Brazilian Journal of Development

Identificação e mapeamento de unidades homogêneas do bioma Pampa utilizando imagens Sentinel-2 no Complexo Eólico Cerro Chato, Santana do Livramento, RS

Identification and mapping of homogeneous units of the Pampa biome using Sentinel-2 images in the Cerro Chato Wind Complex, Santana do Livramento, RS

DOI:10.34117/bjdv6n5-414

Recebimento dos originais: 10/04/2020
Aceitação para publicação: 20/05/2020

Daniel Fernandes Gomes
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Caixa Postal 15001 – 91501-970 – Porto Alegre – RS, Brasil
geofernandes@live.com

Luiz Fernando Schwartzman
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Caixa Postal 15001 – 91501-970 – Porto Alegre – RS, Brasil
luizgeoambiental@gmail.com

Eliana Lima da Fonseca
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Caixa Postal 15001 – 91501-970 – Porto Alegre – RS, Brasil
eliana.fonseca@ufrgs.br

Dejanira Luderitz Saldanha
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Caixa Postal 15001 – 91501-970 – Porto Alegre – RS, Brasil
dejanira.saldanha@ufrgs.br

RESUMO
O objetivo deste estudo foi identificar e classificar as unidades homogêneas presentes nos campos naturais do bioma Pampa pelo uso de imagens do Sentinel-2, fundamentadas em diferentes níveis de oferta de forragem e na presença de áreas individuais invadidas por Eragrostis plana Nees. A área de estudo compreendeu as poligonais que fazem parte do Complexo Eólico de Cerro Chato, no município de Santana do Livramento-RS, cobrindo uma área de aproximadamente quinze mil hectares. A análise utilizou a imagem Sentinel-2A / MSI e o classificador ECHO, com apoio de amostras coletadas em campo para identificação e coleta de classes, juntamente com um diagnóstico de cobertura vegetal para avaliar o nível de infestação de capim-annoni-2. Os resultados mostram que o classificador ECHO foi eficiente na discriminação de unidades homogêneas de vegetação no bioma Pampa. Na avaliação da qualidade da classificação, o resultado encontrado foi satisfatório, com o valor do coeficiente Kappa em 88,5%. Nas áreas invadidas por Eragrostis plana Nees, os resultados da classificação associados ao diagnóstico de cobertura vegetal tornaram viável indicar um provável limiar da porcentagem de invasão que o classificador conseguiu separar a espécie invasora das demais classes utilizadas. A classificação também mostrou eficiência na identificação dos diferentes níveis de oferta de forragem presentes nos campos naturais, permitindo classificá-los em dois níveis: baixa disponibilidade de forragem e disponibilidade moderadamente alta de forragem.

Brazilian Journal of Development

Palavras-chave: sensoriamento remoto, bioma Pampa, Sentinel-2, espécies invasoras, sensoriamento remoto, bioma Pampa, Sentinel-2, espécies invasoras.

ABSTRACT
The objective of this study was to identify and classify the homogeneous units present in the natural fields of Pampa biome by the use of images from Sentinel-2, reasoned by different levels of forage offer and the presence of individual areas invaded by Eragrostis plana Nees. The area of study comprehended the polygonal that are part of the Eolic Complex of Cerro Chato, in the county of Santana do Livramento-RS, covering an area of approximately fifteen thousand hectares. The analysis utilized the image Sentinel-2A/MSI and the classifier ECHO, with support of samples gathered in field for identification and collect of classes, together with a diagnostic of vegetal cover to evaluate the level of infestation of capim-annoni-2. The results show that the classifier ECHO was efficient in the discrimination of homogeneous units of vegetation in the Pampa biome. In the evaluation of the quality of classification, the result founded was satisfactory, with the value of coefficient Kappa in 88,5%. In the areas invaded by Eragrostis plana Nees, the results of classification associated with the diagnostic of vegetal cover made viable to indicate a likely threshold of the percentage of the invasion that the classifier was able to separate the invader specie from the other classes utilized. The classification also showed efficiency in identifying the different levels of forage offer present in the natural fields, allowing to classify them in two levels: low availability of forage and moderately high avilability of forage.

Keywords: remote sensing, Pampa biome, Sentinel-2, invasive species, sensoriamento remoto, bioma Pampa, Sentinel-2, espécies invasoras.

