

# **Análise dos padrões de resposta espectral multitemporal de cereais de estação fria cultivados para a produção de grãos e para produção de forragem em imagens de média resolução espacial.**

Eliana Lima da Fonseca<sup>1</sup>  
Alexandre Costa Varella<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Geociências – UFRGS/IGEO  
Caixa Postal 15001 – 91501-970 – Porto Alegre – RS  
eliana.fonseca@ufrgs.br

<sup>2</sup> Embrapa Pecuária Sul – CPPSUL  
Caixa Postal 242 – 96401-970 – Bagé – RS  
avarella@cppsul.embrapa.br

**Abstract.** The cool season cereals have very similar morphology which complicates their visual identification during a fieldwork and, consequently, in satellite images also, specially during its early phenologic stages. In order to enable the identification of different species of these cereals, cultivated both for pastures or for grain production, in satellite images with medium spatial resolution, were analyzed temporal profiles of Normalized Difference Vegetation Index acquired in twenty nine areas cultivated with wheat and with annual ryegrass in the states of Rio Grande do Sul and Paraná. Were used images from the MODIS sensor, with 250 meter of spatial resolution from where the NDVI values were extracted, collected over each monitoring area. For each area the cultivated species was inform (wheat or annual ryegrass) as well as the central coordinate was acquired with a GPS, allowing to identify these areas on the image, and to make groups of similar profiles also. In the analysis of the temporal profiles of NDVI, was found that for cereals for the grains production of there is a curve typical of agricultural areas. On the other hand, for cereals cultivated for the pasture production was not observed the same pattern. It was, probably, because the differences that the animal grazing imposed to its phenology cycle.

**Palavras-chave:** Modis, NDVI, gramineae, morphology, phenology, Modis, NDVI, gramíneas, morfologia, fenologia.

## **1. Introdução**

Os cereais de estação fria cultivados para a produção de grãos no Brasil são o trigo, a aveia, o centeio, a cevada e o triticale. Para a produção de pastagens são utilizados o azevém anual e a aveia. Estas plantas possuem em comum a sua família botânica (gramíneas) e suas exigências térmicas para o seu cultivo (baixas temperaturas). Morfológicamente, até a emissão da inflorescência, a identificação visual em campo é dificultada, devido a sua semelhança morfológica, sendo necessários conhecimentos de morfologia foliar de gramíneas e/ou uma chave de classificação botânica para a identificação da espécie cultivada. Em função desta semelhança morfológica, a identificação de áreas com as diferentes espécies cultivadas em imagens de satélite para fins de mapeamento, principalmente para monitoramento e quantificação das áreas cultivadas com pastagens de inverno ainda não possui metodologia desenvolvida para este fim.

Uma nova abordagem em estudos de mapeamento e monitoramento de áreas agrícolas é a análise multitemporal de imagens obtidas a partir de sensoriamento remoto orbital. Quando o objetivo de uma determinada análise for o mapeamento de áreas cultivadas, visando apenas identificar o uso e cobertura do solo, resultados satisfatórios podem ser obtidos utilizando uma imagem adquirida em uma única data, baseando a identificação das áreas agrícolas principalmente no formato regular dos talhões de cultivo. Já a identificação da espécie cultivada em um determinado talhão agrícola parte da premissa de que as mesmas possam ser identificadas com base no seu padrão de resposta espectral apresentados em imagens multiespectrais (Lillesand et al., 2004). Esta análise fica prejudicada em uma única imagem já

que várias culturas apresentam padrões de resposta espectral semelhantes e também porque nem todos os talhões de cultivo são semeados em uma mesma data e com isso a mesma cultura pode estar em estádios fenológicos distintos o que acarreta respostas espectrais distintas em uma mesma imagem para uma mesma cultura.

Uma análise multitemporal baseada na análise das variações da resposta espectral dos cultivos versus as variações do ciclo fenológico de cada espécie é ideal para a identificação das espécies cultivadas em cada talhão presente na área de estudo, desde que seja possível visualizar diferenças no ciclo fenológico que induzam variações na resposta espectral (Campbell, 2006). A fenologia de uma determinada espécie é descrita a partir das observações dos estádios de desenvolvimento externamente visíveis, tais como germinação, desenvolvimento das folhas, floração e senescência (Larcher, 2000). O calendário agrícola no Brasil é definido regionalmente em função das exigências climáticas das culturas, considerando os estádios fenológicos e as fases mais sensíveis do ciclo em relação à ocorrência de estresses climáticos.

