

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DO NDVI/NOAA EM REGIÃO DE SOJA NO RIO GRANDE DO SUL

JOSÉ LUIS GAFFRÉE MOTTA¹

DENISE CYBIS FONTANA¹

ELISEU WEBER¹

¹ UFRGS – CEPSRM

Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia

Cx Postal 15044 - CEP 91501 970, Porto Alegre - RS, Brasil

jlmotta@geotec-rs.com.br , dfontana@vortex.ufrgs.br ,

eweber@portoweb.com.br

Abstract. The purpose of this study was to observe the influence of regional aspects such as climate, management and occupancy of the soybean crops neighborhood, on the temporal evolution of the NDVI/NOAA images. The study was performed during 1999/2000, in the northwest region of Rio Grande do Sul - Brazil, and LANDSAT images were used to determine soybeans areas, and images of maximum monthly NDVI/NOAA, to monitor the temporal evolution of the NDVI. The NDVI values, extracted over selected areas in the LANDSAT images, were used to trace the spectral profiles and to identify groups with similar patterns of NDVI evolution (Ward grouping method). The results showed that it is possible to state that the NOAA images are a particularly useful instrument to monitor the surface, and that they express different conditions of cover and use in the neighborhood of soybeans crops.

Keywords: soybean, NDVI, spectral profile, NOAA.

1. Introdução

O Brasil é o segundo produtor mundial de soja, contribuindo com 20% de toda a produção mundial. Esta cultura está presente no Brasil desde antes da proclamação da República, dando um salto em termos de produção nas décadas de 70 e 80, passando de 906.073ha safra de 1968/69 para 8.774.023ha na safra de 1978/79. É plantada em 13 estados e ocupa 60% da área cultivada no País. Na safra 1999/2000, somente no estado do Rio Grande do Sul, foram produzidas 4.965.000ton em uma área de 3.009.100ha, com um rendimento médio 1.650 Kg/ha (EMATER-RS, 2001).

O monitoramento e previsão da safra da soja no Brasil, assim como das demais culturas, é tradicionalmente realizado a partir de dados oriundos de levantamentos realizados por entidades ligadas à produção agrícola. Os dados coletados em nível municipal são posteriormente agrupados em toda a extensão do território nacional. Apesar da grande importância destes dados para a economia, por estarem intimamente ligadas ao excesso ou escassez de produtos, na maioria das vezes a subjetividade na avaliação por entrevistas determina um certo grau de incerteza nas informações geradas. Aliado a isso, em função das diferenças regionais, a liberação destas informações geralmente é lenta e onerosa.

A introdução das tecnologias do geoprocessamento e do sensoriamento remoto poderia tornar o sistema atual de monitoramento e previsão de safras brasileiro mais eficiente e dinâmico nas escalas regional e nacional. Estas tecnologias permitem a obtenção de informações precisas, em tempo hábil e com reduzida relação custo/benefício sobre a extensão, as condições de desenvolvimento e o potencial de produção de culturas.

Um dos produtos de sensoriamento remoto orbital que tem sido muito utilizado em monitoramento e previsão de safras é o NDVI (índice de vegetação por diferença normalizada), o qual pode ser obtido de imagens provenientes do sensor AVHRR (*Advanced*

Very High Resolution Radiometer) a bordo do satélite NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). Este índice, proposto por Rouse et al. (1973), tem, em geral, associação direta com algumas variáveis agrônomicas como altura de planta, índice de área foliar, matéria seca, grau de cobertura do solo e interceptação de radiação solar, entre outros (Baret e Guyot, 1991; Antunes et al., 1993; Fonseca, 2000)

Em estudos de monitoramento, freqüentemente é buscado o estabelecimento de relações entre o padrão de evolução do crescimento das plantas ao longo do tempo com o padrão de evolução temporal do NDVI. Conforme apontado por Fontana et al. (1998), as mudanças estruturais da vegetação no decorrer da estação de crescimento resultam em uma diferenciação da sua reflectância, o que permite empregar o NDVI para o monitoramento da vegetação, bem como distinguir diferentes tipos de vegetação e detectar possíveis problemas de crescimento.

