

## Desempenho de EVI e NDVI para monitorar vegetação campestre através de ondaletas

Ana Carolina Rodrigues Silveira<sup>1</sup>  
Tatiana Mora Kuplich<sup>2</sup>  
Andreise Moreira<sup>2</sup>  
Daniela Wancura Barbieri<sup>2</sup>  
Gerhard Ernst Overbeck<sup>3</sup>  
Pedro Maria Ferreira de Abreu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria – UFSM  
Avenida Roraima n° 1000 – Santa Maria, RS, Brasil

<sup>2</sup>Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/INPE  
Caixa Postal 5021 - 97105-970 - Santa Maria - RS, Brasil  
carolarsil@gmail.com; tmk@dsr.inpe.br; andreisemoreira@yahoo.com.br;  
daniwbarbieri@gmail.com;

<sup>3</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS  
Programa de Pós-Graduação em Botânica  
Avenida Bento Gonçalves 9500 - 91501-970 - Porto Alegre, RS, Brasil  
gerhard.overbeck@ufrgs.br ; pmaferreira26@gmail.com

**Abstract:** The aim of this study is to compare the performance of NDVI and EVI to monitor the vegetation dynamics in different areas covered with grasslands in the Pampa biome. These are study areas from a PELD project. The Pampa biome, in the Southern region of Brazil, is covered mainly with grasslands and is considered of extreme importance, due to its great biological diversity. The conservation status and extension of vegetation cover is still not well known for the Pampa, although important when monitoring the behavior of vegetation when there are significant changes in climate. Vegetation monitoring has been supported with the development of spectral profiles based on data from different orbital sensors. With the MODIS sensor it is possible to obtain data of Vegetation indices, such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Enhanced Vegetation Index (EVI), used to monitor changes in vegetation and phenology over time. Combined with analytical methods, the dynamics of vegetation can be studied. The wavelet analysis was used, as the wavelet function captures the local and global behavior of a temporal series and shows where and when changes occur. The power spectra for the EVI presented greater variability than the NDVI in different periods of the series.

**Palavras-chave:** Índices de Vegetação, Transformada de Ondaleta, Sensoriamento Remoto, Dinâmica da Vegetação, Vegetation indexes, Ondaleta transform, remote sensing, vegetation Dynamics

### 1. Introdução

As principais formações tipicamente campestres do Brasil localizam-se na região Sul e compõem o bioma Pampa. Este bioma possui uma área de aproximadamente 178.000 km<sup>2</sup> dos quais 23% (41.000 km<sup>2</sup>) é formado por vegetação campestre nativa, com uso predominante para a pecuária (MMA, 2007). Devido à sua grande diversidade biológica, aliada às pressões antrópicas, os campos desse bioma são considerados como área de extrema importância biológica para a conservação da biodiversidade (MMA, 2002).

O estado de conservação do bioma Pampa é pouco conhecido, uma vez que a avaliação da cobertura dos remanescentes vegetais ainda é pouco desenvolvida no RS e no Brasil. Por ser uma formação campestre, é necessário o aperfeiçoamento da tecnologia de reconhecimento dos diferentes usos da terra na região (MMA, 2002), e a diversificação de métodos de análise do comportamento desta vegetação.

A coleta de informações para construção e avaliação de padrões sazonais da vegetação permitem acompanhar o comportamento das espécies quando da ocorrência de intensas

alterações no clima ou mudança de estação. Em geral, cada espécie vegetal possui um padrão de ciclo fenológico e este, poderá ser alterado conforme houver modificações em seu ambiente. O monitoramento da vegetação tem se apoiado na elaboração de perfis espectrais com base em diferentes sensores, ou seja, no estabelecimento de padrões da resposta espectral, de acordo com o crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais (Fontana et al., 2002).

A partir do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) é possível obter dados de índices de vegetação (IVs) como: Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Vegetação Melhorado (EVI), estes IVs estão relacionados a parâmetros biofísicos da cobertura vegetal, como biomassa e índice de área foliar (Ponzoni; Shimabukuro, 2007).