Para uma análise multitemporal visando a identificação de espécies cultivadas o ideal é que se tenham disponíveis imagens durante todo o ciclo de cultivo para que se possam identificar as variações na resposta espectral causadas pelas diferentes fases do ciclo fenológico. Também é necessário que as imagens tenham bandas espectrais posicionadas para o monitoramento da vegetação, nas porções de vermelho, infravermelho próximo e médio e que as imagens tenham resolução espacial suficiente para a identificação dos talhões agrícolas. Estas necessidades com relação às resoluções das imagens esbarram em algumas características intrínsecas à aquisição de imagens orbitais no espectro óptico. Uma delas é a impossibilidade de imageamento na presença de nuvens, que atuam como uma barreira física entre os alvos da superfície e o sensor, impedindo o imageamento das áreas sob as nuvens e com isso reduzindo a resolução temporal efetiva de aquisição de imagens sobre uma determinada área de estudos.

Outra questão a ser observada é o compromisso existente entre as resoluções espacial e temporal. Sensores com maior resolução temporal possuem resolução espacial mais degradada, por vezes inviabilizando a identificação dos talhões de cultivo e não sendo, portanto, adequadas para o monitoramento de áreas cultivadas. Um sensor orbital adequado para o monitoramento multitemporal de áreas cultivadas é o sensor EOS-Modis, a bordo dos satélites Terra e Aqua, em órbita desde dezembro de 1999. Esse sensor possui uma resolução espacial de 250 metros nas bandas do vermelho e infravermelho próximo, as quais permitem um monitoramento adequado da vegetação e uma resolução temporal de 2 dias, possibilitando um aumento efetivo na possibilidade de se obter imagens livres de nuvens para o monitoramento de uma determinada área. As imagens deste sensor são distribuídas já georreferenciadas e no formato de produtos direcionados para o tipo de estudo que se deseja realizar (Modis Land, 2008).

O presente trabalho tem por objetivo analisar a resposta espectral multitemporal de áreas cultivadas com cereais de estação fria com diferentes propósitos: pastagens e colheita de grãos, em imagens do sensor MODIS, visando identificar os padrões de resposta e suas variações frente às variações do ciclo fenológico para possibilitar alimentar um sistema de classificação automática de imagens para fins de mapeamento das pastagens de inverno cultivadas na região sul do Brasil.

## **2. Material e métodos**

Para a análise da resposta espectral de cereais de estação fria cultivados para pastagens foram identificadas áreas de cultivo de azevém anual nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná. Para os cereais de inverno cultivados para fins de produção de grãos foram identificadas áreas de cultivo de trigo no estado do Rio Grande do Sul. Foram monitoradas ao

todo nove áreas de azevém anual e vinte áreas de trigo, as quais foram identificadas em campo e a coordenada central de cada talhão de cultivo obtida com o auxílio de um receptor de GPS portátil.

Foi montado um banco de dados geográficos utilizando o aplicativo “Spring” (Camara et al., 1996), para onde foram importadas as imagens do sensor MODIS e as coordenadas dos talhões de cultivos. As imagens utilizadas foram do produto MOD13, denominado índice de vegetação, que contém as imagens de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), as quais foram analisadas. Estas imagens possuem 250 metros de resolução espacial e são uma composição do NDVI máximo em 16 dias, permitindo a obtenção de um produto livre a influência das nuvens. Os produtos Modis são fornecidos em arquivos separados, no formato HDF, e cobrem uma área de 10 x 10 graus de latitude e longitude cada arquivo, sendo identificados em uma grade horizontal e vertical (Modis Land, 2008). Foram utilizados os arquivos posicionados na células H13V11 e H13V12, que cobrem completamente a área dos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná.

