



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Acúmulo de forragem em campos naturais do bioma Pampa: relação com variáveis agrometeorológicas e espectrais



Denise Cybis Fontana¹; Laura Pigato², Carolina Bremm³, Amanda H. Junges⁴, Paulo C.F. Carvalho⁵

¹Eng. Agrônoma, Prof Titular, DPFA, UFRGS, Porto Alegre - RS, Fone: (51)33087413, dfontana@ufrgs.br

²Graduanda em Agronomia, bolsista IC/CNPq, DPFA, UFRGS, Porto Alegre – RS, laura_pigatto@yahoo.com.br

³Zootecnista, Pesquisadora, FEPAGRO, Porto Alegre – RS, carolina-bremm@fepagro.rs.gov.br

⁴Eng. Agrônoma, Pesquisadora, FEPAGRO, Veranópolis– RS, amanda-junges@fepagro.rs.gov.br

⁵Eng Agrônomo, Prof Titular, DPFA, UFRGS, Porto Alegre – RS, paulocfc@ufrgs.br

RESUMO: O monitoramento do acúmulo de forragem nos campos naturais do bioma Pampa, os quais servem de base alimentar para grande parte do rebanho bovino e ovino do Rio Grande do Sul, é fundamental para o ajuste das intensidades de pastejo e, em consequência, para o manejo e sustentabilidade deste bioma. O objetivo deste trabalho foi analisar o padrão médio e a variabilidade anual do acúmulo de forragem, do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e de elementos agrometeorológicos, bem como estabelecer correlações entre as variáveis. O estudo foi realizado na Estação Experimental Agrônômica da UFRGS, no período de 2000 a 2013. O acúmulo de forragem foi determinado mensalmente em área experimental, manejada sob oferta de forragem média de $13,1 \pm 5,1\%$ do peso vivo. O NDVI foi obtido a partir de imagens de composição de máximo valor de 16 dias do sensor MODIS e os dados meteorológicos foram oriundos de estação automática localizada próxima à área experimental. Foram utilizados diagramas de caixas para avaliar o padrão médio e a variabilidade dos dados e feita análise de correlação (Pearson) entre as variáveis, nas quatro estações do ano. Os resultados mostraram que, associado ao clima subtropical, há variação estacional dos elementos agrometeorológicos. O inverno é a estação crítica para o manejo dos rebanhos, dado menor acúmulo de forragem e menores valores de NDVI, condicionados pela menor incidência de radiação solar e temperatura do ar. No inverno, consequência do crescimento quase nulo da vegetação dos campos naturais do Bioma Pampa, não foram observadas correlações significativas entre o acúmulo de forragem e as variáveis analisadas. Foram observadas correlações significativas entre o acúmulo de forragem e o NDVI no verão e no outono. No verão o fator limitante é a condição hídrica e no outono, a temperatura do ar. Os resultados demonstram a possibilidade de uso de índices de vegetação, aliados aos elementos agrometeorológicos, na modelagem do acúmulo de forragem em campos naturais em regiões subtropicais.

PALAVRAS-CHAVE: MODIS, correlação de Pearson, elementos agrometeorológicos

The natural grasslands accumulation in the pampa biome: relationship with agrometeorological and spectral variables

ABSTRACT: The monitoring of forage accumulation in natural grasslands in Pampa biome, which serve as the alimentary base for cattle and sheep in Rio Grande do Sul, Brazil, is fundamental to the adjustment of grazing intensities and therefore to manage and sustainability of this biome. The objective of this study was to analyze the average pattern and the annual variability of the forage accumulation, the Vegetation Index (NDVI) and agro-meteorological elements as well as to establish correlations between variables. The study was conducted at the Experimental Agricultural Station of UFRGS, in southern Brazil, from 2000 to 2013. The accumulation of forage was determined monthly in the experimental area, managed under average forage allowance of $13.1 \pm 5.1\%$ of live weight. The NDVI

