

MAPEAMENTO POR IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO EVIDENCIA O BIOMA PAMPA BRASILEIRO SOB AMEAÇA

Remote sensing image mapping evidence Brazilian Pampa biome under threat

Samuel Santos¹
Lucas Gonçalves da Silva²

^{1,2}**Instituto Pampa Brasil**
Departamento de Ecologia
Av. Unisinos, 950 – Cristo Rei – Caixa Postal 551
CEP 93022 970 – São Leopoldo – RS - Brasil
samuel@pampabrasil.org.br
lucas_gonc@yahoo.com.br

RESUMO

Os campos do Rio Grande do Sul são formados por ecossistemas naturais com alta diversidade de seres vivos que contribuem com serviços ambientais importantes, como a conservação de recursos hídricos, a disponibilidade de polinizadores e o provimento de recursos genéticos, além de constituírem uma grande fonte forrageira para a pecuária do sul do Brasil. Por meio do uso do processo de classificação não supervisionada aplicado em dados de imagens adquiridas pelo satélite LANDSAT-7, obteve-se um padrão de cobertura do solo presente no bioma investigado (porção brasileira do Pampa). A aplicação do método de classificação realizado em nove cenas pixel 30x30m evidenciou que restam pouco mais de 40% de vegetação natural no Pampa gaúcho, sendo, aproximadamente, 32% campestre e 08% florestal. A área total coberta por corpos d'água alcança quase 09%, e ações antrópicas (urbanas e rurais - incluindo pastagens, silvicultura e agricultura intensiva) abrangeram quase 51% da área investigada. Esses resultados sugerem a necessidade de imediatas ações ambientais visando à recuperação e à conservação da biodiversidade dos campos sulinos.

Palavras chave: Pampa, geoprocessamento, campos sulinos, sensoriamento remoto.

ABSTRACT

Rio Grande do Sul grasslands are formed by natural ecosystems with high species diversity that provide important environmental services, such as water conservation, the availability of pollinators, and provision of genetic resources, besides being a great source forage in southern Brazil. Through the unsupervised classification process of Landsat-7 satellite images, was obtained the land cover pattern present in the investigated biome (Brazilian Pampas). The classification method done in nine squares 30x30m pixel radar showed that about 40% of remaining natural vegetation, and of these, 32% of grasslands areas and 08% of forested areas. The total area of water surface was about 09% and anthropogenic (urban and rural areas - including livestock areas, monocultures and intensive agriculture) covered about 51%. These results suggest immediate conservation and restoration activities for maintaining the southern grasslands biodiversity.

Keywords: Pampa, geoprocessing, southern grasslands, remote sensing.

1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas de campos sulinos, com padrão de vegetação rasteira e poucas árvores ou arbustos esparsos, exceto próximos a corpos d'água, estendem-se entre os

paralelos 24°S e 35°S, incluindo partes do Brasil, do Paraguai e da Argentina e a totalidade do Uruguai (SUTTIE *et al.*, 2005).

O Rio Grande do Sul está inserido em dois biomas: Mata Atlântica, ao norte do Estado, em altitudes maiores, e bioma Pampa,

na metade sul. O bioma Pampa é restrito ao estado do Rio Grande do Sul (BOLDRINI *et al.*, 2010). Esses biomas são formados por ecossistemas naturais com alta diversidade de espécies animais e vegetais, que garantem serviços ambientais importantes, como a conservação de recursos hídricos, a disponibilidade de polinizadores e o provimento de recursos genéticos, além de constituírem uma grande fonte forrageira para a pecuária do sul do Brasil (PILLAR *et al.*, 2009).

Fitogeograficamente, os Campos do sul do Brasil estão na região Neotropical e fazem parte de dois domínios biogeográficos, o Amazônico e o Chaquenho, representados pelas províncias do Paraná (PR, SC e norte do RS) e Pampeana (sul do RS), respectivamente (CABRERA & WILLINK, 1980). O limite entre essas províncias mais ou menos corresponde ao paralelo 30°S, o mesmo limite que separa os biomas Mata Atlântica e Pampa na classificação brasileira (IBGE, 2004).

Os ecossistemas atuais de campo natural na região sul do Brasil incluem os campos subtropicais e os campos de altitude, os quais abrangem uma área menor que a florestal. Os campos subtropicais podem ser encontrados na Depressão Central, na Serra do Sudeste e na região da Campanha, mas,

principalmente, na metade sul do Rio Grande do Sul (Figura 1) (PILLAR *et al.*, 2009; BALDI & PARUELO, 2008).

