

ISSN 0104-1347

## Monitoramento da cultura da soja no centro-sul do Brasil durante La Niña de 1998/2000<sup>1</sup>

### Soybeans crop monitoring in central-southern Brazil during the 1998/2000 La Niña phenomenon

Fontana, Denise Cybis<sup>2</sup>; Weber, E?????;<sup>3</sup> Ducati, J????? R?????;<sup>4</sup> Berlato, Moacir Antonio<sup>5</sup>; Guasselli, L????? A??????<sup>6</sup> e Gusso, A??????<sup>7</sup>

**Resumo** - Um das possibilidades de avaliar os efeitos associados ao fenômeno La Niña é utilizar imagens de satélite para estudar o comportamento da vegetação, como um agente integrador das condições meteorológicas. Em presença do fenômeno La Niña, ocorre diminuição na precipitação pluvial, especialmente no período de primavera e verão no sudeste da América do Sul. Este trabalho teve como objetivo analisar as diferenças entre os perfis espectrais obtidos em diferentes regiões produtoras de soja no centro-sul do Brasil, durante parte da La Niña de 1998/2000. O monitoramento da biomassa regional, realizado de setembro de 1999 a março de 2000, foi feito usando imagens do satélite NOAA-14, sensor AVHRR, passagem da tarde. As imagens foram obtidas, diariamente, pela estação de recepção de imagens NOAA pertencente ao Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM/UFRGS). Após as correções geométrica, radiométrica e para a distorção panorâmica, foi calculado o NDVI usando as bandas 1 e 2 do sensor AVHRR. A partir de imagens diárias, foram geradas imagens de máximo NDVI decenal e mensal. De cada imagem foram extraídos os valores de NDVI, usando uma janela de amostragem de 3x3 pixels, sendo o pixel central localizado sobre áreas com predominância de lavouras de soja identificadas em imagens Landsat, georreferenciadas, obtidas nos meses de janeiro e fevereiro de 2000. Os valores médios de **Índice de Vegetação por Diferença Normalizada** (NDVI) da janela de amostragem foram expressos na forma de perfis espectrais, ou seja, de variação temporal do NDVI. Verificou-se que o fenômeno La Niña, em função dos efeitos associados sobre a precipitação pluvial, interfere nas condições de monitoramento da biomassa utilizando imagens NDVI/NOAA. As diferenças na evolução temporal do NDVI observadas torna evidente o potencial de uso de imagens NOAA para acompanhar o crescimento e desenvolvimento da biomassa da cultura da soja em nível regional. Este produto pode, no futuro, integrar sistemas de monitoramento visando fornecer alertas quanto a possíveis problemas de crescimento das plantas.

**Palavras-chave:** perfis espectrais, agricultura, centro-sul do Brasil, El Niño Oscilação Sul.

**Abstract** - The La Niña phenomenon usually causes a decrease rainfall in the southeast South America, specially during Spring and Summer. The effects of La Niña can be noticed on vegetation patterns, which are strongly dependent of meteorological conditions. One approach to evaluate these effects is the use of satellite images. In this study we analysed the differences between spectral profiles taken in several soybean production regions in Central-Southern Brazil. The biomass monitoring was made from September 1999 to March 2000, with images taken by the AVHRR sensor aboard NOAA-14 satellite during the afternoon passage. Images were obtained by the reception station at Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM/UFRGS). After processing geometrical, radiometrical and panoramical distortion corrections, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was calculated using AVHRR bands 1 and 2. From daily images, 10-days and 30-days composite images were generated. NDVI mean values were extracted from each composite image, using samples of 3 x 3 pixels located on soybean fields previously identified in Landsat images from January or February 2000. NDVI variations were represented as temporal profiles covering the period of observations. Results showed that the La Niña phenomena, and its rainfall associated effects, influences the vegetation conditions, which can be monitored using NDVI/NOAA images. Differences in NDVI evolution show the potential of using NOAA images to follow crop growth and development, a product that can be part of monitoring systems providing warnings related to crop growth problems.

**Key-words:** Spectral profile, agriculture, Central-Southern Brazil, El Niño Southern Oscillation.

<sup>1</sup>Projeto financiado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB).

