

## Dinâmica espaçotemporal do NDVI em mesorregiões produtoras de milho segunda safra





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

## ***Documentos 103***

### **Dinâmica espaçotemporal do NDVI em mesorregiões produtoras de milho segunda safra**

*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. Plantio de milho;  
fotógrafa: Neide Makiko Furukawa) 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 espaçotemporal do NDVI em mesorregiões produtoras de milho segunda safra / 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, 103).  
ISSN 0103-7811.

1. Milho. 2. Mesorregião. 3. Índice de vegetação. 4. Sensoriamento remoto.  
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 Monitoramento por Satélite, 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 milho tem fundamental importância na economia do Brasil. A cultura do milho de segunda safra (milho safrinha) tem expressiva participação na produção de grãos e fundamental importância no agronegócio brasileiro. Neste estudo, foi analisado o NDVI da série histórica do SPOT-Vegetation, assim como os anos 2012 e 2013. Em geral, as lavouras apresentam bom desenvolvimento, como pode ser observado na evolução temporal do NDVI das mesorregiões analisadas. Em razão da variabilidade das condições climáticas nas mesorregiões, constata-se muita variação dos períodos de plantio e também dos ciclos das culturas de inverno, em decorrência da dependência do calendário agrícola das culturas de primeira safra, principalmente a soja. Os resultados deste estudo são preliminares, e é necessário fazer validação utilizando pontos de controle das áreas cultivadas, assim como máscara de cultivos.

## **Abstract**

Maize production is essential for the Brazilian economy. The off-season maize (winter maize) has significant participation in the production of grains and is of essential importance to the Brazilian agribusiness. This work analyzed the NDVI of SPOT-Vegetation's time series as well as of the years 2012 and 2013. In general, the crops show good development, as seen in NDVI's temporal evolution at the mesoregions analyzed. Due to the variability of weather conditions at these regions, there is strong variation in the planting periods and also in the winter crops' cycles due to this crop's dependence on the agricultural calendar of first-season crops, especially soybeans. The results of this study are preliminary and require validation using control points of the cultivated areas, as well as crop masks.





# 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 espaçotemporal do NDVI em mesorregiões produtoras de milho segunda safra

---

*Janice Freitas Leivas*

*Ricardo Guimarães Andrade*

*Antônio Heriberto de Castro Teixeira*

*Daniel de Castro Victoria*

*Fabio Enrique Torresan*

*Édson Luis Bolfe*

## Introdução

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, totalizando 53,2 milhões de toneladas na safra 2009/2010. O principal destino da safra são as indústrias de rações para animais (BRASIL, 2013). A cultura do milho de segunda safra (milho safrinha) tem expressiva participação na produção de grãos e fundamental importância no agronegócio brasileiro. A partir da década de 1990, esse cultivo expandiu-se de forma considerável em vários estados do Brasil, principalmente Mato Grosso, Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo e Bahia. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2013), na safra 2011/2012 foram plantados cerca de 7,3 milhões de hectares de milho de segunda safra, com expectativa de produção em torno de 34,5 milhões de toneladas, o que representará, nesta safra, mais de 20% da produção total de grãos do Brasil. Condições climáticas e características do solo do local durante as épocas de plantio apresentam influência significativa sobre a produção de milho. Nos últimos anos, progressos tecnológicos têm possibilitado incrementos consideráveis de produtividade na agricultura, resultando em aumentos da produção sem aumentar, no mesmo nível, a pressão sobre áreas naturais (LANDAU et al., 2011).

Diante da expansão do milho safrinha, o monitoramento da cultura tem fundamental importância em razão da sua grande influência socioeconômica. Imagens de satélite são amplamente utilizadas para o monitoramento das atividades agrícolas em decorrência da rapidez de acesso às informações em escala regional e, principalmente, da possibilidade de aquisição de dados de locais de difícil acesso. Com isso, torna-se possível monitorar o uso e a cobertura da terra e 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) firmaram um convênio de cooperação técnica que propicia gerar análises dos riscos aos quais as diversas culturas e regiões do Brasil estão sujeitas. Contribuí também para a construção da matriz de risco e o monitoramento da produção, apoiando o zoneamento agrícola e o seguro rural, fornecendo também 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 apoiar a tomada de decisões no âmbito da SPA.

