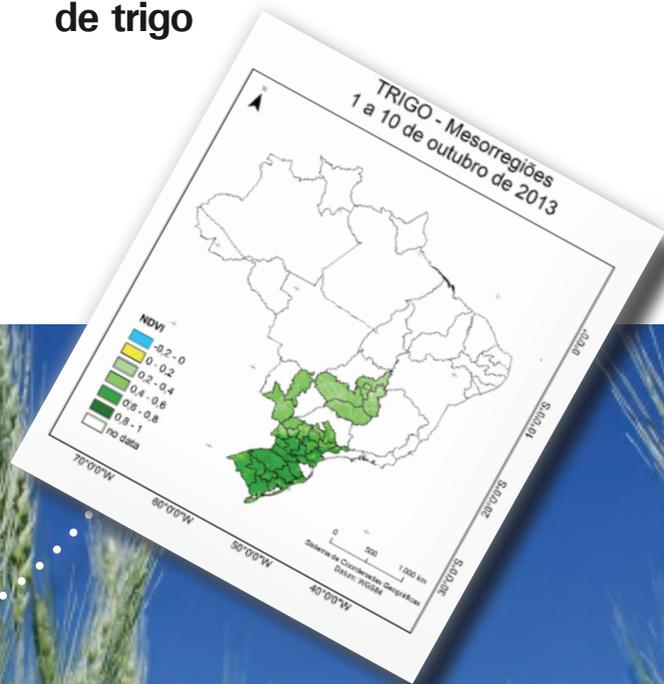


## Dinâmica do comportamento espectral em mesorregiões produtoras de trigo





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Monitoramento por Satélite  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## ***Documentos 104***

### **Dinâmica do comportamento espectral em mesorregiões produtoras de trigo**

*Janice Freitas Leivas  
Ricardo Guimarães Andrade  
Antônio Heriberto de Castro Teixeira  
Daniel de Castro Victoria  
Fabio Enrique Torresan  
Édson Luis Bolfe*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Monitoramento por Satélite**

Av. Soldado Passarinho, 303 - Fazenda Chapadão

CEP 13070-115 Campinas, SP

Fone: (19) 3211-6200

Fax: (19) 3211-6222

www.cnpm.embrapa.br

sac@cnpm.embrapa.br

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Cristina Criscuolo

Secretária-Executiva: Bibiana Teixeira de Almeida

Membros: Daniel Gomes dos Santos Wendriner Loebmann,  
Fabio Enrique Torresan, Janice Freitas Leivas, Ricardo Guimarães Andrade,  
Shirley Soares da Silva e Vera Viana dos Santos

Supervisão editorial: Cristina Criscuolo

Revisão de texto: Bibiana Teixeira de Almeida

Normalização bibliográfica: Vera Viana dos Santos

Editoração eletrônica: Shirley Soares da Silva

Capa: composição baseada em fotografia (BME. Cultivar de trigo;  
fotógrafo: Luiz Eduardo Meneguetti) e mapa (Janice Freitas Leivas)

**1ª edição**

Versão eletrônica (2013)

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Embrapa Monitoramento por Satélite**

---

Leivas, Janice Freitas.

Dinâmica do comportamento espectral em mesorregiões produtoras de trigo / Janice Freitas Leivas, Ricardo Guimarães Andrade, Antônio Heriberto de Castro Teixeira, Daniel de Castro Victoria, Fabio Enrique Torresan, Édson Luis Bolfe. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013.

20 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 104).  
ISSN 0103-7811.

1. Mesorregião. 2. NDVI. 3. Sensoriamento remoto. 4. Trigo  
I. Andrade, Ricardo Guimarães. II. Teixeira, Antônio Heriberto de Castro.  
III. Victoria, Daniel de Castro. IV. Torresan, Fabio Enrique. V. Bolfe, Édson Luis.  
VI. Embrapa Monitoramento por Satélite. VII. Série.

CDD 621.3678 (21.ed.)