Os IVs são importantes por inúmeros fatores, eles são utilizados para monitorar as variações e crescimento da vegetação ao longo de um período, podem ser utilizados para estabelecer uma relação entre variáveis meteorológicas e a influência desta sob a vegetação, entre outros. Ainda, aliados a métodos de análise capazes de descrever a dinâmica sazonal da vegetação, evidenciando sua relação com o clima, contribuem para o monitoramento e elaboração de padrões que permitem o entendimento da dinâmica da vegetação.

Um destes métodos, já utilizado no Brasil (Gurgel e Ferreira, 2003; Rosembach et al., 2009) é a análise da vegetação pela Transformada de Ondaleta ou Wavelets. A Transformada de Ondaleta é uma função matemática que permite detectar, em um sinal não estacionário, componentes de diferentes frequências (Morettin; Toloi, 1992), decompondo e descrevendo séries temporais em tempo e frequência, assim, revela onde ou quando a energia do sinal analisado é transferida de um período/frequência para o outro e em qual intervalo de tempo ocorrem.

Em outras palavras, a transformada de ondaletas é capaz de captar tanto o comportamento local, quanto o comportamento global de um sinal, simultaneamente, e apontar em que período o mesmo ocorreu (Morettin, 1999). Ainda, a ondaleta é obtida a partir de uma função padrão, conhecida como ondaleta mãe. Nesse trabalho utilizou-se a ondaleta mãe Dog.

O objetivo do trabalho foi comparar o desempenho de índices de vegetação (EVI e NDVI) para monitorar a vegetação campestre através de ondaletas.

### 1.1 Área de Estudo

Para este estudo utilizou-se os dados de EVI e NDVI (MOD13) de 8 áreas que fazem parte do Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração (PELD) (Tabela e Figura 1), coordenado pelo Dr. Valério de Patta Pillar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Este projeto tem como objetivo, o estabelecimento e a manutenção de uma rede de sítios de pesquisa ecológicos de longa duração em ecossistemas campestres em diferentes regiões do bioma Pampa e Mata Atlântica no Rio Grande do Sul, com a realização de experimentos de diferentes tipos de manejo da vegetação campestre (PELD, 2012).

Tabela 1. Coordenadas geográficas latitude e longitude do centro das áreas de estudo.

Áreas do PELD	Localização
Eldorado do Sul (EEA UFRGS)	30° 06' 08"S, 51° 40' 56"W
Santa Maria (UFSM)	29° 43' 35"S, 53° 45' 40"W
Aceguá	31° 38' 55"S, 54° 09' 26"W
Alegrete	30° 04' 11"S, 55° 59' 34"W
Lavras do Sul	30° 42' 02"S, 53° 58' 53"W
Cambará do Sul (Aparados da Serra)	29° 08' 19"S, 50° 09' 27"W
Jaquirana (PE Tainhas)	29° 05' 43"S, 50° 22' 02"W

São Francisco de Paula (EE Aratinga)