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

was obtained from 16-days maximum composition images from the MODIS sensor and agrometeorological data came from automatic station located close to the experimental area. Boxplots were used to evaluate the average pattern and data variability, and the correlation analysis (Pearson) between the variables in the four seasons were made. The results showed that, associated with the subtropical climate, there is a seasonal variation of agro-meteorological elements. Winter is a critical season for livestock management, given the lower forage accumulation and lower NDVI values, conditioned by the lower incidence of solar radiation and air temperature. In winter, since almost no growth of natural fields vegetation, no significant correlations were observed between forage accumulation and the variables analyzed. Significant correlations were found between forage accumulation and NDVI during the summer and fall. Water condition is the limiting factor to growth during the summer, while in the fall is the temperature. It is possible, therefore, the use of vegetation indices, combined with agrometeorological elements for forage accumulation modeling natural grasslands in subtropical regions.

KEYWORDS: MODIS, Pearson correlation, agro meteorological elements

INTRODUÇÃO

O ecossistema “Campos Sulinos” está presente em todo o território uruguaio, nordeste da Argentina, parte do Paraguai e parte da região Sul do Brasil, caracterizando-se pela grande diversidade florística, entre gramíneas e outras herbáceas (Boldrini, 1997). Esta diversidade confere à vegetação vocação natural para produção pecuária. A porção brasileira dos Campos Sulinos, denominada Bioma Pampa, está localizada no Rio Grande do Sul e possui aproximadamente seis milhões de hectares de pastagens naturais (Hasenacket al. 2007). O Bioma Pampa constitui a base alimentar de grande parte dos rebanhos bovino e ovino do Estado (IBGE, 2012), encontrando-se atualmente seriamente ameaçado, dado as taxas anuais de decréscimo de cerca de 410.000 ha apenas no Rio Grande do Sul (Nabinger, 2006).

Neste contexto, o monitoramento do acúmulo de forragem nos campos naturais do Bioma Pampa é de grande importância, pois gera informações que permitem o ajuste das intensidades de pastejo e, em consequência, são fundamentais para o manejo e sustentabilidade deste Bioma. Dentre os fatores que promovem variabilidade no acúmulo de forragem em campos naturais, destacam-se as ações de manejo adotadas pelo pecuarista e as condições edafoclimáticas. Uma das abordagens interessantes no contexto da modelagem de acúmulo de forragem dos campos naturais é integrar as respostas da vegetação à ação conjunta do clima e do manejo. .

No Estado do Rio Grande do Sul, as respostas das plantas à ação do clima podem ser consideradas em macroescala, visto que fenômenos meteorológicos adversos (especialmente deficiências hídricas e baixas temperaturas do ar) promovem alterações no crescimento e desenvolvimento de culturas agrícolas e de pastagens e estão associados à migração da Massa de ar Polar, com abrangência em todo Estado. Para o acompanhamento do desenvolvimento da vegetação campestre nesta escala, dados oriundos de estações meteorológicas são apropriados. Quanto à resposta dos campos à ação antrópica, salientam-se o nível de manejo, as variações na composição florística dos mesmos. As alterações associadas são compatíveis com a topo e microescala, podem ser monitoradas a partir de dados oriundos de imagens orbitais. O monitoramento do Bioma Pampa por meio de técnicas e produtos de sensoriamento remoto tem sido objeto de diversas pesquisas que enfocam, especialmente, o monitoramento da quantidade e condição da vegetação disponível para consumo animal (Wagner et al., 2013; Kuplichet al., 2013).

Neste trabalho parte-se da hipótese, de que as imagens de satélite podem ser utilizadas em conjunto com dados agrometeorológicos para quantificar e explicar as variações intra e interanuais do acúmulo de forragem das pastagens naturais do Bioma Pampa. Para fins de monitoramento, os sensores mais

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

adequados são os que apresentam alta frequência temporal de revisita, o que, em geral, está associada aos sensores com moderada resolução espacial. Mas, considerando a extensão dos campos do Bioma Pampa e a busca de ações com abrangência regional, o sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) (Huete et al., 1997), de moderada resolução espacial e alta resolução temporal, é uma opção a ser investigada. Estudos anteriores realizados no Estado já mostraram a associação significativa entre biomassa e os índices de vegetação (Fonseca et al., 2007).