Este estudo tem como objetivo registrar e divulgar os resultados referentes ao ano agrícola do milho safrinha nas principais mesorregiões produtoras da cultura a partir de demandas da SPA/Mapa. Foi feita uma análise do comportamento espectral das principais mesorregiões produtoras de milho segunda safra a partir da série histórica (1998-2012) de NDVI, assim como do ano de 2012 e de meados de 2013.

## Material e Métodos

A área de estudo compreende 28 mesorregiões situadas nos estados do Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás, focando a aplicação metodológica nos municípios com maior área plantada de milho, segundo dados da Produção Agrícola Municipal (PAM) do IBGE (2012) (Figura 1).

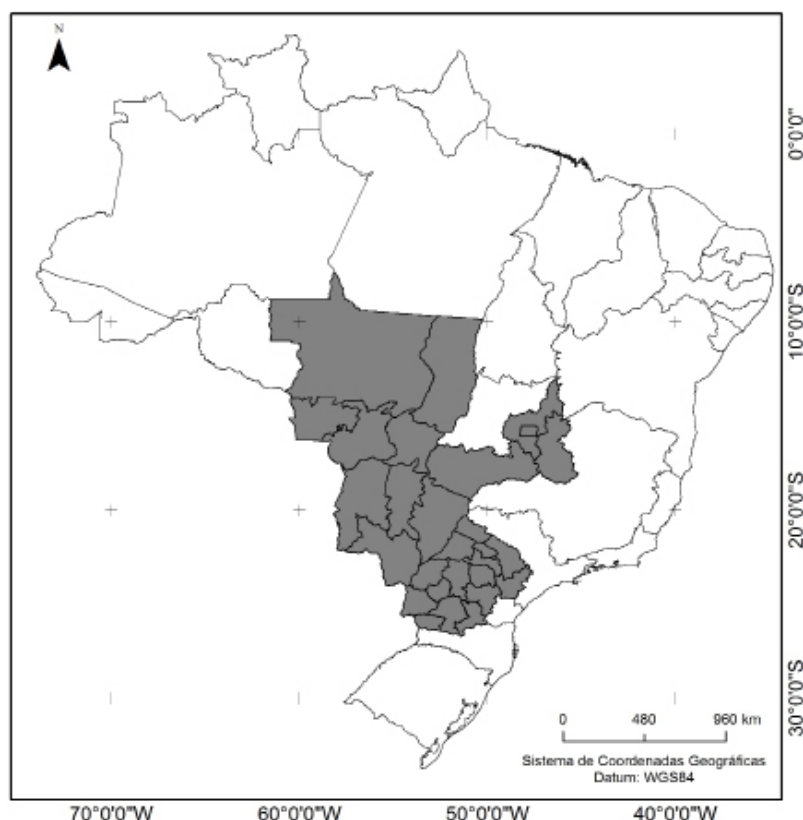


Figura 1. Área de estudo.

Foi analisado o monitoramento da cultura de inverno com o milho segunda safra, 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 terceiro decêndio de agosto de 2013. 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 fornecem a síntese decendial do NDVI. Este produto é derivado do processamento de bandas espectrais do sensor Spot Vegetation na região do vermelho ( $0,65 \mu\text{m}$  a  $0,72 \mu\text{m}$ ) e do infravermelho próximo ( $0,7 \mu\text{m}$  a  $1,3 \mu\text{m}$ ), recortadas para a área de interesse. As imagens têm resolução espacial de 1 km e representam a síntese de dez dias, resultando em imagens decendiais ao longo de um ano.

Foram monitoradas as 28 mesorregiões que mais plantam milho no País, que representam as áreas plantadas com a cultura. As mesorregiões que têm produção significativa de milho safrinha são discriminadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Imagens TM/ Landsat utilizadas no mapeamento do uso e cobertura da terra do Estado do Maranhão no ano de 2010.