29° 23' 35''S, 50° 14' 26''W

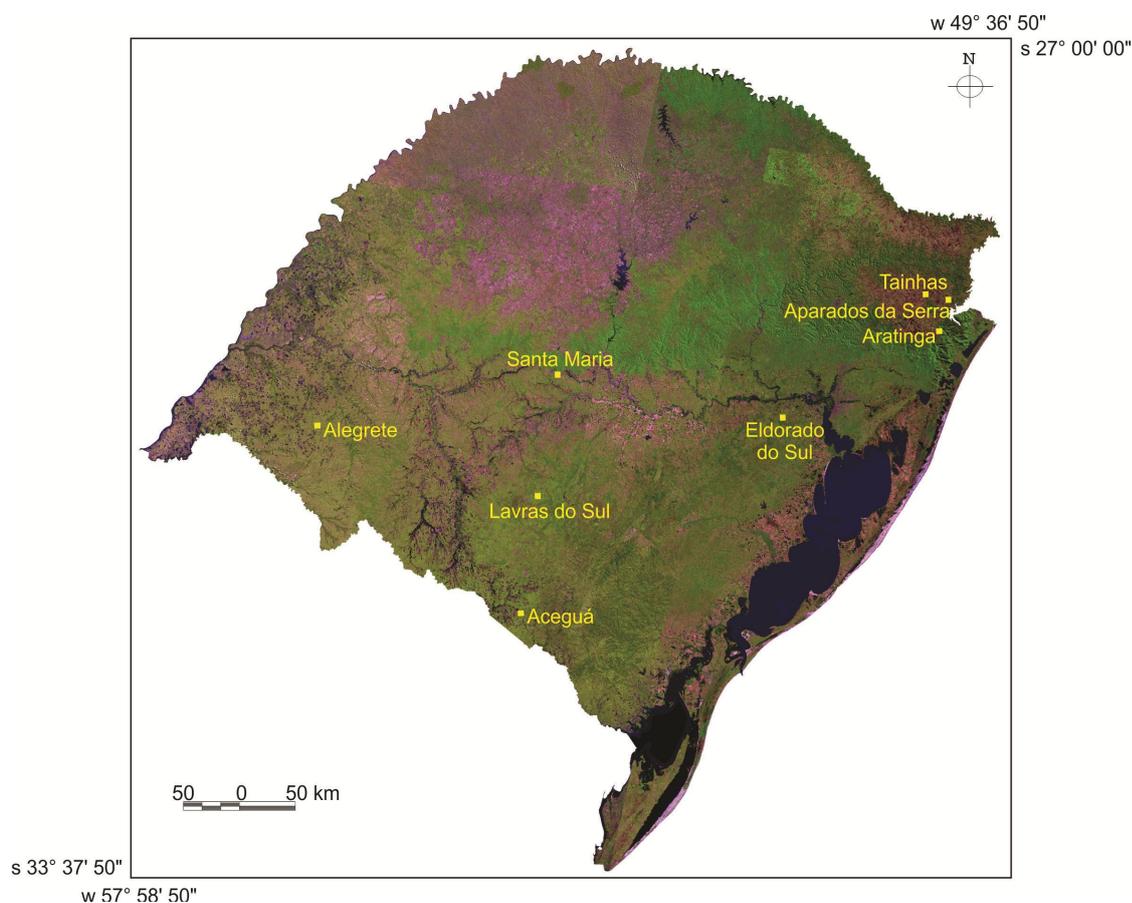


Figura 1. Mapa de localização das amostras de estudo.

Fonte: Estado do Rio Grande do Sul (Landsat ); Amostras de estudo (PELD, 2012).

## 2. Metodologia de Trabalho

Foi utilizado uma série temporal, de dados de EVI e NDVI obtidos pelo sensor MODIS através do produto MOD13Q, que possui resolução espacial de 250m e composição de imagens a cada 16 dias, para o período de fevereiro de 2000 a dezembro de 2010, totalizando 250 imagens. Lançado em 1999 a bordo da plataforma Terra e posteriormente a bordo da plataforma Aqua (2002), o sensor MODIS possui alta sensibilidade radiométrica (12 bits) e opera com 36 bandas espectrais com cobertura global a cada 2 dias (MODIS, 2010).

Neste trabalho, as amostras de vegetação campestre foram obtidas junto ao PELD. Obtiveram-se as imagens EVI e NDVI através do aplicativo *Modis Reprojection Tools* (MRT). Posteriormente, as imagens foram importadas e processadas no aplicativo SPRING 5.1.8, efetuado o recorte de acordo com os limites de cada área do PELD e extraídas médias de EVI e NDVI para cada polígono, num total de 8 áreas.

Atribuiu-se às áreas campestres do PELD os valores das médias de EVI e NDVI extraído das 8 amostras, que possuem área com variação entre 0,10 km<sup>2</sup> a 0,52 km<sup>2</sup> (2 a 8 pixels). Para cada área criou-se uma planilha de dados no Excel, os quais foram importados no aplicativo MatLab para a geração do escalograma com a média da série temporal, do espectro de potência e do espectro de potência global, com uso da Transformada de Ondaleta. Após uma série de testes, optou-se por utilizar a função ondaleta mãe Dog, que permitiu identificar variações nos padrões anuais e inter-anuais de comportamento fenológico da vegetação em escala tempo-frequência.