---

© Embrapa, 2013

# **Autores**

## **Janice Freitas Leivas**

Meteorologista, Doutora em Agrometeorologia, pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP  
janice.leivas@embrapa.br

## **Ricardo Guimarães Andrade**

Engenheiro Agrícola, Doutor em Meteorologia Agrícola, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP  
ricardo.andrade@embrapa.br

## **Antônio Heriberto de Castro Teixeira**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Ciências Ambientais, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP  
heriberto.teixeira@embrapa.br

## **Daniel de Castro Victoria**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciências, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP  
daniel.victoria@embrapa.br

## **Fabio Enrique Torresan**

Ecólogo, Doutor em Ecologia e Recursos Naturais, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP  
fabio.torresan@embrapa.br

## **Édson Luis Bolfe**

Engenheiro Florestal, Doutor em Geografia, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP  
edson.bolfe@embrapa.br

## Resumo

A produção de trigo no Brasil varia entre 5 e 6 milhões de toneladas, cultivadas nas regiões Sul (RS, SC e PR), Sudeste (MG e SP) e Centro-Oeste (MS, GO e DF). O consumo anual no País tem se mantido em torno de 10 milhões de toneladas (CUNHA et al., 2006), e cerca de 90% da produção de trigo está no Sul do Brasil. Este cereal vem sendo introduzido paulatinamente na região do Cerrado, sob irrigação ou sequeiro. Diante da importância dessa gramínea, a Embrapa Monitoramento por Satélite e a Secretaria de Política Agrícola (SPA/Mapa) estabeleceram um convênio de cooperação técnica para o monitoramento da sua produção. Este estudo tem como objetivo registrar e divulgar os resultados referentes ao comportamento espectral das principais áreas produtoras de trigo a partir da série histórica (1998-2012) e do NDVI de janeiro a outubro de 2013.

## **Abstract**

The production of wheat in Brazil varies between 5 and 6 million tons, which are grown in the South (RS, SC and PR), Southeast (MG and SP) and Midwest (MS, GO and DF) regions. Annual consumption in the country has remained at around 10 million tons (CUNHA et al., 2006) and approximately 90% of the wheat production takes place in the South of Brazil. This cereal is being gradually introduced in the Cerrado region, under irrigated or rainfed systems. Given the importance of this grain grass, Embrapa Satellite Monitoring and the Brazilian Agricultural Policy Secretariat (SPA/Mapa) established a technical cooperation agreement to monitor its production. This study aims to register and disseminate the results for the spectral response of major wheat producing areas, from the historical series (1998-2012) and from the NDVI from January to October 2013.



# Sumário

<b>Introdução.....</b>	<b>11</b>
<b>Material e Métodos.....</b>	<b>12</b>
<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>14</b>
<b>Conclusões .....</b>	<b>18</b>
<b>Referências .....</b>	<b>19</b>



# Dinâmica do comportamento espectral em mesorregiões produtoras de trigo

---

*Janice Freitas Leivas*

*Ricardo Guimarães Andrade*

*Antônio Heriberto de Castro Teixeira*

*Daniel de Castro Victoria*

*Fabio Enrique Torresan*

*Édson Luis Bolfe*

## Introdução

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma planta de ciclo anual, cultivada durante o inverno e a primavera. O grão é consumido na forma de pão, massa alimentícia, bolo e biscoito, sendo usado também como ração animal quando não atinge a qualidade exigida para consumo humano. O trigo ocupa o primeiro lugar em volume de produção mundial. No Brasil, a produção anual oscila entre 5 e 6 milhões de toneladas, cultivadas nas regiões Sul (RS, SC e PR), Sudeste (MG e SP) e Centro-Oeste (MS, GO e DF). O consumo anual no País tem se mantido em torno de 10 milhões de toneladas (CUNHA et al., 2006), e cerca de 90% da produção de trigo está localizada no Sul do Brasil. O cereal vem sendo introduzido paulatinamente na região do Cerrado, sob irrigação ou sequeiro.

O monitoramento dessa gramínea tem fundamental importância em razão da sua grande influência socioeconômica. Imagens de satélite são amplamente utilizadas para o monitoramento das atividades agrícolas em consequência da rapidez de acesso às informações em escala regional e, principalmente, da possibilidade de aquisição de informações em locais de difícil acesso. Com isso, torna-se possível monitorar o uso e a cobertura da terra e as características da vegetação por meio da utilização de índices de vegetação. Um dos índices mais utilizados para análise de culturas agrícolas é o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI, do inglês Normalized Difference Vegetation Index), proposto por Rouse et al. (1973). A utilização de imagens NDVI permite o monitoramento do desenvolvimento fenológico das culturas ao longo das safras, permitindo obter, assim, avaliações qualitativas e quantitativas dos plantios em períodos anteriores à colheita (DEPPE et al., 2007).