Mesorregião geográfica	Área plantada (ha)	Quant. prod. (t)	Rend. (kg ha <sup>-1</sup> )
Araçatuba, SP	15.127	64.382	4.256
Bauru, SP	6.100	31.650	5.189
Presidente Prudente, SP	20.184	64.900	3.215
Marília, SP	1.434	5.034	3.510
Assis, SP	156.700	674.737	4.306
Itapetininga, SP	36.700	253.113	6.897
Noroeste paranaense, PR	126.091	579.430	4.595
Centro-ocidental paranaense, PR	337.242	1.628.655	4.829
Norte-central paranaense, PR	513.145	2.625.653	5.117
Norte pioneiro paranaense, PR	255.546	1.338.222	5.237
Centro-oriental paranaense, PR	20.000	82.490	4.125
Oeste paranaense, PR	717.824	3.380.619	4.710
Sudoeste paranaense, PR	44.750	191.400	4.277
Centro-sul paranaense, PR	13.293	44.940	3.381
Sudeste paranaense, PR	11.350	42.934	3.783
Distrito federal, DF	10.452	65.043	6.223
Pantanal Sul Mato-Grossense, MS	7.850	29.436	3.750
Centro-norte de Mato Grosso do Sul, MS	237.350	1.287.079	5.425
Leste de Mato Grosso do Sul, MS	56.273	325.934	5.792
Sudoeste de Mato Grosso do Sul, MS	873.814	4.368.786	5.000
Norte mato-grossense, MT	1.858.951	10.506.562	5.652
Nordeste mato-grossense, MT	276.162	1.473.568	5.336
Sudoeste mato-grossense, MT	24.476	130.265	5.322
Centro-sul mato-grossense, MT	38.558	223.880	5.806
Sudeste mato-grossense, MT	448.819	2.745.244	6.117
Sul goiano, GO	715.536	4.311.107	6.025
Noroeste de Minas, MG	49.552	284.474	5.741

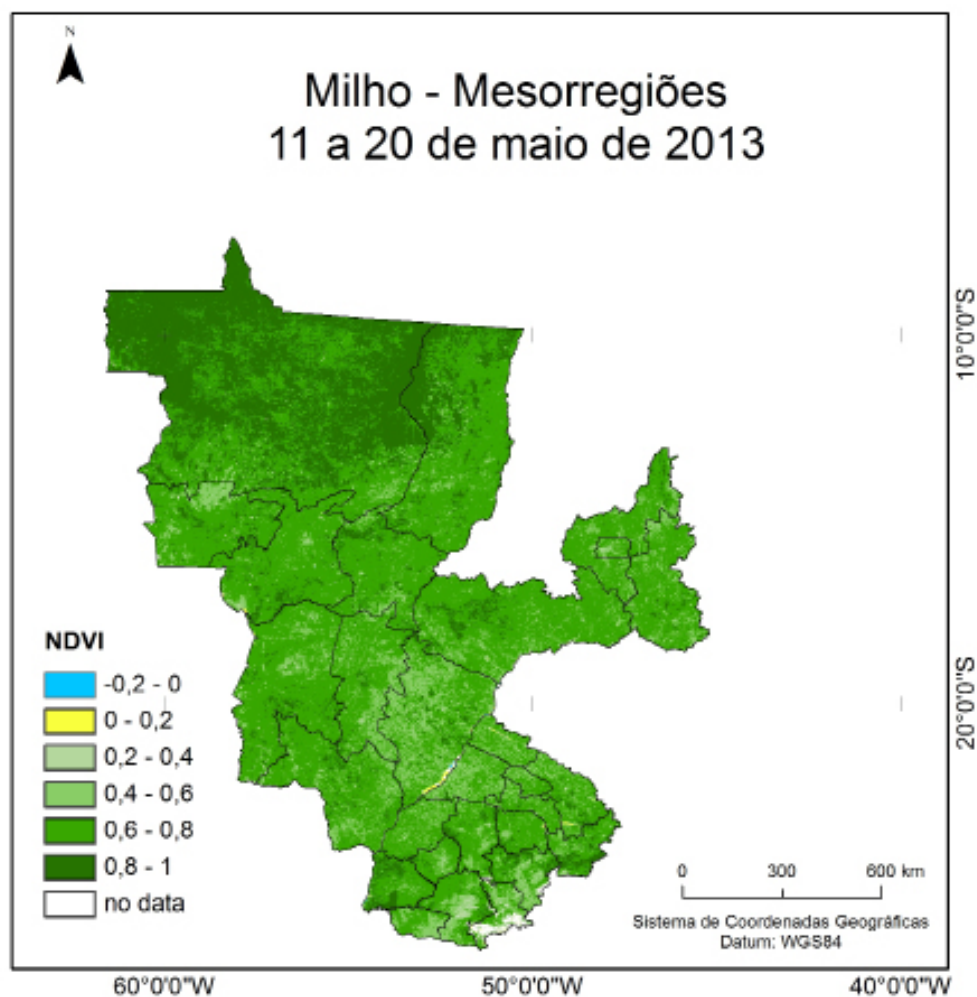
Fonte: IBGE (2013).