### 3. Resultados e Discussão

A variação anual nos dados de EVI e NDVI para a série temporal (2000 - 2011) permitiu a identificação de um padrão temporal e fenológico, com aumento nos valores durante as estações quentes do ano (primavera e verão) e diminuição no outono e inverno para as amostras de Aparados, Aratinga, Tainhas e Santa Maria. Nestas áreas encontrou-se comportamento sazonal semelhante, com ciclo fenológico bem marcado para toda a série temporal em ambos os índices de vegetação. No espectro de potência e espectro de potência global (Figura 2B e 2C) é possível identificar a sazonalidade da vegetação campestre com ciclo anual bem marcado variando entre 16 e 32 repetições, que caracterizam 1 ano de amostragem.

Esse padrão temporal e fenológico pode ser justificado pela forma de manejo pastoril aplicado. Nas áreas localizadas no bioma Mata Atlântica (Aparados, Aratinga e Tainhas) o manejo convencional não corresponde completamente ao manejo típico praticado pelos pecuaristas da região, utilizando carga animal geralmente mais baixa e sem uso de queimadas, principalmente em Aratinga e Tainhas, localizados em unidades de conservação (PELD, 2012). Em Santa Maria a área também é utilizada para estudos pelo Departamento de Zootecnia, com manejo pastoril conservativo.

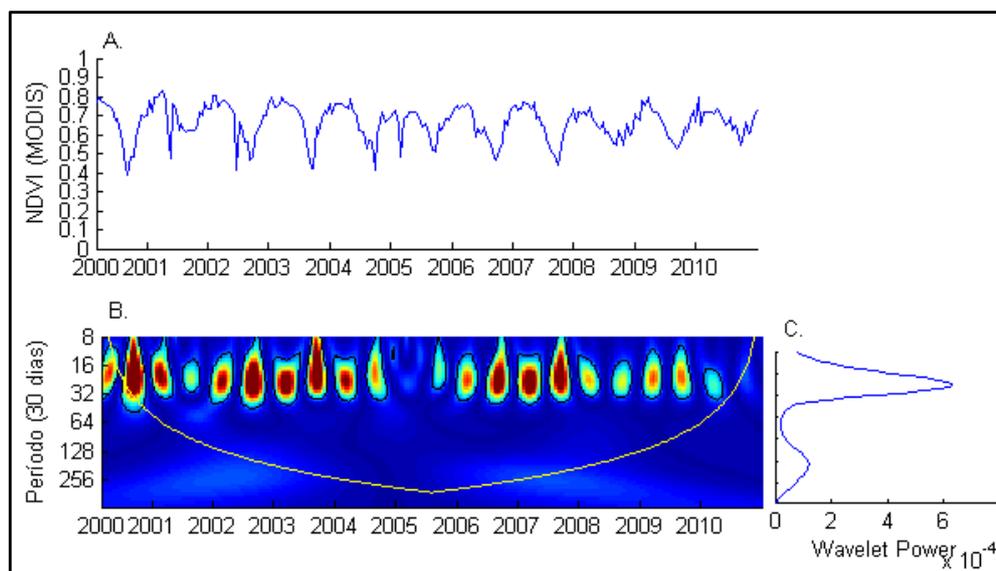


Figura 2. Escalograma da série NDVI para amostra de Aratinga (A), Espectro de potência (B) e Espectro de potência global (C).

Destaca-se que a área situada na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Eldorado do Sul, apesar de ter histórico secular de uso pastoril, não havendo registro de que tenha sido cultivada apresentou variação no padrão verificado para as demais áreas, principalmente nos valores de EVI.

No espectro de potência (Figura 3B) os picos de energia que estão acima da linha em branco que cruza a série (cone de influência) possuem 95% de significância estatística. Pode-se observar o ciclo anual bem marcado entre 16 e 32 repetições entre 2000 a 2004 e 2008 a 2010 (Figura 3B), no intervalo entre 2004 e 2008 tem-se a ocorrência de picos distintos de variância em diferentes escalas temporais, possivelmente resultado de anomalia meteorológica, neste caso, associados a estações mais chuvosas (El Niño) ou mais secas (La Niña), como também observou Wagner et. al (2011).