O planejamento e a execução da política agrícola demandam um sistema articulado de informações e dados básicos sobre condições das lavouras. Para o acompanhamento sistemático do efeito do clima nas culturas agrícolas, é necessário o acesso ágil e eficaz, em escala nacional, regional, estadual e municipal, aos parâmetros climáticos que influenciam o desenvolvimento e a produtividade agrícola. Nesse sentido, a Embrapa Monitoramento por Satélite e a Secretaria de Política Agrícola (SPA/Mapa) estabeleceram um convênio de cooperação técnica que propicia gerar análises dos riscos aos quais as diversas culturas e regiões do Brasil estão sujeitas e contribui também para a construção da matriz de risco e o monitoramento da produção, apoiando o zoneamento agrícola e o seguro rural e fornecendo suporte técnico para análises de recursos do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) encaminhados à Comissão Especial de Recursos (CER). As atividades propostas complementam projetos já em desenvolvimento pela SPA/Mapa e objetivam identificar, qualificar e quantificar os riscos envolvidos na agricultura, definir o público-alvo das políticas agrícolas de minimização de riscos e auxiliar na tomada de decisões no âmbito da SPA.

Este estudo tem como objetivo registrar e divulgar os resultados referentes ao comportamento espectral das principais áreas produtoras de trigo a partir de demandas da SPA/Mapa. Foi analisado o comportamento espectral das áreas de trigo, a partir da série histórica (1998-2012) de NDVI, assim como do ano de 2012 isoladamente e de janeiro a outubro de 2013.

## Material e Métodos

A área de estudo compreende 32 mesorregiões situadas nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás, com foco na aplicação metodológica para os municípios com área plantada de trigo segundo dados da Produção Agrícola Municipal (PAM) do IBGE (2012) (Figura 1).