Vários trabalhos realizados no Brasil nesta linha mostraram resultados bastante promissores. Batista et al. (1993) verificaram mudanças fenológicas em diversas classes de cobertura vegetal na Amazônia Legal. Fontana et al. (1998) mostraram a possibilidade de monitoramento da evolução temporal da cobertura vegetal no Estado do Rio Grande do Sul. Schroeder et al. (1999) analisaram os perfis espectrais de alguns tipos de vegetação na região nordeste do Brasil. Fontana et al. (2001) analisaram o comportamento do NDVI obtido de imagens NOAA sobre lavouras de soja no Rio Grande do Sul e Paraná, evidenciando as diferenças de manejo e de condições de crescimento entre os dois estados.

O objetivo do presente trabalho foi verificar analisar a evolução temporal do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), obtido de imagens NOAA, em áreas cobertas por pixels com proporções variáveis de soja, visando ao monitoramento desta cultura em programas de previsão de safras.

2. Material e Métodos

O estudo foi efetuado durante o ano agrícola 1999/2000, na região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, escolhida em função de concentrar grande volume de produção de soja. Foram utilizadas imagens LANDSAT para a determinação de áreas cultivadas com soja e imagens NOAA para o monitoramento da evolução temporal do NDVI nestas áreas.

As imagens LANDSAT utilizadas referem-se às órbitas-ponto 223/080, de 29 de janeiro, e 224/079, de 05 de fevereiro de 2000, cujas datas foram escolhidas para coincidir com o pleno desenvolvimento das lavouras de soja na região. O georreferenciamento foi efetuado a partir de pontos de controle identificáveis nas imagens e em cartas da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG) em escala 1:50.000, nas quais é empregado o sistema de projeção UTM (Projeção Universal Transversa de Mercator).

A área cultivada com soja foi obtida através da classificação digital não supervisionada, utilizando o algoritmo "ISODATA" do *software* ENVI. Das imagens LANDSAT classificadas, foram definidas 18 áreas de estudo com variáveis proporções de lavouras de soja e com diferentes vizinhanças em termos de cobertura e uso do solo. Foi realizado um trabalho de campo para verificar a acurácia da classificação, assim como para obter informações sobre a condução das lavouras de soja nestas áreas.

As imagens NOAA utilizadas foram captadas pela estação de recepção pertencente ao CEPARM/UFRGS (Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul) durante o período de setembro de 1999 a março de 2000. A recepção das imagens NOAA procedeu-se no formato HRTM (*High Resolution Picture Transmission*), sendo posteriormente efetuado o processamento para as correções da distorção panorâmica e de radiância para as bandas 1 e 2, bem como do ângulo de incidência solar.

A correção geométrica e o georreferenciamento foram realizados através de uma transformação polinomial com base nos parâmetros da órbita do satélite. A reconstrução da imagem foi efetuada pelo vizinho mais próximo e armazenada sob uma resolução espacial equivalente a 2,0 Km. Após as correções das imagens originais foram geradas imagens de NDVI, usando as reflectâncias da banda 1 (0,58 a 0,68 μm) e da banda 2 (0,725 a 1,1 μm) do AVHRR/NOAA. As imagens foram padronizadas para um intervalo de NDVI de $-1,0$ a $+1,0$.

A partir dessas imagens de NDVI diárias, foram geradas imagens de composição decendial, atribuindo-se a cada *pixel* o valor de NDVI mais elevado observado ao longo de um conjunto de imagens de dez dias consecutivos. O objetivo deste procedimento foi o de minimizar a interferência atmosférica, especialmente aquela devido à nebulosidade. Para o processo de composição tornou-se necessário registrar cada imagem diária à mesma base cartográfica, de forma que um determinado *pixel* correspondesse à mesma localização geográfica em todo o conjunto de imagens utilizadas.

Após a geração das imagens mensais, procedeu-se à extração dos valores de NDVI, utilizando-se o valor médio de uma janela de amostragem de 3×3 *pixels* cujo *pixel* central correspondia às coordenadas das 18 áreas selecionadas nas imagens LANDSAT. Os valores de NDVI da janela de amostragem foram expressos em forma de gráfico como função do tempo, obtendo-se assim os perfis espectrais de NDVI máximos mensais.

Os dados extraídos do conjunto de imagens para cada janela de amostragem foram avaliados para a identificação de grupos com padrão semelhante de evolução de NDVI através do método *Ward* de agrupamento. Após a identificação dos grupos semelhantes, o perfil espectral típico de cada um foi gerado através da média aritmética dos valores de NDVI de todas as janelas pertencentes ao grupo, expressa também em forma de gráfico como função do tempo.

