

Correlação da Precipitação, Temperaturas Máximas e Mínimas do ar no Rio Grande do Sul e a Temperatura na Superfície do Mar dos Oceanos Atlântico e Pacífico Sul

Isabela Nogueira Vaz
Júlio Renato Marques
Fabrício Pereira Härter
Gilberto Barbosa Diniz

Universidade Federal de Pelotas – UFPel
Faculdade de Meteorologia
Campus Universitário s/n – Caixa Postal 354 – CEP 96010-900
isatna@hotmail.com, fabricao.harter@ufpel.edu.br, jmarques_fmet@ufpel.edu.br,
gilberto@ufpel.edu.br

Abstract.

This study aimed to verify the correlations between the variations of rainfall, minimum and maximum temperature for November in Rio Grande do Sul (RS) with the main scores generated by the anomalies of SST (sea surface temperature) of the combined South Atlantic and South Pacific oceans. It was applied the technique of Principal Components (PC) in S mode, generating the Principal Oscillation Patterns (POPs) of the oceans. The main results show significant correlations between the major ocean and precipitation patterns, minimum and maximum temperature of 32 meteorological stations in the RS. Rainfall showed more significant correlations in the northwest of the RS with the scores of the first component, which describes the variations of the Equatorial Pacific SST. The minimum temperature was significantly correlated, especially in the southeast of the RS with the scores of the second component. The second component is associated with SST anomalies especially in the coastal region of Argentina, a region of the enhancement of cold fronts. The maximum temperature was significantly correlated with the scores of the third component, especially in central-east of RS. The third component describes the oceanic areas associated with the formation of the Convergence Zone of the South Atlantic. The correlations between Major Scores SST and meteorological variables showed spatial variations in the magnitude and sign of RS, possibly indicating that the adjustments will increase when using multiple standards ocean combined.

Key-words: rainfall, temperature, maximum, minimum, main components

1.0 Introdução

O conhecimento do regime de precipitação e de temperatura numa região permite definir áreas de aptidão de determinadas culturas, que são condicionadas as variações temporais das mesmas. Portanto, é fundamental conhecer o regime das variações térmicas e hídricas para o Rio Grande do Sul. A economia do Rio Grande do Sul é baseada principalmente na agricultura, pecuária, na geração de energia e nas indústrias, sendo essas atividades bastante suscetíveis às variabilidades climáticas e dependentes da quantidade e distribuição da precipitação pluvial. O Rio Grande do sul apresenta em séries longas, padrão médio de precipitação pluvial bem distribuída ao longo do ano, no entanto, é comum ocorrerem períodos com elevada precipitação, bem como períodos de pouca precipitação. Esses períodos de grandes oscilações caracterizam riscos à agricultura.

Dada a importância do tema, existe vasta literatura a respeito, embora haja poucas pesquisas explorando a técnica abordada neste trabalho. Para destacar a importância do conhecimento de temperatura máxima, cita-se o trabalho de Blumenthal et al. (1995). Os autores estudaram o efeito do estresse térmico causado por elevada temperatura (superior a 35°C), durante o período de enchimento, em características de qualidade de grãos de trigo. Verificaram que houve redução no peso de mil grãos (17% em relação à testemunha), no tempo de desenvolvimento (13%) e na relação glutenina/gliadina (7%) e acréscimo no teor de proteínas (17%), na resistência à quebra (17%), na máxima resistência no pico (7%) e no conteúdo de lipídios (7%).

Entretanto, o conhecimento do regime da temperatura mínima também é de grande interesse para a atividade agrícola. O estudo da geada, por exemplo, é uma condição indispensável para o manejo agrícola, pois prejudica várias culturas, provocando queda da produção e conseqüentes prejuízos econômicos.

Pode-se afirmar ainda que o conhecimento do regime de precipitação e de temperatura de uma região torna-se uma ferramenta indispensável para a tomada de decisões em relação à expansão de fronteiras agrícolas, projetos de instalações e equipamentos para fábricas e para o conforto animal, (Ferreira e Araujo, 1998).