No espectro de potência global (Figura 3C), além do ciclo anual tem-se um ciclo entre 64 e 256 repetições, que caracterizam a série total. Embora não esteja totalmente dentro do cone de influência, denota-se a variação nos dados de EVI entre os anos de 2000 a 2004 e 2007 a

2010. Esta variação possivelmente associa-se a mudanças nas condições climáticas ou as formas de tratamento de manejo pastoril utilizados no local. Ainda, entre 64 e 128 repetições, para 2005 a 2006 têm-se pico de energia bem marcado e ausência de picos entre 16 e 32 repetições. Essa variação não é observada quando analisado somente o escalograma com os valores médios da série (Figura 3A), demonstrando-se assim o potencial das ondaletas em identificar variações no padrão temporal e fenológico da vegetação campestre.

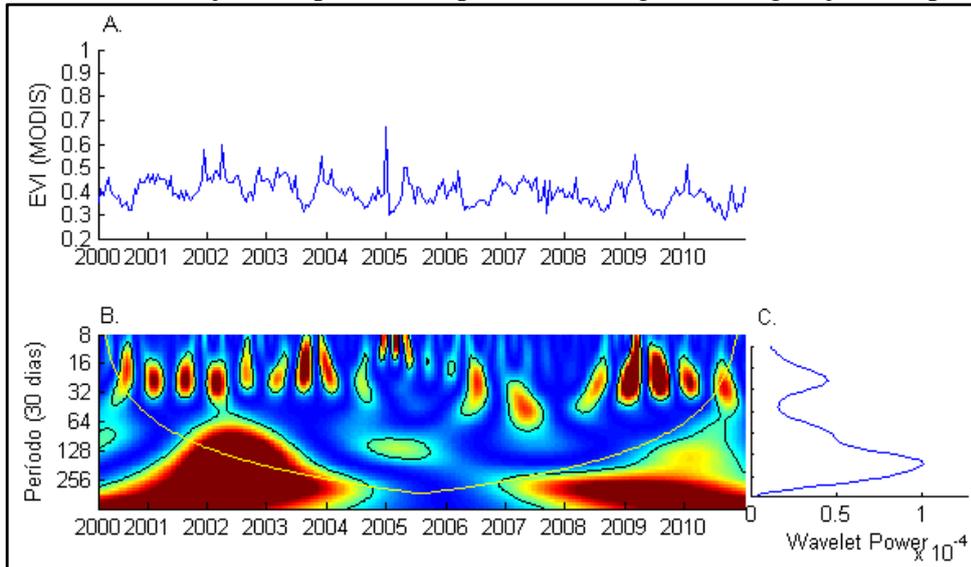


Figura 3. Escalograma da série NDVI para amostra de Eldorado (A), Espectro de potência (B) e Espectro de potência global (C).

Para as demais áreas estudadas (Aceguá, Alegrete e Lavras), dado o manejo convencional aplicado, encontrou-se semelhança nas feições apresentadas nos espectros de potência com intensa variação nos dados de EVI e NDVI, porém diferente dos espectros de potência das demais áreas. Foi selecionado as Figuras 4 e 5, correspondentes as áreas de Lavras e Alegrete para a descrição dos resultados.

Observa-se no espectro de potência (Figura 4A e 4B) que a variação anual encontrada nos demais espectros diminui de intensidade para a área de Lavras, podendo ser identificada durante o período de 2000 a 2005, porém pouco marcada. Posterior a este período, identifica-se variação entre 8 e 16 repetições, que caracterizam 6 meses e denotam variação intra-anual na série, associada o manejo utilizado ou a introdução de cultivos agrícolas.