1 INTRODUÇÃO

O bioma Pampa abrange regiões pastoris de planície nos três países da América do sul – cerca de dois terços do estado brasileiro Rio Grande do Sul, as províncias argentinas de Buenos Aires, La Pampa, Santa Fé, Entre Rios e Corrientes e a República Oriental do Uruguai. O Pampa como bioma, é a reunião de formações ecológicas que se inter-cruzam em uma formação *ecopaisagística* única, com intenso tráfego de matéria energia e vida entre os campos, matas ciliares, capões de mato e matas de encostas, suas principais formações. Abrange uma área de 176.496 km², 2,07% da parcela do território brasileiro (Suertegaray e Pires da Silva, 2009). Os campos presentes no bioma Pampa referem-se a um tipo de vegetação composta predominantemente por gramíneas e outras herbáceas, classificado como Estepe no sistema fitogeográfico internacional, e que alimenta aproximadamente 65 milhões de ruminantes (Berreta, 2001), sustentando assim grande parte da produção pecuária do Rio Grande do Sul.

O Complexo Eólico Cerro Chato iniciou suas atividades de implantação no ano de 2010 em Santana do Livramento, RS. Atualmente o empreendimento conta com três parques e 108 aerogeradores eólicos que dividem a paisagem com atividades de produção animal, no qual os animais pastejam livremente nas áreas de pastagem natural da região. O acréscimo das ações antrópicas ocasionadas pela alocação do parque eólico vem acarretando a expansão preocupante da gramínea exótica *Eragrostis plana Nees*, conhecida como capim-annoni-2, introduzida

acidentalmente no Rio Grande do Sul na década de 50 devido à contaminação de remessas de sementes de outras espécies forrageiras importadas do continente africano (Araújo, 1971; Coelho, 1983). Devido à sua elevada adaptação à região e ao seu difícil controle, o capim-annoni tem contribuído para a diminuição da diversidade florística e o declínio da produção animal nos locais onde se instala (Perez et al., 2015).

Plataformas de sensoriamento remoto apresentam a possibilidade de amostragem de extensas e contínuas porções da superfície (Ollinger et al., 2007). No caso do bioma Pampa, Fonseca et al. (2007) descrevem a viabilidade da discretização de unidades homogêneas presentes nos campos sulinos utilizando produtos de imagens de satélite, uma vez que estas unidades apresentam diferentes padrões da resposta espectral em função do predomínio de gramíneas com porte cespitoso ou com porte rasteiro presentes em cada uma das unidades. O satélite Sentinel-2 que faz parte da missão da *European Space Agency* (ESA) desenvolvido no quadro do programa da União Europeia *Copernicus* (Drusch et al., 2012; Hagolle et al., 2015; Segl et al., 2015) foi lançado no dia 23 de junho de 2015 e atualmente está em operação. As imagens do Sentinel-2 abrangem treze bandas no visível, infravermelho próximo (NIR) e infravermelho médio (SWIR), com quatro bandas em 10 m, seis em 20 m e três bandas a 60 m de resolução espacial.

Com o advento das imagens de sensoriamento remoto orbital foi possível o desenvolvimento de técnicas de extração de informação a partir dos números digitais (ND) de cada banda do sensor. Este tipo de técnica consiste em um processo quantitativo de atribuir um significado único (rótulo) a um determinado conjunto de pixels segundo suas similaridades espectrais e espaciais disponíveis (Novo, 2008). Este processo é conhecido como classificação digital de imagens. O *Extration and Classification of Homogenious* Objects (ECHO) é um classificador multiestágio de caráter hibrido que combina as características espectrais e espaciais da imagem. Desenvolvido na Universidade de Purdue com financiamento da NASA, ele tem apresentado bons resultados quando as classes de interesse da imagem apresentam elevado grau de variância, fator que geralmente faz com que os classificadores pixel a pixel apresetem grande dificuldade em discriminar suas caracteristicas. Devido a sua estrutura o ECHO simplifica misturas complexas de pixels e frequentemente consegue extrair a essência de uma massa de respostas espectrais aparentemente complexos, apresentando assim melhores resultados que classificadores mais simples como o MaxVer em áreas de estudo de alta heterogeneidade (Kettig; Landgreb, 1976).