As imagens foram processadas no aplicativo “Modis Reprojections Tools” (MRT, 2008), onde os arquivos adquiridos em uma mesma data foram mosaicados para formar uma imagem única. Neste programa também foi feita a transformação da projeção convertendo da projeção sinusoidal para projeção geográfica. Após estas transformações as imagens de NDVI foram salvas em arquivos no formato geotiff, os quais foram importados para o banco de dados sem perda do georreferenciamento original.

Para as áreas de azevém foram analisadas imagens adquiridas entre durante o ano de 2007, uma vez que as coordenadas dos pontos de cultivo foram adquiridas em campo durante este ano. Para as áreas de trigo foram analisadas as imagens adquiridas entre os meses de março a novembro de 2005, devido a disponibilidades de dados de campo referentes ao posicionamento das lavouras adquiridos neste ano.

Para a análise da resposta espectral do trigo foram utilizadas imagens do período entre o final de março até o final de outubro, em função de ser uma cultura com ciclo definido pelas baixas temperaturas e pelo amadurecimento dos grãos, totalizando 15 datas (em função da resolução temporal de 16 dias deste produto). Para o azevém anual foram analisadas todas as imagens disponibilizadas para o ano de 2007, totalizando 23 imagens.

Para a extração automática dos valores de NDVI de todas as áreas monitoradas, cada pixel identificado pelas coordenadas coletadas em campo foi individualizado na imagem a partir da digitalização do seu contorno, formando assim 29 polígonos. Utilizando o módulo “extração de estatísticas de imagem por polígono”, disponível no aplicativo Spring, foram coletados os valores de NDVI para todas as datas analisadas sobre todos os pontos monitorados. As estatísticas foram exportadas para um aplicativo de planilha eletrônica, onde foram dispostos em gráficos tendo as datas das imagens no eixo horizontal e os valores da resposta espectral no eixo vertical. Foram gerados quatro gráficos, sendo um para os pontos de azevém e dois para os pontos de trigo em função dos padrões de resposta observados e um com os valores médios das curvas obtidas.

### **3. Resultados e discussão**

No ciclo fenológico dos cereais de estação fria cultivados para a produção de grãos podem ser identificadas as etapas: da emergência, afilamento, alongamento, florescimento e formação de grãos, como mostra a Figura 1, além da senescência, não representada nesta figura.

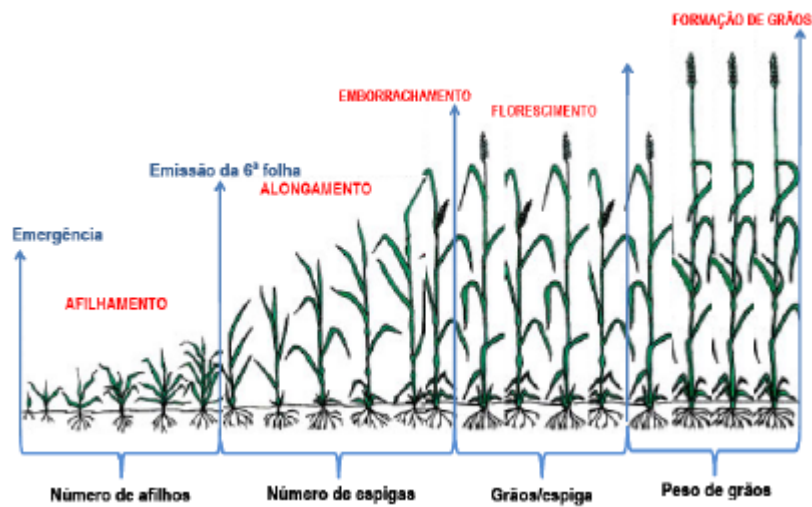


Figura 1. Etapas do ciclo fenológico dos cereais de estação fria.

Para as áreas cultivadas com trigo as variações da resposta espectral nas imagens de NDVI do sensor Modis (Figuras 2 e 3) correspondem a variação da fenologia das áreas de cultivo, sendo este padrão de variação temporal do NDVI característico de um cultivo agrícola (Jackson, 1983).

