



## AVANÇO DA SOJA NO BIOMA PAMPA EM ACEGUÁ, RS

Dra. Tatiana Mora Kuplich  
Eng. Ftal. Luis Fernando Flenik Costa  
Dra. Maria Angélica Gonçalves Cardoso  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)  
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais (CRS),  
Caixa Postal 5021, Santa Maria, 97105-970, RS.  
tatiana.kuplich@inpe.br; flenikcosta@gmail.com; magcardoso@gmail.com

### RESUMO

Foi estimada a extensão e crescimento das lavouras de soja no município de Aceguá, no Pampa gaúcho, entre 2005 e 2015. O objetivo foi emitir alerta em fórum de estudos sobre o Pampa, quantificando o avanço da soja em área tradicional de pecuária e sinalizando a necessidade de planejamento e conservação no manejo da vegetação campestre no Rio Grande do Sul. Como materiais foram utilizadas imagens orbitais Landsat Thematic Mapper (TM) e Operational Land Imager (OLI), dados oficiais da área de campos nativos remanescentes e de área de soja colhida do IBGE e EMATER. Através da classificação das imagens, edição dos resultados e comparações temporais, foi verificado o aumento de aproximadamente 10.000 ha na área de soja plantada no município, entre 2005 e 2015, sendo que em torno de 27% desta área a conversão se deu em áreas de campo nativo. A metodologia baseada em imagens de sensoriamento remoto e geoprocessamento, confirmada na pesquisa dos índices agropecuários disponíveis, indicou a direção da expansão das lavouras de soja sobre o município de Aceguá, confirmando a premência de atividades que contemplem a conservação dos remanescentes do bioma Pampa. Somente o estabelecimento de novas unidades de conservação e a correta interpretação e aplicação das leis de proteção ambiental no bioma Pampa, assim como seu manejo adequado, podem garantir a manutenção de sua biodiversidade e áreas remanescentes.

**Palavras-chave:** bioma Pampa, campo nativo, sensoriamento remoto, soja.

### Abstract

It was estimated the extent and growth of soybean crops in the municipality of Aceguá, in the Pampa Gaucho, between 2005 and 2015. The goal was to alert about threats for grasslands biodiversity in a forum for studies on the Pampa biome, quantifying the advancement of soybean crops in a traditional livestock area and signaling the need for planning and conservation in the management of vegetation in the countryside of Rio Grande do Sul. As materials we used Landsat Thematic Mapper (TM) and Operational Land Imager (OLI) orbital images and official data from IBGE and EMATER. The classification and edition of temporal images, with comparison of results, showed the increase of approximately 10.000 ha in the area of soybeans in the Aceguá municipality, between 2005 and 2015. In around 27% of this area the conversion took place in areas of native grasslands. The methodology based on remote sensing and GIS, confirmed in the survey of agricultural indexes available, indicated the direction of soybeans crop expansion on the municipality of Aceguá, confirming the urgent need of conservation activities for the remnants of the Pampa biome. Only the establishment of new protected areas and the correct interpretation and application of environmental protection laws in the Pampa biome, as well as its proper management, can ensure the maintenance of its biodiversity and remaining areas.

**Keywords:** Pampa, grasslands, remote sensing, soybeans.

## INTRODUÇÃO

A cultura da soja ganha cada vez mais importância na agricultura mundial, sendo a principal “commodity” do agronegócio brasileiro, que é o segundo maior produtor mundial da cultura (ABS, 2014). No Rio Grande do Sul (RS), terceiro na produção nacional, a expansão prevista pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER/RS), para a safra de 2014/2015 foi de 2,8%.

