

EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO GLOBAL NO OESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL¹

EVOLUTION OF GLOBAL VEGETATION INDEX IN THE WEST OF THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL

Denise Cybis Fontana², Moacir Antonio Berlato², Homero Bergamaschi² e Vitor Haertel³.

RESUMO

Entre os produtos atualmente gerados a partir de satélites destaca-se o índice de vegetação global (GVI) como um instrumento de alto potencial para o monitoramento da biomassa em nível regional. Nesse trabalho buscou-se analisar a evolução do GVI com o tempo e relacioná-la com a evolução da biomassa durante a estação de crescimento das culturas de primavera-verão no oeste do Estado do Rio Grande do Sul. Na análise foram utilizadas seqüências temporais de imagens GVI referentes ao período de setembro a maio de 1982/83, 1983/84, 1984/85 e 1985/86. Os valores máximos mensais foram expressos na forma de gráficos em função do tempo. Nos municípios de Santo Augusto, Santa Rosa e Ijuí a evolução do GVI foi caracterizada por uma curva semelhante à curva de crescimento e desenvolvimento de culturas agrícolas, havendo associação entre GVI e rendimento de grãos de soja. Nos municípios de Quaraí, São Gabriel e Alegrete houve pequena variação temporal do índice GVI, associada à pequena variação de biomassa de pastagens em exploração por pecuária extensiva. Os resultados mostraram que o GVI é sensível às variações da biomassa, podendo ser utilizado como um instrumento para monitorar mudanças na vegetação no oeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: Índice de vegetação global, vegetação, Brasil.

¹Projeto parcialmente financiado pelo CNPq/FAPERGS.

²Prof. Adjunto, Dr., Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, UFRGS. Cx Postal 776. CEP 91540-000, Porto Alegre -RS.

SUMMARY

Of all the recently generated satellite data, the Global Vegetation Index (GVI) is pointed out as a highly potential instrument to monitor regional vegetation. The objective of this paper was to analyse GVI temporal evolution and its relationship with the evolution of biomass during the spring-summer growing season in the west portion of the State of Rio Grande do Sul. A temporal sequence of GVI images was utilized, from September to May of 1982/83, 1983/84, 1984/85 and 1985/86. The GVI maximum monthly values were plotted as a function of time. In Santo Augusto, Santa Rosa and Ijuí the GVI evolution was characterized by a similar crops growth and development curve. At these places a good relationship between GVI and soybean yields was found. In Quaraí, São Gabriel and Alegrete there was a small temporal GVI variation, associated with a small temporal variation of pastures biomass in extensive livestock exploitation. These results show that GVI is sensitive to temporal variation of natural and agricultural biomass. Therefore, GVI can be used as a tool to monitor changes in vegetation in the west portion of the State of Rio Grande do Sul.

Key words: Global vegetation index, vegetation, Brazil

INTRODUÇÃO

Em regiões como no Estado do Rio Grande do Sul, onde a agricultura apresenta grande importância econômica e social, é muito útil o desenvolvimento de técnicas objetivas para o monitoramento da evolução da biomassa agrícola. Neste sentido, imagens de satélite podem contribuir, principalmente quando a abordagem é regional. Entre os produtos atualmente gerados a partir de satélites destaca-se o índice de vegetação global (GVI) como um instrumento de alto potencial para o monitoramento da biomassa em nível regional. Este índice é estabelecido a partir de uma amostragem temporal e espacial do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), usando as bandas 1 (visível) e 2 (infravermelho próximo) do sensor AVHRR (“Advanced Very High Resolution Radiometer”) a bordo do satélite NOAA (“National Oceanic and Atmospheric Administration”) (KIDWELL, 1990).

A amostragem temporal define que a imagem GVI seja composta por “pixels”, geograficamente registrados, que correspondem ao maior índice de vegetação observado num período de sete dias consecutivos. A amostragem espacial determina uma resolução espacial do “pixel” de 15 km no Equador. Apesar da drástica compressão processada, os dados GVI refletem de forma consistente a dinâmica da vegetação. Este fato é corroborado em trabalhos que comparam as informações contidas,

³Prof. Adjunto, PhD., Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, UFRGS. Cx P. 15044, CEP 91501-970, Porto Alegre RS.

para uma mesma cena, em imagem GVI e em imagens NDVI com resolução espacial maior (JUSTICE et al, 1991; MALINGREAU e BELWARD, 1992; MARSH et al, 1992).

