

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Meteorologia



Dissertação

Juliano Lisbôa Gruppelli

**Relação entre a precipitação pluvial na região Nordeste do Rio
Grande do Sul e a Temperatura da Superfície do Mar dos oceanos
Atlântico e Pacífico**

PELOTAS, 2007

Juliano Lisboa Gruppelli

**RELAÇÃO ENTRE A PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NA REGIÃO
NORDESTE DO RIO GRANDE DO SUL E A TEMPERATURA DA
SUPERFÍCIE DO MAR DOS OCEANOS ATLÂNTICO E PACÍFICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Meteorologia da UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (M.S.).

Orientador: Prof. Dr. Julio Renato Marques

Co-Orientador: Prof. Dr. Gilberto Barbosa Diniz

PELOTAS, 2007

Banca examinadora:

Prof. Dr. Francisco Mandelli (Externo)

Prof.^a Dr.^a Simone de Assis Vieira

Prof. Dr. Julio Renato Marques (Orientador)

Prof. Dr. Gilberto Barbosa Diniz (Co-Orientador)

Dedico este trabalho aos meus pais Celso e Vera Lúcia, e às minhas irmãs Patrícia, Cíntia e Jaqueline, pelo incentivo e estímulo à busca de meu desenvolvimento profissional e pessoal.

Agradecimentos

Primeiramente a Jesus Cristo, por estar sempre presente na minha vida dando-me força, saúde e discernimento para conduzi-la da melhor forma possível.

À Universidade Federal de Pelotas, pela oportunidade de realizar o curso de Pós-Graduação em Meteorologia.

Ao Prof. Dr. Julio Renato Marques, pela sua dedicação, apoio e amizade, na orientação do desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Gilberto Barbosa Diniz, pelo apoio na realização deste projeto.

À minha irmã Jaqueline pela paciência na correção da Língua Portuguesa desta dissertação.

A todos os professores e funcionários do curso de Pós-Graduação em Meteorologia, pela dedicação e apoio recebidos.

Aos colegas da Pós-Graduação, pelo estímulo e amizade.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

RESUMO

GRUPPELLI, Juliano Lisbôa. **Relação entre a Precipitação Pluvial na Região Nordeste do Rio Grande do Sul e a Temperatura da Superfície do Mar dos Oceanos Atlântico e Pacífico**. 2007. 59f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Vários estudos fornecem evidências de que os oceanos Atlântico e Pacífico desempenham um papel significativo nas flutuações climáticas que ocorrem na região Sul do Brasil, influenciando principalmente na precipitação pluvial. Dentre as variáveis mais utilizadas, pesquisadas e que mais influenciam na precipitação pluvial, destaca-se a Temperatura da Superfície do Mar (TSM). Desta forma os objetivos principais deste trabalho são: identificar os padrões de anomalias da TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico e suas relações na precipitação pluvial na região Nordeste do Rio Grande do Sul, nos meses de outubro a março; e analisar a possibilidade de uma previsibilidade da precipitação pluvial com alguns meses de antecedência. Assim, foram definidas as regiões homogêneas de precipitação pluvial no Rio Grande do Sul e para definir estas regiões, aplicou-se o método de classificação K-means sobre os escores dos primeiros componentes principais, derivados do conjunto de dados de precipitação pluvial mensal de 25 estações meteorológicas, no período de outubro a março de 1982 a 2005. Foi escolhida a região homogênea definida como região Nordeste do Rio Grande do Sul, sendo verificada a relação entre a variabilidade da precipitação pluvial mensal e a temperatura na superfície dos oceanos Atlântico e Pacífico. Os resultados mostraram que o primeiro padrão principal de sete áreas oceânicas apresentou correlação altamente significativa com a precipitação pluvial acumulada de janeiro e fevereiro nesta região e, conseqüentemente, uma correlação com a potencialidade qualitativa da uva. Também ficou evidente a alta previsibilidade do padrão predominante nos meses de janeiro e fevereiro, a partir de anomalias da TSM média de outubro-novembro.

Palavras-chave: Precipitação pluvial. Análise de agrupamento. Coeficiente de correlação. Anomalia de TSM.

