



Estudo da correlação entre a temperatura da superfície dos oceanos Atlântico e Pacífico e o NDVI, no Rio Grande do Sul



Julio R. Marques¹, Denise Fontana² & Ricardo W. Mello²

¹ UFPel, Faculdade de Meteorologia - Centro de Pesquisas e Previsão Meteorológicas, Av. Idelfonso Simões Lopes, 2791, Arco Íris, Pelotas, RS, 96060-290. Fone: (053) 277-6690. E-mail: jmarques_fmnet@ufpel.edu.br (Foto).

² UFRGS, Faculdade de Agronomia - Departamento de Fitotecnia, Av. Bento Gonçalves 7712, Agronomia, Porto Alegre, RS, 91540-000. Fone: (051) 3316-6571. E-mail: dfontana@ufrgs.br, wanke@zipmail.com.br

Protocolo 45 - 5/4/2004 - Aprovado em 12/4/2005

Resumo: Parte da variabilidade interanual da precipitação pluvial e da temperatura do ar no Estado do Rio Grande do Sul, está associada à variabilidade da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) dos oceanos Pacífico e Atlântico; este conhecimento é de grande relevância, dada a importância desses elementos sobre o crescimento vegetal. Objetivou-se através deste trabalho, avaliar a correlação entre a TSM, em regiões dos dois oceanos, e a cobertura vegetal no Rio Grande do Sul; para isto, utilizaram-se imagens de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) obtidas do satélite NOAA, e dados de TSM médio mensal, obtidos do NCEP e NCAR. Os dados de TSM do Oceano Pacífico equatorial e do Oceano Atlântico subtropical foram correlacionados aos de NDVI no Estado, mensalmente, de forma simultânea e com defasagem de 1, 2 e 3 meses. Verificou-se haver associação entre a TSM dos oceanos Pacífico e Atlântico e o NDVI, no Estado do Rio Grande do Sul, a qual é dependente da época do ano e da região do Estado. O NDVI se correlacionou com a TSM no Oceano Pacífico equatorial durante o verão, enquanto para o período de inverno e primavera é a TSM do Oceano Atlântico subtropical que apresenta maior correlação.

Palavras-chave: índice de vegetação, TSM, coeficiente de correlação

Correlation study between sea surface temperature in the Atlantic and Pacific oceans and NDVI in the state of Rio Grande do Sul - Brazil

Abstract: Part of the variability of rainfall and air temperature in the state of Rio Grande do Sul (Brazil) is associated with the variability of Sea Surface Temperature (SST) in the Pacific and Atlantic oceans. This knowledge is of great relevance, given the importance of these elements on vegetation growth. The aim of this study is to evaluate the correlation between SST, in some regions of the Pacific and Atlantic oceans, and vegetation growth in the state of Rio Grande do Sul. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) images obtained from NOAA satellite, and monthly averages of SST data, obtained from NCEP and NCAR were used. SST data of the Pacific Ocean and of the Atlantic subtropical ocean were correlated to NDVI in the state, monthly, simultaneously and with 1, 2 and 3 months lag. Also verified was the existence of the association between SST in the Pacific and Atlantic oceans and NDVI in the state of Rio Grande do Sul, which is dependent on season and region of the state. NDVI is correlated to SST of the Pacific Ocean during the summer, while for the winter period the SST of the Atlantic Ocean shows greater correlation.

Key words: vegetation index, SST, correlation coefficient

INTRODUÇÃO

Estudos vêm demonstrando (Kousky & Cavalcante, 1984; Diaz et al., 1998; Fontana & Berlato, 1997; Grimm et al., 2000) que parte da variabilidade interanual de alguns elementos meteorológicos está, no Estado do Rio Grande do Sul,

associada à variabilidade interanual da temperatura da superfície do mar (TSM) nos oceanos Pacífico e Atlântico. Apesar da variação na temperatura superficial dos oceanos (variações nas correntes oceânicas) ser consequência das alterações na circulação da atmosfera, esta tem servido de fonte para vários estudos sobre variabilidade climática. As regiões oceânicas

de convergência e divergência de águas são de extrema importância e, quando associadas a outros padrões atmosféricos, podem indicar possíveis alterações climáticas.

Alguns trabalhos consideraram a TSM do Oceano Pacífico de forma individual e, em outros a análise é feita de forma conjunta, utilizando-se ambos os oceanos. No primeiro grupo se situam os trabalhos envolvendo o fenômeno El Niño Oscilação Sul, ou mais comumente El Niño/La Niña. Este fenômeno representa a ocorrência de anomalias na TSM do Oceano Pacífico equatorial associada a anomalias na pressão atmosférica sobre regiões do Pacífico Sul.

