

ISSN 1517-2627

Setembro, 2017

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**  
**Embrapa Solos**  
**Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

# **Documentos 192**

## **Seminário PIBIC Embrapa Solos 2016/2017**

*Caio de Teves Inácio*

*Claudio Lucas Capeche*

*Alba Leonor da Silva Martins*

*Jacqueline Silva Rezende Mattos*

*Liliane de Carvalho*

Rio de Janeiro, RJ

2017

## Dinâmica de uso da terra e mapeamento de sistemas culturais em escala regional por sensoriamento remoto: contribuição da linguagem 'R' no desenvolvimento de soluções tecnológicas<sup>(1)</sup>

Margareth Simões<sup>(2)</sup>; Leonara Alves<sup>(3)</sup>; Rodrigo Peçanha Demonte Ferraz<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Embrapa.

<sup>(2)</sup> Pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Contato: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

<sup>(3)</sup> Bolsista Pibic/CNPq Embrapa, estudante de Estatística da Universidade Federal Fluminense (UFF). E-mail: [alves\\_leonara@yahoo.com.br](mailto:alves_leonara@yahoo.com.br)

**RESUMO:** Este artigo descreve uma metodologia para a classificação sistemática do uso e cobertura do solo em escala regional, fundamentada na análise multitemporal de sequências de imagens do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), que apresenta alta frequência temporal. Uma sequência de procedimentos automatizados foi desenvolvida para o pré-processamento de dados desse sensor e para o treinamento e execução de um algoritmo de classificação supervisionada. Nesse algoritmo, ajustam-se curvas polinomiais aos dados temporais MODIS, e então se computam atributos descritivos dos padrões temporais de cada ponto, reduzindo-se assim a dimensionalidade dos dados, e aumentando a sua interpretabilidade. Um estudo de caso foi realizado no Tocantins e Mato Grosso, a fim de avaliar a capacidade da metodologia para a discriminação entre áreas de agricultura, pastagem e cerrado para toda a região de estudos, além de seu potencial para a identificação de áreas de desflorestamento. Um aprimoramento da metodologia vem sendo realizado, com o intuito de qualificar as mudanças de uso, a fim de compreender as conversões de uso e caracterizar sistemas culturais e Sistemas Integrados de Produção (ILP), visando subsidiar o monitoramento do Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Os algoritmos desenvolvidos nesta metodologia de avaliação de dinâmica de uso do solo estão sendo convertidos em linguagem 'R', por sua vastidão do ecossistema de pacotes e sua extensibilidade, além de oferecer funcionalidades ricas para desenvolvedores projetarem suas próprias ferramentas e métodos para a análise de dados.

**Termos para indexação:** Mudança de uso da terra e cobertura do solo; dados MODIS; plano ABC.

### INTRODUÇÃO

As atividades socioeconômicas inerentes ao processo de desenvolvimento alicerçado na exploração dos recursos naturais sob o paradigma

de modelos não sustentáveis têm gerado drásticas transformações na estrutura e funcionalidade dos ecossistemas terrestres. Diversas são as formas antropogênicas de alteração das paisagens e ecossistemas associados gerando impactos ambientais que variam em magnitude, duração e abrangência espacial. Contudo, entre as atividades antrópicas, a agricultura e a pecuária se notabilizam pela rápida e abrangente transformação da estrutura da paisagem e alteração funcional dos ecossistemas naturais. As atividades de exploração florestal, pecuária e agricultura promovem marcantes alterações na paisagem devido à inerente capacidade de promover sensíveis mudanças de uso da terra e da cobertura do solo, cuja dinâmica espaço-temporal se expressa em padrões de larga escala geográfica e em ciclos de média a longa duração. De fato, a intensificação e expansão da agricultura, nas escalas regional e global, têm acarretado, nas últimas décadas, alterações ambientais em magnitude e taxas sem precedentes. Por força da pressão de uso do solo no meio rural, a transformação da paisagem se evidencia, por meio de uma perspectiva espacial, pelos mosaicos relacionados às mudanças de uso da terra e cobertura do solo que emergem da complexa interdependência dos condicionantes físico-bióticos e fatores humanos em uma dada região territorial.

Nesse sentido, este trabalho objetiva apresentar um procedimento metodológico desenvolvido a partir do projeto GEOABC, a partir de métricas desenvolvidas no Projeto INRIA (CNPQ/INRIA). A principal motivação foi desenvolver alguns algoritmos para permitir que as mudanças de uso e os desmatamentos pudessem ser identificados de forma automatizada e com baixo custo, por meio do uso de dados MODIS, cuja distribuição gratuita e a alta resolução temporal viabilizaram o sucesso dos estudos de mudança de uso de solo, nas áreas do Cerrado Brasileiro. A metodologia EnviAir foi aplicada na Bacia do Alto Taquari, MS, na região de Rio Verde, GO, e no Estado do Mato Grosso como um todo. A partir desses resultados, verificou-se a necessidade de não somente mapearem-se as

mudanças de uso ou desmatamentos, mas também qualificá-las, compreendendo os processos que levam à *conversão* de uso do solo. Além disso, estendeu-se a metodologia para compreender quais são as *modificações* do uso do solo, ou seja, se há expansão ou intensificação agrícola, subsidiando-se, por meio do Sensoriamento Remoto, a identificação dos sistemas de produção, e, a partir dessa análise, propor o uso de indicadores baseados em imagens de satélites para a análise da transição agrícola. Esses algoritmos estão sendo convertidos no momento para linguagem `R`, gerando-se scripts que podem ser facilmente utilizados pelos usuários.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Séries Temporais MODIS

