NDVI COMO INDICADOR DE DIFERENÇAS NA ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO EM PASTAGENS NATURAIS DO BIOMA PAMPA

Daniele Gutterres Pinto Ogliari [1], Denise Cybis Fontana[2], Carolina Bremm [3], Paulo César de Faccio Carvalho[4]

[1] Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Av. Bento Gonçalves 7712 – 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. daniele.gutterres@gmail.com; [2] Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Av. Bento Gonçalves 7712 – 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. dfontana@ufrgs.br; [3] Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária, Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação – DDPA/SEAPI, Rua Gonçalves Dias 570 – 90130-060, Porto Alegre, RS, Brasil. carolina-bremm@seapi.rs.gov.br, e [4] Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Av. Bento Gonçalves 7712 – 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. paulocfc@ufrgs.br

RESUMO

O objetivo deste estudo foi testar o uso do NDVI como indicador da estrutura da vegetação de pastagens naturais, em resposta ao manejo de oferta de forragem. A área de estudo abrange um experimento composto de 64 ha de pastagem natural, com delineamento experimental de blocos casualisados com duas repetições por tratamento, os quais são níveis de oferta de forragem. Foram obtidas imagens de NDVI do sensor OLI e o valor médio do NDVI e seu desvio padrão foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey. O maior valor de NDVI é relacionado ao tratamento com menor OF, enquanto o menor valor de NDVI é relacionado ao tratamento de maior OF. No inverno os valores de NDVI mais se diferenciam entre os tratamentos de OF. O desvio padrão do NDVI é maior nos tratamentos com maiores OF.

Palavras-chave — NDVI, Pastagens Naturais, Bioma Pampa, Oferta de Forragem.

ABSTRACT

The objective of this study was to test the use of NDVI as an indicator of the vegetation structure of grasslands in response to forage allownce management. The study area is an experiment composed of 64 ha of grasslands, the experimental desing was a complete randomized block with two replications, and the treatments was levels of herbage allownce. NDVI images, from the OLI sensor, were obtained. The mean value of the NDVI and its standard deviation were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Tukey test. The highest value of NDVI is related to treatment with lower OF, while the lowest value of NDVI is related to the treatment of higher OF. In winter, NDVI values differ more between OF treatments. The standard deviation of NDVI is higher in treatments with higher OF.

Key words — *NDVI, Grasslands, Pampe Biome, forage allownce.*

1. INTRODUÇÃO

As formações vegetais pertencentes ao Bioma Pampa, representadas principalmente por campos dominados por gramíneas [1], são um importante recurso forrageiro, servindo como alimentação para os rebanhos herbívoros no Rio Grande do Sul, Uruguai e parte da Argentina. A forma como os campos são manejados tem a capacidade de alterar a estrutura da vegetação [2] Soares [3].

A estrutura da vegetação ou do pasto é definida como a distribuição e arranjo da parte aérea das plantas na comunidade [4]. O pastejo pelos herbívoros é considerado um agente de distúrbio e modificação da estrutura da vegetação campestre [5]. De acordo com a intensidade de pastejo, é determinado o hábito das espécies vegetais ocorrentes na vegetação. Com a redução na taxa de lotação animal (maior oferta de forragem), predominam plantas altas e eretas, enquanto que com o aumento na taxa de lotação (menor oferta de forragem), predominam plantas menores, prostadas ou rosuladas [6]. Além disto, a oferta de forragem em pastagens naturais, que é capaz de alterar a estrutura da vegetação, é relacionada inversamente com a qualidade do recurso em termos de digestibilidade e conteúdo de nitrogênio [7].

Visto a importância dos campos naturais para a pecuária, se constituindo em uma fonte importante de renda para o pecuarista e para a economia do Estado. A disponibilização de tecnologia capaz de informar sobre a adequação do manejo empregado pode contribuir para aumento da rentabilidade do setor, assim como para a manutenção deste recurso genético.