<sup>2</sup>Eng<sup>a</sup>. Agr<sup>a</sup>., Dr<sup>a</sup>., Faculdade de Agronomia/UFRGS-Cx Postal 776-CEP 91501 970, Porto Alegre. [dfontana@vortex.ufrgs.br](mailto:dfontana@vortex.ufrgs.br)

<sup>3</sup>Eng. Agr., Ms., CEPSRM/UFRGS. E-mail: [eweber@ecologia.ufrgs.br](mailto:eweber@ecologia.ufrgs.br)

<sup>4</sup>Físico, PhD, Diretor do CEPSRM/UFRGS. E-mail: [ducati@if.ufrgs.br](mailto:ducati@if.ufrgs.br)

<sup>5</sup>Eng. Agr., Dr., Fac Agronomia/UFRGS. E-mail: [moacir.berlato@ufrgs.br](mailto:moacir.berlato@ufrgs.br)

<sup>6</sup>Geógrafo, Ms. CEPSRM/UFRGS. E-mail: [laurindo.guasselli@ufrgs.br](mailto:laurindo.guasselli@ufrgs.br)

<sup>7</sup>Acadêmico do curso Física/UFRGS. E-mail: [hanibal@if.ufrgs.br](mailto:hanibal@if.ufrgs.br)

## Introdução

A análise dos efeitos associados aos fenômenos El Niño e La Niña sobre as diversas atividades do homem e sobre a natureza tem sido freqüentemente tema de pesquisa. Sabe-se que a ocorrência deste fenômeno, cujo local de origem é o Oceano Pacífico tropical, altera as condições climáticas de várias regiões do Globo, entre elas o sul do Brasil.

Os principais efeitos associados ao El Niño e La Niña se dão sobre a precipitação pluvial e a temperatura do ar. GRIMM et al. (1996a,b), FONTANA & BERLATO (1997) e PUCHALSKI (2000) mostraram que, associado à La Niña, ocorre diminuição na precipitação pluvial, notadamente nos períodos de primavera e verão. Além da quantidade, verifica-se alteração também na distribuição da precipitação pluvial, sendo o número de dias de chuva inferior em anos de La Niña (FONTANA & ALMEIDA, 2000). Quanto ao efeito sobre a temperatura do ar, PUCHALSKI (2000) mostrou que em anos de La Niña a temperatura média é inferior à normal em praticamente todos os meses do ano. Posteriormente, LOPES & BERLATO (2001) constataram que o efeito sobre a temperatura média ocorre como consequência da diminuição da temperatura mínima em todos os meses do ano, mas com maior intensidade nos meses de outubro e novembro.

As alterações nas condições meteorológicas associadas a esses fenômenos influenciam diversos setores, como a agricultura, a economia e a saúde. A avaliação dos efeitos do El Niño e La Niña pode fornecer subsídios importantes para o desenvolvimento de políticas e estratégias para minimizar os impactos negativos e tirar vantagem dos positivos, especialmente para a agricultura. Uma das possibilidades de avaliação desses efeitos é estudar o comportamento da vegetação como agente integrador das condições meteorológicas ocorridas. A utilização de imagens orbitais para esse propósito, especialmente as do satélite NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), tem se mostrado muito promissora. As características de resolução espacial, temporal e radiométrica do sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) do NOAA favorecem aplicações deste tipo.

A maior parte das aplicações de imagens NOAA no monitoramento da vegetação tem se apoiado nos denominados perfis espectrais, ou seja, no estabelecimento de padrões de resposta espectral as-

sociados ao ciclo de crescimento e desenvolvimento das plantas. Essa técnica baseia-se no fato de que as mudanças estruturais da vegetação que ocorrem gradativamente ao longo do tempo, resultam em correspondente mudança na sua reflectância espectral, podendo-se portanto acompanhar essa evolução.

Normalmente a reflectância tem sido expressa na forma de índices de vegetação, os quais são baseados em combinações lineares, em razões ou em transformações ortogonais de várias bandas espectrais. Entre os diversos índices de vegetação existentes, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*) é o que vem sendo mais amplamente utilizado (RUDORFF & BATISTA, 1990 a, b; MILLARD et al., 1990; ANTUNES et al., 1993). A caracterização de perfis permite a diferenciação entre tipos de vegetação. Mudanças no perfil característico de um determinado tipo de vegetação podem ser associadas às suas condições de desenvolvimento e, no caso de culturas agrícolas, ao rendimento esperado (JUSTICE et al., 1985; BATISTA et al., 1993).

A partir de 1985 surgiram publicações apresentando os primeiros resultados utilizando imagens do satélite NOAA para o monitoramento da vegetação global ou continental (JUSTICE et al., 1985; JUSTICE et al., 1986; MALINGREAU, 1986). Nos anos subsequentes, diversos trabalhos foram publicados utilizando o NDVI proveniente do AVHRR/NOAA em várias resoluções, como o LAC (*Local Area Coverage*), o GAC (*Global Area Coverage*) ou o GVI (*Global Vegetation Index*) (KIDWELL, 1990). Na sua grande maioria, esses trabalhos foram realizados nas regiões semiáridas da África e da Ásia, onde ocorre grande variação de biomassa ao longo do ano (JUSTICE et al., 1991; RASMUSSEN, 1992). Recentemente, ANYANBA et al. (2001) utilizaram imagens de NDVI para avaliar as anomalias no padrão da vegetação no continente africano durante o El Niño de 1997/98. Em condições brasileiras, ASSAD et al. (1988) e BATISTA et al. (1993) utilizaram dados NOAA para acompanhar o desenvolvimento da vegetação associada à precipitação pluvial ocorrida. LIU e NEGRÓN JUÁREZ (2001) utilizaram imagens de NDVI, combinadas com indicadores do fenômeno El Niño e La Niña, para construir um modelo de previsão de seca no nordeste brasileiro. Especificamente para o Estado do Rio Grande do Sul, FONTANA et al. (1998, 2000) analisaram os perfis espectrais obtidos de imagens NOAA para o acompanhamento da biomassa, mostrando que as condições meteorológicas