O período de análise foi decenal, em razão da importância da informação para curto período, já que, nos períodos críticos de desenvolvimento das culturas, a informação temporal detalhada tem fundamental importância para a tomada de decisão dos agricultores. Para cada mesorregião, foi obtida a série temporal do NDVI (1998-2012) para cada decênio em todas as mesorregiões, assim como para o ano de 2012 e 2013, para fins de comparação da safra atual de milho e da anterior com o padrão histórico.

Foram extraídos os valores dos pixels em cada mesorregião para cada decênio, com a finalidade de elaboração de gráficos para analisar a evolução temporal do NDVI decenal, obtidos a partir de imagens, para comparar a safra atual e a anterior em relação à média histórica.

## Resultados e Discussão

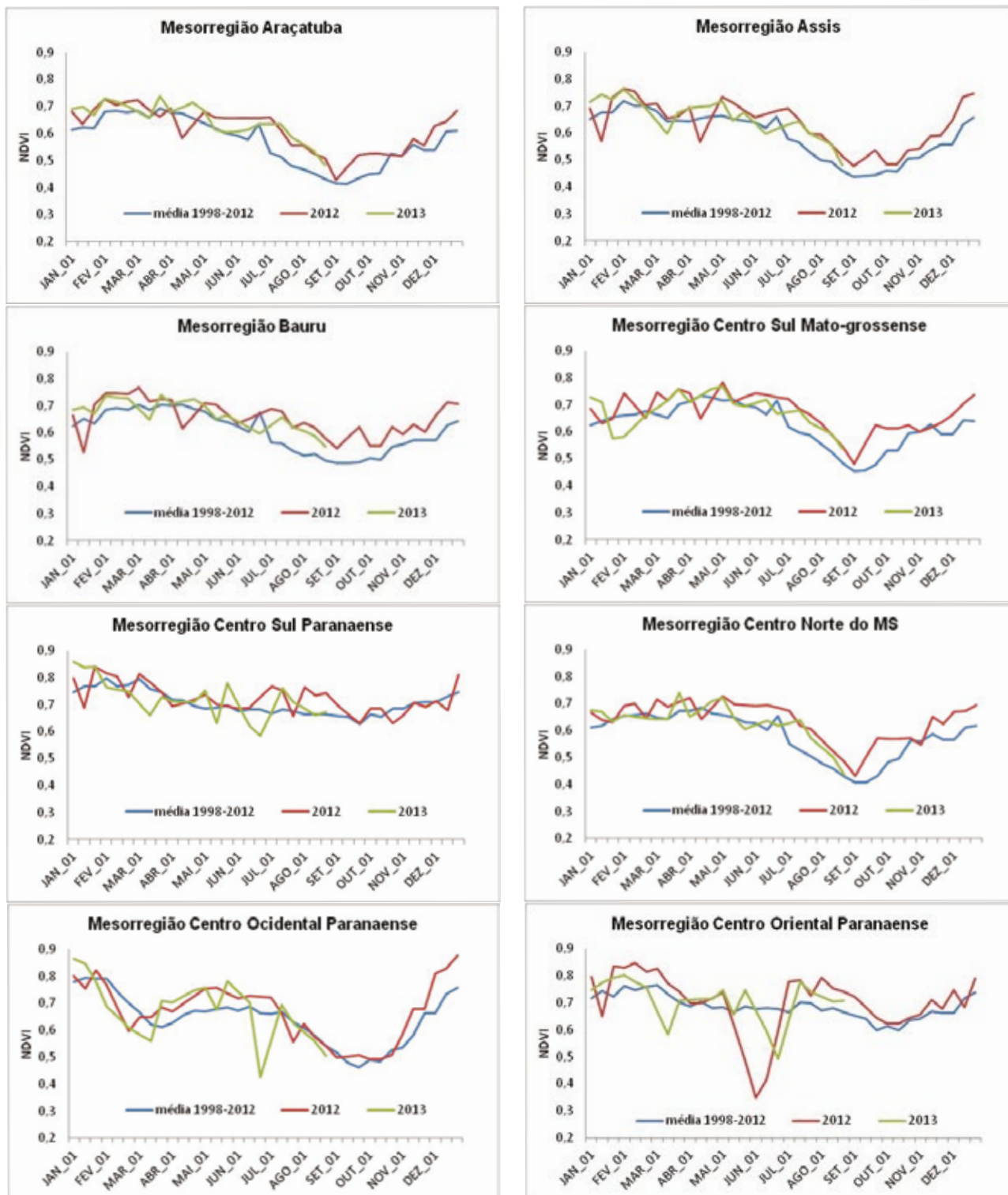
Na Figura 2, é apresentado o NDVI do segundo decêndio de maio de 2013. Observa-se elevado IV na mesorregião norte mato-grossense, superior a 0,8, possivelmente em decorrência da influência de áreas de floresta remanescente. Nas demais mesorregiões, predominaram valores de NDVI entre 0,6 e 0,8. O índice NDVI apresenta valores elevados (próximos de 1) nas áreas onde a vegetação apresenta maior vigor e valores menores em áreas com vegetação seca ou pouca vegetação. Uma dificuldade em se trabalhar com esses dados diz respeito à presença de nuvens, que “contaminam” as imagens. Tal problema pode ser visto nas imagens dos períodos chuvosos, quando ocorrem grandes áreas sem dados. Não é possível eliminar problemas nas imagens por contaminação de nuvens no pixel. Caso fosse possível, essa correção certamente alteraria os valores de NDVI encontrados.



