

# Variabilidade espacial da disponibilidade de forragem em sistemas de pastejo nas estações chuvosa e seca

## Spatial variability of forage availability in grazing systems in rainy and dry seasons

Rodolfo Correa Manjolin<sup>1</sup>  
Célia Regina Grego<sup>2</sup>  
Sandra Furlan Nogueira<sup>3</sup>  
Luis Gustavo Barioni<sup>4</sup>  
Gustavo Bayma<sup>5</sup>  
Patrícia Menezes Santos<sup>6</sup>  
José Ricardo Macedo Pezzopane<sup>7</sup>

**Resumo** – O objetivo deste trabalho foi avaliar e espacializar a disponibilidade de forragem em três sistemas de pecuária: intensivo, extensivo e integração lavoura/pecuária (ILP), nas estações chuvosa e seca, da área de estudo do projeto Pecuária do Futuro da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP. Os dados de disponibilidade de forragem foram estimados por medidas de altura do dossel e massa de forragem, obtidos em duas épocas: na estação chuvosa, dezembro de 2017 à março de 2018, e na estação seca, abril a junho de 2018. Foi realizada a análise estatística descritiva e geoestatística e os dados foram interpolados por krigagem ordinária, para a construção dos mapas de contorno. Os resultados mostraram que o sistema ILP disponibilizou maior quantidade de forragem na estação chuvosa comparado com os demais sistemas. A dependência espacial foi encontrada para a maioria dos dados, com maior estabilidade para a estação chuvosa. O mapeamento foi eficiente para verificar espacialmente a disponibilidade de forragem em diferentes estações hídricas e sistemas de manejo da pastagem.

Termos para indexação: brachiaria, geoestatística, pastagem, interpolação.

**Abstract** – The objective of this work was to evaluate and spatialize forage availability in the three livestock systems: intensive, extensive and crop / livestock integration (ILP) in the rainy and dry seasons for the study area of the Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP. Forage availability data were estimated by canopy height measurements and forage mass obtained in two seasons: rainy, from December 2017 to March 2018 and dry, April to June, 2018. Descriptive and geostatistical statistical analysis and the data were interpolated by ordinary kriging to generate contour maps. The results showed that the ILP system provided more forage in the rainy season compared to the other systems. Spatial dependence was found for most of the data with greater stability for the rainy season. The mapping was efficient to verify spatially the forage availability in different weather station and pasture management systems

Index terms: brachiaria, geostatistical, pasture, interpolation.

---

1 Engenharia Agrícola, graduando UNICAMP, Estagiário da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas-SP

2 Engenheira Agrônoma, Doutora, Pesquisadora da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas-SP

3 Engenheira Agrônoma, Doutora, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP.

4 Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas-SP.

5 Geógrafo, Analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

6 Engenheira Agrônoma, Doutora, Pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos - SP.

7 Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos - SP.

## Introdução

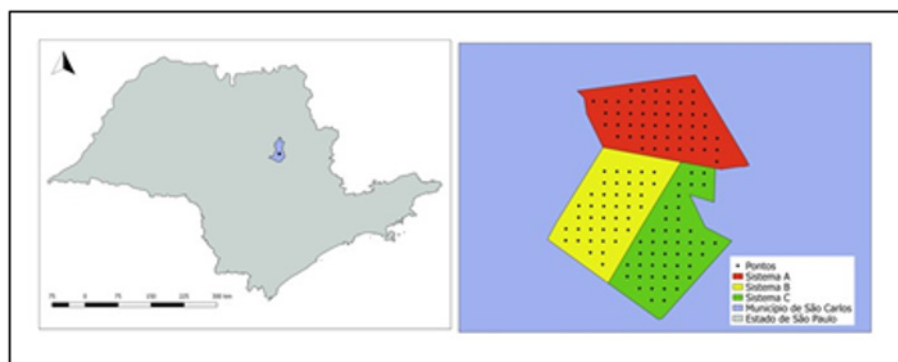
A pecuária de corte tem se destacado, colocando o Brasil como o segundo maior produtor de carne bovina no mundo (Brasil, 2018). Para avaliar adequadamente as pastagens em relação à quantidade de forragem disponível é necessário considerar a altura média das plantas, que é um dos principais parâmetros que influenciam diretamente a disponibilidade de forragem da pastagem, visto que a altura média do pasto tem alta correlação com a produção de forragem (Paciullo, 2000).