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi analisar o padrão médio e a variabilidade estacional do acúmulo de forragem, do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e de elementos agrometeorológicos em campos naturais do Bioma Pampa no Rio Grande do Sul, bem como quantificar a relações entre as variáveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA-UFRGS), localizada na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul (30°05'27''S, 51°40'18''W and 46m) e utilizou uma série de dados do período de 2000 a 2013 provenientes de satélites e da superfície. O clima da região é, segundo Köppen, Cfa – subtropical chuvoso com verões quentes.

Os dados de satélite utilizados referem-se ao índice NDVI, obtido a partir de imagens MODIS, produto MOD13Q1, subconjunto NDVI. As imagens foram adquiridas da NASA (<http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/redirect/wist>), com resolução espacial de 250m, na forma de composição de máximo valor do índice no período de 16 dias consecutivos. Os dados de NDVI foram extraídos de uma janela amostral sobre a área experimental e calculado o valor médio para cada estação do ano considerando: primavera (setembro, outubro, novembro e), verão (dezembro, janeiro e fevereiro), outono (março, abril e maio) e inverno (junho, julho e agosto).

Na superfície, o acúmulo de forragem, expresso em Kg de matéria seca por hectare por mês (Kg MS/ha/mês), foi determinado mensalmente com o uso de quatro gaiolas de exclusão ao pastejo por unidade experimental, em experimento de longa duração, conduzido desde 1986, com diferentes níveis de oferta de forragem em pastagem natural do Bioma Pampa. Neste trabalho foram utilizados dados provenientes de somente um dos tratamentos, o de média oferta de forragem, caracterizado como o manejo que proporciona a melhor relação entre produção animal e vegetal (Carvalho et al., 2013). Neste, são ofertadas aos animais $13,1 \pm 5,1\%$ do seu peso vivo (PV) durante todo o ano.

Os dados meteorológicos foram obtidos de estação meteorológica automática localizada próxima à área experimental. Foram utilizados os dados originais (médias ou totais mensais) de temperatura média do ar (°C), precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%) e radiação solar global (cal/cm²). Também foram obtidos dados derivado balanço hídrico meteorológico, de acordo com a metodologia de Thornthwaite-Matter (1955) para capacidade de armazenamento de água no solo de 40mm. A representação da condição hídrica da superfície foi feita através da razão ETR/ETP (evapotranspiração relativa) e do déficit hídrico.

Todos os dados coletados foram agrupados por estação do ano (primavera, verão, outono e inverno) e testada análise de variância entre as estações, considerando 5% de nível de significância. Quando detectadas diferenças entre as médias das estações do ano, estas foram comparadas através do Teste Tukey ($P < 0,05$). De forma a representar o padrão médio e a variabilidade da série de dados, foram confeccionados diagramas de caixas (*boxplots*). Por fim, foi feita, separadamente para as quatro estações do ano, uma análise de correlação (Pearson) entre as variáveis e testada a significância dos coeficientes ($P < 0,05$). Foi utilizado o programa estatístico JMP (v.11).



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho indicaram diferença estacional significativa das variáveis analisadas (Tabela 1), o que decorre do clima subtropical da região de estudo, cuja variabilidade está graficamente apresentada nos diagramas de caixas (Figura 1).

O inverno é a estação crítica para o manejo dos rebanhos em pastagens naturais do bioma Pampa, dado menor acúmulo de forragem, que foi em média de 131 Kg/ha/mês. Quando há redução de radiação solar e temperatura do ar (Figura 1), diminui o acúmulo de biomassa verde e matéria seca pelas plantas, de maneira que o inverno é considerado o período de maior limitação à produção animal em pastagem nativa na região Sul do Brasil (Soares et al., 2005; Mezzalana et al., 2012). Os dados espectrais representaram adequadamente o menor acúmulo de biomassa verde nos campos do Bioma Pampa no inverno: os menores valores de NDVI (0,64) também ocorreram nesta estação (Tabela 1). Este padrão anual do NDVI é característico dos campos do Rio Grande do Sul, o que foi anteriormente descrito, entre outros, por Fontana et al. (2007), utilizando imagens AVHRR/NOAA, e por Wagner et al. (2013) e Kuplish et al. (2013), a partir de imagens MODIS.