afetam o padrão espectral da vegetação regional também em condições de clima subtropical.

O objetivo foi analisar as diferenças entre os perfis espectrais obtidos em diferentes regiões produtoras de soja no centro-sul do Brasil durante parte do fenômeno La Niña de 1998/2000.

## Material e Métodos

A área de estudo abrangeu diversas regiões produtoras de soja no centro-sul do Brasil, distribuídas nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso do Sul (Figura 1). A seleção das regiões baseou-se na análise de dados coletados em campo e na interpretação visual de imagens Landsat de janeiro e fevereiro de 2000, procurando-se contemplar áreas com predominância de lavouras de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em relação a outros usos do solo.

O monitoramento da biomassa foi realizado por meio de imagens do satélite NOAA-14, sensor AVHRR, durante parte do fenômeno La Niña de 1998/2000, abrangendo os meses de setembro de 1999 a março de 2000. Foram utilizadas as bandas 1 e 2 do sensor AVHRR de imagens captadas na estação de recepção de imagens NOAA do Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM/UFRGS), obtidas na passagem da tarde do satélite.

As imagens AVHRR/NOAA foram coletadas no formato HRPT (*High Resolution Picture Transmission*) e corrigidas radiométrica e geometricamente. As correções radiométricas foram realizadas para a radiação das bandas 1 e 2 e para o ângulo de incidência solar. A correção geométrica envolveu duas fases. Inicialmente o georreferenciamento foi feito utilizando os parâmetros da órbita do satélite, e, em seguida, foi realizado um segundo georreferenciamento das imagens utilizando pontos de controle de cartas topográficas em escala 1:250.000. Nesta etapa, apenas uma imagem foi selecionada e georreferenciada às cartas topográficas, servindo como padrão para as demais serem georreferenciadas a ela. A transformação utilizada em todas as imagens foi uma polinomial de quinto grau, projeção geográfica, esferóide WGS 84 e Datum WGS 84, com reamostragem por vizinho mais próximo e resolução espacial equivalente a 2,0 km.

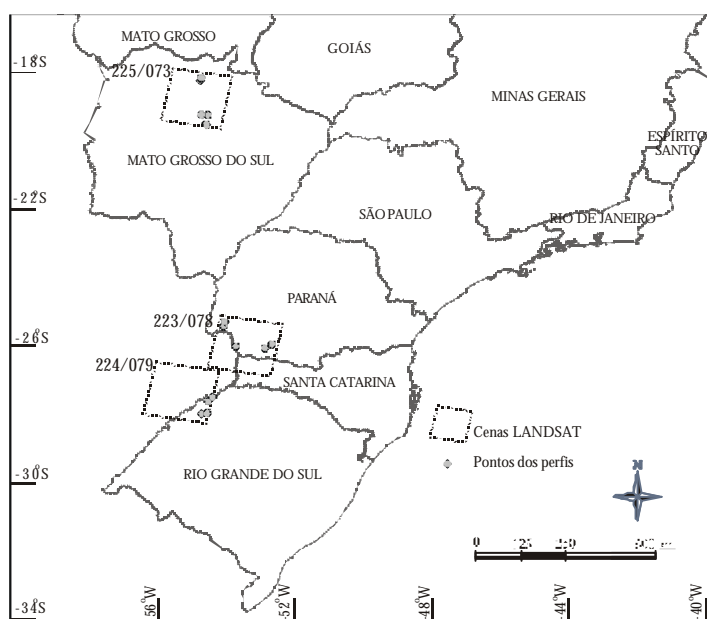
Após as correções, foram geradas as imagens de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que é determinado por:

$$NDVI = \left( \frac{r_{IV} - r_V}{r_{IV} + r_V} \right) \quad (1)$$

onde  $\rho_{IV}$  e  $\rho_V$  correspondem às reflectâncias da banda 1 (0,58 a 0,68  $\mu\text{m}$ ) e da banda 2 (0,725 a 1,1 $\mu\text{m}$ ), respectivamente. Os valores das imagens de NDVI foram padronizados para um intervalo de -1,0 a +1,0.

