figura 4. Semivariogramas escalonados para o NDVI: a) época chuvosa nas datas especificadas nos anos de 2013, 2014 e 2015; b) época seca nas datas especificadas para o ano de 2013; c) época seca nas datas especificadas para os anos de 2014 e 2015.



10º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2016
2 a 4 de agosto de 2016 – Campinas, São Paulo

Para a época da seca no ano de 2013 (Figura 4b), para as cinco datas, ocorre maior semelhança entre o padrão de variabilidade espacial do semivariograma escalonado, indicando maior homogeneidade dos dados da área de estudo nessa época que para as demais épocas, quando os dados apresentam-se mais dispersos, portanto com variabilidade espacial diferente. Esse comportamento também foi observado por Vieira et al. (2010) em estudo da variabilidade espacial e temporal do teor de água do solo que também utilizou semivariogramas escalonados.

Na Tabela 2, são apresentados os parâmetros de ajuste dos semivariogramas escalonados. Os semivariogramas para a estação chuvosa de 2013 a 2015 e para a estação seca de 2014 e 2015 foram ajustados utilizando o modelo exponencial e, para a estação seca de 2013, foi ajustado o modelo esférico. Todos os ajustes indicaram dependência espacial forte (grau de dependência 100%) e o alcance variou de 550 m a 650 m. O ajuste foi feito na representação gráfica da média da semivariância pela distância de todas as datas para cada estação, sendo que foi separada a estação seca de 2013 somente em decorrência da limitação do programa de cálculo, que aceita no máximo 16 colunas, segundo Vieira et al. (2002).

Tabela 2. Coeficiente de determinação (R^2), grau de dependência (GD) e raiz quadrada do erro médio (RMSE), efeito pepita (C_0), variância estrutural (C_1) e alcance das estações seca e chuvosa que apresentaram dependência espacial para NDVI.

Estação	R^2	GD (%)	RMSE	C_0	C_1	Alcance a	Modelo de ajuste
Chuvosa	0,942	100	$7,15 \times 10^{-7}$	0	1,3	620	Exponencial
Seca 2013	0,992	100	$1,22 \times 10^{-7}$	0	1,3	550	Esférico
Seca 2014/2015	0,921	100	$9,94 \times 10^{-7}$	0	1,32	650	Exponencial

Os parâmetros de ajuste para efeito pepita C_0 , variância estrutural C_1 e alcance a foram utilizados pelo interpolador krigagem ordinária, que estimou dados nos locais não amostrados. Uma grade de pontos de 1 m x 1 m foi utilizada para essa interpolação. A partir dos valores interpolados, foram construídos os mapas de faixa de valores (Figura 5). Houve dependência espacial para o NDVI na maioria das datas analisadas, porém são apresentados cinco mapas (Figura 5) escolhidos seguindo a lógica da separação das estações para pastagens, divididos em dois períodos, seco e chuvoso. São os mapas que melhor representam a variabilidade dos valores de NDVI nas datas correspondentes no período de 2013 a 2015.