3. Resultados e Discussão

A **Figura 1** mostra o dendrograma obtido pelo método de agrupamento de *Ward*, considerando como variável o NDVI máximo mensal das diferentes janelas de amostragem e como medida de proximidade a distância euclidiana. A escala vertical à esquerda indica o índice de similaridade, pois a cada partição corresponde um valor numérico que representa o nível no qual ocorrem os agrupamentos. Quanto mais elevado o índice, mais diferentes são as partes agrupadas. Esse índice é também chamado nível de agregação. No eixo horizontal são marcados os elementos em uma ordem conveniente de formação dos grupos, no presente caso as 18 janelas de amostragem.

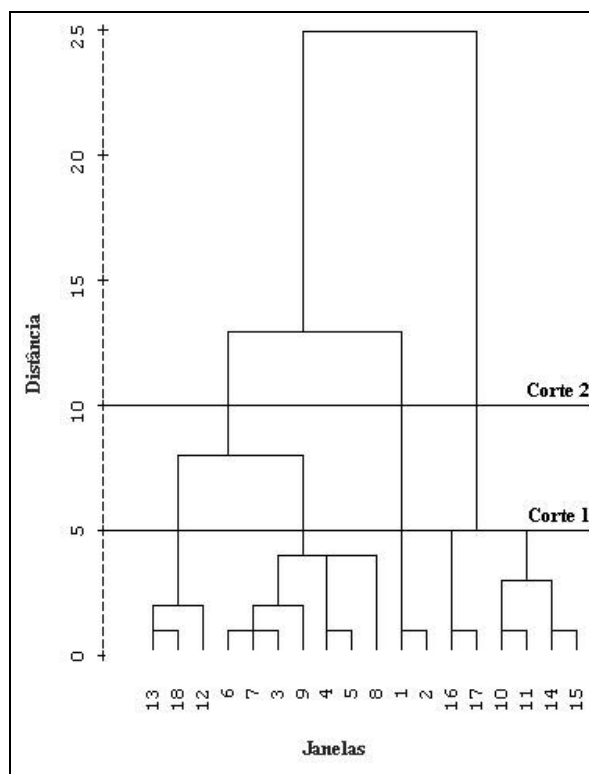


Figura 1. Dendrograma da evolução temporal do NDVI máximo mensal nas 18 janelas de amostragem no período de setembro de 1999 a março de 2000 no Rio Grande do Sul.

Inicialmente foi escolhido o nível de agregação 5 como primeiro ponto de corte, que definiu a existência de 5 grupos homogêneos quanto à evolução do NDVI. Na **Figura 2**, são apresentadas as evoluções temporais do NDVI máximo mensal para cada grupo considerado neste nível de agregação.

As janelas pertencentes ao grupo 1 (**Figura 2a**) possuem predominância de soja, mostrando um padrão de evolução de NDVI característico. Entretanto, deve-se ressaltar que a maioria das lavouras presentes nas janelas deste grupo é pequena, já que a produção de grãos nesta região é desenvolvida em minifúndios. No mês de dezembro, ocorreu uma restrição do crescimento do NDVI, devido ao déficit hídrico ocorrido na região.