ABSTRACT

GRUPPELLI, Juliano Lisbôa. **Relação entre a Precipitação Pluvial na Região Nordeste do Rio Grande do Sul e a Temperatura da Superfície do Mar dos Oceanos Atlântico e Pacífico**. 2007. 59f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Some studies supply evidences of that the Atlantic and Pacific oceans play a significant role in the climatic fluctuations that occur in the south region of Brazil, influencing mainly in the pluvial precipitation of this region. Among the more used exploratory variable and searched there is the sea surface temperature (SST). Then the main objectives of this work are to identify the standards of anomalies of the SST of the Atlantic and Pacific oceans and they relations in the pluvial precipitation in the Northeast region of Rio Grande do Sul in the October to the March months and to analyze the possibility of the previsibility of the pluvial precipitation with some months of antecedence. Thus the homogeneous pluvial precipitation regions had been defined in Rio Grande do Sul. To define these regions, the method of K-means classification was applied on scores of the first main components, derivatives of the data set of monthly pluvial precipitation of 25 meteorological stations, in the period of october to march from 1982 to 2005. The defined homogeneous region was chosen as Northeast region of Rio Grande do Sul, being verified the relation between the variability of the monthly pluvial precipitation and the temperature in the surface of the Atlantic and Pacific oceans. The results had shown that the first main standard of 7 oceanic areas had presented highly significant correlation with the accumulated pluvial precipitation of january and february in this region, and consequently a correlation with the quality of the grape. Also, the high previsibility of the predominant standard in the months of january and february from anomalies of the SST average of october-november was evident.

Keywords: Pluvial precipitation. Grouping analyses. Correlation coefficient. Anomalies of SST.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Estações meteorológicas do Rio Grande do Sul e suas coordenadas espaciais, latitude, longitude e altitude, período de 1982 a 2005.....	23
Tabela 2	Localização das posições de TSM escolhidas nos oceanos Atlântico e Pacífico, segundo as coordenadas latitude e longitude e seu coeficiente de correlação.....	46

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Distribuição das estações meteorológicas no Rio Grande do Sul.....	22
FIGURA 2	Área de abrangência da TSM média mensal dos oceanos Atlântico e Pacífico.....	24
FIGURA 3	Regiões homogêneas de precipitação pluvial obtidas pelo método K-means referente ao período de outubro a março de 1982 a 2005 para o Rio Grande do Sul.....	32
FIGURA 4	Distribuição da precipitação pluvial nos meses de outubro a março de 1981 a 2005 para as 5 regiões homogêneas.....	33
FIGURA 5	Região homogênea de precipitação pluvial escolhida. Definida como região Nordeste.....	34
FIGURA 6	Climatologia da precipitação pluvial média no período de outubro a março de 1982 a 2005 da região Nordeste do Estado.....	35
FIGURA 7	Climatologia mensal de precipitação pluvial da região Nordeste do Rio Grande do Sul, período de 1982 a 2005.....	37
FIGURA 8	Regiões dos Niños no Pacífico equatorial.....	37
FIGURA 9	Relação entre a anomalia da TSM média de janeiro e fevereiro na região do Niño 3.4 e a anomalia de precipitação pluvial total de janeiro e fevereiro na região Nordeste do Estado, período de 1982 a 2005.....	38
FIGURA 10	Temperatura média de janeiro e fevereiro na superfície do mar, período de 1982 a 2005.....	41
FIGURA 11	Climatologia das anomalias médias de TSM (°C) nos meses de janeiro e fevereiro a) em anos de alto potencial da uva; b) em anos de alto potencial da uva.....	43

FIGURA 12	Correlação entre a precipitação pluvial acumulada de janeiro-fevereiro e a temperatura da superfície do mar média dos oceanos Atlântico e Pacífico nos meses de janeiro e fevereiro no período de 1982 a 2005.....	45
FIGURA 13	Coeficiente de Correlação dos escores dos componentes principais, derivados das TSM selecionadas, correlacionados com a precipitação pluvial média acumulada de janeiro e fevereiro no período de 1982 a 2005.....	46
FIGURA 14	Posições, nos oceanos Atlântico e Pacífico, dos 7 núcleos principais de maior correlação com a precipitação pluvial na região Nordeste do Estado.....	47
FIGURA 15	Magnitude dos autovetores associados ao primeiro componente e as posições no oceano de maior importância na explicação das chuvas de janeiro e fevereiro.....	48
FIGURA 16	Relação entre a precipitação pluvial acumulada de janeiro e fevereiro da região Nordeste do Estado e os escores do primeiro componente principal, derivado das TSM selecionadas nos oceanos Atlântico e Pacífico, período de 1982 a 2005.....	49
FIGURA 17	Correlação entre a precipitação pluvial acumulada de janeiro-fevereiro e a temperatura da superfície do mar média dos oceanos Atlântico e Pacífico nos meses de outubro e novembro no período de 1983 a 2005.....	51
FIGURA 18	Relação entre as anomalias de TSM significativas de outubro e novembro da região de maior correlação dos oceanos (P_117) e os escores do primeiro componente principal obtido da série temporal de janeiro e fevereiro, derivados de 7 áreas de TSM, período de 1982 a 2005.....	52