A partir das imagens diárias corrigidas foram geradas imagens de composição decenal, onde a cada *pixel* da imagem é atribuído o maior valor de NDVI registrado no conjunto de imagens captadas ao longo de dez dias consecutivos. O processo de georreferenciamento foi essencial a esta etapa para assegurar que um determinado *pixel* em imagens de várias datas correspondesse à mesma localização no terreno. A composição decenal é um recurso para reduzir as interferências atmosféricas, como a presença de nuvens, possibilitando a obtenção de imagens úteis em grandes extensões territoriais.

Para cada imagem de composição decenal foram extraídos valores de NDVI em pontos com predominância de lavouras de soja, identificados em imagens Landsat (órbitas-ponto 224/079, 223/078 e



**Figura 1.** Localização das lavouras de soja, obtidas em imagens LANDSAT, selecionadas para geração dos perfis espectrais no período de setembro de 1999 a março de 2000.

**Tabela 1.** Coordenadas geográficas das lavouras de soja obtidas de imagens Landsat selecionadas para a geração dos perfis espectrais nos estados do Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e Paraná no período de setembro de 1999 a março de 2000.

Lavouras	Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)
<b>Rio Grande do Sul</b>		
1	27°57'47"	54°42'55"
2	27°57'07"	54°33'28"
3	27°34'36"	54°33'28"
4	27°36'34"	54°31'24"
5	27°28'07"	54°24'24"
<b>Mato Grosso do Sul</b>		
6	25°24'43"	54°01'37"
7	25°17'14"	54°01'02"
8	25°59'30"	53°43'34"
9	26°02'40"	52°52'08"
10	25°56'08"	52°40'08"
<b>Paraná</b>		
11	18°14'04"	54°45'51"
12	18°09'51"	54°44'05"
13	19°14'22"	54°32'11"
14	19°13'59"	54°43'57"
15	19°31'08"	54°35'06"

225/073), georreferenciadas, obtidas nos meses de janeiro e fevereiro de 2000 (Figura 1 e Tabela 1). As áreas ocupadas com soja nas imagens Landsat foram determinadas utilizando o método de classificação não supervisionado, através do algoritmo *Isodata*. Os valores foram extraídos usando uma janela de amostragem de 3x3 *pixels*, com o *pixel* central correspondendo aos pontos acima identificados. Os valores médios de NDVI da janela de amostragem foram transformados em perfis espectrais, ou seja, em gráficos de variação temporal do NDVI.

Para a discussão dos resultados obtidos neste trabalho utilizou-se também de dados de previsão climática e de precipitação pluvial ocorrida no período de estudo, disponibilizados respectivamente em IRI (2001) e INPE (2001).

## Resultados e Discussão

O último fenômeno La Niña ocorrido no século 20 teve uma duração de aproximadamente 24 meses, com início em julho de 1998 e se estendendo até junho de 2000 (Lau *et al.*, 2001). A previsão feita pelo *International Research Institute for Climate*

*Prediction* - IRI (IRI, 2001) apontou para o período de outubro de 1999 a março de 2000 (período de estudo deste trabalho), uma probabilidade de 75% de ocorrerem precipitações pluviais normais ou abaixo das normais para o sudeste da América do Sul, abrangendo no Brasil os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. A previsão para os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul foi de condições normais no trimestre outubro-novembro-dezembro/1999 e de precipitações acima da normal para o trimestre janeiro-fevereiro-março/2000. A precipitação pluvial ocorrida (cujos mapas estão disponíveis em INPE, 2001), mostrou que houve predomínio de anomalias negativas de precipitação pluvial nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina em todo o período, com exceção do mês de março onde a precipitação pluvial foi muito acima da normal. Nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul a precipitação pluvial oscilou entre o predomínio de níveis abaixo dos normais nos meses de outubro e novembro de 1999 e janeiro de 2000, a predomínio de níveis acima dos normais nos demais meses.

Salienta-se que o Rio Grande do Sul e Santa Catarina, e especialmente em outubro e novembro, representa a região e o período de maior previsibilidade dos efeitos associados ao fenômeno La Niña sobre a precipitação pluvial (MONTECINOS *et al.*, 2000).

As maiores anomalias negativas de precipitação pluvial ocorreram em novembro de 1999, mês que é apontado como sendo o de maior efeito associado à La Niña por PUCHALSKI (2000). A análise das imagens NOAA mostrou que a constante cobertura de nuvens, principalmente no Estado do Mato Grosso do Sul, prejudicou o monitoramento da biomassa com imagens decendiais. No período de primavera-verão, quando o ciclo da soja coincide com a estação chuvosa local, combinações de imagens NDVI em períodos de 10 dias foram insuficientes para retirar o efeito da nebulosidade, mesmo em presença do fenômeno La Niña.