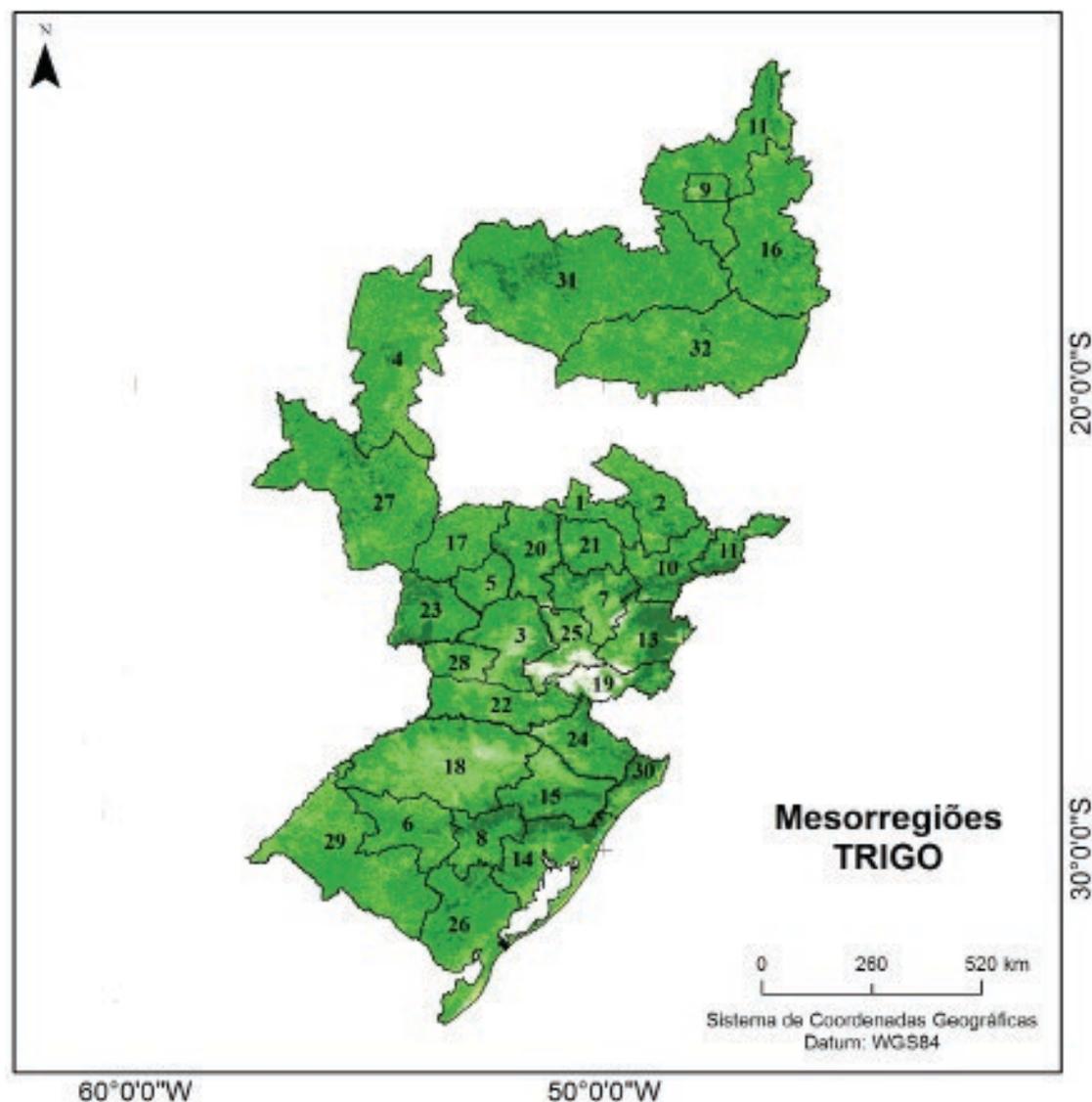


Figura 1. Área de estudo com as mesorregiões produtoras de trigo.

Foi analisado o monitoramento da cultura de inverno do trigo tomando por base o índice de vegetação (IV), extraído de imagens de satélite, do período do primeiro decêndio de janeiro ao terceiro decêndio de dezembro da série histórica (1998-2012), exceto no presente ano, até o primeiro decêndio de outubro de 2013, período da fase final de colheita do trigo. As imagens são disponibilizadas gratuitamente no site da Vito, Bélgica ([www.free.vgt.vito.be](http://www.free.vgt.vito.be)). Foi utilizado o produto V2KRN\_S-10\_S-America do sensor Spot Vegetation (VGT), que fornece a síntese decendial do NDVI.

O período de análise foi decendial, em decorrência da importância da informação para curto período, já que, nos períodos críticos de desenvolvimento das culturas, a informação detalhada tem fundamental importância para a tomada de decisão dos agricultores.

Foi analisada a série temporal de 1998 a 2012, assim como o ano de 2012 separadamente e o período de janeiro ao primeiro decêndio de outubro de 2013, para fins de comparação da safra atual de trigo (2013) e a anterior. Essa análise foi realizada a partir das informações dos pixels em cada mesorregião para cada decêndio, com a finalidade de elaboração de gráficos para analisar a evolução temporal do NDVI decendial.

**Tabela 1.** Área plantada (ha) de lavouras de trigo no ano de 2012 nas mesorregiões geográficas.

Mesorregião	Área plantada (ha)
SP – Assis	4.290
SP – Bauru	4.400
SP – Macrometropolitana Paulista	1.220
SP – Itapetininga	34.378
MG – Noroeste de Minas	1.470
MG – Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba	14.239
MS – Centro-norte de Mato Grosso do Sul	520
MS – Sudoeste de Mato Grosso do Sul	14.700
GO – Sul goiano	1.776
GO – Leste goiano	8.000
DF – Distrito Federal	839
PR – Oeste paranaense	69.755
PR – Norte pioneiro paranaense	103.750
PR – Sudeste paranaense	31.790
PR – Sudoeste paranaense	129.800
PR – Centro-sul paranaense	75.020
PR – Centro-oriental paranaense	120.800
RS – Centro-oriental rio-grandense	14.893
RS – Centro-ocidental rio-grandense	81.298
RS – Metropolitana de Porto Alegre	1.078
RS – Nordeste rio-grandense	45.125
RS – Noroeste rio-grandense	787.780
RS – Sudeste rio-grandense	10.200
RS – Sudoeste rio-grandense	49.160
SC – Norte catarinense	11.100
SC – Oeste catarinense	42.446

Fonte: IBGE (2013).

## Resultados e Discussão

Na Figura 2, é apresentado o NDVI do primeiro decêndio de outubro de 2013. Observa-se elevado IV no norte do Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, com valores superiores a 0,8, que indicam bom desenvolvimento da cultura. Nas demais mesorregiões, predominaram valores de NDVI entre 0,4 e 0,8.