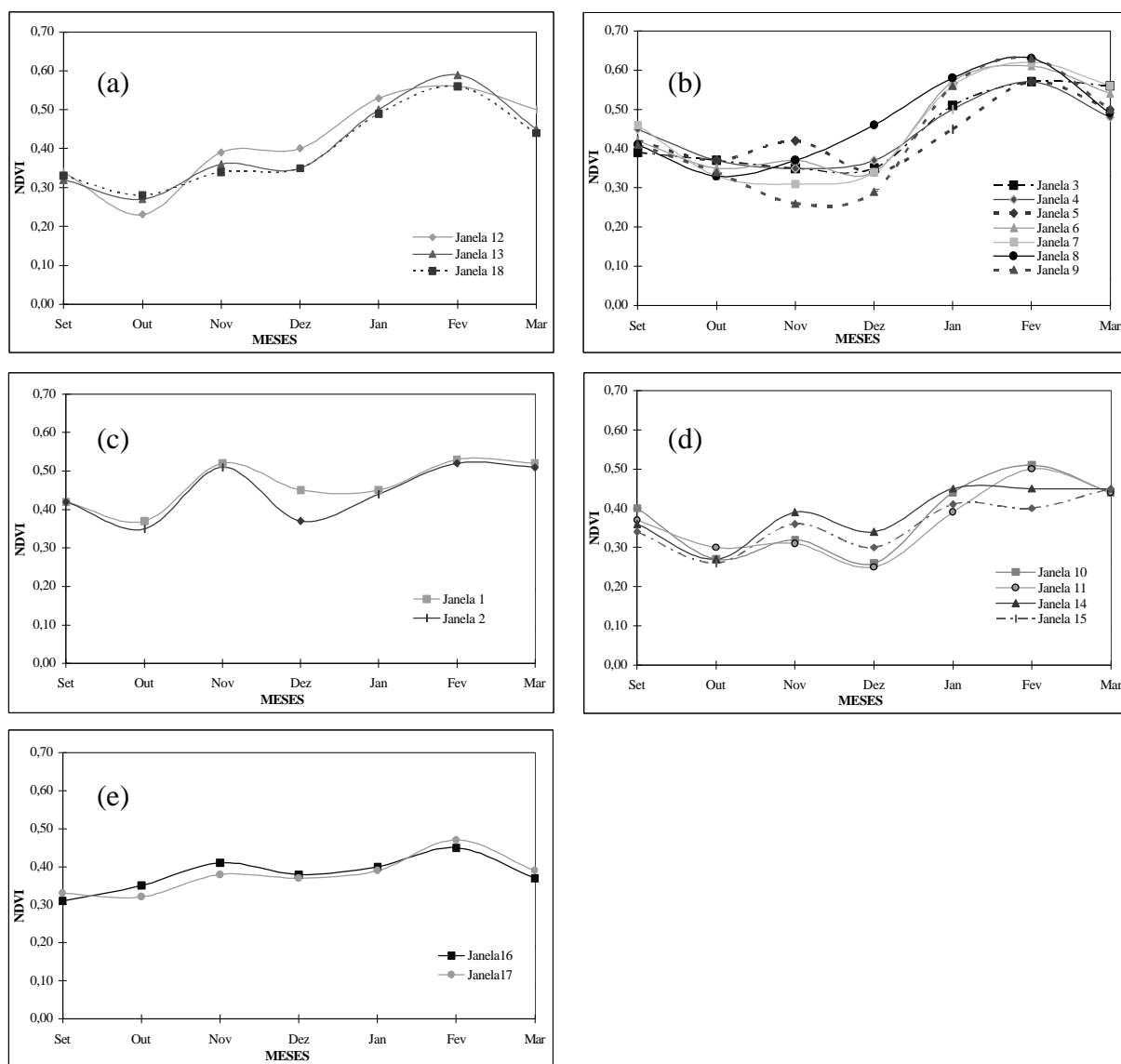


Figura 2. NDVI máximo mensal dos grupos 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e 5 (e) obtidos na análise de agrupamento. Rio Grande do Sul, 1999/2000.

O grupo 2 (**Figura 2b**) foi formado através do agrupamento das janelas que possuíam predominantemente soja em grandes lavouras. Este, possui como similaridades em seu agrupamento o tipo de solo, sistema de cultivo, condições hídricas e forma de ocupação. Neste grupo somente a janela 8, não apresentou restrição ao incremento do NDVI no mês de dezembro.

Nestes dois grupos com predominância de soja (**Figura 2a e 2b**), verificou-se que o comportamento foi semelhante à curva de crescimento e desenvolvimento característica de culturas agrícolas. De setembro a novembro, coincidindo com o período preparo e semeadura da cultura, os valores NDVI foram baixos. A partir de novembro, houve um incremento do NDVI, atingindo os máximos valores no mês de fevereiro. Esse incremento está associado ao aumento de densidade de biomassa, devido ao estabelecimento e desenvolvimento da cultura da soja. A partir de março verificou-se diminuição dos valores de NDVI. O grupo 2, onde ocorreu a maior área cultivada com soja, atingiu em fevereiro valores de NDVI superiores ao grupo 1.

As janelas que formam o grupo 3 (**Figura 2c**) apresentavam algumas lavouras de soja, mas a presença dominante de campo nativo e gramíneas perenes de verão mantiveram o NDVI aproximadamente constante ao longo do período estudado. A deficiência hídrica e o solo exposto em outubro, decorrentes da implantação de lavouras de primavera-verão, bem como o abandono destas em dezembro, em decorrência da seca, possivelmente são as causas da diminuição considerável dos valores de NDVI.