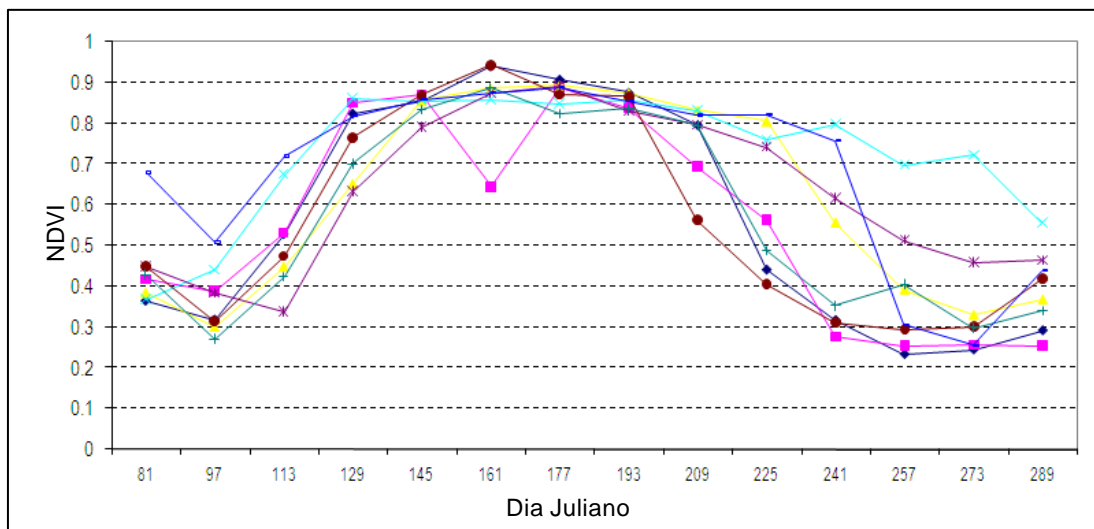


Figura 2 – Variação temporal dos valores de NDVI coletados em áreas de cultivo de trigo em áreas semeadas cedo (padrão 1).

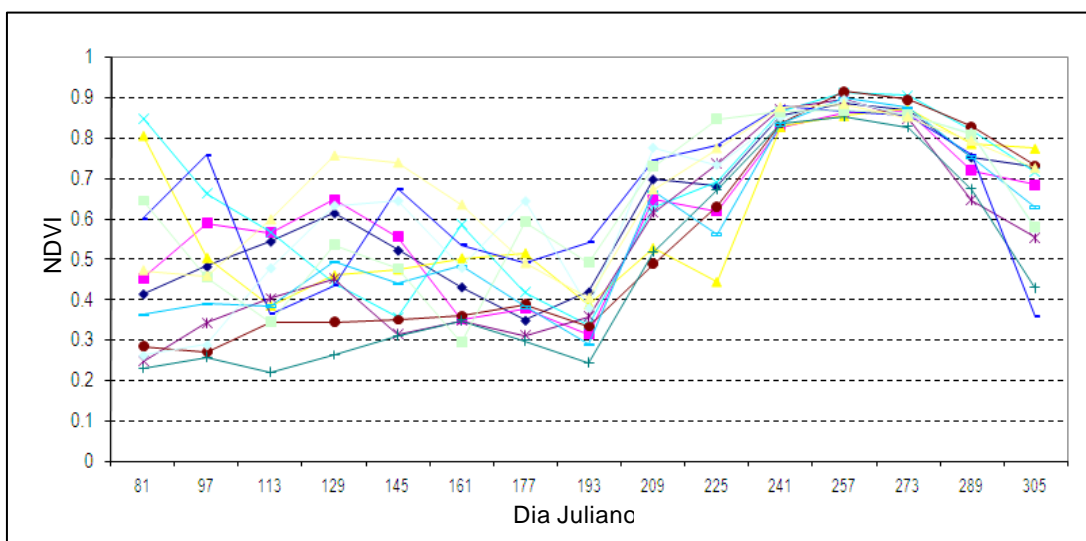


Figura 3 – Variação temporal dos valores de NDVI coletados em áreas de cultivo de trigo em áreas semeadas tardiamente (padrão 2).