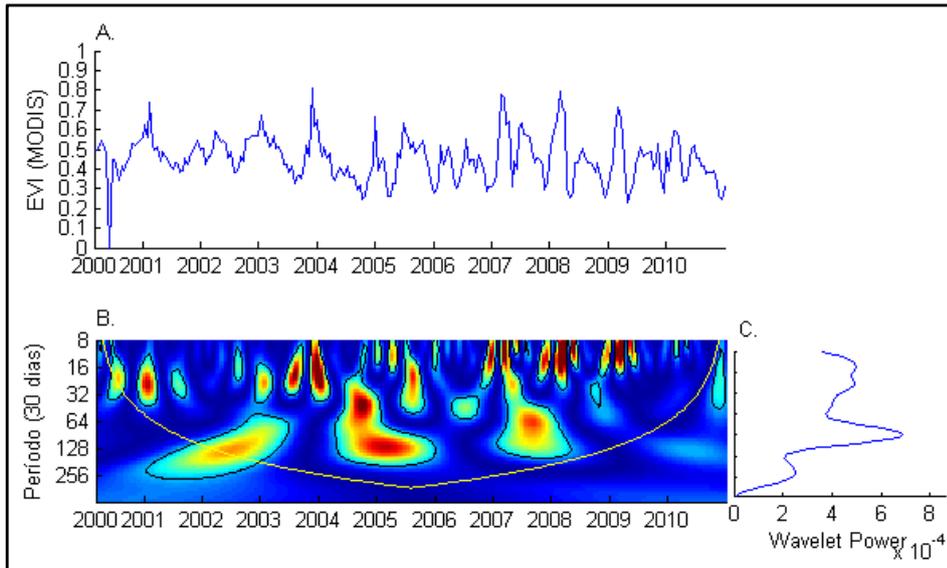


Figura 4. Escalograma da série NDVI para amostra de Lavras (A), Espectro de potência (B) e Espectro de potência global (C).

Entre 64 e 128 repetições, correspondente a 7 anos, tem-se pico de energia bem marcado na série (Figura 4B e 4C). Ressalta-se que entre os anos 2002/2003, 2005/2006 e 2007/2008 ocorreram fenômenos de El Niño e La Niña, respectivamente (CPC-NCEP-NOAA, 2012). A observação de picos de energia em escalas semelhantes à ocorrência de fenômenos como o El Niño e La Niña são indicativos de como a vegetação campestre responde aos efeitos das variações climáticas (Wagner et. al, 2011). Os resultados são prévios, por este motivo denota-se a necessidade de uma série maior para observação de eventual recorrência e constituição de um padrão no estudo da vegetação campestre no Rio Grande do Sul.

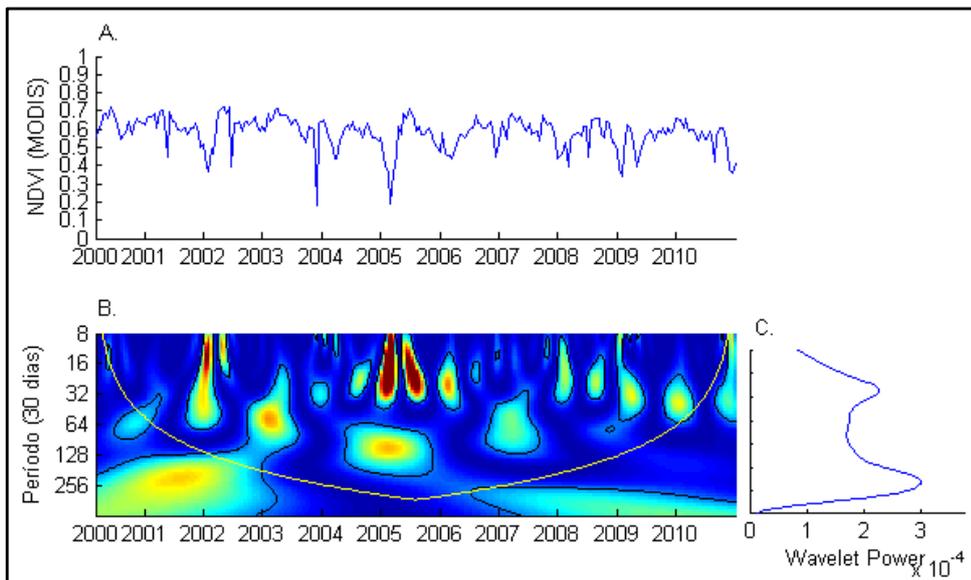


Figura 5. Escalograma da série NDVI para amostra de Alegrete (A), Espectro de potência (B) e Espectro de potência global (C).