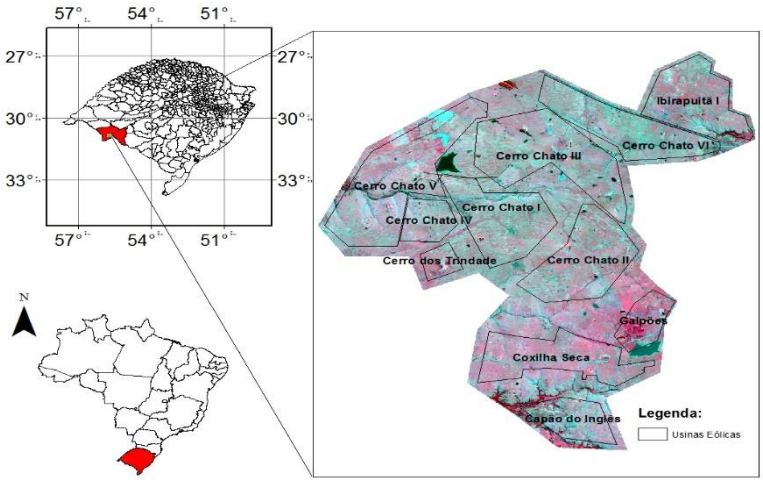
Considerando a importância do bioma Pampa para a economia local, o objetivo deste trabalho foi o de identificar e classificar as unidades homogêneas presentes na região utilizando imagens Sentinel-2, fundamentado pelos distintos níveis de oferta de forragem nos campos naturais e pela presença de áreas invadidas com capim-annoni-2.

Brazilian Journal of Development

2 METODOLOGIA DE TRABALHO

A área de estudo corresponde as poligonais dos empreendimentos Cerro Chato, Entorno I e Entorno II que fazem parte do Complexo Eólico Cerro Chato no município de Santana do Livramento, RS. O recorte utilizado para esse trabalho abrange uma área de aproximadamente 15 mil hectares, que compreende juntamente com o parque eólico, áreas que são exploradas economicamente com pecuária extensiva e onde existem extensas áreas invadidas por capim-annoni-2. A Figura 1 apresenta a área selecionada para análise.

Figura 1: Localização do Complexo Eólico Cerro Chato no estado do Rio Grande do Sul. Recorte da imagem Sentinel-2 sensor MSI (R8G4B3).



O trabalho de campo para a coleta das amostras referentes as unidades homogêneas foram realizadas utilizando o receptor *Trimble Juno SA.* As classes levantadas foram: campo nativo com alta pressão de pastejo (Nativo AP), campo nativo com baixa pressão de pastejo (Nativo BP), Lenhosas e capim-annoni-2(Annoni). A classe Nativo AP foi associada à fisionomia típica das pastagens naturais mantidas com alta lotação e baixa disponibilidade de forragem, onde prevalece na paisagem um estrato inferior (baixo) com o predomínio de espécies de pequeno porte adaptadas ao pastejo intenso. A classe Nativo BP foi utilizada para campos conduzidos sob oferta de forragem de moderada a alta, com o acréscimo da presença de um estrato superior, formado por espécies de hábito cespitoso. A Figura 2 apresenta as classes que foram levantadas no trabalho de campo.

Brazilian Journal of Development

Figura 2: Aspecto da vegetação em áreas com: 1) alta pressão de pastejo (Nativo AP), 2) com baixa pressão de pastejo (Nativo BP), 3) capim-annoni-2 (Annoni) e 4) vegetação lenhosa (Lenhosa).



O levantamento das amostras da classe Annoni foi realizado em áreas com alta ocorrência da espécie invasora. Além da coleta de pontos referentes a classe, parte das amostras passaram por um diagnóstico de cobertura vegetal. Para esse levantamento foi empregada uma adaptação do método Interceptação na linha de Canfild (1941), em que se utilizou um transecto plotado aleatoriamente em áreas com alta infestação de capim-annoni-2 através de uma trena de 30 metros fixada por estacas, onde foram tomadas às medidas de início e fim do dossel vegetal da espécie invasora. Como resultado do diagnóstico de cobertura vegetal obteve-se a porcentagem do transecto coberta por *Eragrotis plana Nees.*

Para este trabalho foi utilizada a imagem Sentinel-2A adquirida pelo sensor *Multi Espectral Instrument (MSI)* correspondente a data de 17 março de 2016, obtida gratuitamente pelo endereço eletrônico https://scihub.copernicus.eu/. Esse dado que foi empregado, possui nível 1C de processamento, que conta com a imagem geometricamente corrigida (ortoretificada), valores de reflectância no topo da atmosfera e resolução espacial de 10, 20 e 60 metros.

No aplicativo SNAP foram selecionadas apenas as bandas com 10 metros de resolução espacial, correspondentes as banda 2 (azul - 490 nm), banda 3 (verde - 560 nm), banda 4 (vermelho - 665 nm) e banda 8 (infravermelho próximo - 842 nm) que logo foram exportadas para o formato

TIFF. Na plataforma ENVI 5.3 a área de estudo foi recortada através da ROI compreendendo as poligonais dos empreendimentos.