No Rio Grande do Sul os principais efeitos associados a essas anomalias se dão, sobre a precipitação pluvial e sobre a temperatura do ar. Grimm et al. (1996), Fontana & Berlatto (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, também se verifica alteração na distribuição da precipitação pluvial, sendo o número de dias de chuva inferior em anos de La Niña (Fontana & Almeida, 2002). 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 & Berlatto (2003) 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. Em condições de El Niño os efeitos associados são aproximadamente inversos.

Considerando ambos os oceanos, Diaz et al. (1998) estudaram a relação entre a precipitação pluvial mensal do Uruguai e sul do Brasil e as variações mensais da TSM, identificando regiões sobre o oceano Pacífico e oceano Atlântico sul, próximo ao litoral da Argentina, com correlação significativa. Grimm & Feuser (1998) verificaram a existência de correlações significativas entre a TSM no oceano Atlântico subtropical e a precipitação pluvial nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. Diniz (2002) determinou as regiões dos oceanos Atlântico e Pacífico que influenciam a temperatura mínima e máxima média mensal do Rio Grande do Sul. Em geral, o oceano Atlântico apresenta influência maior durante o inverno na temperatura mínima mensal e durante o verão na temperatura máxima mensal.

Na medida em que existe teleconexão ligando a TSM dos oceanos Pacífico e Atlântico e as condições meteorológicas do Estado do Rio Grande do Sul pode-se esperar, como consequência, que a cobertura vegetal também apresente alterações. Neste sentido, técnicas de sensoriamento remoto são de grande utilidade, pois possibilitam a realização de estudos sobre o desenvolvimento da vegetação em grandes áreas, devido à alta resolução espacial e temporal dos sensores atualmente disponíveis.

O AVHRR/NOAA (Advanced Very High Resolution Radiometer/National Oceanic and Atmospheric Administration) tem sido mais amplamente utilizado para o monitoramento da vegetação em nível regional (Batista et al., 1993; Rizzi & Fonseca, 2001), visto que a escala espacial e temporal de aquisição de dados deste sensor é compatível com a dos efeitos associados a fenômenos de grande escala. Na maioria desses estudos são utilizadas imagens de Índice de Vegetação por

Diferença Normalizada (NDVI), as quais apresentam associação direta com a quantidade de cobertura vegetal, o índice de área foliar, a cobertura do solo e a interceptação da radiação.

Jacóbsen (2002) trabalhando com imagens do satélite NOAA verificou que parte da variabilidade interanual do padrão de evolução do NDVI no Rio Grande do Sul está associada à ocorrência do fenômeno El Niño/La Niña, como consequência, principalmente, do efeito deste fenômeno sobre a precipitação pluvial do Estado. Em anos de El Niño associado ao aumento na precipitação pluvial, ocorrem anomalias positivas de NDVI, enquanto em anos de La Niña a diminuição da precipitação pluvial proporciona predominância de anomalias negativas de NDVI em algumas regiões do Estado e épocas do ano, sobretudo de novembro a fevereiro.

Com o presente trabalho, objetivou-se avaliar os efeitos da TSM em regiões dos oceanos Pacífico e Atlântico, sobre a cobertura vegetal e sua evolução espacial e temporal no Rio Grande do Sul, usando-se imagens do satélite NOAA.

MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo abrange o Estado do Rio Grande do Sul, localizado entre as latitudes 27°05' e 33°45' S e longitudes 49°43' e 57°39' W, no período de janeiro de 1982 a dezembro de 1999. O conjunto de imagens AVHRR/NOAA utilizado foi fornecido pelo Grupo GIMMS (Global Inventory Monitoring and Modelling Studies) da NASA/GSFC (National Aeronautics and Space Administration/Goddard Space Flight Center), com resolução espacial de 8,0 x 8,0 km. O conjunto de dados de TSM foi obtido junto ao NCEP (National Center for Environmental Prediction) e NCAR (National Center for Atmospheric Research Reanalysis), numa grade regular de 2 x 2°, de cujo dados, foram extraídos valores médios mensais de TSM correspondentes, no Oceano Pacífico, aos: Niño 1+2 (0-10°S; 90-80°W), Niño 3 (5°N-5°S; 150-90°W) e Niño 3.4 (5°N-5°S; 170-120°W) e, no Oceano Atlântico à região compreendida entre as latitudes 30-60°S e longitudes 60-30°W (Figura 1).

A região do Oceano Atlântico foi escolhida por apresentar, em estudos preliminares durante alguns períodos do ano, correlações significativas com certos elementos meteorológicos. As análises foram feitas através do software GRADS (Grid Analysis and Display System), de domínio público, e representa uma poderosa ferramenta de processamento e manipulação de dados matriciais binários.