Possíveis indicadores da estrutura da vegetação são os índices de vegetação obtidos a partir de imagens de satélites. Estes índices, na maioria das vezes, relacionam a reflectância das faixas de comprimento de onda do visível e infravermelho próximo, dada a relação antagônica destas frete ao acúmulo de biomassa verde [8]. Diversos índices de vegetação têm sido propostos na literatura e possivelmente o mais utilizado em pesquisas, desde a sua criação, é o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Este índice é amplamente utilizado para monitorar, analisar e mapear distribuições temporais e espaciais das características fisiológicas e biofísicas da vegetação [9]; [10].

A hipótese deste estudo é de que índices de vegetação podem fornecer informações sobre a estrutura da vegetação, e que essa é relacionada com a qualidade nutricional das pastagens naturais. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi testar o uso do NDVI como indicador espectral da estrutura da vegetação em pastagens naturais do Bioma Pampa em resposta ao manejo de oferta de forragem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudos pertence à Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - EEA/UFRGS. A EEA/UFRGS está sob as coordenadas geográficas 30º05'27''S, 51º40'18''W e 46 m de altitude, localizada no município de Eldorado do Sul, na Depressão Central do Rio Grande do Sul.

O clima da região é classificado como Cfa, o tipo predominante no Estado, segundo a classificação climática de Köppen [11]. O clima subtropical é caracterizado por temperatura média do ar que varia de 14 ºC nos meses mais frios (junho e julho) a 25 ºC nos meses mais quentes (janeiro e fevereiro). As médias diárias da radiação solar global oscilam de 200 (junho) a 500 cal.cm^{-2}.dia (dezembro). A precipitação pluvial anual na EEA/UFRGS é de 1.440 mm, com média mensal de cerca de 120 mm, de acordo com a condição de clima úmido [12].

A área de estudo abrange um experimento de longa duração, composto de 64 ha de pastagem natural, que vem recebendo o mesmo nível de interferência antrópica desde 1986. O delineamento experimental é de blocos casualisados com duas repetições de área por tratamento, os quais consistem de diferentes níveis de oferta de forragem, fixas ao longo do ano e variáveis na estação primaveril. As ofertas fixas são: 4, 8, 12 e 16 kg de MS/100 kg de peso vivo, enquanto as ofertas variáveis são 8-12, 12-8 e 16-12 kg de MS/100 kg de peso vivo, respectivamente para a primavera e para o restante do ano (Figura 1). Para este estudo foram consideradas apenas as ofertas fixas. O método de pastejo utilizado é o contínuo com taxa de lotação variável [13], para ajuste das ofertas de forragem preconizadas. A carga animal é ajustada em intervalos de aproximadamente 28 dias, de acordo com a massa de forragem disponível para pastejo, nas unidades experimentais (UE). Os animais utilizados nas unidades experimentais são novilhas de corte, oriundas de cruzamentos entre as raças Angus, Hereford e Nelore, com idade média inicial de 12 meses.

Para este estudo foram obtidas, junto ao *site*: http://earthexplorer.usgs.gov/, imagens de NDVI - índice de vegetação por diferença normalizada [14] (Equação 1), provenientes do sensor OLI - *Operational Land Imager*, a bordo do satélite Landsat 8 - *Land Remote Sensing Satellite*. As imagens Landsat possuem resolução temporal de 16 dias e resolução espacial de 30 m. Foram utilizadas imagens de setembro de 2016 a junho de 2018, quando estas se encontravam livre de nuvens sobre a área de estudo, totalizando 22 imagens.

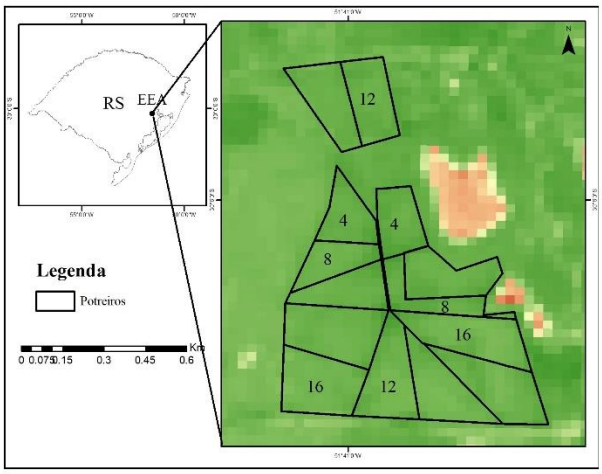

Figura 1. Delimitação da área experimental sobre uma imagem de NDVI Landsat/OLI. Os números sobre as unidades experimentais são referentes aos tratamentos de oferta de forragem: 4, 8, 12 e 16 kg de MS.100 kg^{-1} de PV. Eldorado do Sul, RS.