Nas últimas décadas, vastas áreas originalmente cobertas com os Campos foram transformadas por outros usos, sem que houvesse o estabelecimento de limites por parte do poder público e da sociedade (PILLAR *et al.*, 2009). A destruição de áreas de campo para pastagens, cultivos intensivos e silvicultura, além da invasão de espécies exóticas ou introduzidas, constituem as principais ameaças aos campos (BALDI *et al.*, 2006; BALDI & PARUELO, 2008; MAZIA *et al.*, 2010).

A biodiversidade dos Campos tem sido foco de estudos recentes, e a importância das formações campestres como hábitat para espécies ameaçadas de extinção torna-se um indicador eficaz do seu valor para a conservação da biodiversidade. Somente no Rio Grande do Sul, há em torno de 2.200 espécies de plantas catalogadas (um valor elevado se considerados os ecossistemas campestres do mundo e a área proporcionalmente ocupada no Estado). Destas, 213 estão listadas como ameaçadas de extinção (SEMA, 2003). Quanto à fauna, os Campos sulinos sustentam uma grande

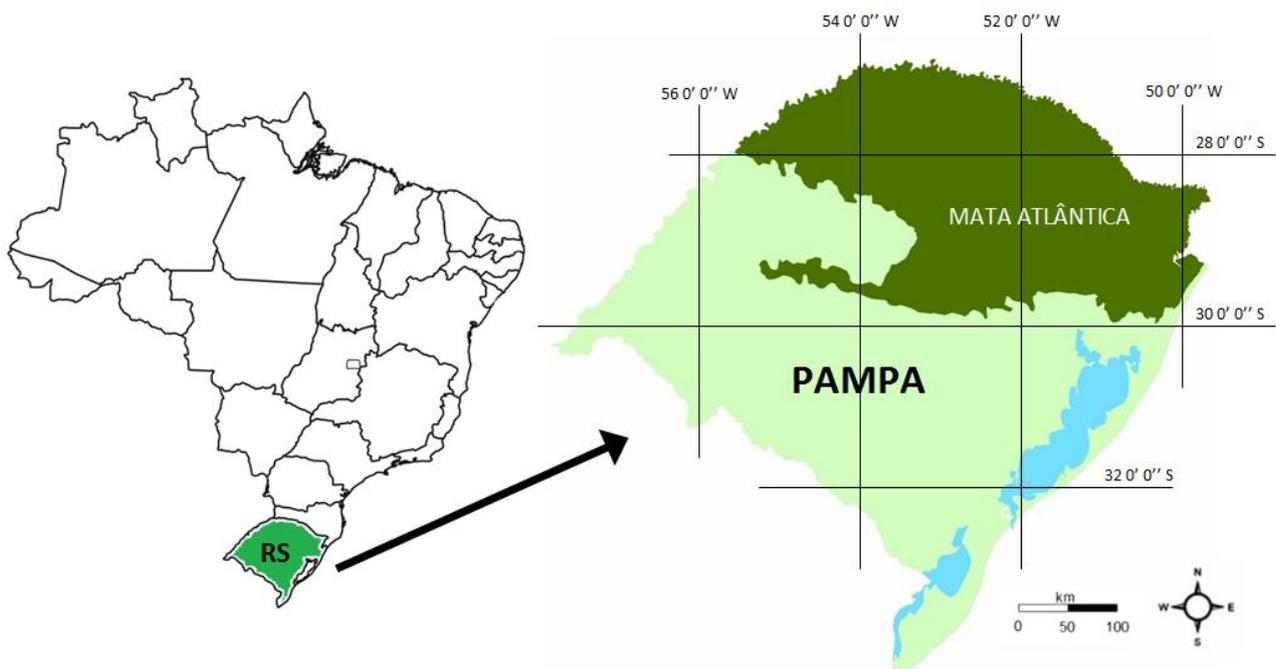


Figura 1: Biomas brasileiros: Em detalhe, a distribuição geográfica do bioma Pampa no sul do Brasil.

diversidade, com espécies endêmicas e ameaçadas de extinção. Vinte e uma espécies ameaçadas de extinção no Rio Grande do Sul são usuárias obrigatórias dos campos e dependem diretamente desses ecossistemas para sua sobrevivência (MARQUES *et al.*, 2002, MACHADO *et al.*, 2008).

De 178243,035 km² de campos pampeanos no sul do Brasil, apenas 453 km² estão protegidos em Unidades de Conservação (UC) de proteção integral, o que equivale a menos de 0,5% da área total desta formação vegetal (IBAMA, 2007). São 14 as Unidades de Conservação do Rio Grande do Sul de proteção integral ou uso sustentável, federais e estaduais (de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, SNUC, lei federal 9985, de 2000), que, segundo o IBAMA (2007), têm representatividade de áreas do bioma Pampa (Figura 2) em função da totalidade de cobertura vegetal do Estado (Figura 3).