A classificação das unidades homogêneas foi realizada utilizando a plataforma gratuita MultSpec 3.2 pelo método da classificação supervisionada utilizando o algoritmo ECHO (*Extraction and Classification of Homogeneous Objects*). A aplicação do ECHO envolve um total de quatro etapas: (1) definição de uma janela que irá percorrer toda a imagem a fim de gerar células que englobam aglomerados de pixels; (2) definição de um limiar que tem o papel de determinar a homogeneidade dos pixels pertencentes às células geradas. Após a realização das duas etapas iniciais, a imagem é processada com base nos parâmetros definidos e cada célula é então considerada como um entidade única onde os valores de cada pixel pertencente a célula são mesclados, se algum pixel pertencente a célula não apresentar valores compatíveis com o limiar estabelecido ele será então considerado uma nova célula de pixel único; (3) As células resultantes são agregadas com base em associações estatísticas entre elas e; (4) a agregação das células é processada pelo algoritmo *Quadratic Likelihood* para fornecer o resultado final.

As amostras de treinamento utilizadas no Multispec 3.2 das classes Nativo AP, Nativo BP, Annoni e lenhosa foram obtidas através dos *shapefiles* correspondente aos pontos do levantamento de campo. Para o treinamento das classes Arbórea, Água, Asfalto e Solo as amostras foram obtidas por meio de uma interpretação visual das composições coloridas das bandas RGB 8 4 3 e RGB 4 3 2, considerando que pelo alto contraste da resposta espectral entre essas classes foi possível esse tipo de amostragem sem dados coletados em campo.

Para a obtenção de bons resultados na utilização do ECHO é necessário que o analista tenha um bom conhecimento da área de estudo e das classes que deseja identificar devido a grande influência que os parâmetros definidos pelo analista exercem no resultado final. Para esse trabalho foram realizados testes com diferentes tamanhos de janela e valores de limiar.

Para avaliar os resultados da classificação, foram utilizadas partes das amostras coletadas no trabalho de campo e obtidas através da interpretação visual das imagens. Na avaliação da classe correspondente ao capim-annoni-2, foram utilizados *shapfiles* com os *buffers* de 30 metros gerados a partir dos pontos em que foram implementados o diagnóstico de cobertura vegetal.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A conformação que apresentou os melhores resultados para a área de estudo foram a janela 1x1 e o limiar de homogeneidade de 1. As outras conformações testadas apresentaram dificuldade em separar as unidades caracterizadas pela grande heterogeneidade da vegetação.

Brazilian Journal of Development

Na avaliação da classe Annoni, das 17 amostras que foram usadas para avaliar a classe, 58,82% delas foram classificadas como Annoni e os 41,18% restantes foram classificados como Nativo BP. Ao cruzar os valores de porcentagem de invasão obtidos no diagnóstico de cobertura vegetal das amostras com o resultado da classificação, foi possível observar que áreas com infestação inferior a 78,33% não foram classificadas como Annoni e foram classificadas como Nativo BP. Esses resultados indicaram a dificuldade do classificador em discriminar áreas de com baixa infestação, no qual as touceiras de capim-annoni-2 encontram-se mescladas com outras espécies nativas.

Das amostras utilizadas para avaliar as classes com diferentes níveis de oferta de forragem, dos 15 pontos coletados como Nativo BP, 93,34% pertenceram a esta classe. No caso do Nativo AP, dos 14 pontos coletados, 71,43 % foram classificados corretamente. Essa dificuldade na discriminação das unidades homogêneas de campos nativos com alta e baixa pressão de pastejo pode ser visto na matriz de confusão do classificador. A Tabela 1 mostra que as classes com maior confusão são referentes as classes Nativo BP e Nativo AP. A classe Água apresentou confusão com a classe Abórea, indicando que o excesso de sedimentos em suspensão encontrado em alguns corpos d'água na região estaria dificultando a discriminação desta classe pelo classificador. Já as classes Arbórea, Asfalto e Lenhosa foram classificadas sem dificuldade.

Tabela 1: Matriz de confusão.