Na primavera e no verão o acúmulo de biomassa foi, em média, 4 vezes superior ao observado no inverno: 550 e 534 Kg/ha/mês, respectivamente (Tabela 1). O maior acúmulo de forragem está associado à maior presença de espécies C4 nas pastagens naturais do Bioma Pampa (Boldrini, 1997) e à maior disponibilidade de energia (radiação solar e temperatura do ar), porém esse acúmulo pode ser limitado pela ocorrência de deficiências hídricas (Figura 1). Na primavera-verão, o déficit hídrico médio mensal foi superior a 50 mm, com evapotranspiração relativa inferior a 0,63 (Tabela 1). Jacobsen et al. (2003) analisaram as alterações na vegetação no Rio Grande do Sul por meio de perfis temporais de NDVI/NOAA e apontaram que, especialmente nas macrorregiões ocupadas por campos, houve redução dos valores de NDVI nos meses de dezembro e janeiro, devido à restrição ao crescimento das plantas em função da precipitação pluvial não suprir a demanda evaporativa da atmosfera no período.

Não houve diferenças significativas no aporte hídrico ao longo do ano, sendo que, em média, a precipitação pluvial foi superior a 100 mm em todos os meses do ano, o que é característico de clima “f” segundo Köppen. É alta, entretanto, a variabilidade interanual dos dados de precipitação pluvial, o que pode ser observado pela grande dispersão nos diagramas (Figura 1), o que também é uma característica das condições hídricas do Estado (Berlato et al., 1999). No outono-inverno, a menor demanda evaporativa da atmosfera, decorrente da menor temperatura e maior umidade do ar, bem como da menor disponibilidade de radiação solar, acarreta menor deficiência hídrica (Figura 1). Em contraste, no período de primavera-verão ocorrem as condições mais desfavoráveis às plantas do ponto de vista hídrico, como consequência do incremento na demanda evaporativa da atmosfera.