O objetivo do presente trabalho é identificar e avaliar a cobertura vegetal atual do bioma pampa no Estado do Rio Grande do Sul pela aplicação de técnicas de sensoriamento remoto utilizando imagens de sensores orbitais, buscando detalhar os processos de modificação de cobertura original e as principais ameaças à conservação dos campos sulinos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo compreendeu toda a porção centro-oeste do Estado do Rio Grande do Sul, representada por nove cenas obtidas por meio do sensor ETM+ do satélite LANDSAT-7 (órbita/ponto: 222/81, 222/82, 223/80, 223/81, 223/82, 224/80, 224/81, 225/80 e 225/81) abrangendo superfície total de 91.052 km². A área de estudo compreende locais onde se encontram as maiores extensões representativas do padrão de vegetação de campos do bioma Pampa. As imagens utilizadas datam de 28 de julho de 2002 e 29 de janeiro de 2003 (INPE, 2010) (Figura 5, A) e foram submetidas ao processo de classificação não supervisionada de imagens de satélite do software IDRISI TAIGA 16.0

(CLARK LABS, 2010).

O método de classificação não supervisionada consiste no processo de cálculo de área a partir de imagens onde nem todas as classes presentes são conhecidas. Após uma composição das bandas 3, 4 e 5 da imagem de satélite (rotina que maximiza o contraste espectral entre classes de cobertura do solo), foram empregadas as funções que implementam os algoritmos *ISOCLUST* e *KMEANS* (SMITH *et al.*, 2007), disponibilizadas pelo software. O processo permite a interferência do usuário para estabelecer pontos de corte (ou valores de limiares) definidos pelo operador para que uma melhor separação das diferentes classes de cobertura do solo presentes seja alcançada (GONÇALVES & EIZIRIK, 2010). O método de classificação não supervisionada está exemplificado na Figura 4. A grande vantagem desse método constitui-se na escolha das classes, já que, de forma iterativa, todos os dados são agrupados por proximidade da sua assinatura espectral, sendo os agrupamentos o único parâmetro determinado pelo usuário.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado do processo de classificação de imagens de LANDSAT-7 ETM+ de nove cenas pixel 30x30m evidenciou que restam 40,23% de vegetação natural no Pampa gaúcho (36.630 km²), sendo 32,15% campestre (28.273 km²) e 8,08% florestal (7.357 km²). A área total de superfície de água ficou em 8,95% (8.149 km²), e ações antrópicas urbanas e rurais (incluindo pastagens, silvicultura e agricultura intensiva) abrangeram 50,82% da área modelada (46.272 km²) (Figura 5, B).

A biodiversidade e as formas de produção sustentável praticadas sobre os campos do sul do Brasil ainda são pouco conhecidas. Com manejo adequado, o uso pecuário pode ser altamente produtivo e manter a integridade dos ecossistemas campestres e os demais serviços ambientais (PILLAR *et al.*, 2009).