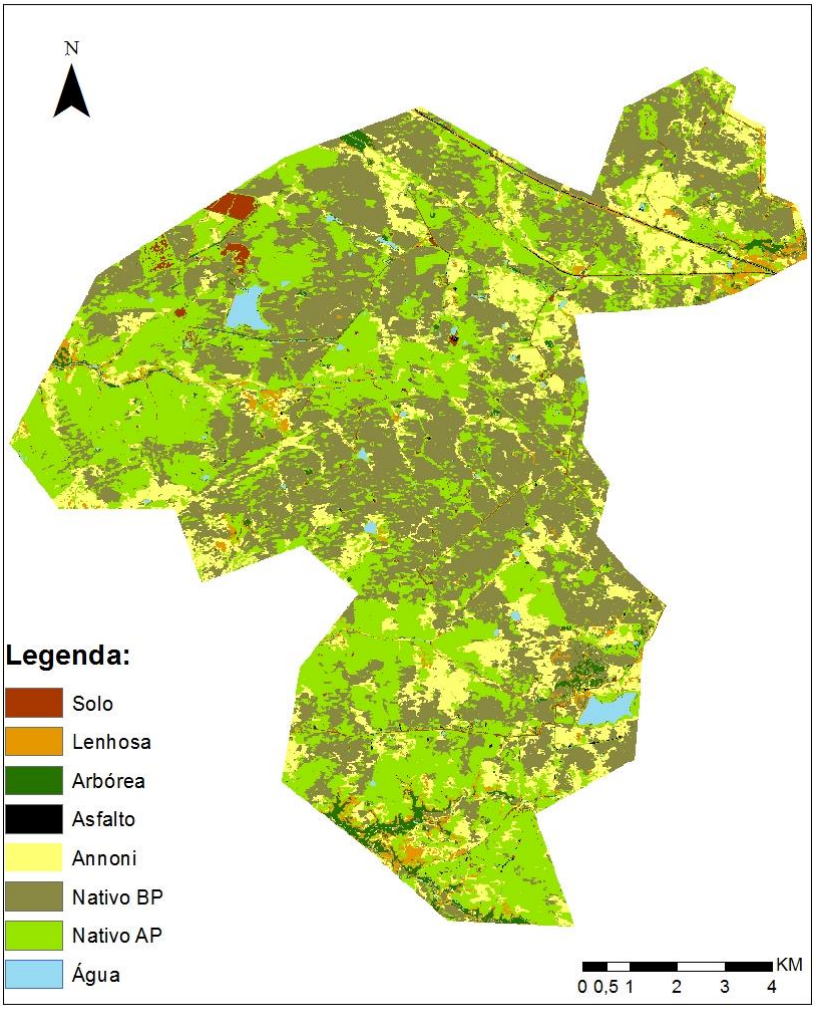
Nome	**Solo**	**Lenhosa**	**Arbórea**	**Asfalto**	**Annoni**	**Nativo BP**	**Nativo AP**	**Água**	Total
Solo	**364**	0	0	4	0	0	3	0	371
Lenhosa	0	**180**	0	0	6	0	0	0	186
Arbórea	0	4	**372**	0	0	0	0	68	444
Asfalto	0	0	0	**17**	0	0	0	0	17
Annoni	0	1	0	0	**189**	28	16	0	234
Nativo BP	0	1	0	0	0	**326**	42	0	369
Nativo AP	0	0	0	0	0	38	**129**	0	167
Água	0	0	0	0	0	0	0	**389**	389
									1966
TOTAL	**364**	**186**	**372**	**21**	**195**	**392**	**190**	**457**	
Acur. Produtor	100%	96,7%	100%	80,9%	96,9%	83,1%	67,8%	85,1%	
Acur. Usuário	98,1%	96,7%	83,7%	100%	80,7%	88,3%	77,2%	100%	

O resultado obtido pelo classificador foi avaliado a partir de uma matriz de confusão e pelo índice Kappa. A acurácia global para a classificação realizada foi de 90,3% indicando um bom

desempenho global do classificador. Ao analisarmos os percentuais de acurácia do produtor e acurácia do usuário para cada classe individualmente, a classe Nativo AP teve o pior desempenho, apenas 67,8% das áreas desta classe foram corretamente classificadas e das áreas identificadas como Nativo AP somente 77,2% são realmente pertencentes a essa classe. Todas as outras classes apresentaram valores superiores a 80% de acurácia do produtor e do usuário, o que indica que um bom desempenho do classificador em identificar e diferenciar as demais classes individualmente. Na avaliação da qualidade da classificação, o resultado encontrado foi satisfatório, com o valor do coeficiente Kappa de 88,5%.