### TRIGO - Mesorregiões 1 a 10 de outubro de 2013

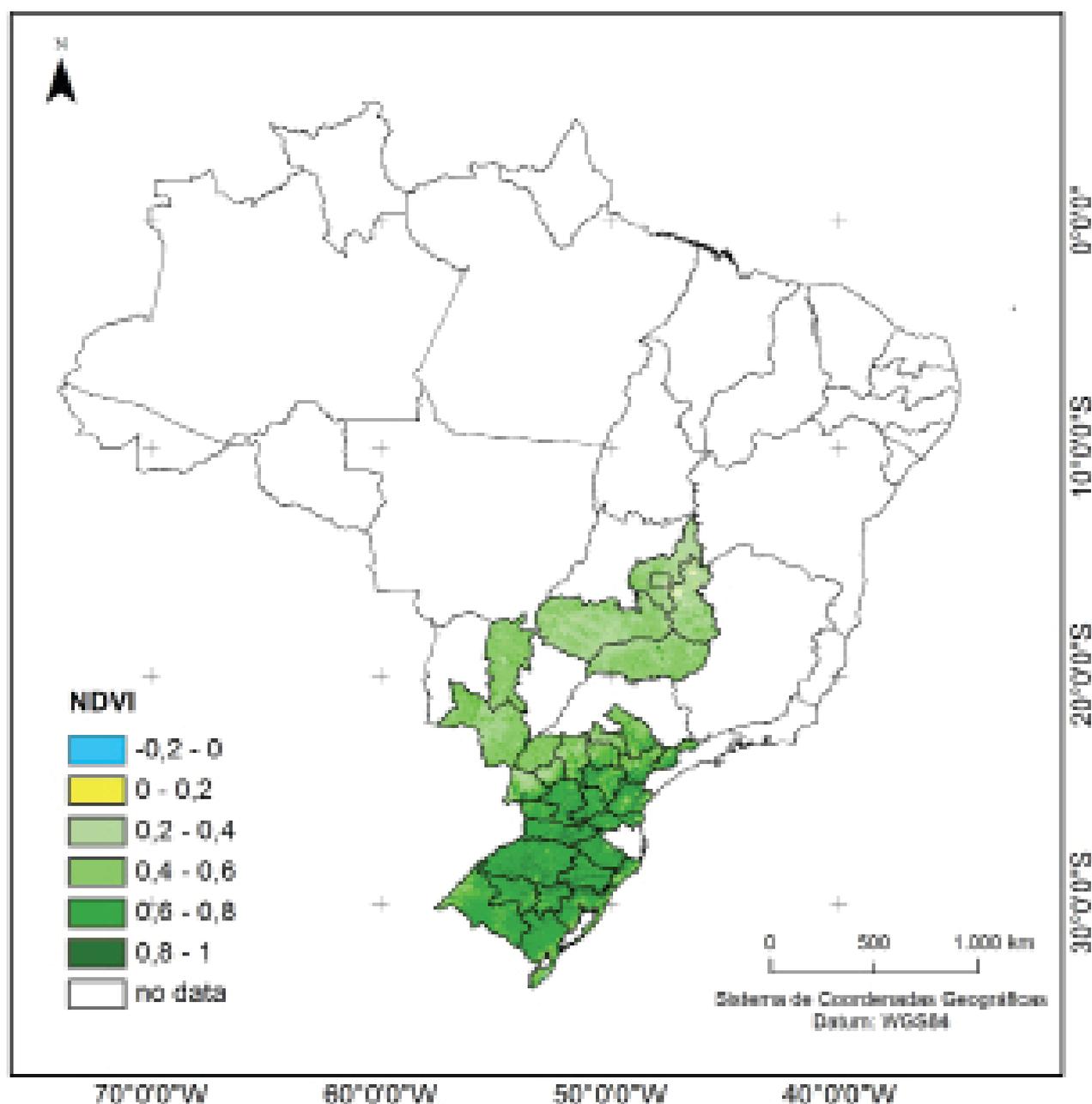


Figura 2. Espacialização de mesorregiões e exemplificação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) de 1 a 10 de outubro de 2013.