No grupo 4 (**Figura 2d**), em algumas janelas, observou-se que a elevada presença de pequenas lavouras e de vegetação nativa determinou a elevação do NDVI, ocorrendo também, em função do déficit hídrico, uma diminuição do NDVI nos meses de setembro a novembro.

Em todos os grupos analisados, mas especialmente nos grupos 3 e 4, observa-se uma marcante redução nos valores de NDVI em dezembro. Esta redução está associada ao abandono ou mesmo à destruição de lavouras implantadas em outubro, como consequência da deficiência hídrica ocorrida, principalmente nos meses de novembro e dezembro. Nestes meses, a deficiência hídrica média para a região foi de 110 mm, segundo balanço hídrico meteorológico. A safra de 1999/2000 foi ano de ocorrência do fenômeno La Niña, o qual está associado, no Estado do Rio Grande do Sul, à estiagem no período de primavera-verão, segundo (Puchalski, 2000).

Na **Figura 2e** pode-se observar nos perfis de NDVI que a predominância é de vegetação nativa e áreas urbanas. O padrão de NDVI se mostrou praticamente estável ao longo do período de estudo, com uma pequena elevação no mês de fevereiro, quando as pequenas lavouras com culturas de primavera-verão tiveram um aumento na densidade de sua biomassa.

Na **Figura 3a** são apresentadas as médias do NDVI para os cinco grupos descritos. Apesar deste nível de agrupamento ter sido satisfatório e de terem sido agrupadas regiões com certa homogeneidade, foram também analisados os grupos para o nível 10 de agrupamento (**Figura 3b**), ou corte 2 do dendograma (**Figura 1**).

Neste ponto de corte, os grupos 1 e 2 (**Figuras 2a e 2b**) foram reunidos, assim como os grupos 4 e 5 (**Figuras 2d e 2e**). Verifica-se, assim, de forma mais evidente, as diferenças de padrão de evolução temporal do NDVI como consequência das proporções variáveis de soja, assim como da cobertura e uso do solo.

De acordo com Fontana et al. (2001), em novembro a semeadura determina baixas densidades ou ausência de biomassa, resultando em valores de NDVI muito baixos e constantes, elevando-se logo em seguida estando esta elevação associada ao crescimento e desenvolvimento da biomassa das culturas anuais, predominantemente da soja.