Inicialmente, desenvolveram-se rotinas para extrair as séries temporais de TSM das regiões de estudo nos oceanos Pacífico e Atlântico, para todos os meses do ano. As séries temporais de TSM e NDVI foram representadas na forma de gráficos de anomalias relativas. A série mensal de NDVI foi contraída a partir de imagens AVHRR/NOAA (Figura 2), transformadas para formato binário, a fim de facilitar o processamento no software GRADS.

Aplicou-se, às séries temporais, o método da correlação simples, de forma a se verificar as relações entre NDVI e TSM, considerando-se os oceanos Pacífico e Atlântico, e se analisou a variação temporal mensalmente, de forma simultânea e com defasagem de 1, 2 e 3 meses, para todos os meses do ano.

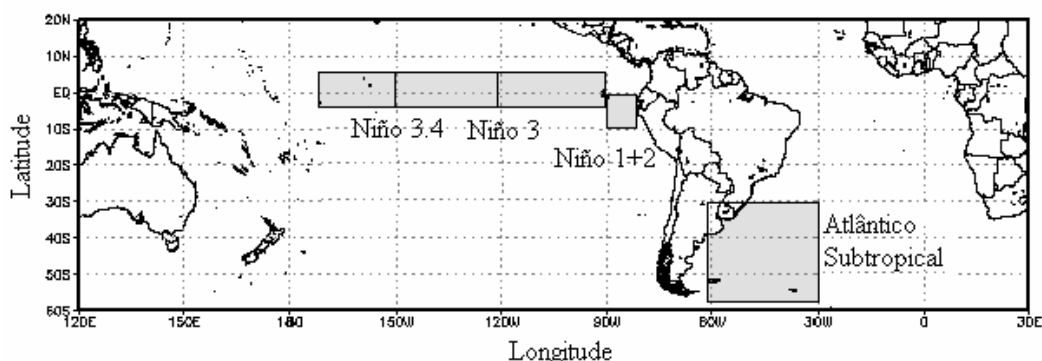


Figura 1. Localização das regiões oceânicas analisadas na correlação com índice de vegetação normalizado no Rio Grande do Sul

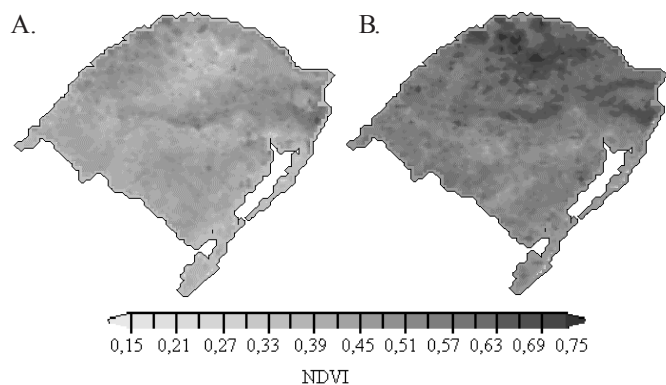


Figura 2. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) médio do período 1982 a 1999, nos meses de julho (A) e fevereiro (B), no Rio Grande do Sul

A correlação é definida por Storch & Zwiers (1999):

$$\text{Cor}_{(X,Y)} = \frac{\text{Cov}_{(X,Y)}}{\sqrt{\text{Var}_{(X)} \text{Var}_{(Y)}}} \quad (1)$$

em que:

$$\text{Cov}_{(X,Y)} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n-1} \quad (2)$$

$$\text{Var}_{(X)} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad (3)$$

$$\text{Var}_{(Y)} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1} \quad (4)$$

sendo que: Cor, Cov e Var representam a correlação, a covariância e variância das variáveis X (TSM) e Y (NDVI).

Para os valores médios de NDVI observados nas regiões com correlações significativas a 95% de probabilidade, ajustou-

se uma função de regressão linear entre as duas variáveis e se testou a significância da regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 3 e 4 apresentam as anomalias relativas de TSM e de NDVI para o período de estudo; nelas verifica-se alta variabilidade interanual da TSM nos oceanos Pacífico e Atlântico e do NDVI, no Rio Grande do Sul. No Oceano Pacífico constata-se anomalias de TSM maiores que no Oceano Atlântico atingindo, na região do Niño 3, valores positivos próximos a 3,0 °C e negativos próximos de -2,3 °C. No Oceano Atlântico as anomalias oscilam de 0,5 a -1,0 °C; já para o NDVI as variações são proporcionalmente maiores, algumas áreas apresentam valores de NDVI próximos de 0,2 durante o inverno, chegando a 0,7 durante o final de verão (variação máxima possível de zero a 1). A variação anual média de TSM e NDVI está indicada na Figura 5, na qual se observa que a amplitude térmica média anual da TSM na região oceânica equatorial é menor que na região subtropical. No oceano Pacífico equatorial a TSM apresenta pequena variação média anual, com valores entre 25 e 27,5 °C, enquanto no oceano Atlântico ocorre maior