SUMÁRIO

	Páginas
1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1. A importância da precipitação pluvial para a agricultura do Rio Grande do Sul e sua relação com a TSM.....	16
2.2. Precipitação pluvial e a potencialidade da uva.....	18
2.3. Climatologia da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul e os fenômenos El niño/La Niña	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1. Material.....	22
3.1.1. Dados meteorológicos de precipitação pluvial do Rio Grande do Sul.....	22
3.1.2. Dados da Temperatura da Superfície do Mar dos oceanos Atlântico e Pacífico	23
3.2. Metodologia	24
3.2.1. Definição das regiões homogêneas de precipitação pluvial no Rio Grande do Sul	24
3.2.1.1. Método de classificação K-means	24
3.2.1.2. Componentes Principais	25
3.2.2. Análise da climatologia mensal de precipitação pluvial da região Nordeste do Rio Grande do Sul e sua relação com a TSM.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1. Definição das regiões homogêneas de precipitação pluvial no Rio Grande do Sul através do método de classificação K - means	32
4.2. Variabilidade temporal da precipitação pluvial na região Nordeste do Rio Grande do Sul e sua influência na potencialidade qualitativa da uva.....	35
4.3. Influência do fenômeno ENOS na potencialidade qualitativa da uva no Rio Grande do Sul	37

4.4.	Climatologia das anomalias de TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico em anos de alto e baixo potenciais qualitativos da uva na região Nordeste do Estado.....	40
4.5.	Identificação das áreas oceânicas de maior correlação entre as anomalias de TSM com a precipitação pluvial regional	44
4.6.	Previsibilidade do primeiro padrão principal de TSM nos meses de janeiro e fevereiro utilizando indicadores oceânicos de outubro e novembro	49
5.	CONCLUSÕES	53
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1 Introdução

A economia da região Sul é baseada principalmente na agricultura, com aproximadamente 57% da produção nacional de grãos. Baseia-se também na 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 (BERLATO, 1992).

O Rio Grande do Sul apresenta, em séries longas, padrão médio de precipitação pluvial bem distribuída ao longo do ano, entretanto, com grandes variações em torno dela. É comum no Estado ocorrerem períodos com elevada precipitação pluvial, bem como períodos de pouca precipitação pluvial. Esses períodos de grandes oscilações caracterizam riscos à agricultura como, por exemplo, na qualidade da uva da Serra do Nordeste gaúcho.

Segundo Berlato (1992), a precipitação pluvial anual média do Rio Grande do Sul é da ordem de 1.540mm, sendo superior a 1.500mm na metade Norte do Estado e inferior a este valor na metade Sul. Sua distribuição nas quatro estações do ano é bastante uniforme, apresentando, em média, 24% no verão, 25% no outono, 25% no inverno e 26% na primavera.

Uma das culturas de grande importância para a economia do Rio Grande do Sul é a videira. Embora as produções de vinho, suco de uva e demais derivados da uva e do vinho também ocorrem em outras regiões, a maior concentração encontra-se no Rio Grande do Sul, onde são elaborados, anualmente, em média, 330 milhões de litros de vinhos e mostos, representando 95% da produção nacional. O clima possui forte influência sobre a videira, sendo importante na definição das potencialidades das regiões. Ele interage com os demais componentes do meio natural, em particular com o solo, assim como com o cultivar e com as técnicas agrônômicas de cultivo. A precipitação pluviométrica é um dos elementos

meteorológicos mais importantes na viticultura, sendo esta uma cultura bastante resistente à seca. Para a videira influem não somente a quantidade total de chuvas, mas também sua distribuição ao longo do ciclo vegetativo. Por estes motivos é de fundamental importância o estudo da precipitação pluvial na região Nordeste do Estado.