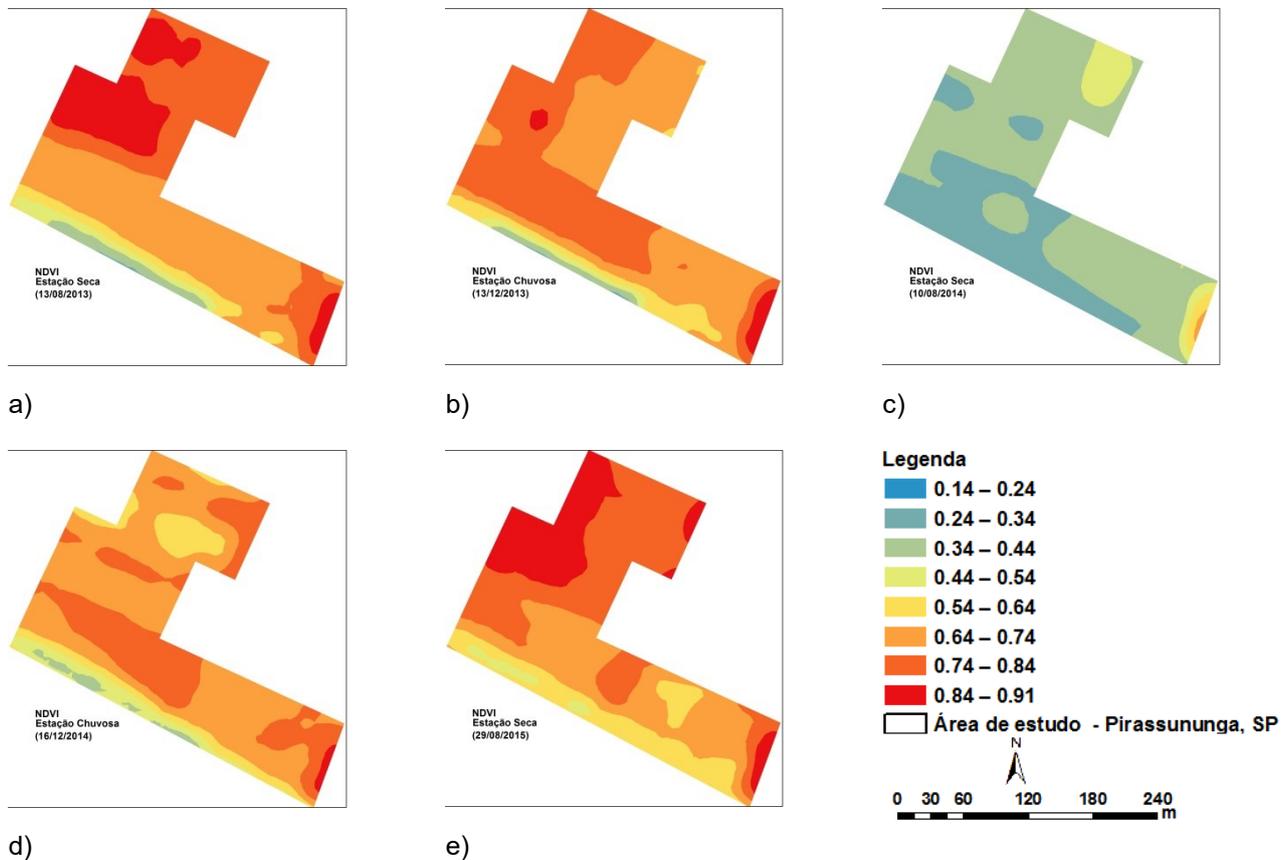


Figura 5. Mapas de faixas de valores de NDVI para: a) Estação seca de 2013; b) Estação chuvosa de 2013; c) Estação seca de 2014; d) Estação chuvosa de 2014; e) Estação seca de 2015.

Nos mapas, é possível identificar claramente a interferência direta da condição de estresse ou não estresse hídrico no desenvolvimento da pastagem, como é possível verificar cruzando as informações da chuva acumulada por mês (Figura 3) com os mapas (Figura 5). A pastagem apresenta maior vigor no sistema rotacionado em todas as estações. Porém, quando exposta a condições ideais para o desenvolvimento, ou seja, na estação chuvosa, o sistema contínuo equipara-se ao rotacionado, mostrando toda capacidade vegetativa do capim, exceto para 2014, que foi um ano atípico. Segundo Grego et al. (2016), o sistema rotacionado resulta em melhor recuperação de índice de vegetação da pastagem. Algumas faixas de valores nos mapas são resultados de experimentos envolvendo bovinos na área. A atividade de pastoreio interfere diretamente no NDVI, e é possível, em alguns casos, identificar os piquetes que estão em uso.

A vantagem de utilizar o mapa obtido por krigagem é que, partindo de uma grade de 30 m x 30 m, são atribuídos valores, por meio da interpolação, considerando a dependência espacial e gerando mapas a partir de uma grade de 1 m x 1 m, ou seja, é garantida maior precisão



10º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2016 2 a 4 de agosto de 2016 – Campinas, São Paulo

no mapeamento e, portanto, os mapas são mais representativos para verificar os aspectos quanto à relação NDVI, estresse hídrico e sistema de manejo da pastagem.

4 CONCLUSÃO

Os dois sistemas de pastejo analisados (rotacionado e contínuo) apresentaram dependência espacial do NDVI para o período analisado com alcance de 550 m a 650 m. Para diferentes datas da estação seca de 2013 houve maior semelhança entre o padrão de variabilidade espacial do semivariograma escalonado, indicando maior homogeneidade dos dados da área de estudo nessa época seca.