$$NDVI = \frac{(\rho_{IVP} - \rho_V)}{(\rho_{IVP} + \rho_V)} \qquad (1)$$

Os valores médios de NDVI e o desvio padrão de cada UE foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em nível de 5% de significância, sendo incluídos no modelo os efeitos fixos de tratamento, estação do ano e a interação entre tratamento e estação do ano. As médias foram comparadas pelo teste Tukey (P<0,05).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância indicaram que houve diferença nos valores médios de NDVI entre os tratamentos de oferta de forragem (Tabela 1). Os maiores valores de NDVI foram encontrados no tratamento 4 kg MS.100 kg^{-1} PV de oferta de forragem, enquanto os menores valores de NDVI foram encontrados no tratamento 16 kg MS.100 kg^{-1} PV de oferta de forragem.

Tabela 1. Valores médios de NDVI em função dos tratamentos de oferta de forragem: 4, 8, 12 e 16 kg MS.100 kg^{-1} PV. Eldorado do Sul, RS.

Tratamento	NDVI
4	0,71 (A)
8	0,69 (B)
12	0,67 (C)
16	0,65 (D)

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey (P<0,05).

Este efeito pode ser explicado pela diferença na estrutura da vegetação, causada pela imposição dos tratamentos de níveis de oferta de forragem. As UEs com menor oferta de forragem apresentam vegetação composta apenas por estrato inferior, sem a presença de touceiras (estrato superior) (Figura 2a). Isto ocorre pois há baixa disponibilidade de forragem para os animais se alimentarem, limitando o desenvolvimento de espécies rejeitadas. Conforme o nível de oferta de forragem aumenta, a vegetação se transforma em um mosaico composto por estrato inferior e estrato superior, até o maior nível de oferta de forragem, onde existe grande quantidade de estrato superior, com uma considerável quantidade de material vegetal senescente (Figura 2b). Isto acontece, pois conforme aumenta o nível de oferta de forragem, os animais selecionam seu alimento, e as plantas que não são ingeridas em maior quantidade acabam formando touceiras e entrando em processo de senescência [15].

Os maiores valores de NDVI foram observados nos tratamentos de menor oferta de forragem, pois a vegetação se apresenta verde, realizando fotossíntese e sem presença de material senescente. Enquanto os menores valores de NDVI foram encontrados nos tratamentos com maior nível de oferta de forragem, pois há presença de touceiras e material vegetal senescente, resultando em menores valores de NDVI [16].