Vários estudos fornecem evidências de que os oceanos Atlântico e Pacífico desempenham um papel significativo nas flutuações climáticas que ocorrem na região Sul do Brasil (DIAZ et al., 1998; GRIMM et al., 1998; GRIMM et al., 2000). Dentre as variáveis exploratórias mais utilizadas destaca-se a Temperatura da Superfície do Mar (TSM). A interação entre os oceanos e a atmosfera tem estimulado pesquisas no sentido de buscar as possíveis relações com os impactos das variações climáticas no meio ambiente. Entender qual o papel relativo dos oceanos no clima global em diferentes escalas de tempo ainda encontra-se em fase exploratória. As relações mais claras das interações entre oceano e atmosfera aparecem nos grandes eventos do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). O El Niño é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais no oceano Pacífico Tropical e que pode afetar o clima regional e global, mudando os padrões de vento em nível mundial, afetando, assim, os regimes de chuva em regiões tropicais e de latitudes médias.

Dentre as diferentes áreas de impactos relacionadas ao fenômeno ENOS, incluem-se duas grandes áreas, o Sudeste e o Nordeste da América do Sul (ROPELEWSKI; HALPERT, 1987). Para pequenas sub-regiões, dentro destas áreas grandes, pode-se, com certa simplicidade, obter estimativas da tendência mensal ou sazonal da precipitação pluvial, com aproximações aceitáveis para determinados períodos.

Há outras evidências de que o clima da Região Sul do Brasil é influenciado por anomalias de TSM no oceano Atlântico Sudoeste. Em algumas situações, esta região é influenciada com certa defasagem temporal. A costa Leste do Cone Sul da América do Sul é uma área ciclogênica que, dependendo das anomalias de TSM, pode alterar a intensidade de ocorrência destes sistemas. Diaz et al. (1998) mostraram a existência de relações significativas entre as anomalias de precipitação pluvial sobre o Uruguai e o Rio Grande do Sul e as anomalias de TSM dos oceanos Pacífico e Atlântico.

Ainda se conhece pouco sobre a influência do Atlântico Sul no clima de diversas regiões do Brasil, em particular em relação ao Sul brasileiro. Grimm et al. (1998) mostraram que existe uma relação consistente entre as anomalias de precipitação pluvial na Região Sul do Brasil e eventos El Niño e La Niña sendo que, no ano seguinte a eventos quentes do ENOS, as anomalias podem ser influenciadas pela TSM no Sudoeste do oceano Atlântico. As fases do ENOS estão relacionadas com aumento (El Niño) ou redução (La Niña) da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul, principalmente no período primavera-verão (FONTANA; BERLATO, 1997).

Desta forma, o trabalho aqui desenvolvido tem como objetivo principal identificar os padrões de anomalias da TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico, suas relações na precipitação pluvial na região Nordeste do Rio Grande do Sul, nos meses de outubro a março no período de 1982 a 2005 e analisar a possibilidade da previsibilidade da precipitação pluvial com alguns meses de antecedência. Para isso, foram definidos como objetivos específicos:

- Identificar e selecionar os dados de precipitação pluvial das estações meteorológicas distribuídas pelo Estado, considerando as estações com série de dados mais completos;
- Transformar as séries de precipitação pluvial através da técnica de componentes principais, criando novas variáveis não correlacionadas entre si, a fim de facilitar a análise conjunta dos dados;
- Aplicar a técnica de agrupamentos sobre as estações meteorológicas escolhidas, identificando as regiões homogêneas de precipitação pluvial no Rio Grande do Sul;
- Relacionar a precipitação pluvial mensal da região homogênea escolhida com a potencialidade qualitativa da uva, verificando os meses de maior influência da precipitação pluvial em anos de alto e baixo potenciais;
- Definir a climatologia da TSM média dos oceanos Atlântico e Pacífico associados a anos de alto e baixo potenciais qualitativos da uva;
- Identificar as áreas oceânicas de maior correlação entre as anomalias de TSM com a precipitação pluvial regional (Nordeste);
- Transformar as anomalias de TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico de maior correlação em componentes principais, correlacionando estas componentes com as anomalias de TSM média dos meses anteriores, verificando a possível

previsibilidade das chuvas dos meses de maior correlação com a potencialidade qualitativa da uva.