A disponibilidade de forragem nas pastagens pode ser estimada, visto que tem alta correlação com a produção de forragem (Paciullo, 2000). A quantidade de forragem disponível é influenciada pelas práticas culturais e pelo método de manejo tanto espacialmente quanto temporalmente. Nesse aspecto, a geoestatística é uma ferramenta importante, pois segundo Grego et al. (2014), permite espacializar os dados quando detectada a dependência espacial, resultando em mapas precisos de variabilidade ao longo do tempo que podem auxiliar no processo de diagnóstico das condições de vigor da cobertura vegetal e na quantidade de forragem disponível para os bovinos. Miguel et al. (2009) reforçaram que o entendimento da variabilidade espacial pode auxiliar no controle da taxa de lotação animal e na oferta de forragem adequada, e conseqüentemente, na sustentabilidade da atividade pecuária, quanto à conservação do solo e também em termos econômicos.

Nesse contexto, o trabalho objetiva avaliar e espacializar a disponibilidade de forragem em três sistemas de pecuária: ILP, nas estações chuvosa (de dezembro de 2017 à março de 2018), e na estação seca (de abril a junho de 2018), na área de estudo do projeto Pecuária do Futuro da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP.

## Material e Métodos

Os sistemas de produção analisados encontram-se no campo experimental da fazenda Canchim pertencente a Embrapa Pecuária Sudeste, na cidade de São Carlos, SP (Figura 1). Os sistemas estão divididos em três tipos: 1) Sistema A - Integração Lavoura Pecuária (ILP); 2) Sistema B - Extensivo, manejado sob pastejo contínuo e sem adubação; e 3) Sistema C - Intensivo, sistema em que o rebanho é criado tomando-se o cuidado com a rotação de piquetes, levando em conta a lotação animal para garantir a disponibilidade de forragem e o ganho de massa para todos os animais. Em todos os sistemas ocorreu a divisão em grade amostral de 30 x 30 metros com 50 pontos de medição georreferenciados no sistema A, 40 pontos no sistema B e 44 pontos no sistema C.



**Figura 1.** Localização dos sistemas de pastagem A (ILP), B (extensivo) e C (intensivo) na área experimental da Fazenda Canchim da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP, e distribuição dos 50 pontos de medição.

A disponibilidade de massa de forragem do capim *Brachiaria*, ou forragem disponível (Kg MS ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), foi estimada pelo método da dupla amostragem utilizado por Barbero et al. (2009). Esse método consiste em relacionar medidas não destrutivas (altura do dossel) com amostragens destrutivas (massa de forragem). Os dados de disponibilidade de forragem foram divididos em duas estações, de dezembro de 2017 a março de 2018 como estação das chuvas e de abril a junho de 2018 como estação seca.

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva para exploração inicial. Para a análise de dependência espacial foi utilizada a análise geoestatística e a análise da dependência espacial foi realizada com os semivariogramas escalonados ajustados às funções de melhor correlação. O escalonamento, assim como adotado por Vieira et al. (2010), teve a finalidade de elaborar vários semivariogramas na mesma escala de semivariância e distância para todas as variáveis que apresentam a mesma unidade de medida. A semivariância  $\gamma(h)$  é estimada pela Equação 1:

$$\sum [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

Onde  $N(h)$  é o número de pares dos valores  $Z(x_i)$ ,  $Z(x_i + h)$ , separados por um vetor  $h$  de distância. Com o ajuste do semivariograma é possível estimar valores para qualquer local onde a variável não foi medida, utilizando o interpolador krigagem ordinária. Construiu-se mapas de contornos em função das coordenadas geográficas e os programas utilizados para análise geoestatística foram os desenvolvidos por Vieira (2000) e os mapas elaborados no ArcGIS 10.6.