A figura 3 mostra o mapa temático resultante da classificação da imagem Sentinel-2. Áreas que foram identificadas com alta infestação com o capim-annoni-2 localizaram-se na sua maioria na porção norte, nas áreas correspondentes aos empreendimentos Ibirapuitã I, Cerro Chato III e Cerro Chato VI. É possível visualizar a distribuição dos distintos níveis de oferta de forragem nas propriedades que compreendem a área de estudo.

Figura 3: Mapa temático apresentando as diferentes classes na área de estudo.



Desta forma, os resultados obtidos mostram que é possível identificar áreas com alta densidade de capim-annoni-2 e a distribuição dos diferentes níveis de oferta de forragem existentes nos campos naturais com a utilização das imagens Sentinel-2. Além das unidades homogêneas a classificação também mostrou-se eficiente para identificar outras classes que não são utilizadas como suporte alimentar para a criação animal, tais como corpos d'água, espécies arbóreas (mata ciliar e florestas cultivadas), áreas com solo exposto e asfalto.

4 CONCLUSÕES

A classificação das imagens Sentinel-2 utilizando o classificador ECHO possibilitou a separação das unidades homogêneas da vegetação do bioma Pampa. Em áreas invadidas com *Eragrostis plana Nees,* os resultados da classificação associados ao diagnóstico de cobertura vegetal viabilizaram indicar um provável limiar da porcentagem em áreas invadidas, no qual é possível a sua identificação. A classificação também se mostrou eficiente para discriminar os diferentes níveis de oferta de forragem presentes nos campos naturais do bioma Pampa.

Os resultados deste trabalho indicam a possibilidade de mapeamento de áreas com alta densidade de infestação de capim-annoni-2 em diferentes escalas no bioma Pampa, uma vez que esses resultados podem subsidiar o monitoramento das áreas afetadas pela espécie invasora, agilizando a tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

Araújo, A. Á. de. Principais Gramíneas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Sulina, 1971. 225p.

Berreta, E. Ecophysiology and management response of the subtropical grasslands of Southern America. In: GOMIDE, J.A., MATTOS, W.R.S., SILVA, S.C. da (Eds.) XIX International Grassland Congress, Proceedings...p.939-946. 2001.

Canfield, R. Hi. Application of the line interception method in sampling range vegetation. Journal of Forestry v.39, n.4 p.388-394, 1949.

Coelho, R. W. Capim-Annoni 2, uma invasora a ser controlada. In: Jornada Técnica de Bovinocultura de Corte, 2., 1983, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: EMATER-EMBRAPA-IPZFO, p. 51-70, 1983.

Drusch, M. et al. Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. Remote Sensing of Environment, v. 120, p. 25-36, 2012.

Fonseca, E. L., Ponzoni, F. J., Formaggio, A. R. (2007). Identificação e mapeamento de unidades homogêneas do bioma Campos Sulinos utilizando imagens TM/Landsat. in: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 21-26., 2007, Florianópolis, Brasil. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p.3899-3904. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.16.38/doc/3899-3904.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2015.

Hagolle, O., et al. SPOT-4 (take 5): Simulation of Sentinel-2 time series on 45 large sites. Remote Sensing. v.7, n.9, p.12242–12264, 2015.

Kettig, R. L.; Landgreb, D. A. Computer classification of remotely sensed multispectral image data by extraction and classification of homogeneous objects. IEEE Transactions on Geoscience Electronics, v. 14, n. 1, p. 19–26, 1976.

Novo, E.M.L.M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. 3 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2008. 363 p.

Ollinger, S. V. et al. The role of remote sensing in the study of terrestrial net primary production. In: FAHEY, T. J.; KNAPP, A. K. Principles and Standards for Measuring Primary Production. New York: Oxford University Press, 2007. Cap. 11, p. 204-237. Remote Sensing of Environment, 120, 25–36.

Perez, N. B. et al., Programa de Controle do Capim-Annoni no Parque Eólico Cerro Chato: Diagnóstico e Proposições. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2015. 31 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/136927/1/Dt-146-online.pdf>. Acesso em: 28 out. 2016.

Segl, K., Guanter, L., Gascon, F., Kuester, T., Rogass, C., Mielke, C., 2015. S2eteS: An end-to-end modeling tool for the simulation of Sentinel-2 image products. IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing. 53, 5560–5571.

Suertegaray, D. M. A., Pires da Silva, L. A. (2009). Tchê Pampa: histórias da natureza gaúcha. in: Pillar, V. P. et al. (2006). Campos Sulinos: Conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília: MMA. cap. 03, pg.42-63.