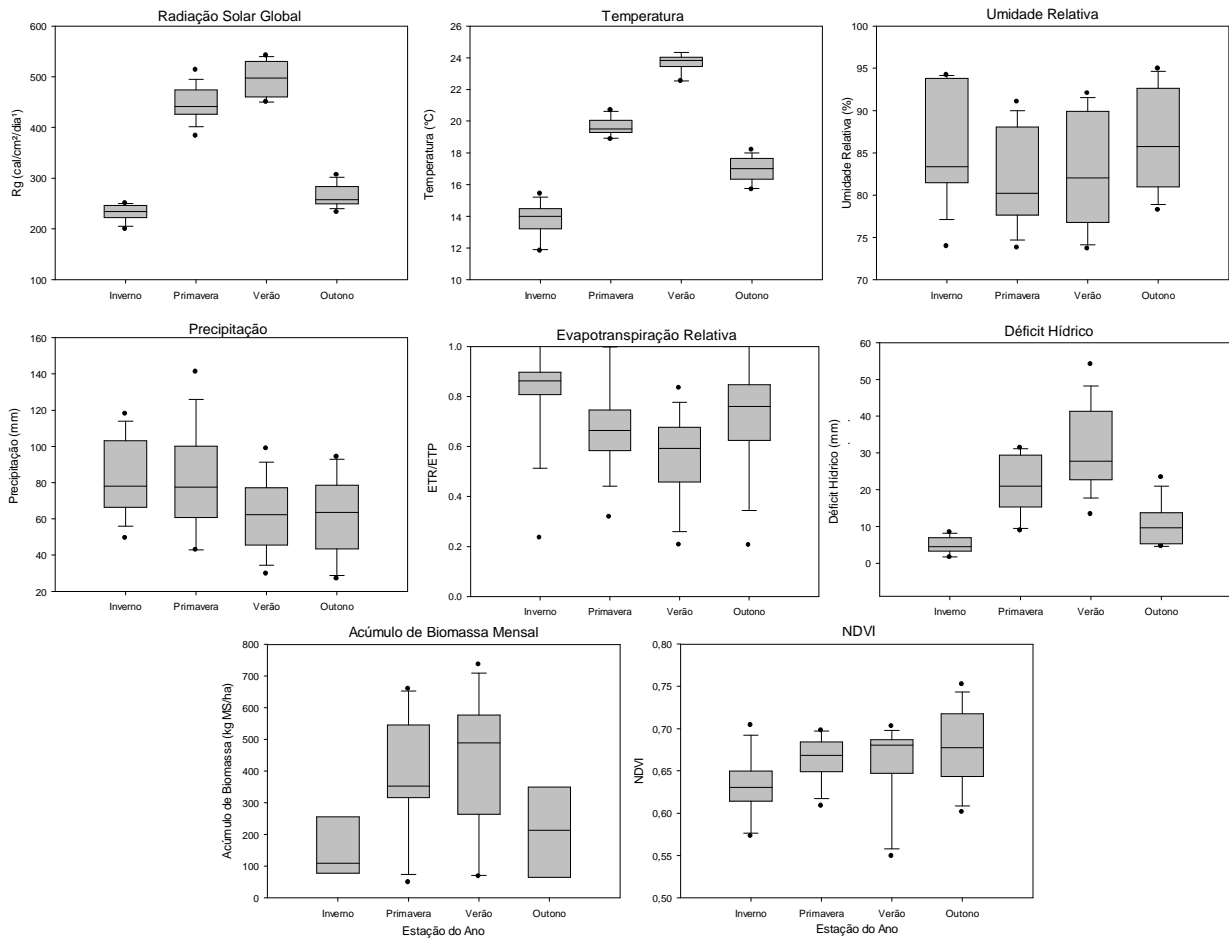


Figura 1. Diagramas de caixa da distribuição dos elementos agrometeorológicos, da taxa de acúmulo de biomassa e do NDVI nas quatro estações do ano, em Eldorado do Sul, no período de 2000 a 2013. A linha cheia horizontal no interior das caixas representa o percentil 50 (mediana); o final das caixas, os percentis 25 e 75; as barras, os percentis 10 e 90; os círculos cheios, os valores extremos.

Tabela 1. Valores médios mensais (\pm desvio padrão) de acúmulo de biomassa (Kg MS/ha/mês), do NDVI e dos elementos agrometeorológicos nas quatro estações do ano em campos naturais do Bioma Pampa, Eldorado do Sul-RS, período 2000 a 2013.

Variável	Estação do ano			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Biomassa				
Acúmulo (Kg MS/ha/mês)	550 \pm 250a	269 \pm 249b	131 \pm 352b	534 \pm 203a
Espectral				
NDVI	0,68 \pm 0,06a	0,68 \pm 0,05a	0,64 \pm 0,04b	0,68 \pm 0,03a
Agrometeorológica				
Temp (°C)	23,6 \pm 1,4a	16,7 \pm 2,4c	14,2 \pm 2,1d	20,9 \pm 1,9b
P (mm)	118 \pm 58	136 \pm 79	146 \pm 88	144 \pm 83
UR (%)	83,4 \pm 6,5b	87,5 \pm 6,2a	85,6 \pm 7,0a	81,8 \pm 6,3b
Rg (cal/cm ²)	926 \pm 156a	467 \pm 104b	435 \pm 162b	954 \pm 178a
ETR/ETP	0,58 \pm 0,21b	0,82 \pm 0,39a	0,79 \pm 0,22a	0,63 \pm 0,21b
DH (mm)	56 \pm 29a	15 \pm 16b	10 \pm 7b	51 \pm 30a