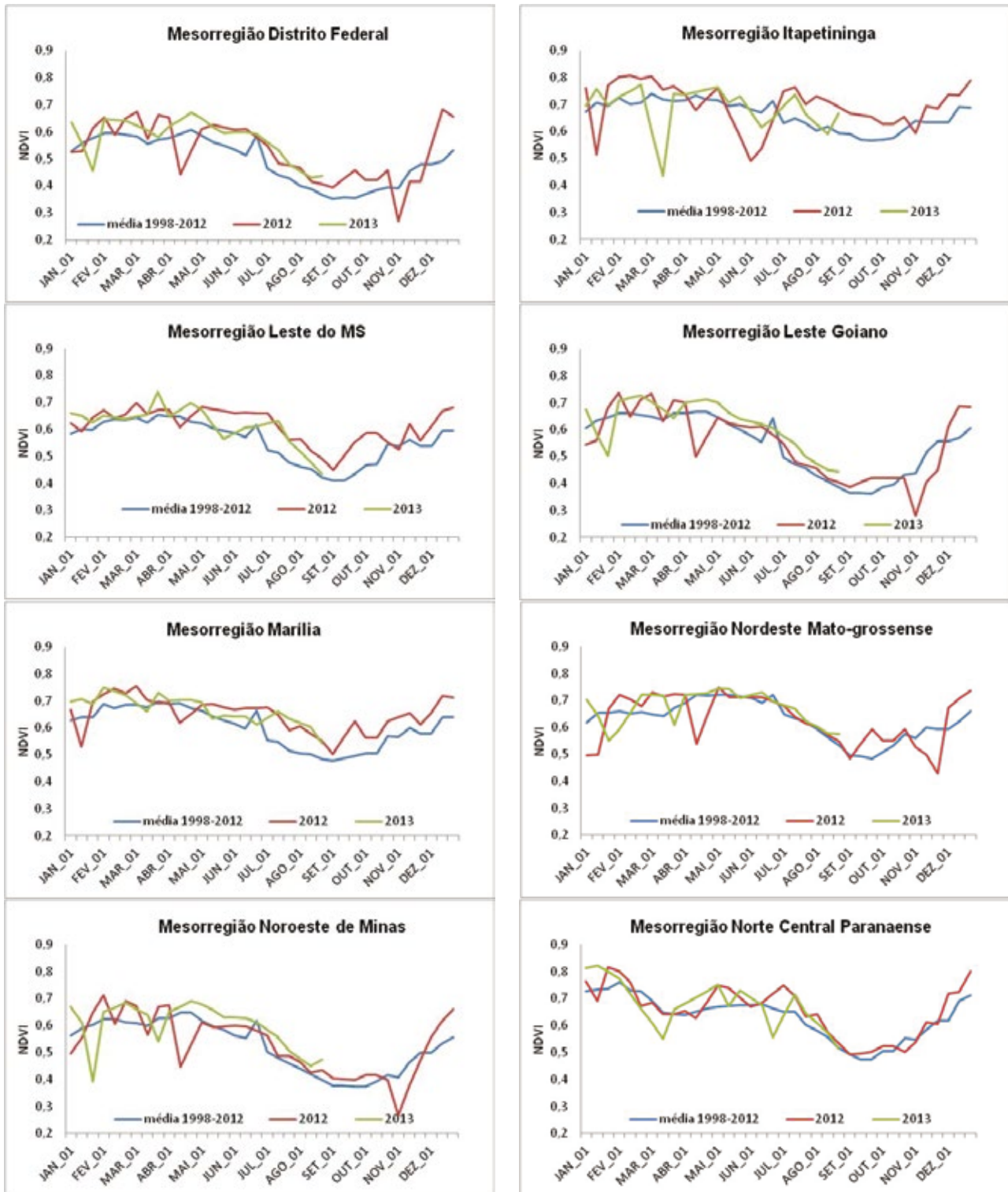
**Figura 2.** NDVI do segundo decêndio de maio das áreas prioritárias da SPA/Mapa para acompanhamento das condições de campo das lavouras de inverno de 2013.