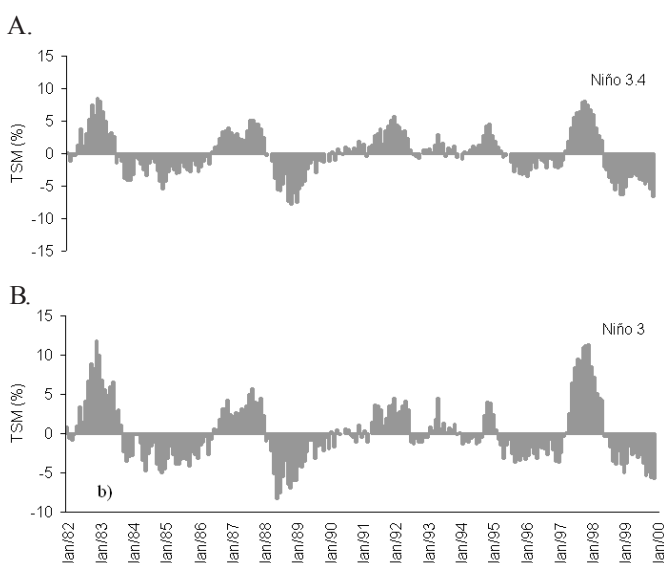


Figura 3. Desvio relativo da média mensal (%) da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) em regiões do oceano Pacífico: Niño 3.4 (A), Niño 3 (B), período de janeiro de 1982 a dezembro de 1999

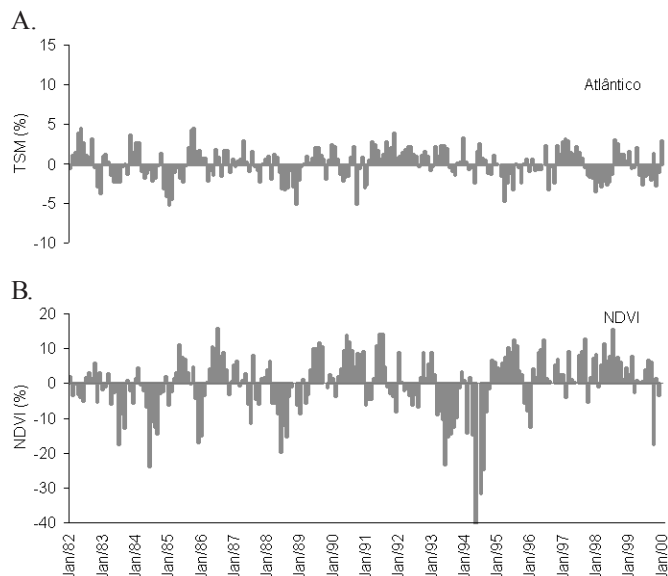


Figura 4. Desvio relativo da média mensal (%) da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do oceano Atlântico Subtropical (A) e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) médio (B) no Rio Grande do Sul, período de janeiro de 1982 a dezembro de 1999.

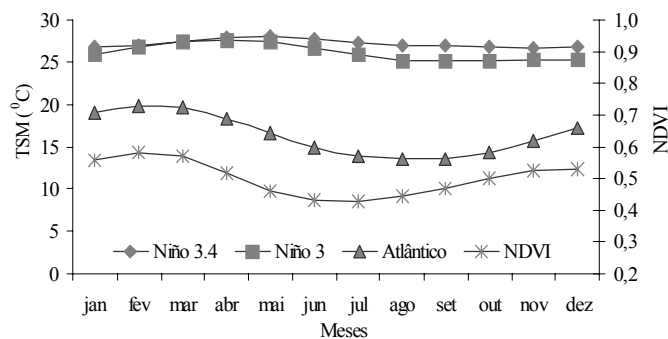


Figura 5. Médias mensais da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Oceano Pacífico equatorial (Niño 3 e Niño 3.4), no Oceano Atlântico subtropical (Atlântico) e do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) médio do Rio Grande do Sul, período de 1982 a 1999

variação na TSM ao longo do ano, sendo a maior temperatura observada no mês de fevereiro (19,9 °C) e a menor temperatura ocorre em setembro (13,5 °C). A variação média ao longo do ano no NDVI aponta para a ocorrência de valores mínimos em julho (0,43) e valores máximos em fevereiro (0,58). Os valores médios mensais de NDVI foram calculados considerando-se toda a área sobre o estado do Rio Grande do Sul.