## Resultados e Discussão

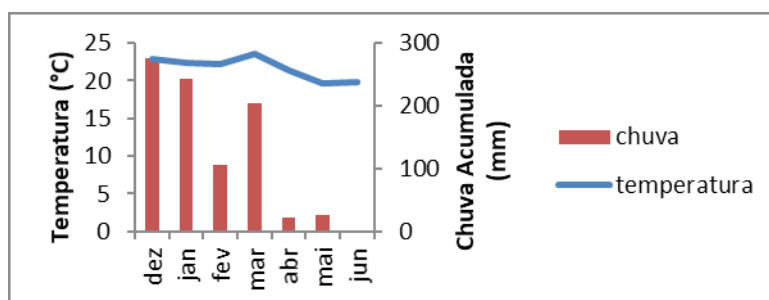
Considerando os valores médios (Tabela 1), o sistema A (ILP) seguido do C (intensivo) foram os que mais disponibilizaram forragem na estação chuvosa, evidenciando que boas práticas no manejo melhoram a disponibilidade de forragem para o animal, concordando com os resultados encontrados por Manjolin et al. (2016). Analisando as médias ao longo do tempo, nos sistemas A e B, a disponibilidade de forragem diminuiu da estação chuvosa para seca (identificada conforme Figura 2), com maiores coeficientes de variação, máximo de 64%. Isso indica que os sistemas A e B são mais sensíveis à disponibilidade hídrica do que o sistema C onde leva-se em conta a lotação animal para garantir a disponibilidade de forragem e o ganho de massa para todos os animais.

**Tabela 1.** Estatística descritiva da disponibilidade de forragem do capim *Brachiaria* (Kg MS ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), o Sistema A (ILP), B (extensivo) e C (intensivo).

Meses (2017/2018)	Nº.Pontos	Média	Variância	D. P	C.V.	Mínimo	Máximo	Assimetria	Curtose
<b>Sistema A</b>									
Dezembro	28	7099	3.93x10 <sup>6</sup>	1983	27.93	3951	12320	0.8185	0.6776
Janeiro	30	7019	1.58 x10 <sup>7</sup>	3970	56.56	1121	14730	0.5459	-0.9781
Fevereiro	29	4057	5.41 x10 <sup>6</sup>	2325	57.31	340.4	9596	0.4413	-2.77 x10 <sup>-2</sup>
Março	27	4267	4.98 x10 <sup>6</sup>	2231	52.27	506.8	8429	-0.1875	-0.7127
Abril	29	5353	7.93 x10 <sup>5</sup>	890.7	16.64	3454	6782	-0.4414	-0.6801
Mai	50	4295	3.05 x10 <sup>6</sup>	1745	40.62	1269	8345	6.11 x10 <sup>-2</sup>	-0.7739
Junho	49	2736	3.16 x10 <sup>6</sup>	1777	64.97	156.3	5886	-0.2458	-1.4
<b>Sistema B</b>									
Dezembro	40	4464	2.97 x10 <sup>5</sup>	545.2	12.21	3630	5449	0.1954	-1.222
Janeiro	40	2299	1.52 x10 <sup>5</sup>	390.1	16.97	1583	3207	0.3352	-0.3913
Fevereiro	40	2134	1.06 x10 <sup>5</sup>	325.3	15.24	1506	3076	0.2984	0.6362
Março	40	2363	9.10 x10 <sup>4</sup>	301.6	12.77	1828	3065	0.2923	-0.4213
Abril	40	4578	7.60 x10 <sup>5</sup>	871.6	19.04	2910	7161	0.5204	0.5252
Mai	40	2803	4.03 x10 <sup>5</sup>	634.7	22.64	1412	3901	-0.6138	-0.2045
Junho	40	2816	5.64 x10 <sup>5</sup>	751.1	26.67	1095	4276	-0.3277	-0.3412
<b>Sistema C</b>									
Dezembro	44	6306	2.18 x10 <sup>6</sup>	1478	23.43	3653	10630	1.091	1.65
Janeiro	43	5640	4.49 x10 <sup>6</sup>	2119	37.57	1320	9870	0.1859	-0.46
Fevereiro	44	4311	3.36 x10 <sup>6</sup>	1832	42.50	325	7897	0.2813	-0.2705
Março	44	3913	2.31 x10 <sup>6</sup>	1520	38.85	860.8	7217	0.1162	-0.148
Abril	39	5586	7.15 x10 <sup>5</sup>	845.8	15.14	3957	7738	-3.49 x10 <sup>-2</sup>	-1.54 x10 <sup>-3</sup>
Mai	45	4226	6.12 x10 <sup>5</sup>	782.1	18.51	2266	5932	-4.78 x10 <sup>-2</sup>	1.90 x10 <sup>-2</sup>
Junho	45	5188	1.12 x10 <sup>6</sup>	1059	20.41	3382	8209	0.6642	0.6187