Para a área em Alegrete observou-se comportamento semelhante, à área de Lavras, nos espectros para os dados de EVI e NDVI. No espectro de potência (Figura 5B) é possível identificar 3 ciclos distintos, o ciclo anual entre 16 e 32 repetições, o ciclo entre 64 e 128

repetições, em torno de 7 anos e o ciclo entre 128 e 256 repetições que corresponde ao período total considerado.

Considera-se que o uso da Transformada de Ondaleta em estudos de vegetação campestre apresenta potencial na identificação do ciclo fenológico e também de variações neste. Ainda, é possível identificar a existência de anomalias em períodos distintos, o que na análise do escalograma com os valores médios da série não se apresenta com a mesma clareza.

Dessa forma, há a necessidade de continuidade do trabalho, com a coleta de mais informações sobre as áreas de estudo, aplicação de filtragem nos dados para eliminação de ruídos e a verificação da relação da série com dados meteorológicos por meio de ondaleta cruzada.

#### 4. Conclusões

1. Além do ciclo anual de vegetação campestre, é possível com uso de transformada de ondaleta identificar variação em períodos distintos.
2. Por meio do espectro de potência e espectro de potência global é possível identificar variação no ciclo fenológico da vegetação que no escalograma com valores médios não se observa.
3. Os espectros de potência para os dados de EVI apresentaram maior variabilidade que o NDVI em diferentes períodos da série.

#### Agradecimentos

ACRS agradece FAPERGS - Brasil, pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica, a Dra. Tatiana Mora Kuplich e a Msc. Andreise Moreira pelo auxílio na elaboração deste trabalho.

#### Referências Bibliográficas

CPC-NCEP-NOAA. Cold and warm episodes by season. Climate prediction center. <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/ensostuff/ensoyears.shtml>. 25 Ago. 2012.

Fontana, D. C.; Weber, E.; Ducati, J. R.; Berlato, M. A.; Guasselli, L. A.; Gusso, A. Monitoramento da cultura da soja no centro-sul do Brasil durante La Niña de 1998/2000. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, p. 343-351, 2002.

Gurgel, H. C.; Ferreira, N. J. Annual and interannual variability of NDVI in Brazil and its connections with climate. **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, n. 18, p. 3595-3609, 2003.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Biodiversidade Brasileira: avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília: MMA/SBF, 2002. 340p. Disponível em: [http://www.biodiversidade.rs.gov.br/arquivos/BiodiversidadeBrasileira\\_MMA.pdf](http://www.biodiversidade.rs.gov.br/arquivos/BiodiversidadeBrasileira_MMA.pdf). Acesso em: 05.nov.2012.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Mapas de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros: relatório do Bioma Pampa**. Porto Alegre: UFRGS, 2007. 31 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/porta/bio>. Acesso em: 14.set.2010.

Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). Disponível em: <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/>. Acesso em: 06.out.2012.

Morettin, P. A. **Ondas e Ondaletas: da análise de Fourier à análise de Ondaletas**. São Paulo: USP, 1999. 272 p.

Morettin, P. A.; Toloi, C. M. C. **Análise de séries temporais**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006. 538 p.

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007. 135p.

Rosembach, R. et al. Análise de ondaletas aplicada a dados multitemporais de NDVI/MODIS. **Geografia**. n. 3, p. 559-575, 2009.

Wagner, P. L.; Weber, E.; Hasenack, H.; Klering, E. V.; Fontana, D. C. **Variabilidade Temporal do NDVI/MODIS na Análise de Remanescentes da Ecorregião das Savanas Uruguaias**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.5600.

Pillar, V.D.P; (Org). **Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração (PELD)**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.