Segundo Valeriano e Picini (2000), dentre os elementos que formam o clima, a temperatura do ar é aquele que influencia mais expressivamente os processos fisiológicos que atuam em animais e plantas. O crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais são fortemente influenciados por este elemento, portanto a produtividade agrícola é associada às variações térmicas do ar.

O conhecimento da precipitação e da temperatura do ar é desta forma, essencial para a condução de estudos de planejamento agrícola, uso do solo, classificação ecológica e de zoneamento ecológico e aptidão climática das culturas (Valeriano e Picini, 2000; Oliveira Neto et al., 2002). A carência de dados históricos de algumas variáveis meteorológicas, no entanto, limita a prática da caracterização das condições climáticas.

Várias pesquisas mostraram evidências de que os oceanos Atlântico e Pacífico desempenham um papel significativo nas flutuações climáticas, como as que ocorrem na região Sul do Brasil (Ropelewski & Halpert, 1987, Diaz et al., 1998; Grimm et al., 2000; Marques, 2006). As relações mais claras das interações entre oceano e atmosfera aparecem nos grandes eventos do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS).

Diaz et al. (1998) estudaram a influência das TSM no Atlântico Sul e no pacífico Equatorial nas precipitações pluviiais da Região sul do Brasil encontrando uma boa coerência espacial entre as anomalias de TSM, principalmente para o período de outubro a dezembro com uma maior homogeneidade na Região mais ao sul. Marques (2006) mostrou que, durante o período da primavera a precipitação pluvial no RS apresenta maior relação com a TSM do oceano pacífico Equatorial, mas durante o verão, é a TSM do Atlântico Subtropical que apresenta maior relação com a precipitação no Rio Grande do Sul.

Com o objetivo de suprir essa escassez de dados, diversos pesquisadores (Sediyama e Melo Junior, 1998; Marin et al., 2003; Pezzopane et al., 2004; Medeiros et al., 2005, entre outros) ajustaram equações de regressão que possibilitam a estimativa de valores médios mensais de algumas variáveis meteorológicas em função da latitude, longitude e altitude do local de interesse. Entretanto essas equações não resultam em estimativas confiáveis quando, por exemplo, são aplicadas em regiões onde há uma severa variação de altitude (Medeiros et al., 2005).

Uma opção viável para estimar variáveis climáticas são as Redes Neurais Artificiais (RNA), dada a sua capacidade de resolver problemas não-lineares. Portanto, foi proposta a aplicação desta técnica em um projeto maior, intitulado “Estimativa de Temperaturas Máximas e Mínimas para o Rio Grande do Sul através Redes Neurais Artificiais”. Entretanto, por ser tratar de um problema não-linear de grande dimensão, aplica-se a Análise de Componentes Principais, para reduzir o número de padrões de entrada da Rede Neural Perceptron de Múltiplas Camadas (RN-PMC) e, conseqüentemente reduzir o espaço de busca na minimização do gradiente, durante o treinamento da RN-PMC.

Neste trabalho é apresentada apenas uma parte do projeto, onde se avalia a tarefa de extrair as componentes principais de uma série de temperatura da superfície do mar. Para salientar a importância das variações térmicas combinadas dos oceanos Pacífico e Atlântico nas principais variáveis meteorológicas, fez-se uma correlação simples entre os principais

padrões oceânicos e as variações da precipitação, temperatura mínima e máxima mensal no Rio Grande do Sul.

O objetivo principal do projeto é modelar as principais variáveis meteorológicas a partir dos principais padrões combinados de TSM, verificando se a aplicação de Redes Neurais Artificiais pode representar melhor os ajustes. Acredita-se assim, que ao final do projeto os resultados aprimorem a previsão de precipitação e de temperatura máximas e mínimas em relação às técnicas tradicionais, como os métodos de interpolação e a regressão linear.