- Selecionar áreas de maior correlação da TSM dos meses anteriores e comparar com os padrões de anomalias de TSM dos meses de maior correlação com a potencialidade qualitativa da uva.

2 Revisão de literatura

2.1 A importância da precipitação pluvial para a agricultura do Rio Grande do Sul e sua relação com a TSM

Os valores médios de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul apresentam regularidades ao longo do ano, mas com grandes variações em torno destes. A variabilidade da precipitação pluvial é apontada como um dos maiores riscos para a agricultura no Estado.

Ávila et al. (1994) e Berlato et al. (1995) mostraram que não existe tendência nem no aumento nem na diminuição da precipitação pluvial anual média em todo o Estado. Existe sim, uma alta variabilidade interanual deste elemento, tornando-se o principal fator limitante às culturas de primavera-verão, as quais representam cerca de 90% da produção total de grãos do Rio Grande do Sul.

Fontana e Almeida (2002) analisaram a variabilidade interanual do número de dias de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul concluindo que o número de dias com precipitação pluvial é semelhante em todas as estações do ano, apresentando tendência de incremento em todas as regiões climáticas. O incremento é maior na primavera e verão, o que é favorável à agricultura, visto que, nestes períodos, ocorrem as maiores probabilidades de ocorrência de deficiência hídrica no Estado.

A distribuição da precipitação pluvial no Sul do Brasil, em determinados anos, apresenta relação com anomalias da Temperatura na Superfície do Mar (TSM). A influência é mostrada pelo fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). Este fenômeno é caracterizado por anomalias no padrão de temperatura da superfície do oceano Pacífico Tropical que ocorrem de forma simultânea com anomalias no padrão de pressão atmosférica nas regiões de Darwin (Austrália) e de Taiti. Este

fenômeno afeta a circulação atmosférica determinando anomalias de temperatura do ar e, principalmente, de precipitação pluvial em diversas regiões do mundo.

Berlato e Fontana (1999) relacionaram a variabilidade interanual da precipitação pluvial com a variabilidade interanual do rendimento médio de grãos de soja do Estado do Rio Grande do Sul. Os autores verificaram que a maior variabilidade da precipitação pluvial ocorre no período de dezembro a março, sendo esta a principal causa determinante da variabilidade dos rendimentos de soja no Rio Grande do Sul. Concluíram, também, que as estiagens, principalmente as ocorridas no período de dezembro a março, constituem a principal adversidade climática à cultura de soja.

Batista e Berlato (2003) avaliaram a influência da precipitação pluvial no rendimento médio de grãos de feijão safra do Estado do Rio Grande do Sul, concluindo que, quando a precipitação pluvial de dezembro fica acima da média histórica, na maioria das vezes, os rendimentos são superiores à média; enquanto que, a precipitação pluvial muito acima da média, em novembro, é desfavorável ao rendimento de grãos de feijão safra.

Berlato et al. (2005) quantificaram a associação entre a produtividade de milho e a variabilidade da precipitação pluvial causada pelo ENOS, constatando que o El Niño determina ganhos e La Niña determina queda na produtividade do milho no Rio Grande do Sul, onde a precipitação pluvial mais importante do calendário agrícola é aquela que ocorre de outubro a março, seguida da que ocorre de dezembro a março.

Mota (1999), analisando os efeitos do fenômeno ENOS no período de 1966 a 1995 para a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul, verificou que, durante os eventos de El Niño, houve aumento no rendimento de 11,8%; enquanto que, para La Niña a redução foi de 18,7%. No entanto, para algumas culturas, os efeitos podem ser contrários, como no caso do trigo.

Cunha et al. (1999) destacam que, para o trigo no Brasil, no período de 1920 a 1997, 61% dos episódios de El Niño produziram desvios negativos no rendimento. Já durante os eventos La Niña, os desvios foram positivos em 73%. Cunha et al. (2001) também salientam que, para a cultura de cevada no Brasil, os eventos El Niño, no período de 1930 a 1998, apresentaram 63% de desvios de rendimentos negativos; enquanto que, neste mesmo período, os efeitos dos eventos La Niña foram positivos em 67%.