Na metade sul do Estado, a cultura da soja tem apresentado alteração no perfil da produção, com expansão principalmente para regiões tradicionais de pecuária sobre o bioma Pampa (Santos et al., 2014). A cultura do arroz também está em fase de transição no Estado, passando do modelo mono ou binomial (arroz-pousio ou arroz-pecuária), para um sistema misto com as culturas soja, milho, sorgo e trigo. No bioma Pampa, a soja tem sido cultivada em rotação com o arroz irrigado e sua adaptação nessas áreas deve-se principalmente a obtenção de novas cultivares, com genótipos adaptados a períodos de encharcamento do solo (Pilon et al., 2013) e também aqueles que melhor se recuperam após este estresse (Pires et al., 2002).

O grande aumento da extensão das áreas agrícolas no RS é resultado, principalmente, da conversão de campos nativos para lavouras (Overbeck et al. 2007). A pouca atenção que é dada à conservação e monitoramento de ecossistemas não-florestais é apontada como uma das causas das alarmantes taxas de destruição de ecossistemas campestres, predominantes em 4 dos 6 biomas brasileiros (Overbeck et al., 2015).

Os campos do bioma Pampa, apesar da aparente uniformidade, apresentam grande biodiversidade, representada nas oito unidades fitofisionômicas definidas com base na estrutura e composição de espécies, solos e relevo (Hasenack et al., 2010; Boldrini, 2009). Além de representar a base forrageira para rebanhos que são um dos pilares da economia e cultura da região, os campos do bioma Pampa asseguram serviços ecossistêmicos insubstituíveis, como a proteção dos recursos hídricos, solos e manutenção de espécies da fauna e flora, entre outros. Dos biomas brasileiros, o Pampa é o que apresenta maior índice de risco de conservação, pois é o que apresenta menor área protegida em relação à sua área total (Overbeck et al. 2015).

O avanço das lavouras de soja sobre os campos do bioma Pampa no Brasil tem acontecido sem nenhum tipo de restrição, já que existem equívocos na aplicação da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (12.651/2012), regulamentada pelo decreto estadual Nº 52.431, de 23 de junho de 2015 (Brancalion et al. 2016). O campo nativo, utilizado há séculos para a pecuária, pode ser incorretamente considerado como área rural consolidada, dispensando a necessidade de autorização para supressão da vegetação nativa e mesmo da delimitação dos 20% de Reserva Legal (Brancalion et al. 2016; Rede Campos Sulinos, 2016).

O sensoriamento remoto tem sido muito utilizado há décadas para obtenção de informações sobre estimativas de produção agrícola, área cultivada, vigor vegetativo, entre outras (Eberhardt et al., 2015; Johann et al., 2013; Mengue e Fontana, 2015). Especificamente para o mapeamento de culturas de soja, variadas técnicas, geralmente incluindo imagens de diferentes fases do ciclo, são utilizadas, garantindo a discriminação das demais culturas de verão e primavera (Mengue e Fontana, 2015; Santos et al., 2014).

Neste trabalho, selecionou-se o município de Aceguá como exemplo para ilustrar o avanço das lavouras de soja sobre o Pampa, através da classificação de imagens de sensoriamento remoto e utilização de dados oficiais da área de campos nativos remanescentes (Hasenack e Cordeiro 2006). O objetivo é emitir alerta em fórum de estudos sobre o Pampa, quantificando o avanço da soja em área tradicional de pecuária e sinalizando a necessidade de planejamento e conservação no manejo da vegetação campestre no Rio Grande do Sul.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

O Município de Aceguá (Figura 1) situa-se no extremo sul do Rio Grande do Sul, fazendo fronteira com o Uruguai. Foi emancipado de Bagé em 1996, conta com área em torno de 1.550 km<sup>2</sup> (155.000 ha) e população de 4.934 habitantes em 2010 (Censo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/IBGE). Faz parte da fitofisionomia dos Campos Graminosos, que

apresenta tanto gramíneas de hábito prostrado como cespitoso (em touceiras) (Hasenack et al. 2010). É área tradicional de pecuária bovina, principalmente leiteira, além de número expressivo de cabeças equinas (em torno de 8000 cabeças). Nos últimos anos, entretanto, as lavouras de soja tem avançado no município (Tabela 1), tanto sobre lavouras de arroz como sobre campos, nativos ou não.