A partir desta constatação, foram produzidas para toda a região composições mensais de máximo NDVI, as quais são apresentadas na Figura 2. Nestas imagens verifica-se uma importante variação espacial e temporal de NDVI e, portanto, de densidade de biomassa, em toda a região, envolvendo os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul. Observando-se um mesmo mês, verifica-se que as diferenças estão dis-

tribuídas espacialmente formando “manchas” de NDVI mais elevado e, comparando-se meses diferentes em uma mesma área ao longo do período de observação, percebem-se as mudanças de NDVI induzidas pela evolução temporal da biomassa.

De forma geral, os valores de NDVI apresentaram-se baixos em setembro, outubro e novembro, aumentando a partir de dezembro, janeiro e fevereiro, voltando a reduzir no mês de março (Figura 2). Este comportamento é esperado na medida em que a maior disponibilidade de radiação solar, aliada às temperaturas mais elevadas possibilitam maior desenvolvimento da vegetação nativa e cultivada.

Nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul pode-se observar a grande variação de NDVI nas regiões de maior volume de produção da soja. A porção noroeste destes estados apresentou valores muito baixos de NDVI em novembro, contrastando com os valores muito altos em fevereiro, o que é coerente com o calendário agrícola médio da soja nestas regiões. O período preferencial de semeadura em novembro determina baixa densidade, ou mesmo ausência de biomassa, correspondendo a valores de NDVI baixos e constantes. Posteriormente ocorre um período de elevação no NDVI, associado ao crescimento e desenvolvimento da biomassa, notadamente da cultura da soja nestas regiões.

No sudoeste do Rio Grande do Sul, onde predominam solos rasos com baixa capacidade de armazenamento de água, os efeitos da La Niña foram mais intensos. Em dezembro, janeiro e fevereiro, apesar da maior disponibilidade de radiação e temperatura para o crescimento vegetal, a redução na precipitação pluvial prejudicou o desenvolvimento das culturas e determinou reduções acentuadas nos valores de NDVI.

Quanto à evolução temporal do NDVI, verifica-se que, nos pontos amostrais com áreas de soja selecionadas nas imagens Landsat, os padrões foram semelhantes nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso do Sul (Figura 3). As variações observadas nos valores do NDVI entre as lavouras de cada estado devem-se a distintas condições de crescimento e à interferência atmosférica variável na janela amostral. As condições de crescimento dependem das diferentes práticas de manejo da cultura ou de estresses ambientais, enquanto a interferência atmosférica indica que em alguns casos a confecção de imagens de composição decendial foi insuficiente para eliminar a redução do NDVI provocada pela cobertura de nuvens. Isto foi evidente nos três estados, e mais

notado no Mato Grosso do Sul, durante o primeiro decêndio de dezembro e nos meses de janeiro e fevereiro de 2000.

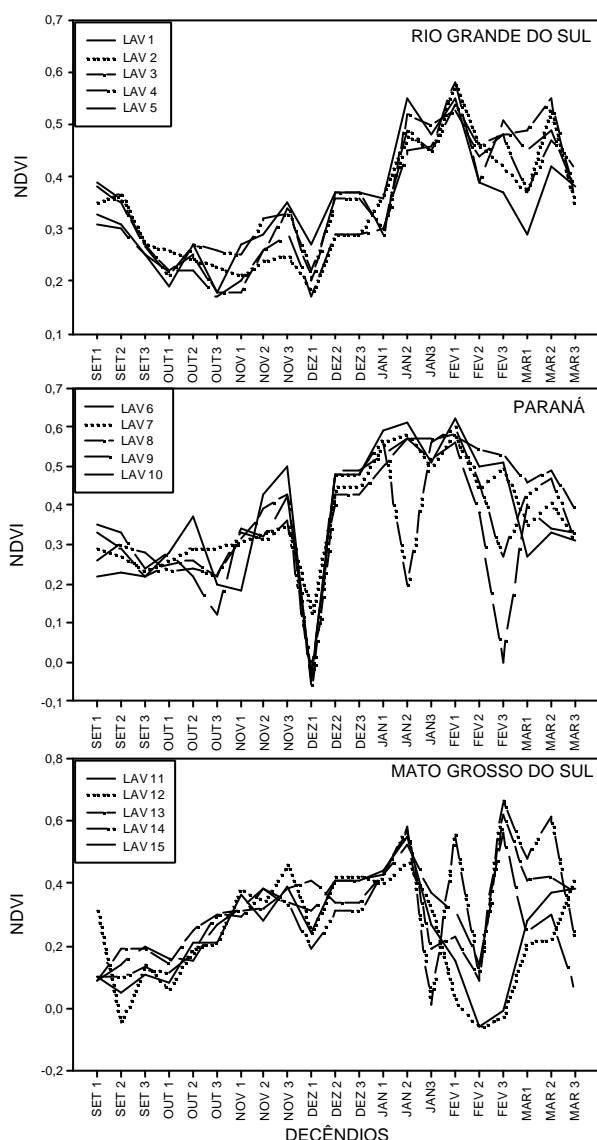
Na Figura 4a é apresentada a evolução decendial do NDVI nas lavouras de soja nos três estados, mostrando que a interferência atmosférica é persistente nos decêndios e causa brusca redução nos valores de NDVI. Na Figura 4b é apresentada a evolução do NDVI máximo mensal, construída para minimizar a interferência da nebulosidade e, com isso, possibilitar melhor compreensão do comportamento do índice ao longo do tempo. Nesta figura tornam-se claras as diferenças entre os estados. Na Tabela 2 são apresentados os valores de máximo NDVI mensal, os desvios padrões e os coeficientes de variação (CV) observados nas lavouras dos três estados. De forma geral, mas especialmente devido a persistente nebulosidade em fevereiro, no Mato Grosso do Sul foi verificada os maiores CV. Já para o Rio Grande do Sul e Paraná os CV foram menores durante todo o período estudado, atingindo valores mínimos nos meses de janeiro e fevereiro, o que coincide com o máximo desenvolvimento da cultura.