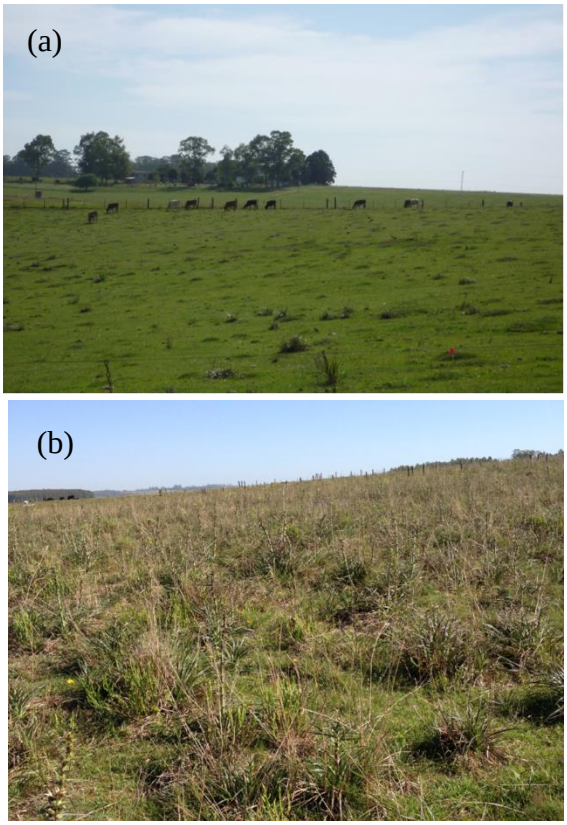

Figura 2. Estrutura da vegetação em resposta aos níveis de oferta de forragem. (2a) Tratamento 4 kg MS.100 kg^{-1} PV (2b) 16 kg MS.100 kg^{-1} PV. Eldorado do Sul, RS. Fotos: Laura P. Schaparini.

A interação entre estação do ano e tratamentos de oferta de forragem também foi significativa (P<0,05), evidenciando que as estações do ano, assim como os tratamentos, influenciaram os valores de NDVI (Tabela 2).

No inverno, todos os tratamentos de oferta de forragem se diferenciaram quanto aos valores de NDVI, sendo que os maiores valores de NDVI foram encontrados no tratamento 4 kg MS.100 kg^{-1} PV, enquanto os menores valores de NDVI foram encontrados no tratamento de 16 kg MS.100 kg^{-1} PV. Durante o inverno foi observada a maior diferença entre os valores de NDVI entre os tratamentos de níveis de oferta de forragem. Isto acontece pois no inverno os campos naturais no Rio Grande do Sul apresentam baixo crescimento vegetal, e grande parte das plantas presentes no campo estão senescentes, baixando os valores de NDVI em função dos tratamentos de níveis de oferta de forragem. Exceto no tratamento 4 kg de MS.100 kg^{-1} de PV, que ao longo do ano, houve menor variação em relação aos demais tratamentos. Isso ocorre porque as plantas se apresentam verdes durante todo o ano, e nestas UEs e não existem touceiras.

Tabela 2. Valores médios de NDVI em função dos tratamentos de oferta de forragem: 4, 8, 12 e 16 kg MS.100 kg^{-1} PV, dentro das estações do ano. Eldorado do Sul, RS.

	NDVI			
Tratamento	Outono	Inverno	Primavera	Verão
4	0,72 (A)	0,71 (A)	0,69 (A)	0,70 (A)
8	0,72 (AB)	0,66 (B)	0,68 (AB)	0,70 (A)
12	0,69 (BC)	0,63 (C)	0,66 (B)	0,69 (AB)
16	0,68 (C)	0,61 (D)	0,64 (C)	0,67 (B)

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Tukey (P<0,05).

Nas demais estações do ano, os valores de NDVI tenderam a se diferenciar menos entre os tratamentos de oferta de forragem, mas sempre mantendo a mesma dinâmica, de maiores valores de NDVI nos tratamentos com menores ofertas de forragem e menores valores de NDVI nos tratamentos com maiores ofertas de forragem. No outono, primavera e verão existe crescimento das espécies vegetais que compõem o campo, diminuindo a diferença dos valores de NDVI entre os tratamentos de níveis de oferta de forragem.

O efeito de tratamento também foi significativo para os desvios padrão de NDVI. Os maiores valores de desvio padrão foram encontrados nos tratamentos 12 e 16 kg MS.100 kg^{-1} PV, em contraste aos tratamentos 4 e 8 kg MS.100 kg^{-1} PV, onde foram encontrados os menores desvios padrão de NDVI (Tabela 3).

O desvio padrão do NDVI é outra variável possível de ser utilizada para a distinção dos tratamentos de níveis de oferta de forragem. Os tratamentos com maiores níveis de oferta de forragem (12 e 16 kg de MS.100 kg-1 de PV), apresentaram os maiores desvios padrão, evidenciando que

nas UEs submetidas a estes tratamentos a variabilidade dos pixels da imagem é maior, isto indica que nestas áreas a vegetação é mais heterogênea, constituída por duplo estrato de vegetação (inferior e superior).