2.0 Metodologia

A técnica definida como função Ortogonal Empírica (EOF), também conhecida por Componente Principais (CP) foi aplicada às anomalias médias mensais de TSM do mês de novembro, entre os anos de 1982 a 2009. Conforme Mingoti (2007) a técnica chamada de Análise de Componentes Principais (ACP) tem como objetivo principal explicar a estrutura de variância e covariância de um vetor aleatório, composto de p -variáveis aleatórias, através da construção de combinações lineares das variáveis originais. Quando há p -variável original é possível se obter p CP. Entretanto, em geral se deseja obter “redução do número de variáveis a serem analisadas e interpretação das combinações lineares construídas”, ou seja, a informação contida nas p -variáveis originais é substituída pela informação contida em k ($k < p$) CP não correlacionadas. Dessa maneira, o sistema de variabilidade do vetor aleatório composto das p -variáveis originais é aproximado pelo sistema de variabilidade do vetor aleatório que contém as k CP. A qualidade da aproximação depende do número de componentes mantidas no sistema e pode ser medida através da avaliação da proporção de variância total explicada por essas.

A obtenção das CP envolve a decomposição da matriz de covariâncias do vetor aleatório de interesse. Uma transformação muito usual é a padronização das variáveis do vetor pelas respectivas médias e desvios padrões, gerando-se novas variáveis centradas em zero e com variâncias iguais a 1. Nesse caso, as CP são determinadas a partir da matriz de covariâncias das variáveis originais padronizadas, o que é equivalente a se extrair as componentes se utilizando a matriz de correlação das variáveis originais. Assim, uma vez determinadas as CP, os seus valores numéricos, chamados de escores, podem ser calculados para cada elemento amostral. Desse modo, os valores de cada componente podem ser analisados, usando-se técnicas estatísticas usuais como análise de variância e análise de regressão, dentre outras.

A transformação dos dados originais em um novo conjunto faz uso da matriz variância-covariância ou da matriz correlação dos dados originais. A matriz variância-covariância representa a influência que uma variável tem sobre a variação de outra. Neste trabalho foi utilizada a matriz correlação, a qual mostra o grau de associação entre duas variáveis aleatórias X e Y , sendo expressa pelo coeficiente de correlação, que é uma medida definida a partir da covariância entre duas variáveis aleatórias

Para verificar individualmente a importância de cada Padrão de Oscilação Principal (POP), foram calculados os coeficientes de correlação simples com as variações de temperatura mínima, temperatura máxima e precipitações acumulada mensal de 32 estações meteorológicas para o mês de novembro no Rio Grande do Sul. O nível de significância dos coeficientes de correlação (R) foi testado através do teste t (student).

A descrição da metodologia associada a Redes Neurais Artificiais (RNA) será brevemente citada, sendo mais detalhada em trabalho futuro, visto que os resultados não são aqui apresentados. A RNA é um sistema computacional paralelo e bem distribuído de processamento. É capaz de aprender e armazenar conhecimento por meio de unidades simples, chamadas de nós ou neurônios artificiais, os quais calculam determinadas funções matemáticas. Sua aprendizagem se deve as diversas conexões entre essas unidades, dispostas

em uma ou mais camada, associadas a pesos. A fase de aprendizado, também conhecida como treinamento, consiste em extrair características necessárias de um conjunto apresentado à rede e representar uma informação a priori. Na fase denominada ativação, tais características são armazenadas nos pesos sinápticos e utilizadas para gerar respostas.

Um ponto fundamental no processamento das redes neurais é tomar um critério de parada para o seu treino. Normalmente a RNA é treinada até que um erro objetivo seja alcançado. Esse critério pode ser aplicado como paradigma de aprendizado supervisionado.

2.1 Dados

Foram utilizados dados de precipitação acumulada, temperatura mínima e máxima mensal de novembro de 32 estações meteorológicas distribuídas no Estado, no período de 1982 a 2009, pertencentes ao 8º DISME/INMET (Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia) e FEPAGRO-RS (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Sul).

Os dados originais de TSM foram obtidos na NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration/Earth System Research Laboratory), com grade global de 1º latitude x 1º longitude no formato Network Common Data Form (NetCDF), abrangendo os oceanos Atlântico e Pacífico Sul. Os dados de TSM estão disponíveis em http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/db_search/DBSearch.pl.