2.2 Precipitação pluvial e a potencialidade da uva

A maior concentração na produção de vinhos, suco de uva e demais derivados da uva e do vinho está no Rio Grande do Sul onde são elaborados, em média anual, 330 milhões de litros de vinhos e mostos, representando 95% da produção nacional, destacando a viticultura como sendo uma das principais economias do Estado. Por este motivo, é de fundamental importância o estudo desta cultura e a influência que o clima exerce neste tipo de cultura.

Mandelli et al. (2003) avaliaram a influência do evento ENOS no rendimento e na qualidade da uva na região denominada Serra Gaúcha, no Rio Grande do Sul. Foram identificados rendimentos mais elevados em anos de La Niña. Entretanto, a qualidade da uva foi maior em anos de ausência do fenômeno.

A vitivinicultura brasileira tem apresentado crescimento significativo nos últimos anos, decorrente da vigorosa expansão na área cultivada e na tecnologia de produções de uvas e de elaboração de vinhos. Merece destaque a difusão da produção de uvas e vinhos, além de outros derivados, para regiões emergentes em diversas regiões do Brasil, desde a Metade Sul do Rio Grande do Sul até a região Nordeste.

Gruppelli et al. (2006) relacionaram a precipitação pluvial e a TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico, identificando os padrões predominantes nos anos de alto e baixo potenciais da uva na região Nordeste do Rio Grande do Sul. Os autores verificaram que a qualidade da uva desta região apresentou maior relação com a variação da precipitação pluvial nos meses de janeiro e fevereiro.

Westphalen (1977), analisando as condições climáticas do período de maturação das uvas (dezembro a fevereiro), verificou que a insolação e a precipitação pluviométrica eram as variáveis mais importantes para a maturação da uva. O autor propôs, então, o quociente heliopluiométrico de maturação (QM), cuja explicação será apresentada na metodologia deste trabalho.

Mandelli et al. (2003), utilizando dados de insolação e precipitação pluviométrica do período de maturação das safras de uva de 1977 a 2003 da região de Bento Gonçalves, classificaram as safras vitícolas da Serra Gaúcha segundo o QM, o qual foi calculado para cada grupo de maturação (uvas de maturação precoce, intermediárias e tardias) mostrando-se eficiente para discriminar as safras vitícolas, segundo seu potencial (alto, médio e baixo).

2.3 Climatologia da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul e os fenômenos El Niño/La Niña

Conforme já demonstraram alguns pesquisadores, Rao e Hada, (1990); Studzinski, (1995); Fontana e Berlato, (1996); Grimm et al., (1996), na Região Sul do Brasil a fase quente do ENOS (El Niño) determina, em geral, ocorrência de precipitação pluvial acima da média climatológica e a fase fria (La Niña) precipitação pluvial abaixo da média climatológica.

No Rio Grande do Sul, Fontana e Berlato (1996), estudando a climatologia do fenômeno ENOS do período de 1913-95, mostraram que, na fase quente (El Niño), a precipitação pluvial é superior à média climatológica na maioria dos meses do ano, havendo, porém, dois períodos bem destacados. O período principal é na primavera do ano de início do fenômeno, especialmente outubro e novembro, com um repique no final do outono do ano seguinte (final de abril, maio e junho). Na fase fria (La Niña), a precipitação pluvial é menor do que a média climatológica, também na maioria dos meses do ano, ocorrendo novamente dois períodos que se destacam e são mais ou menos coincidentes com os da fase quente.

Marques et al. (2003) verificaram que a variabilidade espacial da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul é maior durante os eventos La Niña do que nos eventos El Niño. Durante a fase fria, os meses de abril e novembro são os de maior variação espacial; enquanto que, durante os eventos El Niño, os meses de maior variação são os de outubro, novembro e dezembro.

Grimm e Feuser (1998) encontraram correlações positivas e significativas para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina no mês de janeiro, indicando uma possível influência local, independente do El Niño nestas regiões, já que não há anomalias significativas de precipitação pluvial em janeiro associadas ao El Niño. Em novembro os autores encontraram uma forte correlação, devido às anomalias significativas de precipitação pluvial e ao padrão de TSM associado ao El Niño.