Nas Figuras 3, 4 e 5, a linha azul representa a média histórica de NDVI, de 1998 a 2012, a linha vermelha refere-se ao NDVI observado no ano de 2012 individualmente e a linha verde representa o período de janeiro a outubro de 2013. De maneira geral, observa-se variabilidade entre a média histórica e os anos 2012 e 2013, possivelmente em decorrência de o trigo ser uma cultura de inverno (ciclo de junho a novembro), com calendário dependente do da cultura antecessora. No período de germinação (junho-julho), as áreas cultivadas apresentam baixas respostas de IV e, por essa razão, o ponto onde se inicia a ascensão nos gráficos indica o início do desenvolvimento vegetativo da planta (agosto-setembro), que acontece algumas semanas após o plantio. Apesar da importância em destacar as fases fenológicas da cultura no gráfico, vale ressaltar que os dados trabalhados são dados médios para mesorregiões. Nesse caso, há atenuação dos valores de NDVI observados, não sendo possível discriminar com detalhes as fases fenológicas da cultura. O que se propõe é observar mudanças de inclinação da curva de NDVI ao longo do tempo e associá-la à agricultura de larga escala.

Cunha et al. (2006) realizaram estudo que analisa as regiões de adaptação do trigo no Brasil. Para fins de orientação para pesquisa e transferência de tecnologia, o Brasil é dividido em três regiões tritícolas: sul-brasileira (Rio Grande do Sul e Santa Catarina), região centro-sul-brasileira (Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo) e centro-brasileira (Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, Mato Grosso e Bahia).

Nas mesorregiões da área tritícola do sul do Brasil (Figura 3), os dados de NDVI para o primeiro decêndio de outubro indicaram que as lavouras apresentaram bom desenvolvimento, principalmente se compararmos com o ano de 2012, onde a curva em vermelho indica NDVI abaixo do observado no mesmo período de 2013. Nas mesorregiões dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, observa-se menor variabilidade entre as safras, com a curva de NDVI dos anos de 2012 e 2013 semelhante à média histórica. Nessas regiões, o clima seco e frio pode beneficiar a produção do trigo na safra de 2013, já que as baixas temperaturas favorecem a qualidade da gramínea e o acúmulo de nutrientes.



**Figura 3.** Evolução temporal do NDVI decenal da série histórica (1998-2012), do ano de 2012 isoladamente e do ano de 2013 para as mesorregiões geográficas que compreendem a região tritícola dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Nas mesorregiões da área tritícola centro-sul brasileira (Figura 4), os resultados do monitoramento mostram que, no Paraná, apesar de a curva do NDVI seguir o mesmo padrão, são observados valores de NDVI mais baixos no mesmo período de desenvolvimento vegetativo e floração, como é possível observar nas mesorregiões sudeste e centro-sul, norte pioneiro e centro-oriental paranaense. No norte do Paraná, no Mato grosso do Sul e em São Paulo, no período agrícola do trigo, é característica da região a ocorrência de altos rendimentos da gramínea, apesar dos baixos índices pluviométricos (CUNHA et al., 2006). No período agrícola de 2013, a ocorrência de seca na implantação da cultura e o excesso de chuvas, temperaturas baixas e geadas podem influenciar a produtividade de trigo, porque a cultura está na fase de florescimento e enchimento de grãos.