Letras distintas na linha diferem estatisticamente pelo Teste Tukey (P<0,05)

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Na análise de correlação entre as todas as variáveis analisadas nas quatro estações do ano (Tabelas 2 a 5), observaram-se correlações significativas entre acúmulo de forragem e NDVI no verão (Tabela 2) e no outono (Tabela 3), com $r=0,50$ e $r=0,58$, respectivamente. Os coeficientes positivos indicam que aumentos no NDVI são proporcionais aos incrementos na biomassa dos campos. (Fonseca et al., 2007). É interessante ressaltar que, nesta época do ano, o NDVI, além de estimador do crescimento vegetal, também explicita a relação clima-planta, ou seja, a resposta esperada das plantas às condições meteorológicas. No verão a correlação entre o NDVI e as variáveis radiação solar ($r=-0,52$) e déficit hídrico ($r=-0,69$), foi inversa, coerente com o fato do fator hídrico ser o principal limitador ao crescimento (Matzenauer et al., 2002). Já no outono é a questão térmica que frequentemente limita o crescimento da vegetação campestre, quando a correlação entre NDVI e a temperatura apresenta valores positivos ($r=0,37$).

Neste trabalho, os coeficientes de correlação obtidos entre o acúmulo de forragem e o NDVI foram superiores àqueles obtidos entre o acúmulo de forragem e as variáveis agrometeorológicas. Esse resultado indica que o uso de índices espectrais, aliados aos elementos agrometeorológicos, de forma semelhante ao que vem sendo feito para culturas anuais produtoras de grãos (Junges e Fontana, 2011; Klering et al., 2008), é uma abordagem a ser testada para a modelagem do acúmulo de forragem em pastagens naturais no período de verão e outono.

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson entre acúmulo de biomassa (Kg MS/ha/ mês), NDVI e elementos agrometeorológicos no **verão**. Eldorado do Sul, período 2000-2013.

Variável	Temp (°C)	UR (%)	ETR/ETP	Rg (cal/cm ²)	P (mm)	DH(mm)	NDVI
UR (%)	-0,13						
ETR/ETP	-0,18	0,45***					
Rg (cal/cm ²)	0,52****	-0,13	-0,3**				
P (mm)	0,18	0,41***	0,59****	-0,10			
DH (mm)	0,31**	-0,53****	-0,67****	0,65****	-0,58****		
NDVI	-0,22	0,30*	0,23	-0,52****	0,23	-0,69****	
Acúmulo de forragem (Kg MS/ha/mês)	0,09	0,34*	0,25	-0,07	0,30	-0,32*	0,50***

**** P<0,001; *** P<0,01; ** P<0,05; * P<0,10

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson entre acúmulo de biomassa, NDVI e elementos agrometeorológicos no **outono**. Eldorado do Sul, período 2000-2013.

Variável	Temp (°C)	UR(%)	ETR/ETP	Rg (cal/cm ²)	P (mm)	DH (mm)	NDVI
UR (%)	-0,36**						
ETR/ETP	-0,14	-0,03					
Rg (cal/cm ²)	0,65****	-0,14	-0,35**				
P (mm)	0,04	0,07	0,33**	-0,29*			
DH (mm)	0,53****	-0,30**	-0,53****	0,79****	-0,38**		
NDVI	0,37**	-0,03	0,27*	0,12	0,13	-0,11	
Acúmulo de forragem (Kg MS/ha/mês)	0,42*	0,23	-0,04	0,29	-0,14	0,11	0,58**

**** P<0,001; *** P<0,01; ** P<0,05; * P<0,10

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

No inverno, em consequência do crescimento quase nulo da vegetação dos campos naturais do Bioma Pampa (Tabela 1), para o conjunto de dados analisados neste trabalho não foram observadas correlações significativas entre o acúmulo de forragem e as demais variáveis analisadas (Tabela 4). Porém, NDVI esteve positivamente associado à temperatura do ar ($r=0,26$), o que é esperado. Também, coeficientes de correlação significativos foram observados entre o déficit hídrico e os elementos que determinam a demanda evaporativa da atmosfera (radiação solar, $r=0,73$, umidade do ar, $r=-0,40$, e ETR/ETP, $r=-0,38$), demonstrando coerência nos processos físicos que atuam na definição da relação clima-plantas. Aliás, esta correlação foi significativa não somente no inverno, mas em todas as estações do ano.