O Rio Grande do Sul apresenta grandes variações espaciais e temporais na cobertura vegetal, expressos pelo NDVI. As variações espaciais estão associadas às zonas de cobertura e uso do solo, influenciadas pela ação do homem; já as variações temporais do NDVI mostram sua dependência dos elementos meteorológicos ao longo do ano, (Figura 4B). No inverno, em consequência da menor disponibilidade de radiação solar e menor temperatura, são observados os menores valores de NDVI, resultados estes coerentes com os encontrados por Rizzi & Fonseca (2001) e Jacóbsen (2002) no Rio Grande do Sul.

No estudo das correlações entre as TSM de ambos os oceanos e o NDVI, no Rio Grande do Sul, verificaram-se alguns períodos e regiões com coeficientes significativos (a nível de significância a 5%). A tendência geral é do NDVI estar correlacionado com a TSM no Oceano Pacífico equatorial durante os meses de dezembro e janeiro, enquanto para o período de julho a dezembro, é a TSM do Oceano Atlântico subtropical que apresenta maior correlação.

De início, analisaram-se as correlações dentro do próprio mês e, posteriormente, com defasagem de até 3 meses. A seguir, são apresentados os resultados dessas análises, para todos os meses do ano.

Para o NDVI de janeiro foram encontrados valores significativos simultaneamente para os Niño 3.4, Niño 3 e Niño 1+2, sendo o Niño 3.4 a região de maior correlação e na qual os valores de correlação são positivos, sendo maiores quando se usa a defasagem de 2 meses. A anomalia de NDVI sobre parte do Rio Grande do Sul, durante o mês de janeiro, é influenciada positivamente pela anomalia de TSM no Niño 3.4 observada durante o mês de novembro (Figura 6A). As variações de NDVI e TSM no Niño 3 têm o mesmo sentido.

Para o período de fevereiro a junho, não foram encontradas correlações significativas a nível de 5% entre as variações de NDVI sobre o Rio Grande do Sul e as variações de TSM, nos dois Oceanos.

Durante o período de julho a dezembro notou-se que o NDVI sobre o Estado apresenta correlações significativas a 5% com as TSM na região subtropical do Atlântico; no mesmo período, constataram-se correlações positivas durante alguns meses de inverno e negativas durante alguns meses de primavera. As possíveis relações inversas podem estar associadas a efeitos provocados na temperatura mínima durante o inverno e na temperatura máxima durante a primavera. O mês de julho apresentou correlação positiva significativa somente dentro do próprio mês (Figura 6B); no mês de agosto, a correlação também foi positiva, porém com defasagem de 1 mês, ou seja, as variações de NDVI nesse mês são influenciadas pelas variações de TSM do Oceano Atlântico subtropical de julho, (Figura 6C); da mesma forma, encontraram-se correlações positivas para o mês de setembro, com defasagem de 2 meses (Figura 6D), coincidindo com as variações de TSM do Oceano Atlântico, em julho. Percebe-se, durante o mês de julho, que as anomalias de TSM do Oceano Atlântico subtropical influenciam as anomalias de NDVI no trimestre julho-agosto-setembro, tendo as variações o mesmo sentido.

Em relação ao mês de outubro, a área de NDVI sobre o Estado com correlações significativas diminui, mas ainda apresenta áreas com correlações com as anomalias de TSM do Oceano Atlântico subtropical positivas, sendo que as mais significativas são as com defasagem de 2 meses, (Figura 7A). O mês de novembro apresentou áreas com correlações negativas entre o NDVI e a TSM do Oceano Atlântico subtropical, sendo setembro a mais significativa, (Figura 7B). A variação do NDVI durante o mês de dezembro novamente apresentou correlação positiva e significativa com a TSM do Oceano Pacífico, sendo os maiores valores para o Niño 3 e com defasagem de 2 meses, (Figura 7C); entretanto, o mês de