Na área do sensoriamento remoto, os índices de vegetação representam uma técnica amplamente utilizada por indicarem a presença e condição da vegetação, visto que a produção primária de uma comunidade vegetal tem estreita relação com a energia absorvida pela mesma (BARET e GUYOT, 1991). Os índices de vegetação têm sido empregados em estudos sobre perfis espectrais, ou seja, o estabelecimento de padrões de crescimento e desenvolvimento ao longo da estação de crescimento. As mudanças estruturais são gradativas com o tempo e resultam em correspondente mudança gradativa na refletância espectral da vegetação. Os perfis espectrais podem ser utilizados em várias aplicações ligadas ao monitoramento da vegetação, tais como identificação, separação e classificação. A caracterização dos perfis permite a diferenciação entre tipos de vegetação. As mudanças na forma do perfil característico de uma determinada cultura podem estar associadas à condição e, em última instância, ao rendimento da mesma (JUSTICE et al, 1985; ROSSINI, 1993; BATISTA et al, 1993).

Salienta-se, ainda, que os dados provenientes do GVI representam a única fonte consistente de informações sobre culturas e vegetação natural, em escala continental, que propicia o monitoramento da dinâmica sazonal da vegetação de regiões agrícolas e a detecção de anomalias no padrão normal (MALINGREAU, 1986). Numa perspectiva de longo prazo, o acúmulo desses dados fornece informações para documentar mudanças contínuas na biosfera, o que é especialmente importante frente à crescente preocupação dos impactos das possíveis mudanças climáticas globais sobre o crescimento e distribuição da vegetação.

O índice GVI tem sido extensamente estudado em regiões semiáridas do globo, principalmente, na África e Ásia, regiões com grande variação da biomassa ao longo do ano (JUSTICE et al, 1991; RASMUSSEN, 1992). Nestas condições climáticas o índice GVI é capaz de detectar de forma bastante adequada as mudanças na quantidade e condição da vegetação, fatores essencialmente determinados pelas condições meteorológicas.

O Estado do Rio Grande do Sul situa-se numa região subtropical do Globo, com uma importante variação térmica ao longo do ano. Apesar da precipitação no Estado ser bem distribuída nas quatro estações do ano, tendo em vista a maior demanda evaporativa da atmosfera no verão, determinada especialmente pela maior densidade de fluxo de radiação solar e mais alta temperatura do ar, a chuva normal no verão é, em geral, insuficiente para atender às demandas hídricas das culturas dessa estação (BERLATO, 1992).

O objetivo desse trabalho foi analisar a evolução do índice GVI com o tempo e relacioná-lo com a evolução da biomassa agrícola durante a estação de crescimento das culturas de primavera-verão nas condições climáticas do oeste do Estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na porção oeste do Estado do Rio Grande do Sul, durante o período de setembro a maio (estação de crescimento das culturas de primavera-verão) de 1982/83, 1983/84, 1984/85 e 1985/86. O clima da região é subtropical úmido, com os tipos Cfa e Cfb, segundo classificação de KÖPPEN (1948).

Na análise foi utilizada uma seqüência de imagens semanais do índice de vegetação global (GVI), abrangendo o período acima referido, doadas pelo “Joint Research Center of Ispra” (JRC) com as correções atmosférica, radiométrica e geométrica procedidas.

Os valores do contador digital dos “pixels” (CD), extraídos da seqüência de imagens, foram transformados em valores de índice de vegetação seguindo a equação (KIDWELL, 1990):

$$GVI = \frac{240 - CD}{350} - 0,05 \quad \mathbf{1}$$

As coordenadas de tela correspondentes às coordenadas geográficas dos pontos amostrais foram obtidas aplicando um algoritmo de transformação por polinômio de segundo grau. A estimativa dos parâmetros da transformação foi feita utilizando o método dos mínimos quadrados, a partir da identificação das coordenadas de tela na imagem digital para alguns pontos cujas coordenadas geográficas eram conhecidas (LEITÃO, 1994).