A partir da operacionalização do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* - NASA) em 1999 e 2002, respectivamente a bordo dos satélites Terra e Água, os dados MODIS logo foram usados como uma alternativa aos problemas encontrados na consecução dos levantamentos do uso e cobertura do solo baseados na utilização de dados do NOAA/AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) da NASA. De fato, o MODIS, cujos dados também são distribuídos gratuitamente, possui um grande número de vantagens quando comparado ao seu predecessor. Inicialmente, a maior resolução espacial dos dados MODIS (250 m para as bandas do vermelho e infravermelho próximo), constituiu uma vantagem considerável, em relação aos dados NOAA/AVHRR (1,1 km). Ademais, o sensor MODIS fornece informações em outras 34 bandas do espectro eletromagnético, cinco das quais, baseado na experiência obtida com os sensores da série LANDSAT TM, foram concebidas especificamente para o levantamento do uso e cobertura do solo. Além das vantagens da maior resolução espacial e o maior número de bandas, o MODIS ainda apresenta uma série de características adicionais, como um sofisticado sistema de geolocalização e a calibração radiométrica e espectral que conferem a seus dados um maior grau de confiabilidade e precisão para a observação em larga escala da superfície terrestre. Além disso, é possível realizar uma correção atmosférica dinâmica de seus dados, fazendo uso de bandas criadas especificamente para o sensoriamento da atmosfera. Por fim, informações adicionais como as funções bidirecionais de distribuição de refletância permitem ainda que os dados sejam corrigidos com relação ao ângulo de visada e efeitos de iluminação.

### Análise de Perfis Temporais NDVI

Neste ponto, faz-se necessário realizar um processamento adicional dos perfis temporais, de

modo a transformar esses dados em informações mais explícitas e úteis para a caracterização das diferentes classes de uso e cobertura do solo, uma vez que as métricas computadas a partir de perfis temporais de NDVI, tais como amplitude do perfil e taxas de crescimento e senescência, se mostraram extremamente propícias para a classificação do uso e cobertura do solo, sendo capazes de capturar os diferentes comportamentos fenológicos das classes ao longo do tempo. Consiste em duas subetapas: (i) *Modelagem de perfis temporais por meio do ajuste de curvas polinomiais*: Por meio do ajuste de curvas polinomiais aos dados temporais, de modo a se obterem curvas suaves capazes de reduzir o ruído residual do perfil e aumentar a sua interpretabilidade, inicia-se um procedimento de análise mais detalhada dos perfis temporais de NDVI (ARVOR et al., 2008; 2011), com o intuito de otimizar os dados a serem utilizados na tarefa posterior de classificação (Figura 1A); (ii) *Cálculo e seleção de atributos*: Em seguida, calcula-se uma série de métricas ou atributos com base neste perfil suavizado (e.g., data de máximo NDVI ou número de modos no perfil), de maneira a se obterem informações mais inteligentes e úteis para o processo de classificação. As métricas computadas são ainda analisadas por meio de um algoritmo de seleção de atributos baseado em medidas de correlação, de modo a se definir um subconjunto de atributos capaz de minimizar a redundância de informações ao mesmo tempo em que se maximiza a capacidade de discernimento entre as classes de interesse.

Dessa forma, o processo de classificação é beneficiado pelo uso de informações mais adequadas, obtendo-se uma redução da dimensionalidade dos dados e a minimização de problemas relacionados a ruídos e/ou pequenas variações nos perfis temporais (Figura 1B).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os arquivos antes em C++ foram convertidos integralmente para a linguagem R. A Figura 2 mostra uma parte do script convertido comparando com o original.

Em alguns momentos, na hora da conversão, houve o problema de descobrir a melhor maneira de transformar cada dado. Além disso, a linguagem C++ utiliza os chamados 'ponteiros', que na linguagem 'R' não é usada comumente.