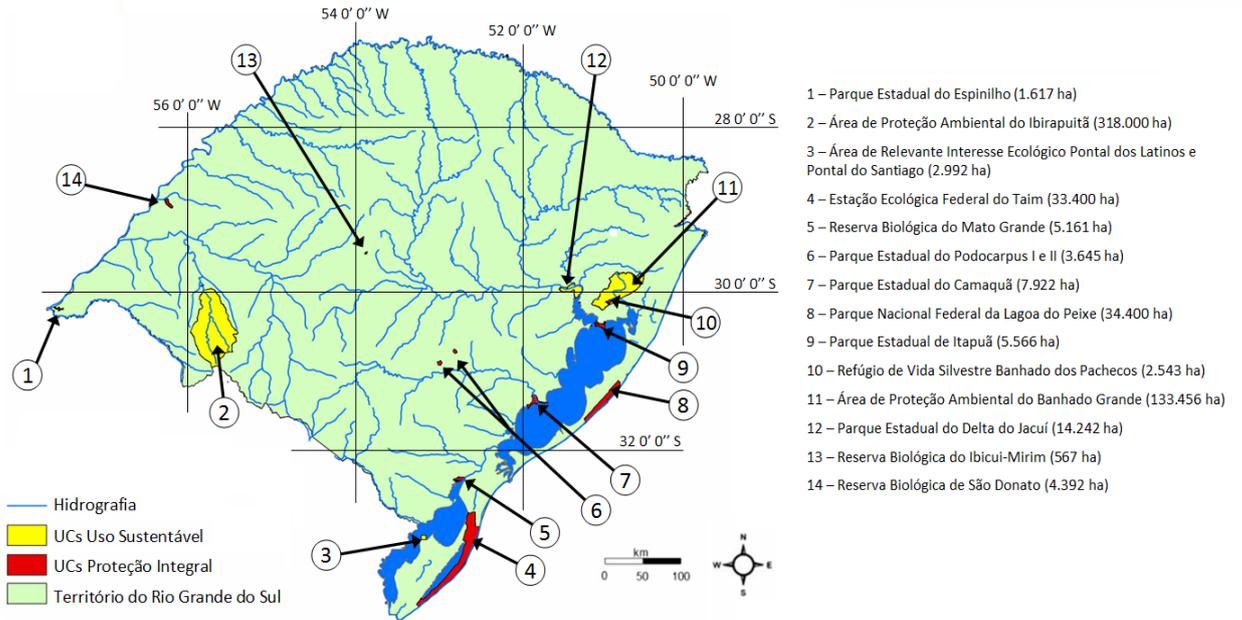


Figura 2: Unidades de conservação de proteção integral e uso sustentável com representatividade de áreas do bioma Pampa no Estado do Rio Grande do Sul.

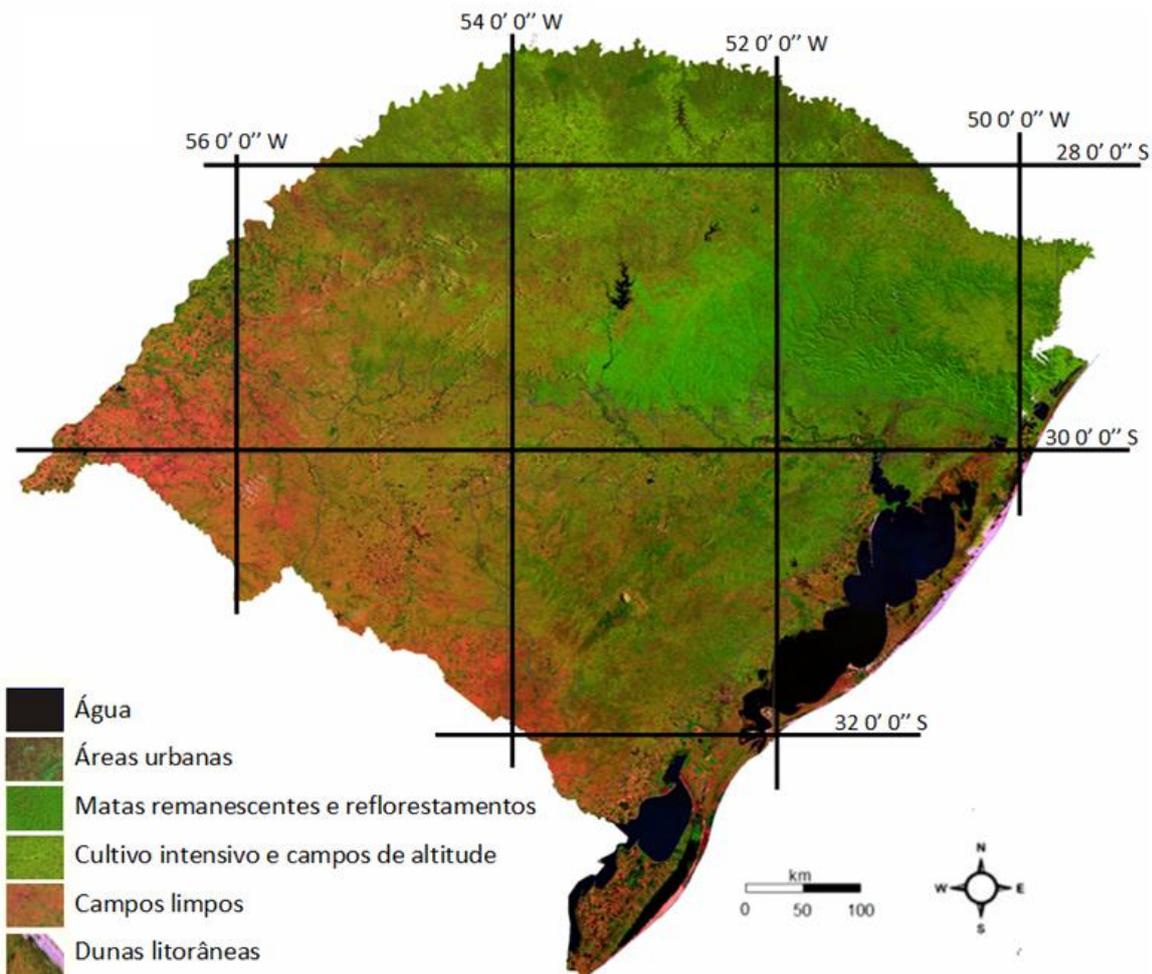


Figura 3: Cobertura vegetal do Estado do Rio Grande do Sul (Dados: IBGE, 2004).