A janela amostral utilizada foi composta por nove “pixels”, sendo que o “pixel” central foi localizado sobre a estação agrometeorológica dos municípios de Santo Augusto (27°51’24”S e 53°46’59”W), Santa Rosa (27°51’50”S e 54°25’59”W), Ijuí (28°23’17”S e 53°54’50”W), Alegrete (29°46’59”S e 55°46’59”W), Quaraí (30°23’17”S e 56°26’53”W) e São Gabriel (30°27’27”S e 54°19’01”W).

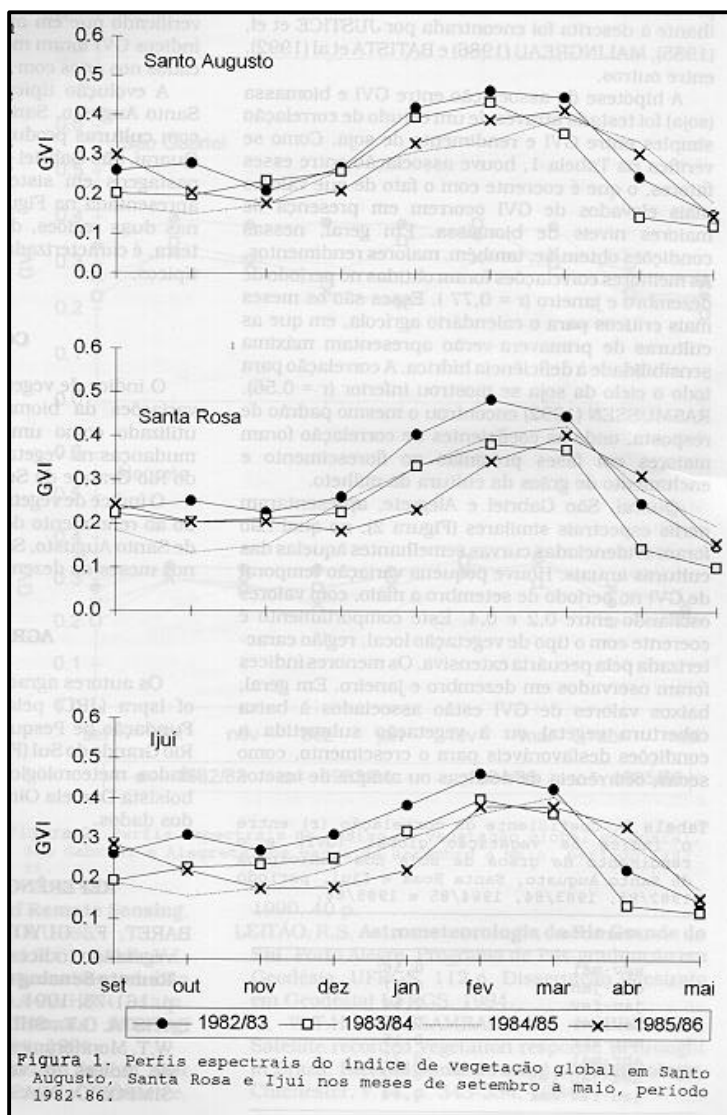
Os valores máximos mensais de GVI foram expressos na forma de gráfico em função do tempo, obtendo-se os perfis espectrais para cada ponto amostral para os quatro anos agrícolas em estudo. O perfil espectral médio das regiões foi obtido através da média aritmética do GVI para os pontos amostrais.

Foi realizada uma análise de correlação simples entre o índice GVI e o rendimento de grãos de soja dos municípios de Santo Augusto, Santa Rosa e Ijuí (IBGE, 1983; 1984; 1985 e 1986).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em Santo Augusto, Santa Rosa e Ijuí (Figura 1), foi observado comportamento semelhante quanto à evolução temporal do índice GVI. Nestes municípios a evolução do GVI foi caracterizada por uma curva semelhante à curva de crescimento e desenvolvimento de culturas agrícolas.

De setembro a novembro os valores de GVI foram aproximadamente estáveis, oscilando entre 0,2 e 0,3. Este período coincide com as atividades de preparo do solo, semeadura e estabelecimento das culturas de primavera-verão, principalmente a soja, cultura que ocupou, em média nos quatro anos estudados, uma área de 41.700, 30.500 e 55.870 ha nestes municípios, respectivamente.