Tabela 1: Dados do Produção Agrícola Municipal (PAM) do IBGE demonstram o avanço da soja em Aceguá em área colhida (\* prevista).

2000	2005	2010	2014	2015 *
-	2000 ha	2100 ha	18000 ha	25.000 ha

### **Imagens de sensoriamento remoto, mapas e dados IBGE**

O comportamento espectral de lavouras de soja é semelhante à outras culturas temporárias quando no mesmo estágio de desenvolvimento e com safras nas mesmas estações, tornando difícil a discriminação entre coberturas nas imagens de sensores orbitais. Por isso, faz-se necessário a utilização de imagens de pelo menos duas datas, normalmente durante o máximo vigor da lavoura e depois da colheita, para assegurar maior discriminação entre as culturas (Mengue e Fontana, 2015).

Para o mapeamento das lavouras de soja foram utilizadas imagens adquiridas pelos sensores *Thematic Mapper* (TM) e *Operational Land Imager* (OLI) a bordo dos satélites Landsat-5 e Landsat-8, respectivamente, órbita ponto 223/82, das datas 25/12/2004 (TM), 02/05/2005 (TM), 22/01/2015 (OLI) e 28/04/2015 (OLI). As imagens foram obtidas no repositório do *United States Geological Service* (USGS) e já se encontravam georreferenciadas e com correção atmosférica (formato L1T, <http://earthexplorer.usgs.gov/>).

Também foram utilizados dados da extensão da cobertura de campos nativos em Aceguá (Hasenack e Cordeiro, 2006), remanescentes do bioma Pampa, feitos com base na classificação visual de imagens Landsat TM com ano base 2002.

Além das imagens e dados de Hasenack e Cordeiro (2006), foram utilizados dados oficiais de área de soja plantada para Aceguá, disponibilizados pelo IBGE e organizados pela EMATER/RS.

## **METODOLOGIA**

Foram selecionadas imagens de 2005 e 2015, para analisar o crescimento das áreas cultivadas com soja, em década observada como significativa para o aumento destas lavouras, de acordo com dados do IBGE. A metodologia incluiu etapas de pré-processamento (formação de banco de dados), classificação digital e edição matricial das imagens, validação e tabulação cruzada entre os resultados das classificações entre si e entre os dados de extensão de campos nativos do Pampa (Hasenack e Cordeiro, 2006), realizadas no SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) do INPE (<http://www.dpi.inpe.br/spring/>).

Foi realizada a classificação automática das imagens com o classificador supervisionado Bhattacharya, que parte de uma imagem já segmentada. Foram classificadas apenas áreas de campo e lavoura, as demais coberturas não foram consideradas. As áreas identificadas como soja nas imagens iniciais da safra (dezembro de 2004 e janeiro de 2015) foram comparadas com as mesmas áreas nas imagens após colheita (02/05/2005 e 28/04/2015), verificando a “ausência” da lavoura e aparência de solo nu.

Os critérios da classificação dos campos diferiram dos utilizados por Hasenack e Cordeiro (2006) e foram mais abrangentes, incluindo áreas com comportamento espectral típico de vegetação campestre, sem a busca de sinais de antropização (cultivo de pastagens de inverno e uso agrícola prévio). Para compensar essa divergência em relação a dados oficiais, foi realizada a compatibilização e cruzamento entre os dados deste trabalho e os dados oficiais de campos nativos. Assim, o mapeamento de campos realizado neste trabalho será referido como “campo” e o mapeamento “oficial” de “campos nativos” (Hasenack e Cordeiro 2006). Cabe ressaltar as diferenças de metodologia e datas entre as estimativas de coberturas de soja, campos e campos nativos consideradas aqui.

Uma longa etapa de validação dos resultados da classificação incluiu: (i) comparação das imagens da mesma safra da soja (época de vigor máximo e após colheita), (ii) checagem nas imagens temporais de alta resolução espacial no Google Earth, (iii) geração de gráficos de EVI para a série temporal considerada (2005 a 2015) (<https://www.dsr.inpe.br/laf/series/>) para observação de mudanças no uso da terra em pontos de transição campo-soja e soja-campo selecionados.