3. Resultados

Foram calculadas as 10 Componentes Principais (CP), no entanto, as maiores variações de TSM ocorrem entre as primeiras. Optou-se por apresentar as dez primeiras componentes, visto que as demais apresentaram percentual individual de explicação inferior a 3% e, portanto, pouco significativas na explicação da variação total da TSM sobre os oceanos Atlântico e Pacífico. Os percentuais mostram maiores pesos na variação total explicada pelas primeiras componentes, sendo que os primeiros quatro representam um total de 50% do total.

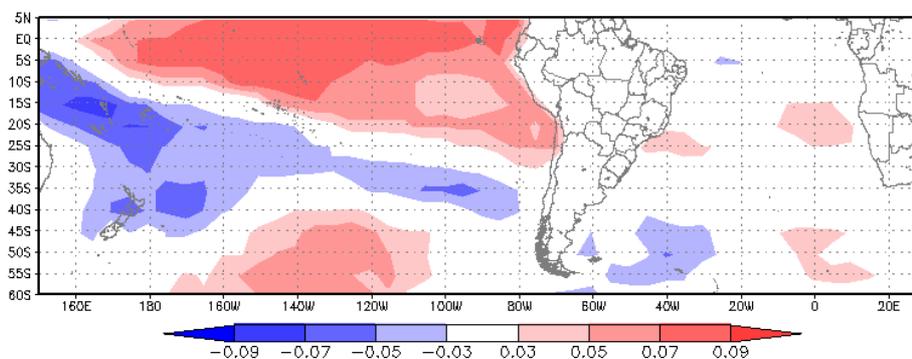
A primeira representa grande importância neste total (23%), seguido da segunda (9%) e da terceira (9%). As componentes quinta e sexta explicam aproximadamente 5% cada, mas as demais apresentam pesos menores na variação total, sendo que em determinadas análises podem estar associados a eventos raros e muitas vezes importantes em estudos de casos extremos. O percentual acumulado da explicação da variação total chega a 60% com a combinação dos seis primeiros padrões.

Os Padrões Principais de Oscilação (POP) dos oceanos são representados pela magnitude dos autovetores de cada componente, onde o sinal é apenas a forma de organizar os vetores (vetores são ortogonais entre si). O Primeiro Padrão de Oscilação (POP) das anomalias de TSM destaca a área do Pacífico Equatorial Central (Fig.1a), região predominante dos eventos ENOS, as quais apresentam extremos positivos (El Niño) e negativos (La Niña), gerando as maiores variações temporais da série. As variações temporais desta série, representadas pelos Escores dos Componentes está apresentada na Fig. 2a, onde os maiores valores representam os anos de El Niño, enquanto os menores os anos de La Niña.

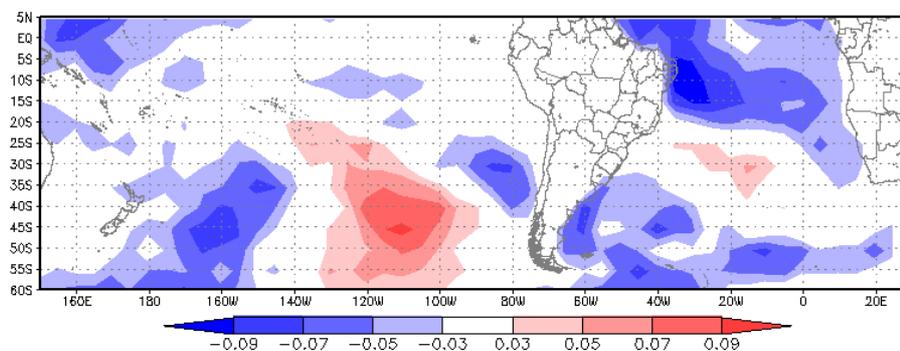
O segundo padrão de oscilação (Fig. 1b) tem por destaque os contrastes opostos de sinais de anomalias nas áreas do Atlântico Sul e Atlântico Equatorial, anomalias associadas à intensificação ou enfraquecimento da corrente das Malvinas (litoral sul da Argentina) e a intensificação ou enfraquecimento da corrente do Brasil (litoral da região Nordeste do Brasil). A intensificação ou enfraquecimento da corrente do Brasil está associado a também intensificação ou enfraquecimento dos ventos de Leste que variam ao longo do período estudado. Os escores deste componente são apresentados na Fig. 2b.