Em dezembro foi verificado um aumento gradativo nos valores do índice GVI, atingindo um máximo em fevereiro, com valores próximos a 0,5. Nestes meses as culturas de primavera-verão encontram-se no período de máximo crescimento vegetativo e reprodução.

Em março, abril e maio houve um decréscimo contínuo do GVI, assumindo em maio valores próximos a 0,1. Estes são meses em que ocorre a maturação e a colheita das principais culturas produtoras de grãos. Evolução do índice GVI semelhante à descrita foi encontrada por JUSTICE et al, (1985), MALINGREAU (1986) e BATISTA et al (1992), entre outros.

A hipótese da associação entre GVI e biomassa (soja) foi testada através de um estudo de correlação simples entre GVI e rendimento de soja. Como se verifica na Tabela 1, houve associação entre esses fatores, o que é coerente com o fato de que valores mais elevados de GVI ocorrem em presença de maiores níveis de biomassa. Em geral, nessas condições obtém-se, também, maiores rendimentos. As melhores correlações foram obtidas no período de dezembro e janeiro ($r = 0,77$). Esses são os meses mais críticos para o calendário agrícola, em que as culturas de primavera-verão apresentam máxima sensibilidade à deficiência hídrica. A correlação para todo o ciclo da soja se mostrou inferior ($r = 0,56$). RASMUSSEN (1992) encontrou o mesmo padrão de resposta, onde os coeficientes de correlação foram maiores em fases próximas ao florescimento e enchimento de grãos da cultura do milho.

Tabela 1. Coeficiente de correlação (r) entre o índice de vegetação global (GVI) e o rendimento de grãos de soja nos municípios de Santo Augusto, Santa Rosa e Ijuí, período 1982/83, 1983/84, 1984/85 e 1985/86.

Período	r
nov-mai	0,56
dez-jan	0,77
jan-fev	0,64
fev-mar	0,47
mar-abr	-0,15
abr-mai	-0,21
dez-jan-fev	0,72
jan-fev-mar	0,64

Quaraí, São Gabriel e Alegrete, apresentaram perfis espectrais similares (Figura 2), no qual não foram evidenciadas curvas semelhantes àsquelas das culturas anuais. Houve pequena variação temporal de GVI no período de setembro a maio, com valores oscilando entre 0,2 e 0,4. Este comportamento é coerente com o tipo de vegetação local, região caracterizada pela pecuária extensiva. Os menores índices foram observados em dezembro e janeiro. Em geral, baixos valores de GVI estão associados à baixa cobertura vegetal ou à vegetação submetida a condições desfavoráveis para o crescimento, como secas, ocorrência

de doenças ou ataque de insetos (LIU et al, 1994). Nesta região do Estado é freqüente a ocorrência de estiagens, associadas à baixa capacidade de armazenamento de água no solo, o que pode ter causado a redução nos valores do índice GVI.

As variações no perfil GVI entre os quatro anos agrícolas estudados, possivelmente, foram decorrentes de variações interanuais das condições meteorológicas às quais as plantas foram submetidas durante seu desenvolvimento. Esta relação foi analisada por FONTANA et al. (1996), onde foi verificado que em anos com deficiência hídrica os índices GVI foram menores do que os índices verificados nos anos com adequado suprimento de água.

A evolução típica do índice GVI na região de Santo Augusto, Santa Rosa e Ijuí (região ocupada com culturas produtoras de grãos) e na região de Quaraí, São Gabriel e Alegrete, (região ocupada com pastagens em sistema de pecuária extensiva) é apresentada na Figura 3. A evolução da biomassa nas duas regiões, distintas em termos de uso da terra, é caracterizada por distintos perfis espectrais típicos.