O estado do Paraná (Figura 4b) foi caracterizado por baixos e constantes valores de NDVI mensais, próximos a 0,3 em setembro e outubro. Este é o período preferencial de preparo do solo para a semeadura da cultura da soja. A baixa densidade de biomassa, determinada pelo período de estabelecimento da cultura e também pela baixa disponibilidade hídrica verificada, justifica os baixos valores de NDVI nesta época. A partir de novembro, houve um incremento do NDVI atingindo o máximo valor em fevereiro, quando foram observados valores próximos a 0,6. Esse incremento está associado ao aumento de densidade da biomassa, devido ao estabelecimento, crescimento e desenvolvimento da cultura da soja. Ressalta-se que em fevereiro é que ocorreram as maiores anomalias positivas de precipitação pluvial. Em março verificou-se decréscimo do NDVI, associado possivelmente à finalização do ciclo da cultura.

Já para o estado do Rio Grande do Sul (Figura 4b), a fase inicial de desenvolvimento da cultura da soja foi caracterizada por um incremento lento do NDVI em novembro e dezembro, o que esteve associado à baixa disponibilidade hídrica no solo provocada pelo fenômeno La Niña 1998/2000. Os maiores valores de NDVI foram próximos aos observados no Paraná, ocorrendo em janeiro, fevereiro e março. Em geral, embora com uma pequena redução em relação a fevereiro, os valores de NDVI em mar-

**Figura 2.** Imagens NOAA-14 / AVHRR, georreferenciada, do máximo mensal do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) no período de setembro de 1999 a março de 2000.

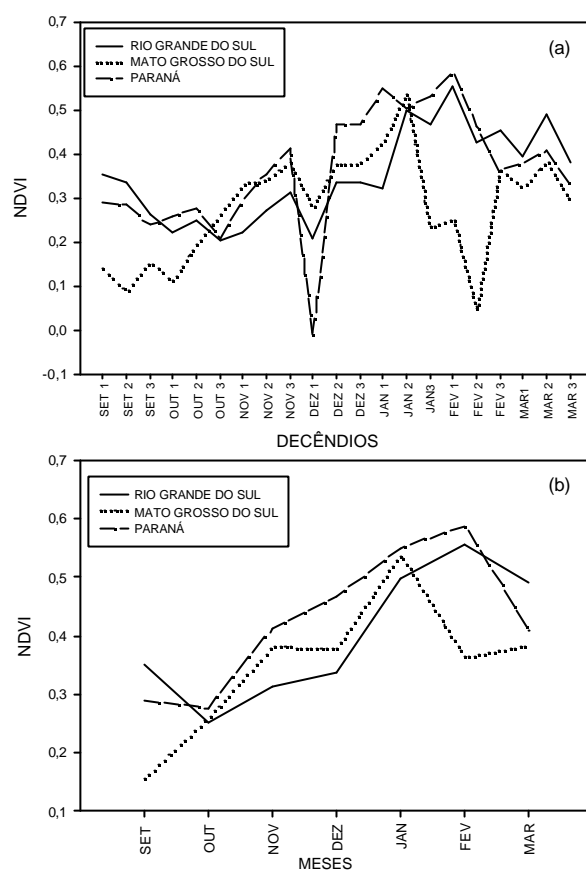
Figura a cores. Arquivo p348.doc.