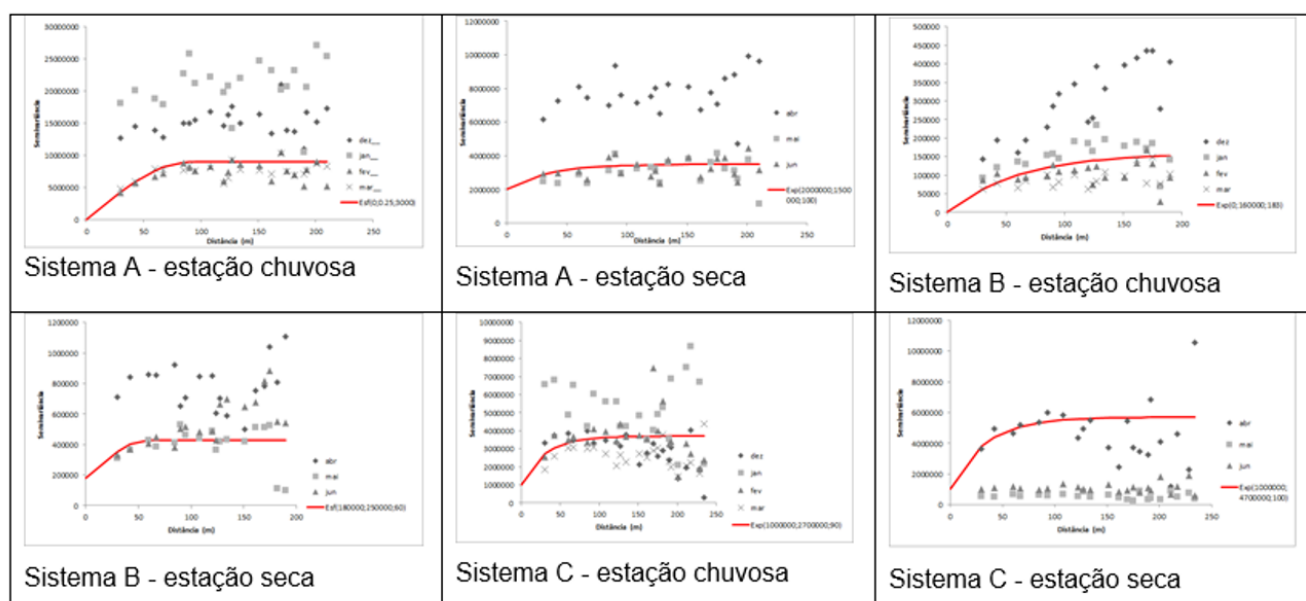
D.P. = desvio padrão; C.V. = coeficiente de variação

Na Figura 2, pode ser observada a diferença de precipitação mensal acumulada entre os dois períodos do ano.



**Figura 2.** Dados de temperatura e precipitação da estação meteorológica da Embrapa Pecuária Sudoeste em São Carlos, SP para o período de dezembro de 2017 a junho de 2018.