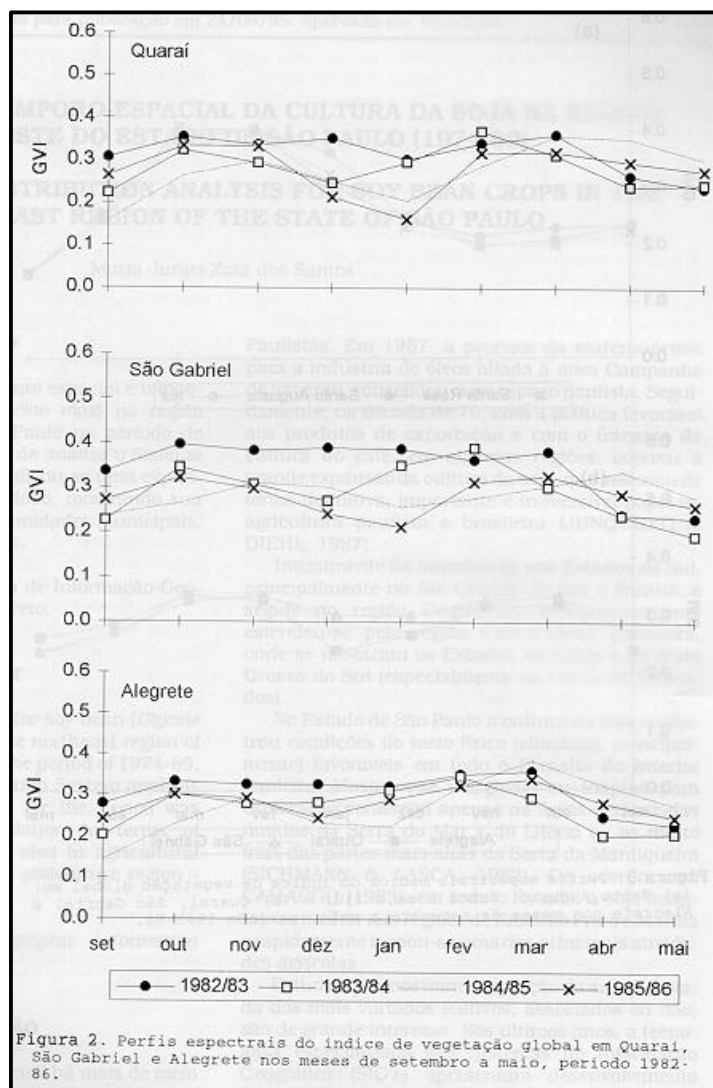
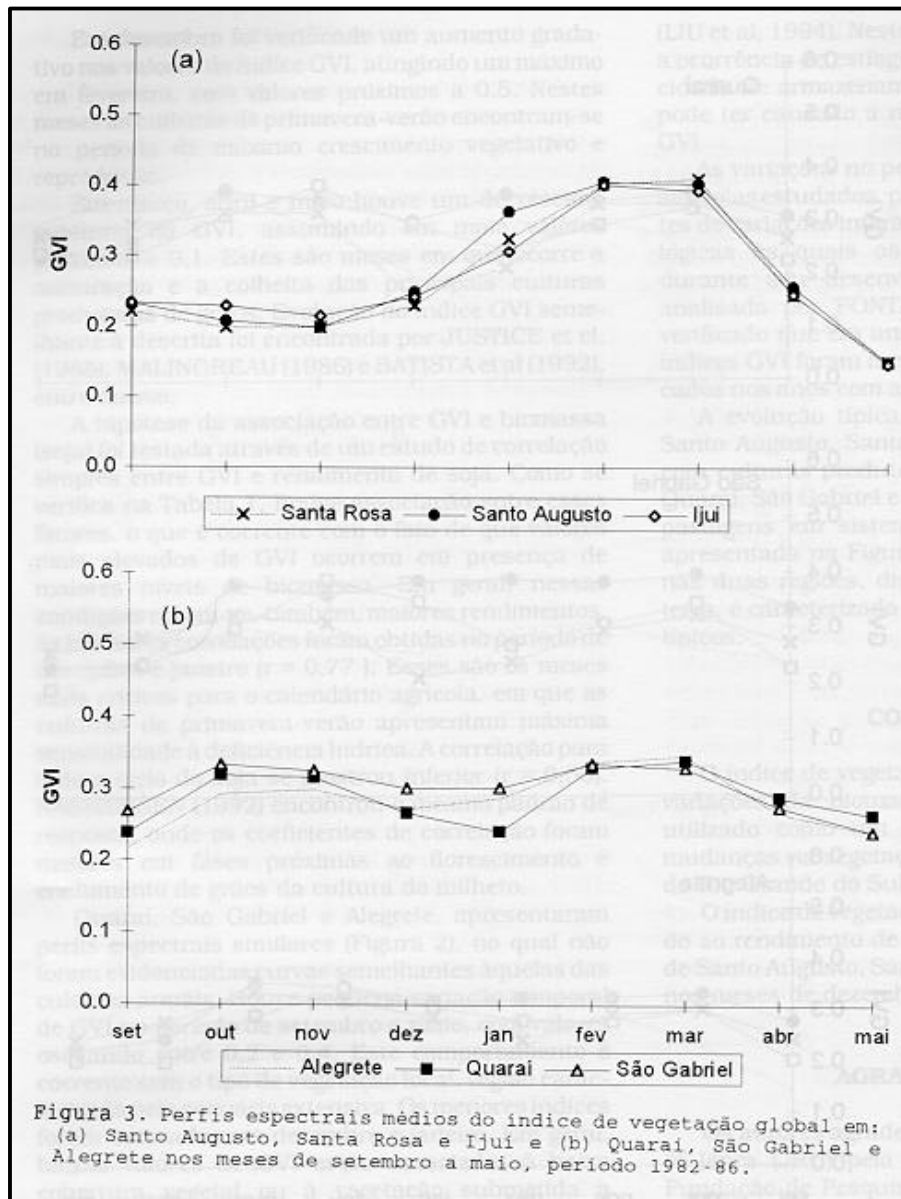