**Figura 3.** Evolução temporal do NDVI obtidos sobre lavouras de soja selecionadas nos estados do Paraná, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul na safra 1999/2000

ço no Rio Grande do Sul foram mais altos do que no Paraná, o que é coerente com as diferenças de manejo entre os dois estados. No Rio Grande do Sul a colheita da soja se dá preferentemente em período posterior ao Paraná, ou seja, em abril e maio. FONTANA et al. (2000), coletando pontos de amostragem em uma grade regular sobre o Estado do Rio Grande do Sul, encontraram um padrão de evolução do NDVI semelhante ao descrito na região noroeste do estado durante a safra 1998/99, tendo associado este comportamento do NDVI ao crescimento e desenvolvimento da cultura da soja.

Para o Mato Grosso do Sul (Figura 4b)



**Figura 4.** Evolução temporal média decendial (a) e máxima mensal (b) do NDVI para as lavouras de soja nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso do Sul na safra 1999/2000.

a evolução do NDVI foi caracterizado pelo incremento a partir do mês de setembro. Este resultado está associado às características do calendário agrícola local, onde a cultura da soja é semeada mais cedo em relação ao Rio Grande do Sul e ao Paraná em função da maior disponibilidade de radiação solar e temperaturas mais elevadas. Entretanto, a nebulosidade persistente na região estudada, associada ao início da estação chuvosa, mesmo nas regiões com anomalias negativas de precipitação pluvial associada à La Niña 1998/2000, impediu a obtenção de informações sobre as condições da biomassa na superfície.

Os valores inferiores de NDVI verificados no Rio Grande do Sul em relação aos observados no Mato Grosso do Sul estão de acordo com os menores níveis médios de rendimento da soja obtidos no primeiro. Na safra 1999/2000 as estatísticas oficiais apontaram **rendimentos de 1.643 kg.ha<sup>-1</sup>** para o Rio Grande do Sul e de 2.517kg.ha<sup>-1</sup> para o Paraná (IBGE, 2001).

**Tabela 2.** Estatísticas do Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) extraídos para a geração dos perfis espectrais nos estados do Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e Paraná no período de setembro de 1999 a março de 2000.

Estatísticas	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR
<b>Rio Grande do Sul</b>							
Média	0,356	0,250	0,312	0,336	0,500	0,556	0,492
Desvio Padrão	0,034	0,021	0,042	0,042	0,035	0,023	0,051
CV (%)	9,6	8,2	13,3	12,6	7,1	4,1	10,4
<b>Mato Grosso do Sul</b>							
Média	0,188	0,258	0,398	0,392	0,538	0,404	0,426
Desvio Padrão	0,078	0,046	0,0345	0,046	0,044	0,297	0,114
CV (%)	41,6	17,6	8,8	11,8	8,3	73,6	26,7
<b>Paraná</b>							
Média	0,300	0,288	0,412	0,466	0,5800	0,588	0,420
Desvio Padrão	0,046	0,050	0,061	0,025	0,017	0,023	0,063
CV (%)	15,3	17,3	14,7	5,4	2,9	3,9	15,1

A utilização de perfis espectrais é apenas uma das formas de uso das imagens de NDVI, permitindo avaliar sua evolução ao longo do tempo. A meta neste tipo de estudo é estabelecer perfis espectrais típicos para anos em que sabidamente foram obtidos ótimos rendimentos agrícolas, geralmente associados à adequada disponibilidade hídrica para as plantas no caso da cultura da soja. Estabelecidos tais perfis, o monitoramento poderia ser feito anualmente em tempo real, comparando-se a evolução do NDVI no ciclo monitorado à evolução do perfil típico. As diferenças poderiam servir de indicador das condições de desenvolvimento das plantas, constituindo informação extremamente útil em programas de alertas agrometeorológicos e para a previsão de safras agrícolas.

## Conclusões

1. O fenômeno La Niña, em função dos efeitos associados à precipitação pluvial, interfere nas condições de monitoramento da biomassa através de imagens NDVI/NOAA;
2. As diferenças na evolução temporal do NDVI observadas entre as regiões estudadas torna evidente o potencial de uso de imagens NOAA para acompanhar o crescimento e desenvolvimento da biomassa da cultura da soja em nível regional.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Ms. Glauber Acunha Gonçalves pelo auxílio no processamento das imagens NOAA e a CONAE, FURG, OCENSAT pelo fornecimento de algumas imagens em falta na série estudada.

## Referências Bibliográficas

- ANTUNES, M.A.H.; ASSAD, E.D.; BATISTA, G.T. Variação das medidas espectrais tomadas com espectrorradiômetro ao longo do ciclo de crescimento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 1993. p. 1-9.
- ANYAMBA, A.; TYCKER, C.J.; EASTEMAN, F.R. NDVI anomaly patterns over Africa during the 1997/98 ENSO warm event. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 22, n. 10, p. 1847-1859, 2001.
- ASSAD, E.; SETZER, A.; MOREIRA, L. Estimativa da precipitação através dos índices de vegetação do satélite NOAA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5., 1988, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 1988. p. 425-429.
- BATISTA, G.T.; SHIMABUKURO, Y.E.; LAWRENCE, W.T. Monitoramento da cobertura florestal através de índices de vegetação do NOAA-AVHRR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 1993. p. 30-37.