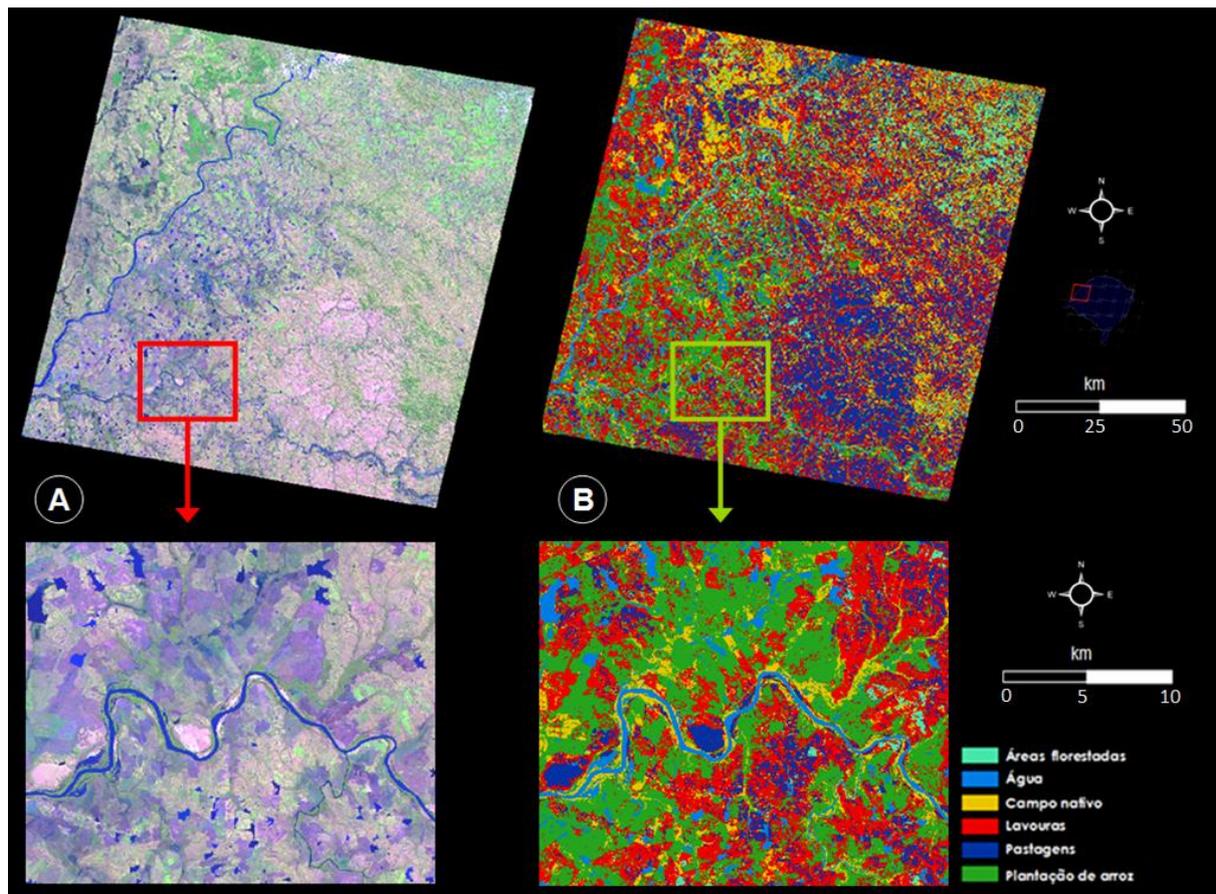


Figura 4: Processo de classificação não supervisionada de imagens do software Idrisi Taiga 16.0 detalhando a região central do bioma Pampa (bacia do rio Ibicaú) no Estado do Rio Grande do Sul: (A) Imageamento LANDSAT-7 ETM+ de 2003, cena órbita/ponto 224/80 e; (B) Exemplo de cena classificada com a distinção das classes de cobertura do solo.

Análises utilizando técnicas de geoprocessamento já foram conduzidas por outros pesquisadores no bioma Pampa. Os campos sul-americanos, incluindo o sul do Brasil, foram objeto de estudo de Baldi&Paruelo (2008). Esses autores identificaram modificações significativas na paisagem entre os anos de 1988/1989 e 2003/2004 por meio de imageamento MODIS e LANDSAT. Esse trabalho mostrou-se complementar aos de Baldiet *al.* (2006), Brunettoet *al.* (2010) e Murdoch *et al.* (2010), no qual foi documentado a fragmentação de campos em solo argentino.