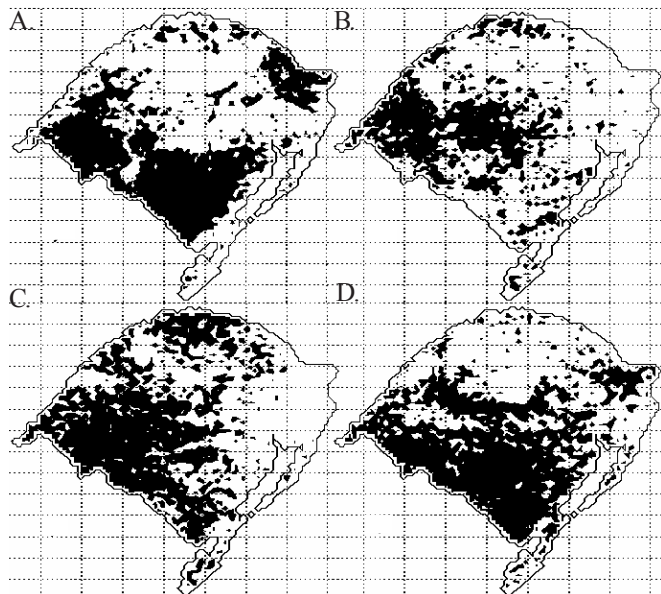


Figura 6. Áreas do Rio Grande do Sul com coeficientes de correlação significativos a nível de 5% entre NDVI e TSM, no período de 1982 a 1999: A. TSM do Oceano Pacífico Equatorial no Niño 3.4 de novembro e NDVI de janeiro; B. TSM do Oceano Atlântico Subtropical de julho e NDVI de julho; C. TSM do Oceano Atlântico Subtropical de julho e NDVI de agosto e D. TSM do Oceano Atlântico Subtropical de julho e NDVI de setembro.

dezembro também apresentou correlações negativas e significativas com a região subtropical do Oceano Atlântico, com defasagem de 3 meses (Figura 7D). Desta forma, o NDVI sobre o RS durante o mês de dezembro é influenciado negativamente pela anomalia de TMS do Atlântico no mês de setembro, ou seja, as variações de NDVI e TSM no Atlântico têm sentido contrário.

Em geral, as áreas do Estado do Rio Grande do Sul, que apresentaram correlações significativas entre NDVI e TSM dos dois oceanos foram aquelas cuja cobertura é predominantemente campos nativos e, portanto, mais influenciadas pelas condições do tempo. Esta hipótese encontra suporte nos resultados de Jacobsen (2002) que, ao relacionar NDVI e precipitação pluvial no Rio Grande do Sul, encontrou correlação significativa apenas para as regiões de campos e, mesmos assim somente em algumas épocas do ano.

Na Figura 8 encontram-se alguns resultados dos ajustes das regressões lineares entre o NDVI médio da área do Estado, cujas correlações com TSM foram significativas (significância de 5%). Os coeficientes de determinação das equações ajustadas variaram entre 0,32 para o mês de julho, tomado o NDVI e a TSM do Oceano Atlântico, de forma simultânea, até 0,54 para o NDVI de novembro e TSM do Oceano Atlântico de setembro.

Estudos anteriores mostraram que no período primavera-verão os aumentos anormais nas TSM do oceano Pacífico Equatorial estão associados a incrementos na precipitação pluvial sobre o Estado (Grimm et al., 1996); assim, possivelmente a correlação positiva observada entre a TSM do Oceano Pacífico equatorial e o NDVI no Rio Grande do Sul, durante o período de dezembro e janeiro está associada a efeitos

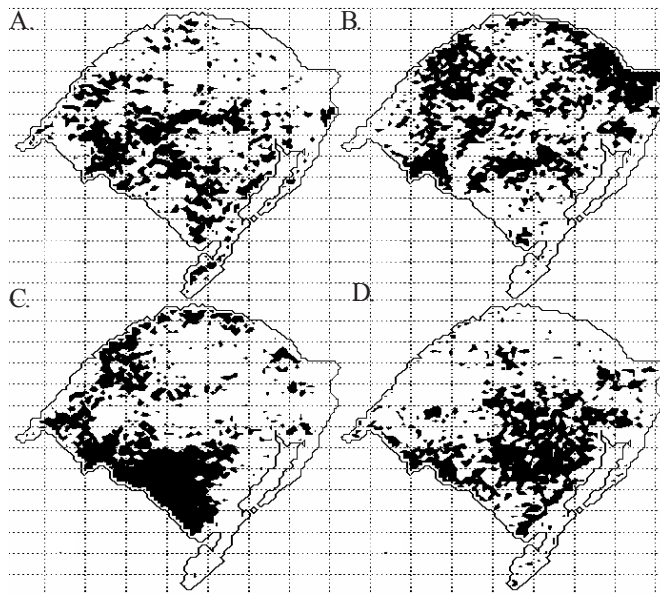


Figura 7. Áreas do Rio Grande do Sul com coeficientes de correlação significativos a nível de 5% entre NDVI e TSM, no período de 1982 a 1999: A. TSM do Oceano Atlântico Subtropical de agosto e NDVI de outubro; B. TSM do Oceano Atlântico Subtropical de setembro e NDVI de novembro; C. TSM do Oceano Pacífico Equatorial no Niño3 de outubro e NDVI de dezembro e D. TSM do Oceano Atlântico Subtropical de setembro e NDVI de dezembro.

provocados na precipitação. Anomalias na precipitação pluvial, especialmente em novembro, podem produzir variação no crescimento vegetal durante os meses seguintes (dezembro e janeiro).