O terceiro padrão de oscilação dos oceanos (Fig. 1c) representa principalmente as oscilações de TSM na região do Atlântico Sul, e este padrão representa os períodos com forte

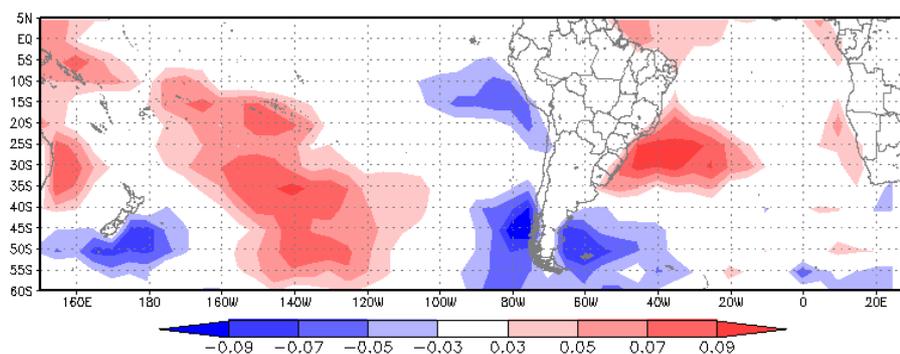
atividade da zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A formação de ZCAS em geral produz muita chuva no Sudeste do Brasil e estiagens no Sul, apesar deste período não ser o de maior frequência de ocorrência destes eventos. As variações dos escores desta componente são representadas na Fig.2c.



a)



b)



c)

Figura 1. Padrões de Oscilação Principal da anomalia de TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico; a) Primeiro Componente; b) Segundo Componente; c) Terceiro Componente.

Os coeficientes de correlação individual entre os Escores do primeiro componente principal e as precipitações acumulada de novembro em 32 estações meteorológicas no Rio Grande do Sul são apresentados na Fig. 3a. Nota-se que os valores individualmente são todos significativos a 1% de probabilidade. Apesar de a correlação ser significativa, estes resultados confirmam que a variável precipitação é muito complexa para ser facilmente explicada por apenas um indicador. A região de maior sinal nesta correlação é a parte noroeste do Estado.

Esta região foi apontada como a de maior relação com os eventos ENOS. Este resultado confirma esta relação, visto que as áreas oceânicas de maior peso na composição do Escore do primeiro componente são as anomalias de TSM do oceano Pacífico Central (Fig.1a). Pela Fig.3a nota-se que os coeficientes de correlação são predominantemente positivos, confirmando a relação de anomalias positivas de precipitação em eventos El Niños e anomalias negativas de precipitação em eventos La Niñas.