Na Figura 3, 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 e a linha verde representa o período de janeiro a agosto de 2013. Observa-se variabilidade entre a média histórica e os anos de 2012 e 2013. Essa variabilidade pode ser decorrente do calendário do milho safrinha, que depende do da cultura antecessora. Segundo o levantamento sistemático da produção agrícola do IBGE (2012), em outubro de 2012, a produção de milho segunda safra foi responsável por 53,6% da produção anual da cultura, alcançando 38.328.705 toneladas. Apesar da perspectiva de maior produção em 2013, ocorreu diminuição de área plantada na primeira safra em razão da ocorrência de áreas de soja, mais interessante economicamente no momento da decisão de plantio. Cruz (2010) ressalta que, mesmo sendo realizados em condições relativamente desfavoráveis de clima,

os sistemas de produção da safrinha têm sido aprimorados e adaptados a essas condições, o que tem contribuído para elevar os rendimentos das lavouras nessa época. Em alguns estados, no entanto, a baixa produtividade está relacionada com o sistema de produção predominante. A produtividade média apresentou tendência de aumento na primeira década de 2000, tendo sido mais evidente em estados das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Os maiores incrementos em termos de produtividade foram observados na segunda safra. Os estados que obtiveram maior rendimento médio foram o Paraná e o Mato Grosso do Sul.