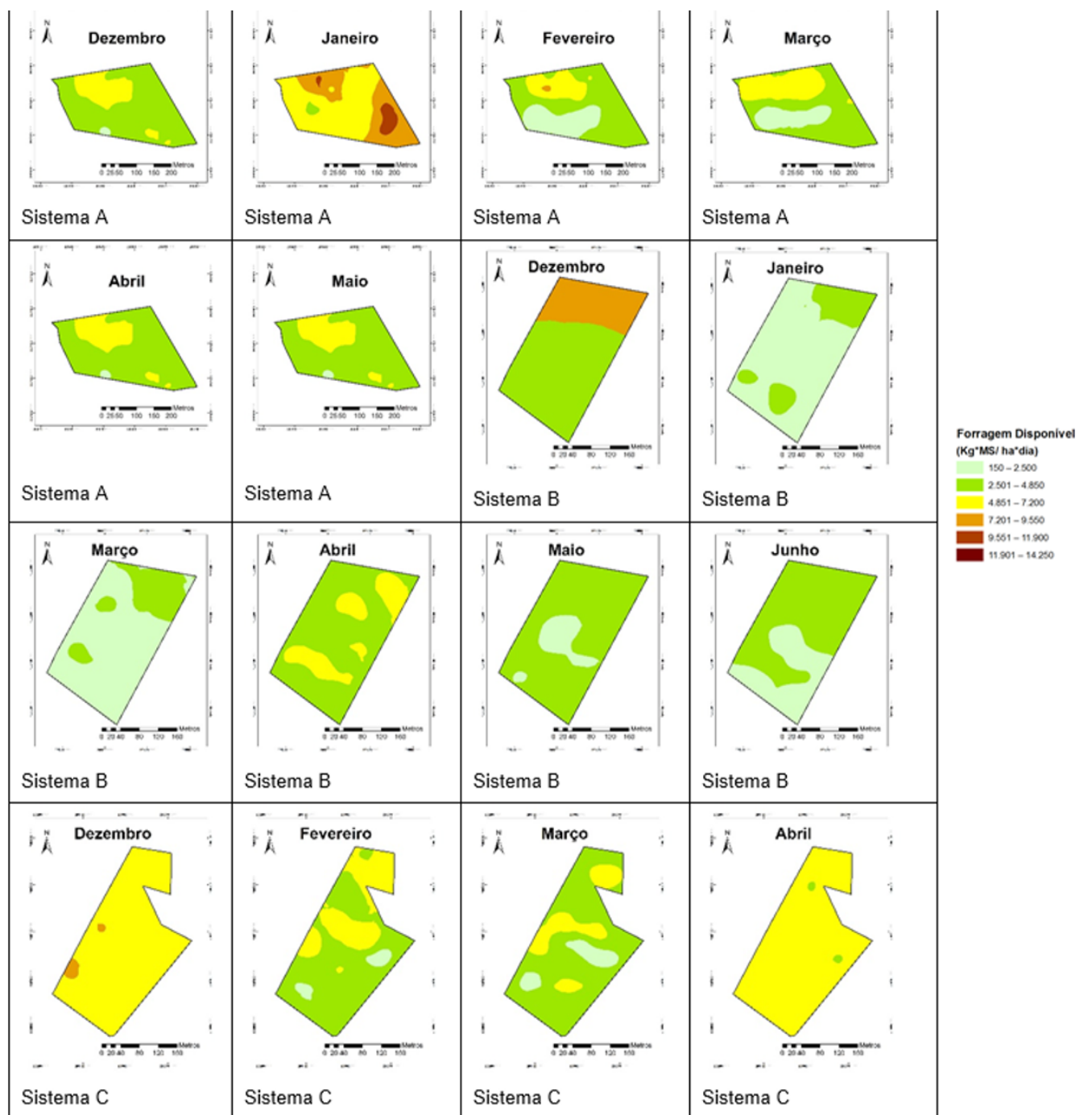
As análises dos semivariogramas escalonados (Figura 3) indicam dependência espacial para a maioria dos dados de disponibilidade de forragem nos 3 sistemas, com alcance de dependência variando de 60 a 100 metros, exceto para o mês de junho de 2018 do sistema A, janeiro, maio e junho de 2018 no sistema C em que não houve ajuste dos semivariogramas.