A informação sobre a biodiversidade vegetal dos Campos está longe de estar completa. Boldrini (1997) estimou um total de 3.000 espécies de plantas campestres, apenas para o Estado do Rio Grande do Sul, e Klein (1978) estimou aproximadamente 4.000 espécies. Apesar de essa estimativa ser menor

que o número proposto para a região do Cerrado brasileiro, de 6.000 espécies vasculares (FURLEY 1999; MYERS *et al.*, 2000), deve-se considerar que o Cerrado (área total: 2 milhões km²) ocupa uma área muito maior que a dos campos do sul do Brasil e, por isso, também inclui uma amplitude de condições climáticas e edáficas maior (FURLEY, 1999) que a região comparativamente uniforme dos campos Sulinos e bioma Pampa (PILLAR *et al.*, 2009). O extremo oeste do Rio Grande do Sul é considerado uma área prioritária de conservação, de altíssima importância biológica (Figura 6, A-B) (MMA, 2000; MICHELSON, 2008). A sua conservação, porém, tem sido ameaçada pela conversão em culturas anuais e silvicultura e pela degradação associada à invasão de espécies exóticas e ao uso inadequado (Figura 6, C-D). Apenas a

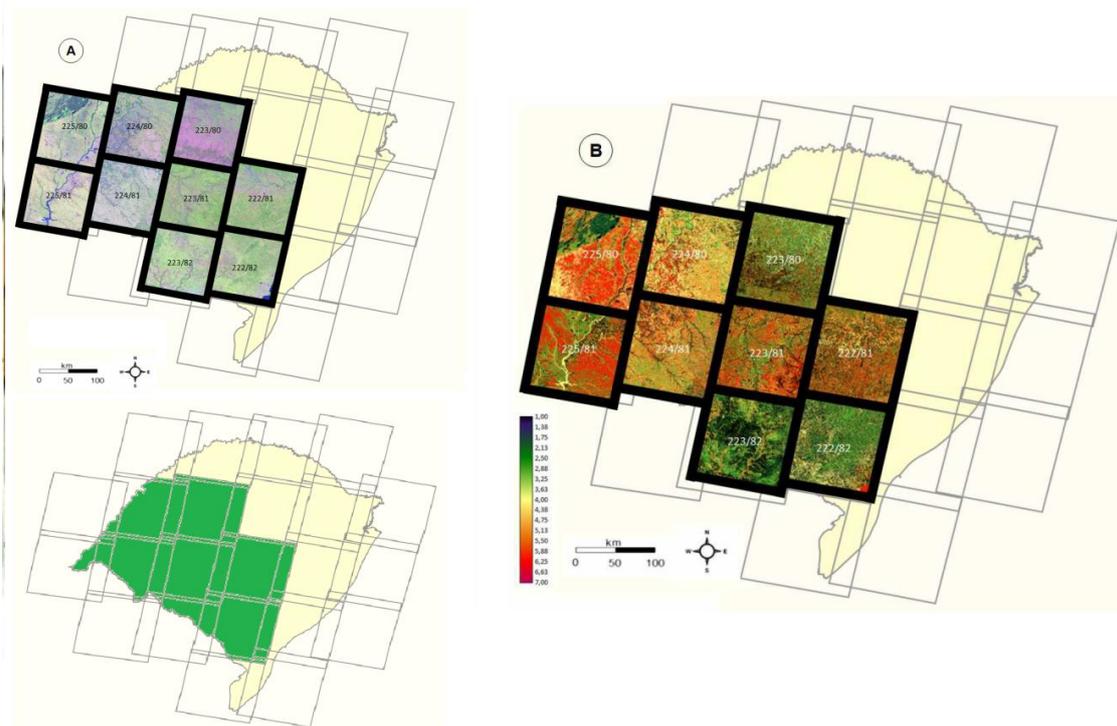


Figura 5: (A) Cenas LANDSAT-7 utilizadas no processo de análise e área de estudo (verde); (B) Cenas classificadas por meio de rotinas do software IDRISI TAIGA (Pode haver distorção do padrão de cor das classes em cenas distintas, devido ao processo de classificação ser realizado cena a cena).