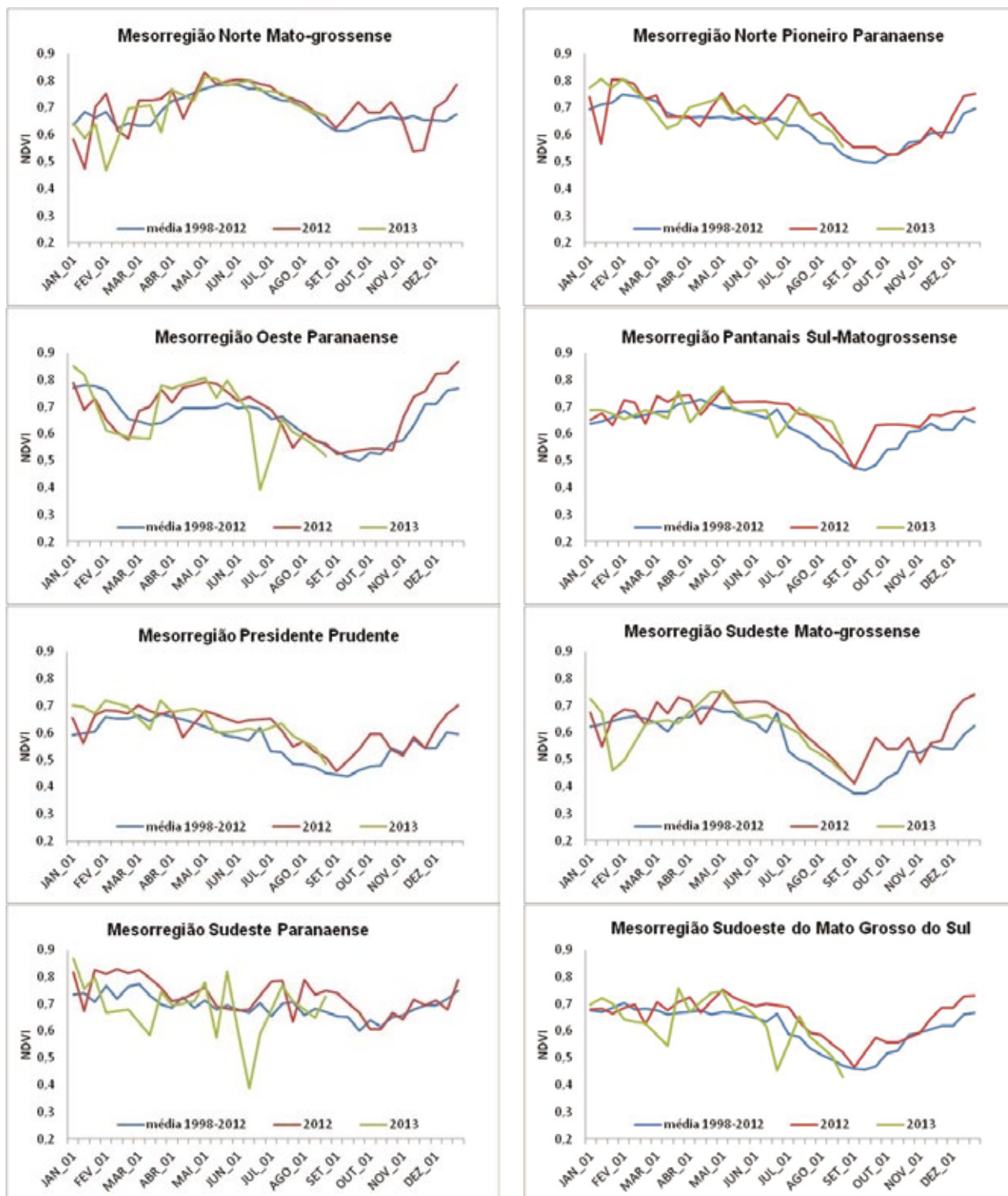


Continua...



Continua...





Continua...