A tabulação cruzada consistiu na sobreposição dos mapas resultantes da classificação das imagens Landsat e dos dados de campo nativo (Hasenack e Cordeiro, 2006). Tal método faz parte das operações de Álgebra de Mapas e consiste no cruzamento de informações entre dados de planos de informação diferentes, porém com resolução comum. Neste caso os resultados mostraram a dinâmica nas áreas de soja, campo (independente de ser antropizado ou não) e campo nativo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As classificações de área plantada de soja em 2005 e 2015 encontram-se na Figura 1. As mesmas são resultantes das comparações entre imagens antes e após colheita.

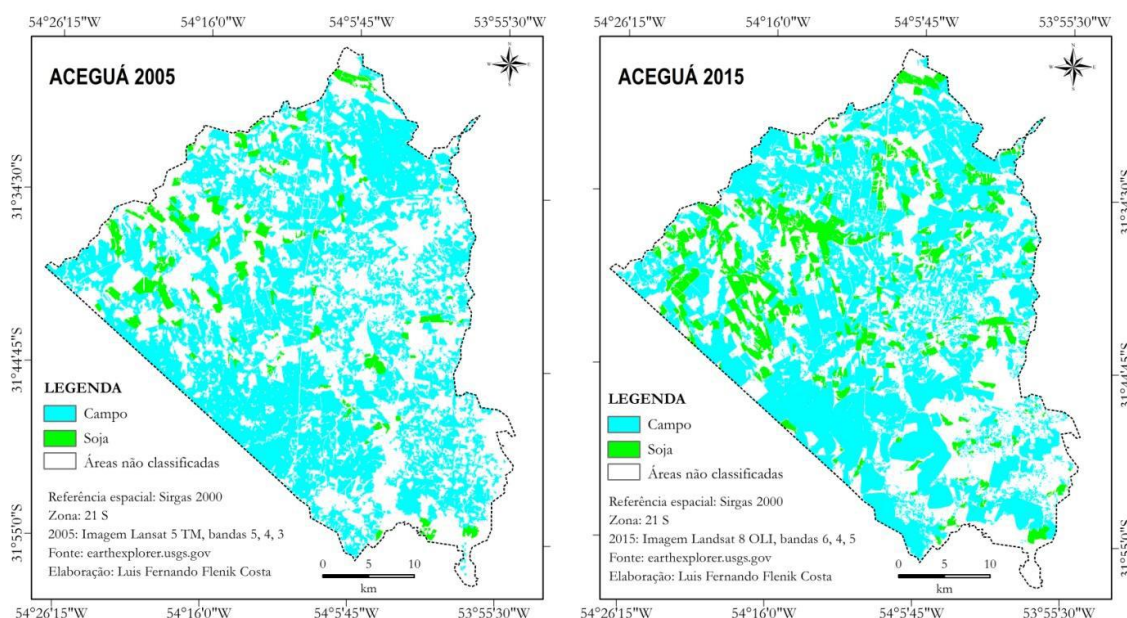


Figura 1: Classificações de áreas de lavoura de soja e campo para 2005 e 2015 em imagens Landsat antes (dezembro/janeiro) e após a colheita (dezembro/janeiro e abril/maio).

O aumento da extensão das lavouras de soja é notável, principalmente na região oeste/sudoeste do município. Na Tabela 2 as áreas aproximadas das coberturas estudadas confirmam os resultados da análise visual das classificações. Observa-se o avanço da área ocupada por lavouras de soja em Aceguá, com aumento de aproximadamente 10.000 hectares (de 7.132 há em 2005 para 17.753 ha em 2015). Em termos percentuais, a cobertura das lavouras de soja passou de aproximadamente 4,6% para em torno de 11,5% do total da área de Aceguá na década considerada.