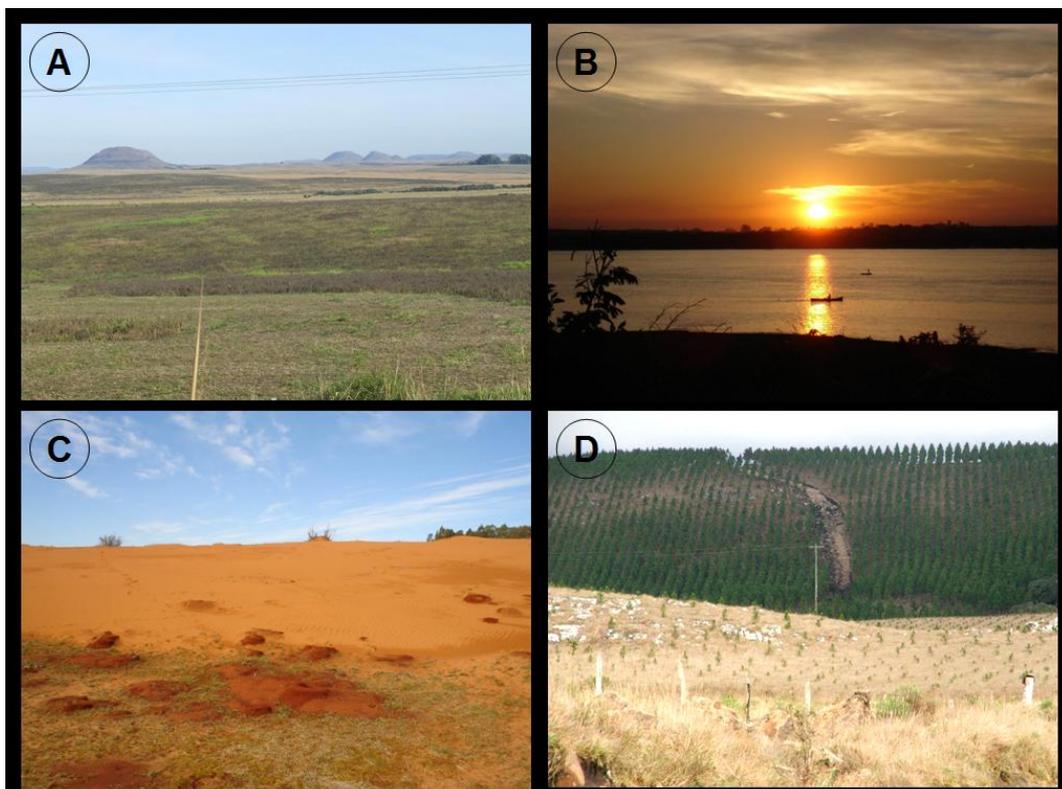


Figura 6: Situações ambientais diversas do bioma Pampa: (A) Conformação original do bioma; (B) Calha principal da bacia do rio Uruguai; (C) Processo de arenização por agricultura intensiva e; (D) Silvicultura avançando sobre os campos nativos.

Fotos: Lucas Gonçalves e Nelson Fontoura).

proteção legal pode efetivamente proibir a transformação dos campos naturais, prevenindo assim a perda completa da vegetação de campos.

Segundo a Lista das espécies da flora ameaçadas de extinção no Rio Grande do Sul, (SEMA, 2003), 213 táxons pertencentes a 23 famílias de campos secos e úmidos estão ameaçados. Destes, 85 táxons ocorrem no bioma Mata Atlântica e 146 no bioma Pampa, sendo 28 táxons comuns aos dois biomas, evidenciando a importância do Pampa na conservação da biodiversidade. Adicionalmente, pelo menos 21 espécies de vertebrados podem ser consideradas endêmicas das formações campestres do sul do Brasil (MARQUES *et al.*, 2002; MACHADO *et al.*, 2008).

O bioma Mata Atlântica já se encontra incluído nos chamados *hotspots* de biodiversidade, áreas prioritárias de conservação da biodiversidade mundial que têm menos de 25% da sua cobertura original e cerca de 75% das espécies em via de extinção (MYERS *et al.*, 2000; MITTERMEIER *et al.*, 2006). O bioma Pampa ainda não é considerado parte dos *hotspots* por ainda ter áreas remanescentes representativas e sua biodiversidade não ser totalmente documentada cientificamente. Porém, daqui a alguns anos, com o ritmo de degradação ambiental e o aumento de produção científica acerca da biodiversidade dos campos, o Pampa poderá estar incluso nessa listagem de ameaça.

Outro tema fundamental para os Campos sulinos é o reconhecimento da necessidade de investimentos em projetos e programas de recuperação e recomposição de áreas degradadas em regiões-chaves para incrementar o grau de conectividade da paisagem nesses biomas. (MMA, 2000). Mudanças climáticas, alterações na cobertura do solo e extração de recursos podem ameaçar irreversivelmente a biodiversidade e ter impacto significativo nos serviços ambientais. O estado de conservação do bioma Pampa é pouco conhecido, já que a avaliação da cobertura dos remanescentes mais importantes está somente agora sendo documentada.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pelo fornecimento de imagens de satélite para realização do presente estudo, ao Instituto Pampa Brasil pelo apoio técnico ao projeto, à Maria Rita Horn (ZH/Grupo RBS) pela certificação linguística do manuscrito e ao professor Dr. Nelson Fontoura (PUCRS) por fotos da publicação.