Figura 2. Perfis espectrais do índice de vegetação global em Quaraí, São Gabriel e Alegrete nos meses de setembro a maio, período 1982-86.



CONCLUSÕES

O índice de vegetação global (GVI) é sensível às variações da biomassa, podendo, portanto, ser utilizado como um instrumento para monitorar mudanças na vegetação na porção oeste do Estado do Rio Grande do Sul.

O índice de vegetação global (GVI) está relacionado ao rendimento de grãos de soja nos municípios de Santo Augusto, Santa Rosa e Ijuí, principalmente nos meses de dezembro e janeiro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Joint Research Center of Ispra (JRC) pela doação das imagens GVI, à Fundação de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Sul (FEPAGRO) pelo fornecimento dos dados meteorológicos utilizados no trabalho e a bolsista Daniela Oliveira pelo auxílio na compilação dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARET, F., GUYOT, G. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 3, p. 161-73, 1991.
- 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.
- BERLATO, M.A. As condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.) **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 11-24, 1992.
- FONTANA, D.C., BERLATO, M.A., BERGAMASCHI, H. Relação entre índice de vegetação global (GVI) e condições hídricas no estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, (no prelo).
- IBGE. **Produção agrícola municipal. Culturas temporárias e permanentes: Região Sul**, IBGE: Rio de Janeiro, 1983. 508 p.
- IBGE. **Produção agrícola municipal. Culturas temporárias e permanentes: Região Sul**, IBGE: Rio de Janeiro, 1984. 508 p.
- IBGE. **Produção agrícola municipal. Culturas temporárias e permanentes: Região Sul e Centro-oeste**, IBGE: Rio de Janeiro, 1985. 478 p.
- IBGE. **Produção agrícola municipal. Culturas temporárias e permanentes: Rio Grande do Sul**, IBGE: Rio de Janeiro, 1986. 146 p.
- JUSTICE, C.O., TOWNSHEND, J.R.G., HOLBEN, B.N., 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.
- LEITÃO, R.S. **Astrometeorologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Programa de Pós-graduação em Geodésia, UFRGS. 112 p. Dissertação (Mestrado em Geodesia) UFRGS, 1994.
- LIU, W.T.H.; MASSAMBANI, O.; NOBRE, C.A. Satellite recorded vegetation response to drought in Brazil. **International Journal of Climatology**, Chichester, v.14, p. 343-354, 1994.
- MALINGREAU, J.P. Global vegetation dynamics: satellite observations over Asia. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 7, p. 1121-46, 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.
- MARSH, S.E. WALSH, J.L. LEE, C.T., et al. Comparison of multi-temporal NOAA-AVHRR and SPOT-XS satellite data for mapping land-cover dynamics in the west african sahel. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 13, p. 2997-3016, 1992.
- 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. 3431-42, 1992.
- ROSSINI, P. Using NDVI/AVHRR data for crop monitoring and forecasting in south italy. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7.,1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba, INPE. p. 458-63, 1993.