Tabela 4. Coeficientes de correlação de Pearson entre acúmulo de biomassa, NDVI e elementos agrometeorológicos no **Inverno**. Eldorado do Sul, período 2000-2013.

Variável	Temp (°C)	UR (%)	ETR/ETP	Rg (cal/cm ²)	P (mm)	DH (mm)	NDVI
UR (%)	0,11						
ETR/ETP	0,09	0,26*					
Rg (cal/cm ²)	0,09	-0,14	-0,05				
P (mm)	0,10	0,28*	0,42***	0,45***			
DH (mm)	0,27*	-0,40***	-0,38**	0,73****	0,07		
NDVI	0,26*	-0,06	0,14	0,19	0,20	0,16	
Acúmulo de forragem (Kg MS/ha/mês)	0,12	0,21	-0,17	0,27	0,33	0,36	0,22

**** P<0,001; *** P<0,01; ** P<0,05; * P<0,10

Os resultados obtidos na primavera (Tabela 5) devem ser interpretados com cautela. Sabe-se que nesta estação do ano ocorre um dos picos de crescimento dos campos nativos do Rio Grande do Sul como consequência da composição dos mesmos ser baseada principalmente em espécies C4 (Boadrini, 1997). Não ter havido correlação entre acúmulo de forragem e as variáveis agrometeorológicas pode induzir a interpretação de que não ocorreu limitação ao crescimento da vegetação nesta estação do ano e que esse seria o padrão típico dos campos do Bioma Pampa no Estado. Mas, foi possível observar uma relação significativa e negativa entre NDVI e o déficit hídrico. Se existe uma relação inversa (quanto maior o déficit, menor o NDVI), o NDVI é um indicador da ocorrência de estresses decorrentes de déficit hídrico, embora a relação direta com o acúmulo de forragem não tenha sido significativa. Os resultados da primavera podem, portanto, estar demonstrando que, em função do pico de crescimento das espécies forrageiras ocorrer na primavera, não foi possível observar, nesse conjunto de dados, alterações no NDVI e no acúmulo de forragem que pudessem ser direta e linearmente relacionadas às variáveis agrometeorológicas.

Tabela 5. Coeficientes de correlação de Pearson entre acúmulo de biomassa, NDVI e elementos agrometeorológicos na primavera. Eldorado do Sul, período 2000-2013.

Variável	Temp (°C)	UR (%)	ETR/ETP	Rg (cal/cm ²)	P (mm)	DH(mm)	NDVI
UR (%)	-0,17						
ETR/ETP	-0,18	0,09					
Rg (cal/cm ²)	0,46***	-0,10	-0,55****				
P (mm)	-0,13	0,23	0,37**	-0,40***			
DH (mm)	0,38**	-0,07	-0,79****	0,80****	-0,55****		
NDVI	-0,08	-0,38**	0,21	-0,18	0,09	-0,40***	
Acúmulo de forragem	0,08	0,16	-0,11	0,11	-0,05	0,03	0,13

**** P<0,001; *** P<0,01; ** P<0,05; * P<0,10

CONCLUSÕES

O elemento agrometeorológico associado à limitação no acúmulo de forragem nos campos naturais do bioma Pampa no Rio Grande do Sul é distinto conforme a estação do ano, o que é característico do clima subtropical predominante na região.

O inverno é a estação crítica para o manejo dos rebanhos, dado menor acúmulo de forragem e são menores valores de NDVI, condicionados pela menor incidência de radiação solar e temperatura do ar.

No verão o fator limitante é a condição hídrica e no outono, a temperatura do ar, sendo estas as estações do ano em que há associação entre o acúmulo de forragem e NDVI.