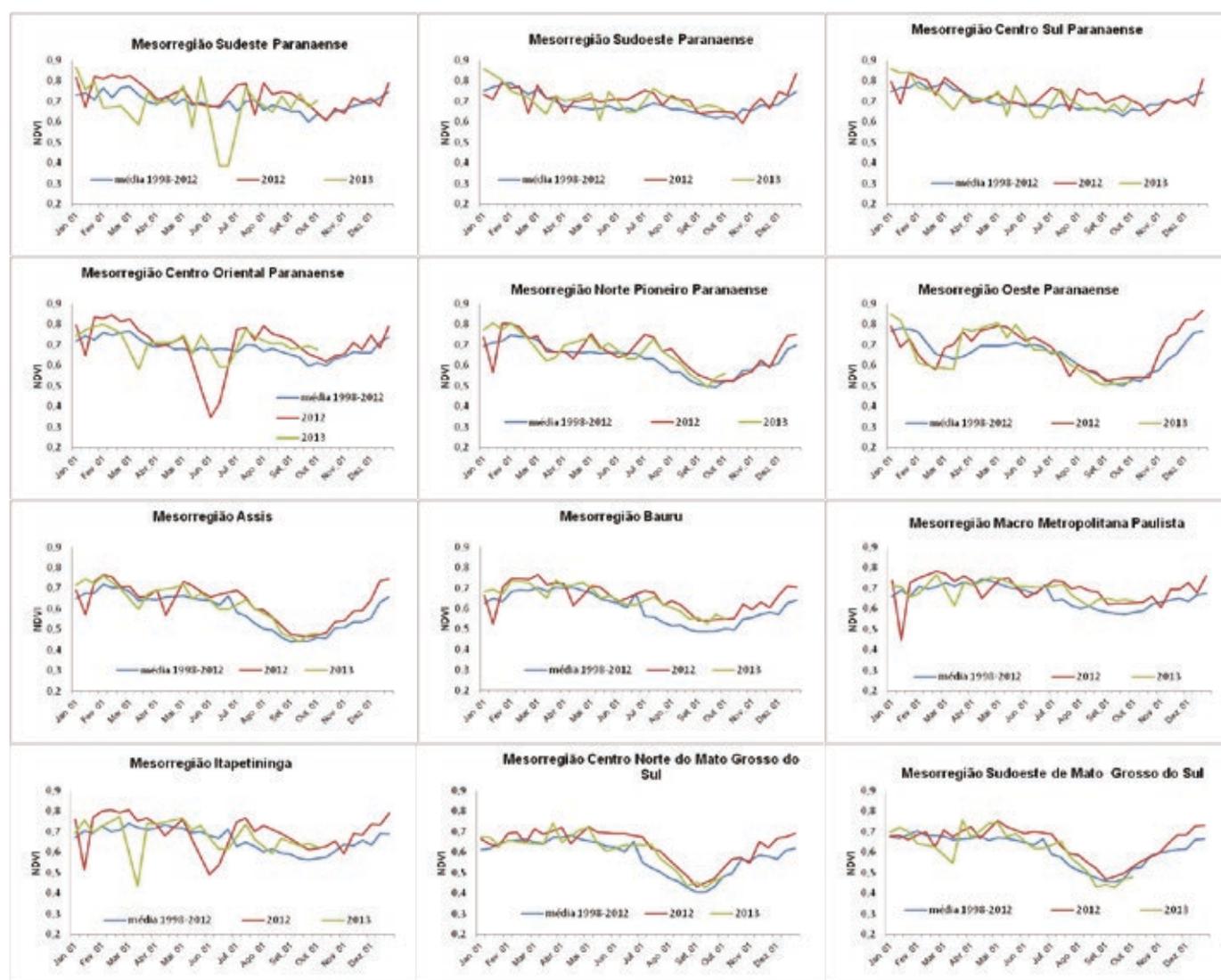


Figura 4. Evolução temporal do NDVI decenal da série histórica (1998-2012), do ano de 2012 isoladamente e do ano de 2013 para as mesorregiões geográficas que compreendem a região tritícola dos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul.

A região que compreende o norte do Paraná, o sul de São Paulo e parte do território do Mato Grosso do Sul é considerada quente e moderadamente seca, porém passível de cultivo de trigo sob condições de sequeiro. Essa zona, apesar da possibilidade de estresse hídrico na fase de pré-floração (julho/agosto) em alguns anos, caracteriza-se por uma condição ambiental extremamente favorável para a produção de trigo em termos de expressão de potencial de rendimento e índices de qualidade industrial do produto colhido (CUNHA et al., 2006).

Nas mesorregiões da área tritícola centro-brasileira (Figura 5), os resultados do monitoramento no noroeste de Minas Gerais mostram que o NDVI do ano de 2013 está acima da série histórica (1998-2012) e do ano agrícola de 2012. Nas demais mesorregiões, o perfil temporal de NDVI acompanhou o comportamento espectral da safra anterior. Em Minas Gerais, predominam lavouras de sequeiro, e as elevadas temperaturas no início do ciclo do trigo podem acarretar baixas produtividades no estado.

As mesorregiões de Goiás e Distrito Federal não apresentaram variabilidade entre o perfil de NDVI da safra de 2012 e da 2013 (até outubro) e o perfil histórico, possivelmente em razão de as lavouras de trigo nessa região (quente e seca, com ocorrência de estresse hídrico) disporem de sistemas de irrigação, que possibilitam a manutenção da produtividade.