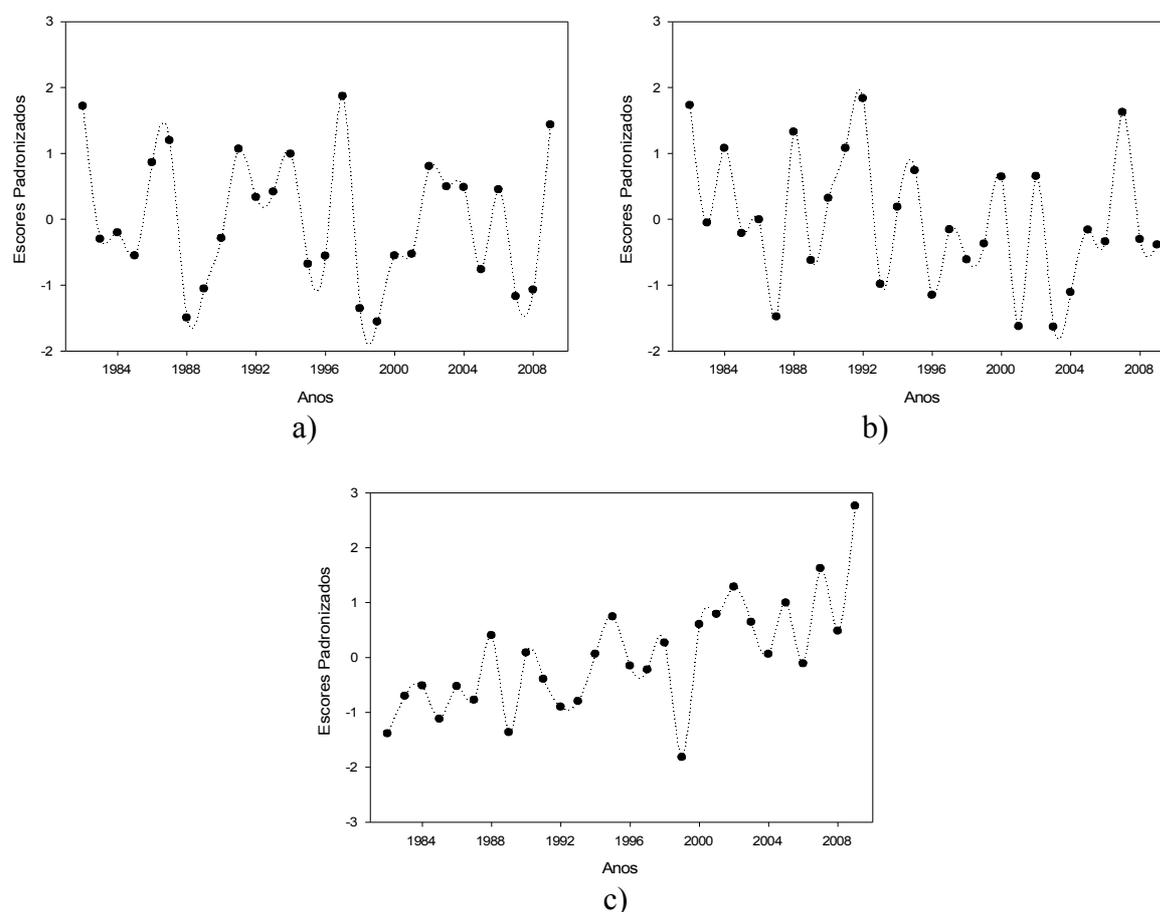


Figura 2. Série temporal dos Escores, mês de novembro no período de 1982 a 2009; a) Primeiro Componente; b) Segundo Componente; c) Terceiro Componente.

Os coeficientes de correlação entre os Escores do segundo componente e as variações mensal de temperatura mínima (Fig.3.b) de novembro no Rio Grande do Sul mostraram maiores significância na parte sudeste do Estado. Os valores dos Escores do segundo padrão de oscilação são gerados principalmente pelas anomalias de TSM que ocorrem em áreas do Atlântico Sul e Atlântico Equatorial, especialmente as anomalias associadas à intensificação ou enfraquecimento da corrente das Malvinas (litoral da Argentina). Os coeficientes são predominantemente negativos, indicando que anomalias positivas de TSM nesta área está relacionado a também anomalias positiva de temperatura mínima mensal ou inverso. Esta região oceânica é conhecida como uma região de intensificação das frentes frias que passam pelo Rio Grande do Sul. Maior quantidade de umidade ou maior intensidade de frentes frias representa maior cobertura de nuvens durante o mês, contribuindo para que a temperatura mínima mantenha-se pouco acima do padrão normal. Situação inversa, ou seja, menor intensidade das frentes frias, maior predomínio de ar seco e, conseqüentemente menor cobertura de nuvens, ocorrendo assim maior perda de radiação de onda longa e ocorrência de temperaturas mínimas menores.