REFERÊNCIAS

- BALDI, G.; GUERSCHMAN, J. P. & PARUELO, J. M. **Characterizing fragmentation in temperate South America grasslands**. Agriculture, Ecosystems and Environment 116, 197–208. 2006.
- BALDI, G. & PARUELO, J. M. **Land use and land cover dynamics in South American temperate grasslands**. Ecology & Society 13(2):6. 2008.
- BOLDRINI, I. B. **Campos no Rio Grande do Sul: Fisionomia e problemática ocupacional**. Boletim do Instituto de Biociências da UFRGS 56, 01-39. 1997.
- BOLDRINI, I. I.; FERREIRA, P. M. A.; ANDRADE, B. O.; SCHNEIDER, A. A.; SETUBAL, R. B.; TREVISAN, R.; FREITAS, E. M. **Bioma Pampa: diversidade florística e fisionômica**. Porto Alegre – Ed. Palotti – 64 p, 2010.
- BRUNETTO, E.; IRIONDO, M.; ZAMBONI, L. & GOTTARDI, G. **Quaternary deformation around the Palo Negro area**, Pampa Norte, Argentina. Journal of South American Earth Sciences 29, 627-641. 2010.
- CABRERA, A. L. & WILLINK, A. **biogeografia da América Latina**. 2 ed. OEA, Washington, 117 p. 1980.
- CLARK LABS. **Idrisi Taiga 16.0** Software. Clark University, EUA. 2010.

- FURLEY, P. A. **The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados.** Global Ecology and Biogeography Letters 8, 223-241. 1999.
- GONÇALVES, L. & EIZIRIK, E. **Influência de variáveis ambientais sobre a distribuição espacial do melanismo em Panthera onca no corredor verde sul-americano (Argentina e Brasil).** V Mostra de Pesquisa e Pós-graduação da PUCRS. 2010.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis). **Efetividade de gestão das Unidades de Conservação federais do Brasil.** IBAMA & WWF Brasil. Brasília: DF. 2007.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) **Mapa de vegetação do Brasil e biomas do Brasil.** www.ibge.gov.br. 2004.
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Imageamento LANDSAT ETM 7+.** Disponível em www.inpe.gov.br. 2010.
- KLEIN, R. M. **Mapa fitogeográfico do Estado de Santa Catarina.** Flora ilustrada catarinense. 1978.
- MACHADO, A. B.; DRUMMOND, G. M. & PAGLIA, A. P. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção.** Volume II. Fundação Biodiversitas, 2008.
- MARQUES, A. A. B.; FONTANA, C. S.; VELEZ, E.; BENCKE, G. A. & REIS, R. E. **Lista de referência da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul:** Decreto estadual n. 41.672. Publicações avulsas FZB, 11. 2002
- MAZIA, C. N.; CHANETON, E. J.; MACHERA, M.; UCHITEL, A.; FELER, M. V. & GHERSA, C. M. **Antagonistic effects of large and small-scale disturbances on exotic tree invasion in a native tussock grassland relict.** Biological Invasions 12, 3109–3122. 2010.
- MICHELSON, A. **Temperate grasslands of South America.** The WTGC Workshop, Hohhot, China. 2008.
- MITTERMEIER, R. A.; GIL, P. R.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C. G.; LAMOUREX, J. & FONSECA, G. A. B. **Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions.** CEMEX eds. 2006.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente do Brasil). **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos.** Publicação avulsa do MMA. 2000.
- MURDOCH, W.; RANGANATHAN, J.; POLASKY, S. & REGETZ, J. **Using return on investment to maximize effectiveness in Argentine grasslands.** PNAS 107:49, 20855-20862. 2010.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. & KENT, J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities.** Nature 403, 853-858. 2000.
- PILLAR, V. P.; MULLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S. & JACQUES, A. V. **Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade.** Publicação do Ministério do Meio Ambiente do Brasil. 2009.
- SEMA (Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul). **Lista da flora ameaçada do Rio Grande do Sul:** Decreto estadual n. 42.099. 2003.
- SMITH, M. J.; GOODCHILD, M. F.; LONGLEY, P. A. **Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools.** Troubador Publishing Ltd. 2007.

SUTTIE, J. M.; REYNOLDS, S. G. &
BATELLO, C. **Grasslands of the
World**.FAO Eds. 2005.

Data de submissão: 28.01.2011

Data de aceite: 05.04.2011