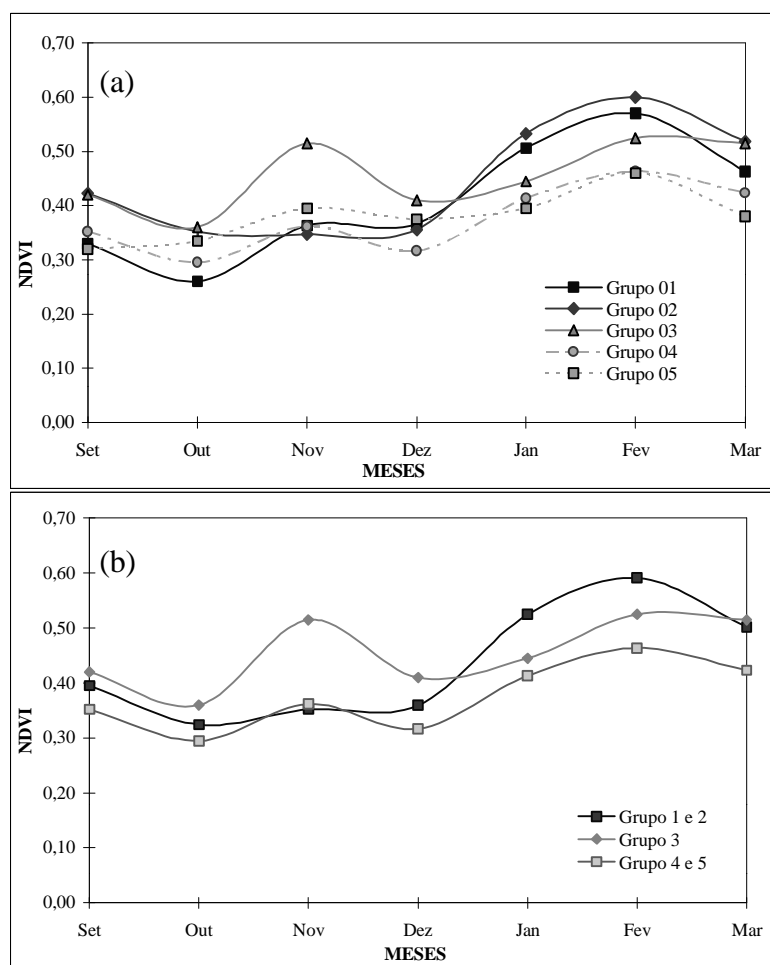


Figura 3. NDVI máximo mensal da média dos 5 (a) e 3 (b) grupos obtidos na análise de agrupamento. Rio Grande do Sul, 1999/2000.

4. Conclusões

A evolução temporal do NDVI, obtido de imagens NOAA, apresenta sensibilidade quanto às diferenças de uso e cobertura do solo, demonstrando que as escalas espacial e temporal das imagens NOAA são adequadas para o acompanhamento em nível regional da evolução temporal da biomassa.

As diferenças na evolução temporal do NDVI observadas evidenciam o potencial uso de imagens NOAA para acompanhar o crescimento e desenvolvimento da cultura da soja em nível regional. Este produto pode, portanto, integrar sistemas de monitoramento, visando a fornecerem alertas quanto a possíveis problemas de crescimento das plantas.

Com base nos resultados obtidos, é possível afirmar que as imagens NOAA representaram um instrumento de monitoramento da superfície extremamente útil, e que expressa condições de uso e cobertura diferenciadas. Dada uma região de produção, é viável monitorá-la em tempo real e, a partir do conhecimento do padrão típico de desenvolvimento regional, emitir alertas sempre que as condições da biomassa, inferidas pelo NDVI, estiverem abaixo das normais. As imagens NOAA representam, portanto, um importante segmento em programas de acompanhamento e previsão de safras.

Referências

- ANTUNES, M. A. H.; ASSAD, E. D.; BATISTA, G. T. Variação das Medidas Espectrais Tomadas com Espectrorradiômetro ao Longo do Ciclo de Crescimento de Soja (*Glycine max (L.) Merrill*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 1993, Curitiba. *Anais...* Curitiba: INPE, 1993. v.2p. 01-09.
- BARET, F.; GUYOT, G. Potentials and Limits of Vegetation Indices for LAI and APAR Assessment. *Remote Sensing of Environment*, New York, v.3, p.161-173. 1991.
- BATISTA, G. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; LAURENCE, W. T. Monitoramento da Cobertura Florestal através de Índices de Vegetação do NOAA-AVHRR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., Curitiba, 1993. *Anais*. Curitiba : INPE, 1993. p. 30-37.
- DERENE, M; SETZER, A.; FRANÇA, H.. O “Cinturão da Soja” da Soja e Milho em Mato Grosso nos Mosaicos IVDN/AVHRR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001, Foz do Iguaçu,PR. *Anais...* S.l. : s.n., 2001. 1 CD ROM. [URLib](#).
- FONSECA, E. L. da. *Caracterização Espectral e Índices de Vegetação em Paspalum notatum Flügge var. Notatum com vistas à Modelagem de Crescimento*. 2000. 60 f. Dissertação (Mestrado - Agrometeorologia) – Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- FONTANA, D.C.; DUCATI, J.R.; WEBER, E.; BERLATO, M. A.; BERGAMASCHI, H.; FIGUEIREDO, D.C. *Monitoramento e Previsão de Safra de Soja no Brasil*. Porto Alegre : Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999. 115p. il. (Série D. Relatório Técnico, 005/01).
- FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A.; BERGAMASCHI, H. Relação entre o Índice de Vegetação Global e Condições Hídricas no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 33, n. 8, 1399-1405, 1998.
- 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*. 2000. 83 f. Dissertação (Mestrado - Agrometeorologia) – Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- ROUSE, J. W.; HASS, R. H; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: NASA ERTS SYMPOSIUM. v. 3, 1973. p. 309-17.
- SCHROEDER, W.; FRANÇA, J. R. de A.; CEBALLOS, J. C. Análise da Evolução Temporal da Cobertura Vegetal Usando dados AVHRR/NOAA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: SBA, 1999. 1 CD-ROM.