As correlações positivas entre o NDVI no Rio Grande do Sul e a TSM da região subtropical do oceano Atlântico podem estar associadas a efeitos provocados tanto na precipitação pluvial de primavera-verão (Diaz et al., 1998; Grimm & Feuser, 1998) como na temperatura do ar, no inverno-primavera (Diniz, 2002).

A TSM do oceano Atlântico influencia o transporte de umidade, pelos baixos níveis da atmosfera para o Estado, e esta variação de umidade influencia a temperatura do ar, visto que o vapor d'água é um dos principais gases de estufa. Durante o inverno, a precipitação pluvial não é fator limitante ao crescimento vegetal no estado, visto que a demanda evaporativa neste período é muito baixa; assim, muito provavelmente as correlações positivas no período de inverno sejam consequência de alteração na temperatura média mínima. Acredita-se que anomalias positivas de TSM produziram aumentos na umidade do ar, na baixa atmosfera (maior cobertura de nuvens baixas), provocando anomalias positivas de temperatura média mínima; desta forma, as anomalias positivas de TSM do oceano Atlântico provocam aumento na precipitação e também na temperatura mínima, portanto correlações de sinal positivo.

Em novembro e dezembro, as correlações entre NDVI e TSM do oceano Atlântico foram negativas. De maneira similar, supõe-se que o oceano Atlântico continua contribuindo da mesma forma, com transporte de umidade na baixa atmosfera, e que este aumento ou diminuição de vapor provoca variação na

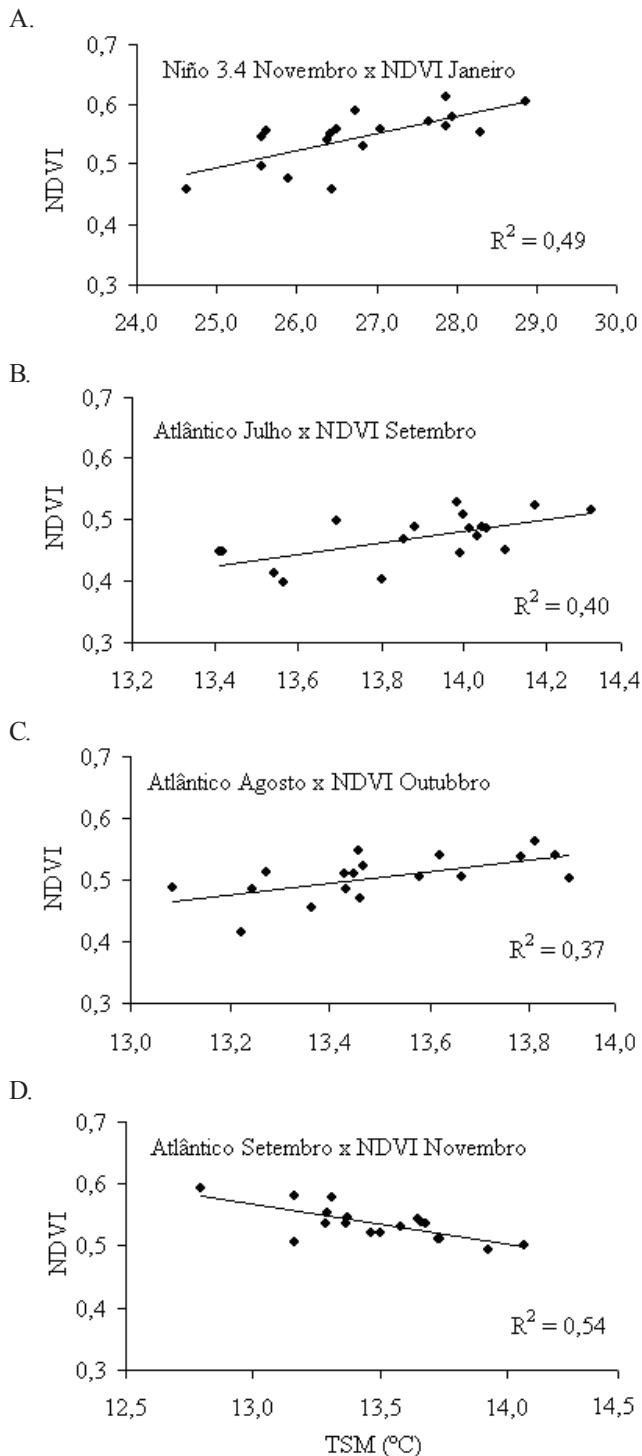


Figura 8. Regressão linear entre Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) médio das áreas do Estado do Rio Grande do Sul com correlações significativas a nível de 5%, nos meses de janeiro (A), setembro (B), outubro (C) e novembro (D), e a Temperatura média da Superfície do Mar (TSM) dos Oceanos Pacífico e Atlântico