Tabela 4. Desvio padrão de NDVI em função dos tratamentos de oferta de forragem: 4, 8, 12 e 16 kg MS.100 kg^{-1} PV. Eldorado do Sul, RS.

Tratamento	Desvio padrão NDVI
4	0.025 (B)
8	0.026 (B)
12	0.032 (A)
16	0.030 (A)

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Tukey (P<0,05).

5. CONCLUSÕES

Os valores médios e o desvio padrão do NDVI são indicadores capazes de evidenciar diferenças na estrutura da vegetação que compõem as pastagens naturais do Bioma Pampa em decorrência de diferentes ofertas de forragem.

Exite uma relação inversa entre NDVI e o nível de oferta de forragem oferecida aos animais. Os menores valores de NDVI ocorrem nas maiores ofertas de forragem. Também, em função da ocorrência de touceiras, existe maior heterogeneidade na cobertura vegetal e o desvio padrão do NDVI é capaz de detecta-la.

6. REFERÊNCIAS

[1] Boldrini, I. I. A flora dos campos do Rio Grande do Sul. In: Pillar, V. D. P.; Müller, S. C.; Castilhos, Z. M. de S.; Jaques, A. V. A. (ed.) Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília, MMA. p. 63-77, 2012.

[2] Moojen, E. L. Dinâmica e potencial produtivo de uma pastagem nativa do Rio Grande do Sul submetida a pressões de pastejo, épocas de diferimento e níveis de adubação. 1991. 172 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

[3] Soares, A. B. Efeito da dinâmica da oferta de forragem sobre a produção animal e de forragem em pastagem natural. 2002. 197 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

[4] Laca, E. A.; Lemaire, G. Measuring sward structure. In. T'Mannetje, L.; Jones, R. M. (Ed.). Field and laboratory methods for grassland and animal production research. Wallingford: CAB international, 2000, p. 103-122.

[5] [6] BOLDRINI, I.I. Dinâmica da vegetação de uma pastagem natural sob diferentes níveis de oferta de forragem e tipos de solo, Depressão Central. 1993. 262 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

[7] Bos, D. Grazing in coastal grasslands: brent geese and facilitation by herbivory. 2002. 224 f. Thesis (Doctor) – Groningen University, Groningen, 2002.

[8] Ponzoni, F. J. et al. Sensoriamento Remoto da Vegetação. 2aEd. Cubatão: Oficina de Textos, 2012. 160 p.

[9] Kuplich, T. M. et al. Série temporal de índice de vegetação sobre diferentes tipologias vegetais no Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 10. p. 1116-1123. 2013.

[10] Andreise, M. et al. Análise combinada de séries temporais de NDVI, temperatura do ar e precipitação pluvial sobre pastagem nativa em Santa Maria, RS. Ciência e Natura, v. 1, p. 51-54, 2013.

[11] Alvares, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711–728. 2014.

[12] BERGAMASCHI, H. et al. Clima da estação experimental da UFRGS (e região de abrangência). Porto Alegre: UFRGS, p. 77. 2013.

[13] MOTT, G.O.; LUCAS, H.L. The design conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In.: International Grassland Congres, 6, 1952. Proceedings…Pensylvania, State College Press, p. 1380-1395, 1952.

[14] ROUSE, J. W. et al. Monitoring Vegetation systems in the great plains with ERTS. In: EATHRESOURSES TECHNOLOGY SATELLITE - 1 SYMPOSIUM, 3, 1973, Washington. Proceedings. Washington, 1973. v.1, sec A, p. 309-317.

[15] Oom, A. S. P. et al. Impacts of sheep grazing a complex vegetation mosaic: Relating behavior to vegetation change. Agriculture, Ecosystems and Environment. v. 124, p. 219-228. 2008.

[16] JUNGES, A. H et al. Temporal profiles of vegetation indices for characterizing grazing intensity on natural grasslands in Pampa biome. Scientia Agricola, v. 73, p. 332-337, 2016.