Os coeficientes entre os Escores do terceiro componente e as variações de temperatura máxima são mostrados na Fig. 3c. O sinal do coeficiente é predominantemente negativo e de maior significância em áreas centro-leste do Estado. Estes escores padrões são representados por anomalias que estão associadas à formação da zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A formação de ZCAS em geral produz muita chuva no Sudeste do Brasil e estiagens no Sul. A formação da ZCAS também aumenta as temperaturas máximas no Rio Grande do Sul, visto que a intensificação deste sistema impede a passagem normal das frentes frias pelo Rio Grande do Sul, mantendo o ar mais seco e temperaturas máximas maiores. Pela Fig. 2c nota-se que existe uma clara tendência de crescimento na série dos escores, no entanto os coeficientes são negativos, indicando que existe também uma clara tendência de decréscimo na série de temperaturas máximas no mês de novembro, especialmente na região centro-leste, situação contrária ao cenário global.

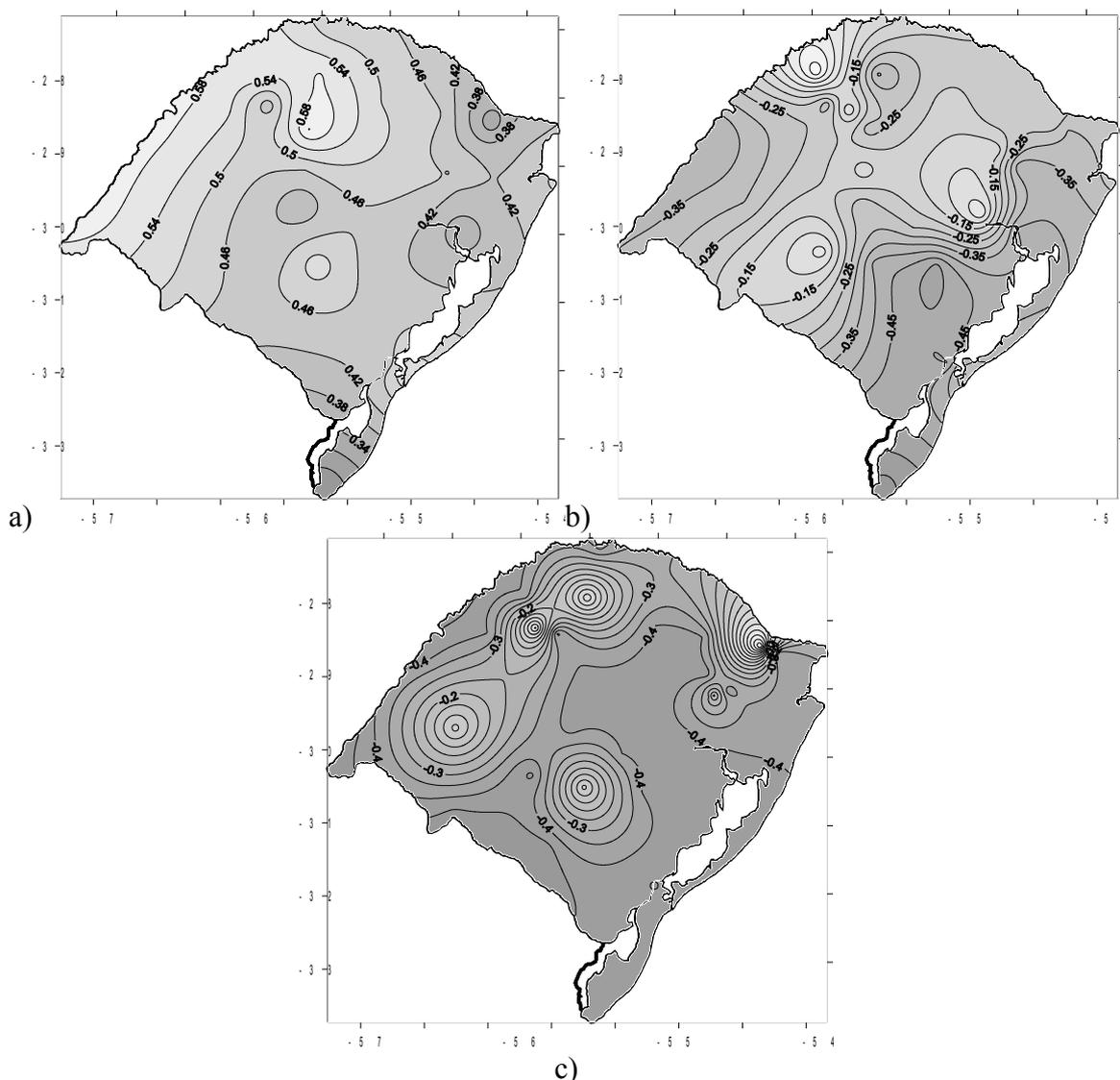


Figura 3. Coeficiente de correlação para o mês de novembro; a) Escores do primeiro componente e a precipitação acumulada; b) Escores do segundo componente e a temperatura mínima; c) Escores do terceiro componente e a temperatura máxima.

2.5 Conclusão

A decomposição das TSM dos oceanos Pacífico e Atlântico Sul no mês de novembro em Padrões de Oscilação Principais, permite mostrar as principais variações térmicas espaciais dos oceanos. Os Escores Principais, gerados pelos pesos espaciais de cada Padrão de Oscilação, apresentaram valores de correlações individuais significativos com a precipitação acumulada, temperatura mínima e máxima mensal de novembro no Rio Grande do Sul.

As correlações entre os Escores Principais de TSM e precipitação acumulada, temperatura mínima e máxima mostraram variações espaciais, tanto de magnitude quanto de sinal no Rio Grande do Sul, indicando que possivelmente os ajustes aumentem ao se usar vários padrões oceânicos combinados.