cobertura de nuvens sobre o Estado; entretanto, neste período a vegetação sobre o estado seria mais fortemente influenciada pela temperatura média máxima; assim, maiores TSM produziriam maior cobertura de nuvens, provocando redução na temperatura máxima e de forma inversa, ou seja, anomalias negativas de TSM do oceano Atlântico provocam redução de

nebulosidade e, conseqüentemente, aumento da temperatura média máxima.

Neste trabalho foram apresentadas duas hipóteses, as quais devem ainda ser melhor estudadas, em que a primeira é de que o oceano Pacífico apresenta relação positiva com a anomalia de precipitação pluvial, principalmente na primavera-verão, a qual influencia diretamente a vegetação do Rio Grande do Sul durante os meses de dezembro e janeiro, enquanto a segunda hipótese é a de que o oceano Atlântico apresenta relação positiva com a temperatura mínima durante o inverno e relação negativa com a temperatura máxima na primavera.

Recomenda-se, portanto, a continuidade de estudos nesta área, de vez que as equações ajustadas entre NDVI e a TSM de períodos anteriores podem ser utilizadas para a recomendação de manejo dos campos nativos do Estado do Rio Grande do Sul, em um sistema de monitoramento agrícola.

CONCLUSÕES

1. Existe associação entre a TSM dos oceanos Pacífico e Atlântico e o NDVI no Estado do Rio Grande do Sul, a qual é dependente da época do ano e da região do Estado.

2. O NDVI é correlacionado com a TSM no oceano Pacífico Equatorial durante o verão, enquanto para o período de inverno e primavera é a TSM do oceano Atlântico Subtropical que mostra maior correlação.

3. As áreas com correlações significativas a nível de 5% entre NDVI e TSM ocorrem principalmente nas regiões de predominância de campos nativos.

LITERATURA CITADA

- 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, v.2; 1993, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 1993. p. 30-37.
- Diaz, A.E.; Studzinski, C.D.; Mechoso, C.R. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and Southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic oceans. *Journal of Climate*, Boston, v.11, n.2, p.251-271, 1998.
- Diniz, G.B. Determinação de preditores informativos visando a um modelo de previsão climática de temperaturas máxima e mínima para regiões homogêneas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 150p. Tese Doutorado
- Fontana, D.C.; Almeida, T.S. Climatologia do número de dias com precipitação pluvial no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.10, n.1, p.135-141, 2002.
- Fontana, D.C.; Berlato, M.A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira Agrometeorologia*, Santa Maria, v.5, n.1, p.127-132, 1997.

- Grimm, A.M.; Barros, V.R.; Doyle, M.E. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. *Journal of Climate*, Boston, v.13, n.1, p.35-58, 2000.
- Grimm, A.M.; Feuser, V.R. Relações entre temperaturas da superfície do mar sobre o Atlântico e precipitação no sul e sudeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, e Congresso da FLISMET, 1998, Brasília. Anais... Rio de Janeiro: SBMET, 1998, CD Rom
- Grimm, A.M.; Teleginski, S.E.; Freitas, E.D.; Costa, S.M. S.; Ferlizi, P.G.; Gomes, J. Anomalias de precipitação no sul do Brasil, em eventos El Niño. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 9, 1996, Campos do Jordão. Anais...Rio de Janeiro: SBMET, 1996. v.2, p.1098-1102.
- Jacóbsen, L. Efeitos associados a El Niño e La Niña na vegetação do estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 124p. Dissertação Mestrado
- Kousky, V.; Cavalcanti, I.F.A. Eventos Oscilação Sul - El Niño: Características, evolução e anomalias de precipitação. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.36, n.11, p.1888-1899, 1984.
- Lopes, F.; Berlato, M.A. Relações entre a temperatura da superfície do mar da região do Nino 3.4 e a temperatura média mínima do estado do Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 13; 2003, Santa Maria. Anais... Santa Maria: SBA, 2003, CD Rom.
- 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. 83p. Dissertação Mestrado