**Figura 3.** Semivariogramas escalonados e ajustados para a disponibilidade de forragem do capim *Brachiaria* (Kg MS ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), nos três sistemas A, B, C, divididos em períodos da estação chuvosa e seca.

Analisando todos os gráficos da Figura 3, verifica-se que as curvas de semivariância versus distância são mais próximas na estação chuvosa comparada com a estação seca. Em abril de 2018, na estação seca, o comportamento de variabilidade espacial da disponibilidade de forragem se diferenciou dos demais nos três sistemas, por estar provavelmente na zona de transição das estações para o período estudado.

A variação nos mapas de disponibilidade de forragem mostra-se decorrente da mudança de estação de chuvosa para seca, com menos evidência no sistema C (Figura 4).



**Figura 4.** Mapas de valores interpolados por krigagem ordinária para a disponibilidade de forragem do capim *Brachiaria* (Kg MS ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), nos três sistemas A, B, C nos meses de dezembro de 2017 a junho de 2018.

A pastagem parece responder menos o estresse hídrico no sistema intensivo, porém existe maior disponibilidade de forragem no sistema ILP na estação chuvosa, ou seja, o capim responde melhor em condições de boa umidade no sistema onde se faz a integração lavoura pecuária. No sistema extensivo (B), observa-se espacialmente menor disponibilidade de forragem na estação seca, corroborando com as características desse sistema, conforme Manjolin et al. (2016). O mapeamento foi eficiente para verificar espacialmente a relação de disponibilidade de forragem em diferentes estações hídrica e sistemas de manejo da pastagem.

## Conclusões

- 1 – O sistema integração lavoura pecuária foi o que disponibilizou maior quantidade de forragem na estação chuvosa, comparado com o sistema intensivo e extensivo de pastejo;
- 2 – Houve dependência espacial para a maioria dos dados e a interpolação de disponibilidade de forragem foi eficiente para indicar espacialmente a relação de disponibilidade de forragem em diferentes sistemas de manejo da pastagem nas estações chuvosa e seca.

## Agradecimentos

A Embrapa Pecuária Sudeste que cedeu a área de estudo e a infraestrutura para a realização desse trabalho. Agradecemos também a equipe de estagiários e bolsistas da Embrapa Pecuária Sudeste no auxílio das medições de campo.

## Referências

- BARBERO, L. M.; CECATO, U.; LUGÃO, S. M. B.; GOMES, J. A. N.; LIMÃO, V. A.; BASSO, K. C. Produção de forragem e componentes morfológicos em pastagem de coastcross consorciada com amendoim forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p.788-795, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Agropecuária puxa PIB 2017**. 2018. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/noticias/agropecuaria-puxa-o-pib-de-2017>>. Acesso em: 15 jun. 2018.
- GREGO, C. R.; OLIVEIRA, R. P.; VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada a agricultura de precisão. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V.; INAMASU, R. Y.; BASSOI, L. H. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 596 p.
- MANJOLIN, R. C.; GREGO, C. R.; NOGUEIRA, S. F.; RODRIGUES, C. A. G.; CONCEIÇÃO, M. P. C. Sistemas de produção em pecuária espacializados quanto ao Índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) derivado de imagens do satélite Landsat. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10., 2016, Campinas. **Anais...** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2016, p. 1-12. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/148059/1/4758.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2018.
- MIGUEL, F. R. M.; VIEIRA, S. R.; GREGO, C. R. **Variabilidade espacial da infiltração de água em solo sob pastagem em função da intensidade de pisoteio**. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 11, p. 1513-1519, nov. 2009. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/AI-SEDE-2010/47331/1/44n11a20.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2018.
- PACIULLO, D. S. C. **Características anatômicas e nutricionais de lâminas foliares e colmos de gramíneas forrageiras, em função do nível de inserção no perfilho, da idade e da estação de crescimento**. 2000. 104 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-54.
- VIEIRA, S. R.; GONZÁLEZ GARCIA, M. A.; PAZ GONZÁLEZ, A.; SIQUEIRA, G. M. Variabilidade espacial e temporal do teor de água do solo sob duas formas de uso. **Bragantia**, v. 69, n. 1, 2010.