Em função do calendário de cultivo dos cereais de estação fria ser definido regionalmente e considerar as exigências climáticas e os períodos de risco da cultura, as diferentes fases fenológicas ocorrem de forma quase simultânea em diferentes áreas de cultivo de uma mesma região. Por esta razão existem dois padrões temporais distintos para a resposta espectral do trigo. Na Figura 2 pode-se verificar que as fases iniciais do ciclo fenológico das diferentes áreas analisadas podem ser identificadas pelo valor baixo de NDVI do dia 97 e que o ciclo se estende por um período maior, finalizando entre os dias 241 a 289 (padrão 1). Na Figura 3 o início do ciclo é identificado no dia 193, o ciclo todo é mais uniforme, finalizando no dia 305, caracterizado pelo plantio de variedades de ciclo curto (padrão 2). Durante o ciclo de desenvolvimento deste cereal podem ser observados nas Figuras 2 e 3 que os valores de NDVI apresentam um padrão de baixos valores associados ao período de germinação e início do crescimento; um aumento linear, associados ao crescimento vegetativo; uma estabilização nos valores associados à emissão das inflorescências e formação de grãos, quando não há mais incrementos no Índice de Área Foliar (IAF); e uma redução dos valores associado ao período de enchimento de grãos e senescência.

Para as áreas cultivadas com azevém anual as variações da resposta espectral nas imagens de NDVI do sensor Modis não apresentaram nenhum padrão característico quando analisamos o conjunto das curvas apresentadas na Figura 4. Como este cereal é utilizado como espécie forrageira, os animais iniciam o pastoreio após a emissão dos afilhos e como as plantas são constantemente pastoreadas elas não completam o ciclo fenológico, não atingindo a etapa de alongação dos entre-nós. Por esta razão não pode ser observada a curva de NDVI característica da representação do ciclo fenológico a semelhança daquelas observadas nas Figuras 2 e 3.

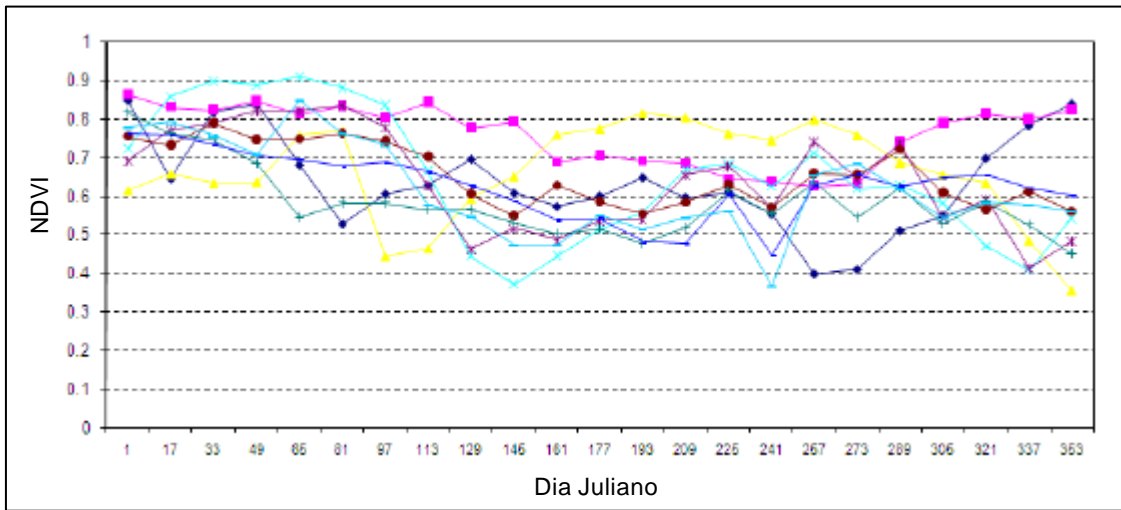


Figura 4 – Variação temporal dos valores de NDVI coletados em áreas de cultivo de azevém anual.

As análises dos valores médios de NDVI (Figura 5) para o azevém anual e para os dois padrões temporais de trigo, calculados a partir das curvas apresentadas nas Figuras 2, 3 e 4, permite identificar as diferenças que o pastoreio dos animais impõe ao dossel. Enquanto observa-se claramente a curva temporal padrão da vegetação, associada as difentes etapas do ciclo fenológico associadas à produção de grãos nas duas curvas de trigo esse mesmo padrão não é observado para o azevém. Para o azevém é observado um padrão de diminuição linear entre março e maio e uma estabilização dos valores de NDVI próximo a 0,6. Essa diminuição no início da temporada de baixas temperaturas na região sul do Brasil é associado ao início do pastoreio pelos animais. A estabilização dos valores está associada ao manejo das áreas que não são pastoreadas constantemente ou a variação da carga animal em pastejo, o que permite que ocorram crescimentos e rebrotas da vegetação que é novamente pastoreada.