Para a modelagem de acúmulo de forragem em campos naturais do Rio Grande do Sul é possível o emprego de índices espectrais, combinados com elementos agrometeorológicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERLATO, M.A.; FONTANA, D. C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e do rendimento de grãos de soja no Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 7, n.26, p. 119-125, 1999.

BOLDRINI, I.I. **Dinâmica da vegetação de uma pastagem natural sob diferentes níveis de oferta de forragem e tipos de solo, Depressão Central, RS.** 1997. 262f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CARVALHO, P.C.F. 2013. Harry Stobbs Memorial Lecture: Can grazing behavior support innovations in grassland management? *Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales*, v. 1, p. 137–155, 2013.

FONSECA, E.L.; FORMAGGIO, A.R.; PONZONI, F.J. Estimativa da disponibilidade de forragem do bioma Campos Sulinos a partir de dados radiométricos orbitais: parametrização do submodelo espectral. *Ciência Rural*, v. 37, p. 1668-1674, 2007.

FONTANA, D. C., POTGIETER, A. B., APAN, A. Assessing the relationship between shire winter crop yield and seasonal variability of the MODIS NDVI and EVI images. *Applied GIS*, Carlton, 3, 1-16. 2007.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

HASENACK H.; CORDEIRO J.L.P.; COSTA B.S.C. 2007. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul **In: Sustentabilidade produtiva no Bioma Pampa. II Simpósio de Forrageiras e Produção Animal** (eds. Dall'agnol M, Nabinger C, Sant'ana DM & Santos RJ). Departamento de Forrageiras e Agrometeorologia – UFRGS, Porto Alegre, pp. 15-22.

HUETE, A. et al. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v.59, p.440- 451, 1997.

IBGE - Pesquisa Pecuária Municipal (2012) disponível in <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua>

JACÓBSEN, L.O.; FONTANA, D.C.; SHIMABUKURO, Y.E. Efeitos associados a El Niño e La Niña na vegetação do Estado do Rio Grande do Sul observados através do NDVI/NOAA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, p.129-140. 2003.

JUNGES, A.H., FONTANA, D.C. Modelo agrometeorológico-espectral de estimativa de rendimento de grãos de trigo no Rio Grande do Sul. **Ceres**, 58, p. 9-16, 2011

KLERING, E. V.; FONTANA, D. C. ; CARGNELUTTI FILHO, A . Modelagem agrometeorológica do rendimento de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 549-558, 2008.

KUPLICH, T.M.; MOREIRA, A.; FONTANA, D.C. Série temporal de índice de vegetação sobre diferentes tipologias vegetais no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.1116-1123, 2013.

MATZENAUER, R. et al. Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja no Rio Grande do Sul. **Boletim FEPAGRO**, n. 10, ago. 2002.

MEZZALIRA, J.C., CARVALHO, P.C.F., Da TRINDADE, J.K., BREMM, C., FONSECA, L., AMARAL, M.F., REFFATTI, M.V. Produção animal e vegetal em pastagem nativa manejada sob diferentes ofertas de forragem por bovinos. **Ciência Rural**, v.42, n.7, p.1264-1270, 2012.

NABINGER C. Manejo e produtividade das pastagens nativas do subtropico brasileiro. **In: I Simpósio de Forrageiras e Produção Animal (Anais...)**. UFRGS, Porto Alegre, pp. 25-76. 2006.

SOARES, A.B., CARVALHO, P.C.F., NABINGER, C., SEMMELMANN, C., Da TRINDADE, J.K., THÉRCIO, E.G., FREITAS, S. PINTO, C.E., FONTOURA JÚNIOR, J.A., Frizzo, A. Produção animal e de forragem em pastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem. **Ciência Rural**, v.35, n.5, p.1148-1154, 2005.

WAGNER, A. P. L., FONTANA, D. C., FRAISSE, C., WEBER, E.,; HASENACK, H. Tendências temporais de índices de vegetação nos campos do Pampa do Brasil e do Uruguai. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 48, 1192-1200. 2013.