## CONCLUSÕES

A formulação do problema científico, motivador deste desenvolvimento metodológico, faz menção à compreensão dos problemas ambientais associados à dinâmica espaço-temporal das mudanças de uso

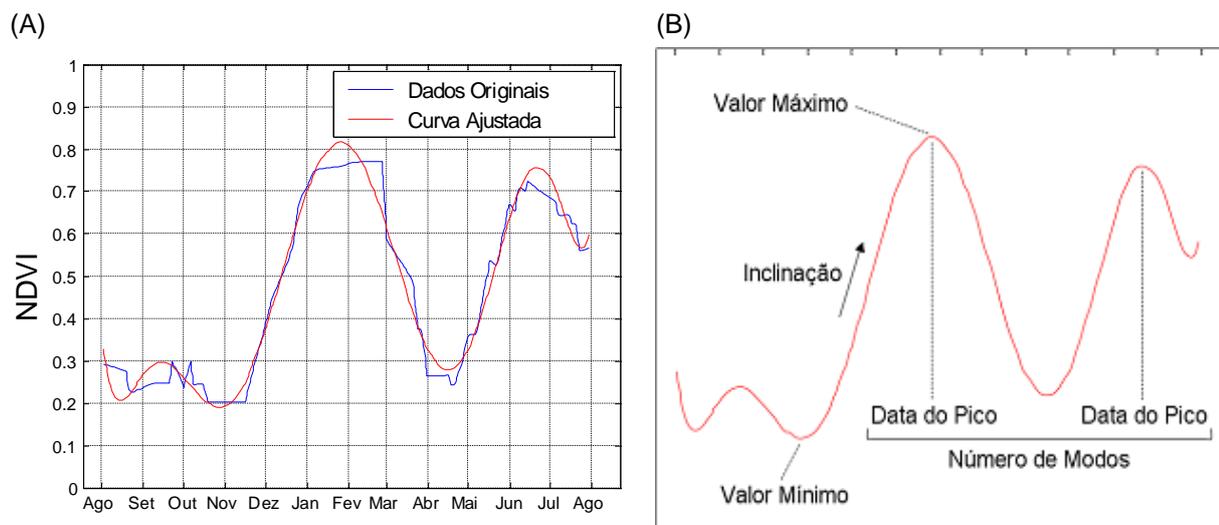
do solo em função da expansão das atividades agropecuárias. A compreensão desses processos em sua extensão e magnitude constitui um passo primordial para subsidiar a proposição de modelos de planejamento e monitoramento ambientais, como instrumentos de uma política de gestão ambiental, condição esta fundamental para a promoção do ordenamento territorial com vistas à sustentabilidade do agronegócio e à manutenção da multifuncionalidade da agricultura nacional. A metodologia serve para subsidiar a avaliação da dinâmica de uso de solo, a partir do uso das séries temporais de dados MODIS, algoritmos de automatização da classificação de uso do solo e desmatamento, bem como a metodologia para obtenção de mapas de culturas desenvolvidos no projeto Enviar em C++ estão sendo convertidos e adaptados para a linguagem 'R'. A linguagem 'R' tem se mostrado mais adequada pela possibilidade de reúso, acesso livre, fácil acesso por profissionais e usuários não especializadas em computação e a possibilidade de criação e compartilhamento de scripts à comunidade científica.

## REFERÊNCIAS

ARVOR, D.; MEIRELLES, M.; MARTORANO, L. G.; JONATHAN, M.; DUBREUIL, V.; HERLIN, I.; BERROIR, J.-P. Séries temporais de EVI/MODIS na identificação da dinâmica da soja em sistema plantio direto no Mato Grosso, Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 17., 2008, Rio de Janeiro. **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: SBCS: Embrapa Solos: Embrapa Agrobiologia, 2008. (Embrapa Solos. Documentos, 101).

ARVOR, D.; JONATHAN, M.; MEIRELLES, M. S. P.; DUBREUIL, V.; DURIEUX, L. Classification of MODIS EVI time series for crop mapping in the state of Mato Grosso, Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v. 32, n. 22, p. 7847-7871, 2011.

JONATHAN, M.; MEIRELLES, M. S. P.; BERROIR, J.-P.; HERLIN, I. Considerações para o monitoramento do uso do solo com dados MODIS para longos períodos e em escala regional, e sua aplicação na bacia do Alto Taquari, MS/MT. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 1, p. 1-7, abr. 2007.



**Figura 1.** Gráfico A: Modelagem de perfis temporais com base em ajuste de curvas polinomiais; Gráfico B: Atributos ou métricas de um perfil temporal hipotético. Fonte: Jonathan et al. (2007).

(A)

```
* Evaluates a polynome at a specified point
*/
double profPolyValue(double *coef, int degree, double point)
{
    int i;
    double value;

    value = 0;
    for (i=0; i<degree+1; i++)
        value += coef[i]*pow(point,i);

    return value;
}
```

(B)

```
#profPolyvalue
#Evaluates a polynome at a specified point

profPolyvalue = function(coef, degree, point){
    value = 0
    for(i in 1:(degree+1)){
        value = value + coef[i]*(point^i)
    }
    return(value)
}
```

Figura 2. Gráfico A: Script em C++; Gráfico B: Script em `R`.