Tabela 2: Área total aproximada em hectares das classes de campo e soja obtidas por classificação de imagens Landsat órbita ponto 223/82 das datas 25/12/2004 (TM), 02/05/2005 (TM), 22/01/2015 (OLI) e 28/04/2015 (OLI):

<b>Classes</b>	<b>Área Total (ha)</b>
Campo (2005)	76.045
Soja (2005)	7.132
Campo (2015)	74.908
Soja (2015)	17.753

A comparação dos resultados das classificações e da área de campo nativo através da tabulação cruzada está na tabela 3.

Tabela 3: Resultados da tabulação cruzada entre as áreas de campo, soja e campo nativo, em hectares.

	<b>Campo (2015)</b>	<b>Soja (2015)</b>	<b>Campo Nativo</b>
<b>Campo (2005)</b>	46.300	6.269	28.202
<b>Soja (2005)</b>	1.310	2.976	195
<b>Campo Nativo</b>	24.894	2.726	36.796

Ressalta-se que os resultados da tabela 3 referem-se às áreas comuns entre os mapas analisados, por exemplo, 46.300 ha mapeados como campo em 2005 permaneceram nesta classe em 2015. Não houve mudança na área de aproximadamente 2.976 ha de lavouras de soja entre as safras de 2005 e 2015.

Verificou-se que o avanço da soja também ocorreu sobre áreas de campo nativo (tabela 3). Em 2015, dos 36.796 ha de campo nativo originais, mapeados em imagens Landsat TM com ano base de 2002 (Hasenack eCordeiro, 2006), aproximadamente 2.726 ha foram convertidos em lavouras de soja (ao redor de 7%).

Não foram verificados o destino e dinâmica das demais áreas de campo nativo originais do mapeamento de Hasenack e Cordeiro (2006), nem foram consideradas as áreas de transição (que podem apresentar formações campestres em ecossistemas mistos com florestas). Sabe-se, entretanto, que o mapeamento dos remanescentes do bioma Pampa está sendo atualizado pela mesma equipe do projeto PROBIO (Hasenack, 2016, com. pessoal).

Os dados do IBGE (Tabela 1) apontaram uma área de 18.000 ha de soja em Aceguá em dezembro de 2014, o que corrobora, mesmo que com pequena divergência, os resultados encontrados aqui (na Tabela 2 a área total de lavouras de soja foi de 17.753 ha).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Foi possível quantificar o avanço das lavouras de soja em um município do bioma Pampa, parte da fitofisionomia dos Campos Graminosos, em Aceguá. Entre 2005 e 2015, houve um aumento aproximado de 10.000 ha de lavouras de soja no município. Os resultados mostram que o avanço se deu em áreas de campos que incluem áreas antropizadas ou com algum tipo de manejo - e também em áreas de campos nativos (em torno de 27% ou 2.700 ha).

A metodologia baseada em imagens de sensoriamento remoto e geoprocessamento, confirmada na pesquisa dos índices agropecuários disponíveis, mostram que ambas as abordagens temporais indicam a direção da expansão das lavouras de soja sobre o município de Aceguá e confirmam a premência de atividades que contemplem a conservação dos remanescentes do bioma Pampa. Somente o estabelecimento de novas unidades de conservação e a correta interpretação e aplicação das leis de proteção ambiental no bioma Pampa, assim como seu manejo adequado, podem garantir a manutenção de suas áreas remanescentes.

Estudos futuros incluirão a expansão da área analisada e a validação em campo, assim como outros métodos para o monitoramento da cobertura vegetal do RS.



## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e ao seu Programa de Capacitação Institucional (PCI) no INPE pelas bolsas de LFFC e MAGC. Dra. Viviane Capoane auxiliou nas diferentes etapas deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ANUÁRIO BRASILEIRO DA SOJA 2014 (ABS) – Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2014. p.108. Disponível em: <<http://www.grupogaz.com.br/editora/anuarios/show/4547.html>> Acesso 08 de jul. 2015.
- BRANCALION, P. H. S.; GARCIA, L. C.; LOYOLA, R.; RODRIGUES, R. R.; PILLAR, V. D.; LEWINSOHN, T. M. A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012): updates and ongoing initiatives. **Natureza e Conservação**, v. 14, p. 1-15, 2016.
- BOLDRINI, I., 2009. A flora dos campos do Rio Grande do sul. In: PILLAR, V. D.; MULLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JACQUES, A. V. A., eds., **Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade**: Brasília, MMA, p. 63-77. 2009.
- EBERHARDT, I. D. R.; LUIZ, A. J. B.; FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. A. Detecção de áreas agrícolas em tempo quase real com imagens MODIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n° 7, p 605-614. 2015.
- HASENACK, H.; CORDEIRO, J.L.P.(org.). **Mapeamento da cobertura vegetal do Bioma Pampa**. Porto Alegre, UFRGS Centro de Ecologia. 30 p. (Relatório técnico Ministério do Meio Ambiente: Secretaria de Biodiversidade e Florestas no âmbito do mapeamento da cobertura vegetal dos biomas brasileiros). 2006.
- HASENACK, H.; WEBER, E.; BOLDRINI, I. I.; TREVISAN, R. **Mapa de sistemas ecológicos da ecorregião das savanas uruguaias em escala 1:500.000 ou superior e relatório técnico descrevendo insumos utilizados e metodologia**, UFRGS/Dept de Ecologia, The Nature Conservancy, Porto Alegre, 22 p. 2010.
- JOHANN, J.A.; ROCHA, J.V.; DUFT, D.G.; LAMPARELLI, R.A.C. Estimativa de áreas com culturas de verão no Paraná, por meio de imagens multitemporais EVI/MODIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1295-1306, 2012.
- MENGUE, V. P.; FONTANA, D. C. Avaliação da dinâmica espectro-temporal visando o mapeamento dos principais cultivos de verão no Rio Grande do Sul. **Bragantia**, v. 74, n.3, p. 331-340, 2015.
- OVERBECK, G. E.; MÜLLER, S. C.; FIDELIS, A.; PFADENHAUER, J.; PILLAR, V. D.; BLANCO, C. C.; BOLDRINI, I. I.; BOTH, R.; FORNECK, E. D. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 9, n.2, p. 101-116, 2007.
- OVERBECK, G. E.; VELEZ-MARTIN, E.; SCARANO, F. R.; LEWINSOHN, T. M.; FONSECA, C. R.; MEYER, S. T.; MUELLER, S. C.; CEOTTO, P.; DADALT, L.; DURIGAN, G.; GANADE, G.; GOSSNER, M. M.; GUADAGNIN, D. L.; LORENZEN, K.; JACOBI, C. M.; WEISSER, W. W.; PILLAR, V. D. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. **Diversity and Distributions**, v. 21, n.12, p. 1455-1460, 2015.

PILON, M.; ZUGE, E.; & FERREIRA, J. L. Avaliação de cultivares de soja semeadas com e sem microcamalhão em rotação com arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 8. Avaliando cenários para a produção sustentável de arroz: **anais**. Santa Maria: UFSM; Porto Alegre: Sosbai, 2013. PIRES, J. L. F.; SOPRANO, E.; CASSOL, B. Adaptações morfofisiológicas da soja em solo inundado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 41-50, 2002.

REDE CAMPOS SULINOS. **Nota Técnica**: Campo nativo não é área rural consolidada. Em <http://www.ufrgs.br/redecampossulinos/wordpress/wp-content/uploads/2016/04/CampoNativoNaoEAreaRuralConsolidada.pdf>. 2016

SANTOS, J. S.; FONTANA, D. C.; SILVA, T. S. F.; RUDORFF, F. T. Identificação da dinâmica espaço-temporal para estimar área cultivada de soja a partir de imagens MODIS no Rio Grande do Sul. **Rev. bras. eng. agríc. Ambient**, Campina Grande, v.18, n.1, p.54-63, 2014.