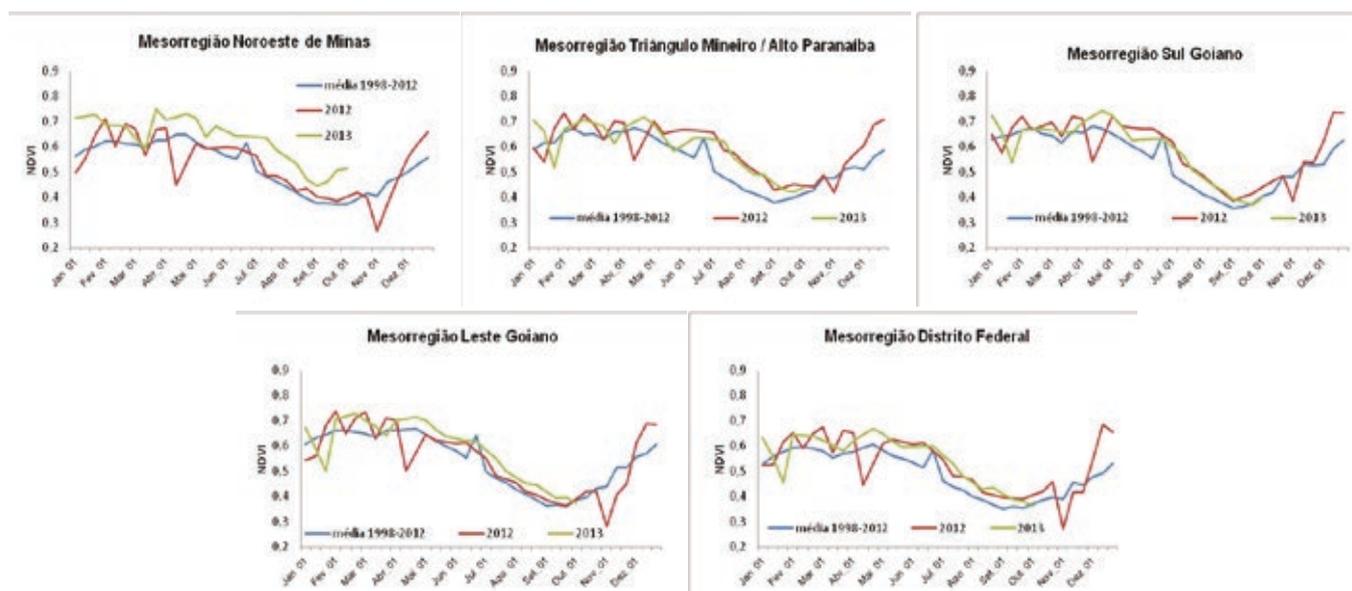


Figura 5. Evolução temporal do NDVI decenal da série histórica (1998-2012), do ano de 2012 isoladamente e do ano de 2013, das mesorregiões geográficas que compreendem a região tritícola dos estados de Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal.

## Conclusões

Os resultados do monitoramento da dinâmica espectral das áreas produtoras de trigo, de modo geral, indicam bom desenvolvimento das lavouras, com valores elevados de NDVI, principalmente no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina.

Apesar da importância em destacar as fases fenológicas da cultura no gráfico, vale ressaltar que foram trabalhados dados médios para mesorregiões. Nesse caso, a atenuação dos valores de NDVI observados não possibilita discriminar com detalhes as fases fenológicas da cultura. A proposta aqui seria observar mudanças de inclinação da curva de NDVI ao longo do tempo e associá-la à agricultura de larga escala.

Os resultados deste estudo são preliminares, sendo necessária validação utilizando máscaras de cultivo e pontos de controle das áreas cultivadas.

## Referências

CUNHA, G. R.; SCHEEREN, P. L.; PIRES, J. L. F.; MALUF, J. R. T.; PASINATO, A.; CAIERÃO, E.; SÓ E SILVA, M.; DOTTO, S. R.; CAMPOS, L. A. C.; FELÍCIO, J. C.; CASTRO, R. L. de; MARCHIORO, V.; RIEDE, C. R.; ROSA FILHO, O.; TONON, V. D.; SVOBODA, L. H. **Regiões de adaptação para trigo no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 10 p. (Embrapa Trigo. Circular Técnica online, 20).

DEPPE, F.; LOHMANN, M.; MARTINI, L.; ADAMI, M.; FARIA, R. Monitoramento da evolução temporal de cultivos agrícolas através de imagens TERRA/MODIS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 145-152. On line. Disponível em <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.19.13/doc/145-152.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal e mapa base dos municípios**. Disponíveis em: <<http://sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp?o=18&i=P>>. Acesso em: 15 ago. 2013.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERT. In: SYMPOSIUM NASA EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE, 1973. **Proceedings...** Washington: NASA, 1973. p. 309-317.





---

*Monitoramento por Satélite*