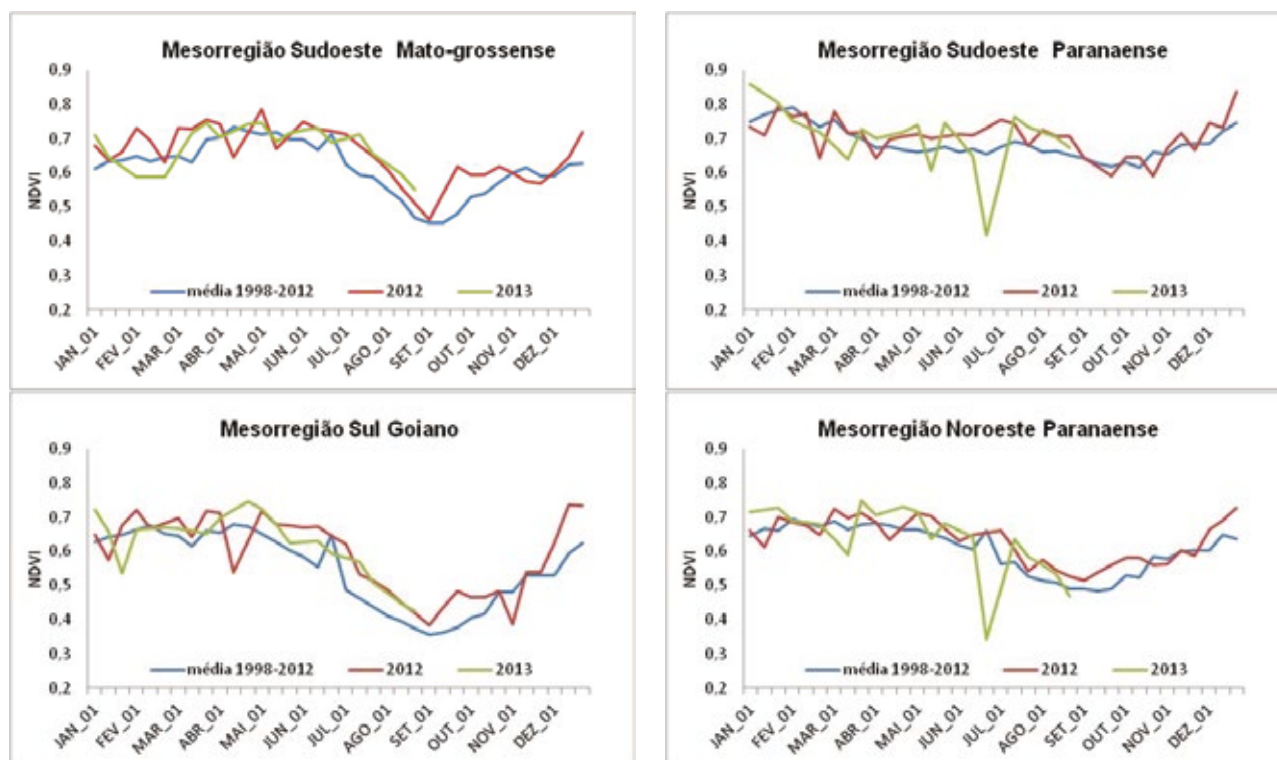


Figura 3. Evolução temporal do NDVI decendial da série histórica (1998-2012), ano de 2012 e 2013, das mesorregiões de milho analisadas.

Nas fases de desenvolvimento da planta, floração e enchimento de grãos, as lavouras apresentam IV crescente, atingindo o pico mais alto de valores um pouco antes da fase de maturação. As curvas mais altas indicam maior potencial de produtividade da cultura. No período de germinação, as áreas cultivadas apresentam baixas respostas de IV, por essa razão o ponto onde se inicia a ascensão nos gráficos indica o início do desenvolvimento vegetativo da planta, que acontece algumas semanas após o plantio, dependendo da cultura. Apesar da importância em destacar as fases fenológicas da cultura no gráfico, vale ressaltar que o trabalho foi feito com 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 seria observar mudanças de inclinação da curva de NDVI ao longo do tempo e associá-la à agricultura de larga escala. Os resultados do monitoramento mostram que, no Paraná, de modo geral, as lavouras apresentam bom desenvolvimento. O desenvolvimento do milho é fortemente influenciado por fatores climáticos, como radiação solar, temperatura e, principalmente, precipitação, representando fatores que garantem que a capacidade genética do milho manifeste-se ao máximo, influenciando a produtividade do cereal (CRUZ et al., 2008). Durante a segunda safra agrícola há maiores riscos climáticos de perda de produtividade, motivo pelo qual são esperadas variações maiores em termos de produtividade entre anos consecutivos.

## Conclusões

Em geral, as lavouras apresentam bom desenvolvimento, como mostra a evolução temporal do NDVI das mesorregiões analisadas. Em decorrência da variabilidade das condições climáticas nas mesorregiões, constata-se muita variação dos períodos de plantio e também dos ciclos das culturas de inverno, em razão da dependência do calendário agrícola das culturas de primeira safra, principalmente a soja. Os resultados deste estudo são preliminares, sendo necessária a validação utilizando máscaras de cultivo e pontos de controle das áreas cultivadas.

## Referências

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Milho**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>>. Acesso em: 10 jun. 2013.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Dados de safras agrícolas e calendário de cultivos**. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acesso em: 10 jun. 2013.
- CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHAES, P. C. (Ed.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. cap. 8, p. 171-197.
- CRUZ, J. C. Apresentação. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 6. ed. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 1). Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/index.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/index.htm)>. Acesso em: 5 nov. 2013.
- 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, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p.145-152. 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**. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 18 abr. 2013.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal – 2012**. Disponível em: <<http://sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp?o=18&i=P>>. Acesso em: 10 jun. 2013.
- LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, L. S.; PENNA, L. B. **Variação da produção estadual de milho no Brasil entre 2000 e 2009**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 42 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 39).
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington. **Proceedings...** Washington: NASA, Goddard Space Flight Center, 1973. v.1, p. 309-317.



---

*Monitoramento por Satélite*