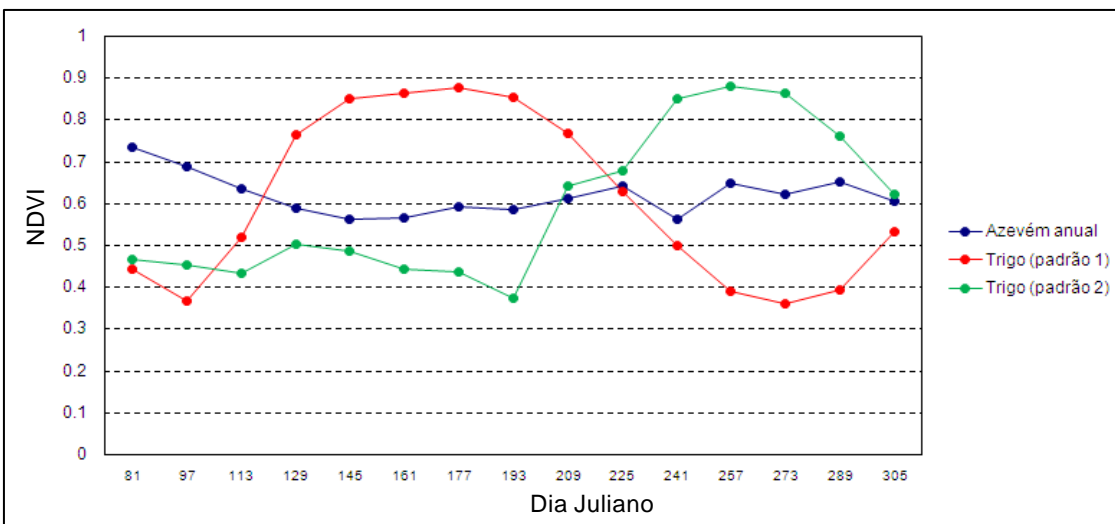


Figura 5 – Variação temporal dos valores de NDVI coletados em áreas de cultivo de azevém anual e trigo.

#### **4. Conclusões**

A análise do padrão multitemporal das áreas cultivadas com espécies de mesma morfologia, como é o caso dos cereais de estação fria, mas com ciclo fenológico distinto, como é o caso do trigo e do azevém anual, permite identificar diferenças que tornam possível o estabelecimento de padrões para a separação automática destas espécies em imagens de satélite, considerando a finalidade do seu cultivo, se para grãos ou para pastagens.

#### **Agradecimentos**

As pessoas que se disponibilizaram em ir ao campo e coletar as coordenadas das áreas monitoradas neste trabalho. Sem esta disponibilidade este trabalho não poderia ter sido realizado.

#### **Referências Bibliográficas**

Câmara, G.; Souza, R.C.M.; Freitas, U.M.; Garrido, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computer & Graphics**, v.20, n.3, p.395-403, 1996.

Campbell, J.B. **Introduction to remote sensing**. New York: Taylor & Francis, 2006. 625p.

Jackson, R.D.; Slater, P.N; Pinter, P.J. Discrimination of growth and water stress in wheat by various vegetation indices through clear and turbid atmospheres. **Remote Sensing of Environment**, v13, n3, p.187-208, 1983.

Larcher, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531p.

Lillesand, T.M.; Kiefer, R.W.; Chipman, J.W. **Remote sensing and image interpretation**. Hoboken, John Wiley & Sons, 2004. 763p.

Modis Land. Disponível em: <<http://modis-land.gsfc.nasa.gov>>. Acesso em mai.2008.

Modis Reprojections Tools (MRT). Disponível em:<http://lpdaac.usgs.gov/landdaac/tools/modis/index.asp>. Acesso em mai.2008.