A espacialização do NDVI como indicador, utilizando a geoestatística, permitiu identificar a interferência da condição de estresse ou não estresse hídrico no desenvolvimento da pastagem. A pastagem apresentou maior vigor no sistema rotacionado em todas as estações, portanto, a atividade de pastoreio interfere diretamente no NDVI.

A utilização de NDVI obtido por imagens do satélite Landsat 8 mostrou-se promissora para o acompanhamento do vigor da vegetação em áreas de pastagem.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq, pela bolsa concedida, à Embrapa Monitoramento por Satélite e à Embrapa Pecuária Sudeste, líder da rede Pecus (Dinâmica de gases de efeito estufa em sistemas de produção da agropecuária brasileira).

6 REFERÊNCIAS

ABDON, M. M.; LUCIANO, A. C. S.; SILVA, J. S. V.; OLIVEIRA, M. S. Classificação de pastagens degradadas nos municípios de Corguinho e Rio Negro, MS, utilizando fusão de imagens CBERS. **Geografia**, Rio Claro, v. 34, num. esp., p. 709-720, dez, 2009.

ANDRADE, R. G.; LEIVAS, J. F.; GARÇON, E. A. M.; BAYMA-SILVA, G. S.; GOMES, D.; VICENTE, L. E.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C. Indicativo de degradação de pastagens a partir de dados Spot Vegetation. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 16., Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 6917-6922.

USP. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. **Estação Meteorológica da USP - Campus Pirassununga**. Disponível em: <<http://www.agrariasusp.com.br/agrariasusp01/estacao.html>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

GAO, Q.; LI, Y.; WAN Y.; LIN, E.; XIONG, W.; JIANGCUN, W.; WANG, B.; LI, W. Grassland degradation in Northern Tibet based on remote sensing data. **Journal of Geographical Sciences**, v. 16, n. 2, p. 165-173, 2006.

GREGO, C. R.; MANJOLIN, R. C.; NOGUEIRA, S. F.; RODRIGUES, C. A. G.; BAYMA-SILVA, G.; CONCEIÇÃO, M. P. C.; HERLING, V. R. Geostatistical Analysis of NDVI in rotational and continuous grazing



10º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2016
2 a 4 de agosto de 2016 – Campinas, São Paulo

pastures. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GASES DE EFEITO ESTUFA NA AGROPECUÁRIA, 2., 2016, Campo Grande, MS. Anais... Campo Grande: Embrapa, 2016. 3 p.

IBGE. **Senso Agropecuário 2006.** Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

LIU, S.; TAO, W.; JIAN, G.; JIANJUN, Q.; PEIJUN, A. Vegetation change based on SPOT-VGT data from 1998 to 2007, northern China. **Environmental Earth Sciences**, v. 60, n. 7, p. 1459–1466, jun. 2010.

MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. P. B.; OLIVEIRA, M. P. Seasonal changes in the chemical composition of cultivated tropical grasses in the savannas of Brazil. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Rockhampton. **Proceedings...** Palmerston North: New Zealand Grassland Association, 1993. p. 2001-2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Produto Interno Bruto da agropecuária deve ser de R\$ 1,1 trilhão.** Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2014/12/produto-interno-bruto-da-agropecuaria-deve-ser-de-rs-1-trilhao>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

ROUSE, J. W.; HAAS, J. A.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington D.C. **Proceedings...** Washington, D. C.: NASA, 1973. p. 309-317. (Goddard Space Flight Center, v. 1).

SOUZA, Z. M.; SOUZA, G. S.; MARQUES JUNIOR, J. M.; PEREIRA, G. T. Número de amostras na análise geoestatística e na krigagem de mapas de atributos de solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, fev. 2014.

VIEIRA, S. R. Uso de geoestatística em estudos de variabilidade espacial de propriedades do solo. In: NOVAIS, R. F. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo 1.** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 3-87.

VIEIRA, S. R.; MILLETE, J. A.; TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D. Handbook for Geostatistical analysis of variability in soil and meteorological parameters. In: ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo 2.** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p. 1-45.

VIEIRA, S. R.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W.; TILLOTSON, P. M. The Scaling of semivariograms and the kriging estimation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 525-533, 1997.

VIEIRA, S. R.; GARCIA, M. A. G.; GONZÁLEZ, A. P.; SIQUEIRA, G. M. Variabilidade espacial e temporal do teor de água do solo sob duas formas de uso. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, 2010.

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solo para o mapeamento da fertilidade do solo.** 2001. 114 f. Tese (Livre docência) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Unesp, Botucatu.