- FONTANA, D.C.; ALMEIDA, T.S. El Niño e La Niña e o número de dias de chuva no Estado do Rio Grande do Sul. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12., 2000, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: UFRGS, 2000. p. XX-YY.
- FONTANA, D.C.; ALMEIDA, T.S.; BERLATO, M.A. Monitoramento da biomassa do Estado do Rio Grande do Sul no período de primavera-verão usando satélites: caso 1998/99. IN: REUNIÓN ARGENTINA DE AGROMETEOROLOGIA, 8., 2000. Mendoza, Argentina. **Anales...** Editor: Mendoza, 2000. p. XX-YY.
- FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 127-132, 1997.
- FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A.; BERGAMASCHI, H. Relação entre o índice de vegetação global e condições hídricas no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 8, p. 1399-1405, 1998.
- GRIMM, A.M. et al. Anomalias de precipitação no sul do Brasil em eventos La Niña. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9., 1996, Campos do Jordão, SP. **Os benefícios das modernas técnicas de previsão de tempo e clima para as atividades sócio-econômicas**, Campos do Jordão: SBMET, 1996, v. 2 p. 1113-1117.
- GRIMM, A.M. et al. Anomalias de precipitação no sul do Brasil em eventos El Niño. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9., 1996, Campos do Jordão, SP. **Os benefícios das modernas técnicas de previsão de tempo e clima para as atividades sócio-econômicas**, Campos do Jordão: SBMET, 1996, v. 2 p. 1098-1102.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em < <http://www.ibge.gov.br> >. Acesso em nov. 2001.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em < <http://www.cptec.inpe.br> >. Acesso em: março de 2001.
- IRI. Internacional Research Institute for Climate Prediction. Disponível em < <http://iri.lidgo.columbia.edu> >. Acesso em: março de 2001.
- JUSTICE, C.O.; HOLBEN, B.N.; GWYNNE, M.D. Monitoring East African vegetation using AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 7, p. 1453-1474, 1986.
- JUSTICE, C.O. et al. Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 6, p. 1271-1318, 1985.
- JUSTICE, C.O.; TOWNSHEND, J.R.G.; KALB, V.L. Representation of vegetation by continental data sets derived from NOAA-AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 12, p. 999-1021, 1991.
- KIDWELL, K.B.C. **Global vegetation index: user guide**. Washington: US Department of Commerce, 1990. 40 p.
- LIU, W.T.; NEGRÓN JUÁREZ, R.I. ENSO drought onset prediction in northeast Brazil using NDVI. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 22, n. 17, p. 3483-3501, 2001
- LOPES, F.; BERLATO, M. A. Impactos do El Niño/La Niña nas temperaturas médias mínimas e médias máximas no Estado do Rio Grande do Sul. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13., 2001, Porto Alegre. **Anais...**, Porto Alegre: UFRGS, 2000. p. XX-YY.
- MALINGREAU, J.P. Global vegetation dynamics: satellite observations over Asia. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 7, p. 1121-1146, 1986.
- MALINGREAU, J.P.; BELWARD, A.S. Scale considerations in vegetation monitoring using AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 13, p. 2289-2307, 1992.
- MILLARD, P. et al. Estimation of light interception and biomass of the potato (*Solanum tuberosum* L.) from reflection in the red and near-infrared spectral bands. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 53, p. 19-31, 1990.
- MONTECINOS, A.; DIAZ, A.; ACEITUNO, P. Seasonal diagnostic and predictability of rainfall in subtropical South America based on tropical Pacific SST. **Journal of Climate**, Boston, v. 13, p. 746-758, 2000.
- PUCHALSKI, L. A. **Efeitos associados ao El Niño e La Niña na temperatura média, precipitação pluvial e no déficit hídrico no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. 83 p. Dissertação (Mestrado Agrometeorologia). Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.
- RASMUSSEN, M.S. Assessment of millet yields and production in northern Burkina Faso using integrated NDVI from the AVHRR. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 13, p. 3431-3442, 1992.
- RUDORFF, B.F.T.; BATISTA, G.T. Spectral response of wheat and its relationship to agronomic variables in the tropical region. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 31, p. 53-63, 1990a.
- RUDORFF, B.F.T.; BATISTA, G.T. Yield estimation of sugarcane based on agrometeorological-spectral models. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 33. p. 183-192, 1990b.