Referências Bibliográficas

DIAZ, A. E.; STUDZINKI, C.D.;MECHOSO, C.R. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and Southern Brazil and sea temperature in the Pacific and Atlantic oceans. **Journal of Climate**, Boston, v.11, n.2, p.251-271, 1998.

GRIMM, A. M. et al. 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.

Marin, F.R.; Pandorfi, H.; Ferreira, A.S. Estimativa das temperaturas máximas, mínimas e médias mensais para o Brasil. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 13., 2003 Santa Maria. **Anais...**, Santa Maria: SBA 2003. CD-ROM.

MARQUES, J. R.; DINIZ, G. B.; PRESTES, S. D. Anomalia na TSM associadas às fortes anomalias na produtividade da soja no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14, 2006, Florianópolis. C-2047.

MEDEIROS, S.S.; CECÍLIO, R.A.; MELO JÚNIOR, J.C.F.; SILVA JÚNIOR, J.L.C. Estimativa e espacialização das normais das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 9,(2):247-255, 2005.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007. 295p.

OLIVEIRA NETO, S.N.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; LEITE, H.G.; COSTA, J.M.N. Estimativa de temperaturas mínima, média e máxima do território brasileiro situado entre 16 e 24° latitude sul e 48 e 60° longitude oeste. **Engenharia na Agricultura**, v.10, n.1-4, p.57-61, 2002.

PEZZOPANE, J. E. M.; SANTOS, E. A.; ELEUTÉRIO, M. M.; REIS, E. F.; SANTOS, A. R. Espacialização da temperatura do ar no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n.1, p. 151-158, 2004.

SEDIYAMA, G.C.; MELO JÚNIOR, J.C.F. Modelos para estimativas das temperaturas normais mensais médias, máximas, mínimas e anual no Estado de Minas Gerais. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.6, n.1, p.57 - 61, 1998.

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, Boston, v.115, n.8, p.1606-1626, 1987.

VALERIANO, M.M.; PICINI, A.G. Uso de Sistema de Informações Geográfica para a geração de mapas de médias mensais de temperatura do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.2, p.255-262, 2000.