Outro fator de grande influência na precipitação pluvial do Rio Grande do Sul é a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), sendo caracterizada durante o verão pela forte banda de nebulosidade que se forma desde a Amazônia até o oceano Atlântico SubTropical. Observações indicam evidente associação entre períodos de enchentes de verão na região Sudeste e veranicos na região Sul. Segundo Quadro (1994), a ZCAS é um fenômeno característico de verão,

produzindo elevado índice pluviométrico nas regiões Sudeste e Centro-Oeste e conseqüente redução das chuvas no Sul do Brasil. Observa-se também, neste período, um aumento da temperatura do ar, onde poucos sistemas frontais atravessam o Rio Grande do Sul, ocorrendo maiores precipitações pluviais na forma convectiva e em pontos isolados.

Estudos relacionam a intensificação da ZCAS no verão associada à TSM do Atlântico Tropical, região que apresenta correlação negativa com a precipitação pluvial no Rio Grande do Sul. Barros et al. (2000) relacionam aumento da TSM como mecanismo forçante para intensificar a ZCAS, causando efeitos na redução da precipitação pluvial no Nordeste da Argentina, Uruguai e Sul do Brasil.

Freitas e Grimm (1998) definiram regiões homogêneas com as datas de início e fim da estação chuvosa no Paraná. O método usado foi o hierárquico de Ward, sobre os dados diários de precipitação pluvial no período de 1967 a 1992. Becker (1992) também usou este método hierárquico para agrupar precipitações pluviais mensais no Rio Grande do Sul. Diniz (2002) aplicou agrupamento Ward para definir regiões homogêneas de temperaturas máxima e mínima sazonais para o Rio Grande do Sul.

Sansigolo e Nery (1998) utilizaram a técnica de análise fatorial em componentes principais, para derivar os padrões de variabilidade temporal e espacial das precipitações pluviais nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, identificando três grupos homogêneos em relação às precipitações pluviais anuais e distribuição sazonal: um bem definido no Sudeste e dois mais dispersos na região Sul.

A técnica de agrupamento tem sido usada para identificar similaridades ou dissimilaridades entre variáveis meteorológicas. Fernau e Samson (1990) usaram técnica de análise de agrupamento para definir períodos meteorológicos similares de precipitação no Oeste da América do Norte. Com o objetivo de identificar padrões espaciais na circulação, Cheng e Wallace (1993) aplicaram análise de agrupamento na variável altura geopotencial de 500mb sobre o Hemisfério Norte, durante o período de inverno.

Através de técnicas de agrupamento, Diniz et al. (2003 a e b) mostraram que as temperaturas média mínima e média máxima para o trimestre outubro, novembro e dezembro são influenciadas na presença do fenômeno ENOS. As áreas representativas de cada grupo homogêneo de temperaturas médias mínimas e máximas, neste trimestre, não diferem muito espacialmente, mas apresentam

diferença nas suas médias, caracterizando um efeito generalizado sobre o Estado do Rio Grande do Sul, em cada evento.

Para se estudar a variabilidade das precipitações pluviais, deve-se considerar a influência dos oceanos, que possuem um papel determinante nos fluxos de calor sensível e umidade para a atmosfera, afetando, desta forma, o regime de precipitação pluvial. No oceano Atlântico, as relações entre os padrões anômalos das TSM com o clima no Brasil têm sido objeto de muitas pesquisas, porém, a maioria relacionada à influência do Atlântico Tropical nas precipitações pluviais do Nordeste. Em relação à influência do Atlântico Sul (ATLS) no clima da região Sul do Brasil existem poucos estudos. No entanto, há indicações da influência de TSM do Atlântico Subtropical na variabilidade interanual das chuvas na região (STUDZINSKI, 1995).

Diaz e Studzinski (1994) estudaram a influência das TSM no Atlântico Sul e no Pacífico Equatorial nas precipitações pluviais 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 (2005) mostrou que, durante o período da primavera, a precipitação pluvial no Rio Grande do Sul 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 pluvial no Estado.

3 Material e métodos

3.1 Material

3.1.1 Dados meteorológicos de precipitação pluvial do Rio Grande do Sul

Foram usados dados de precipitação pluvial mensal de outubro a março de 25 estações meteorológicas distribuídas no Estado, período de 1982 a 2005, 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). A distribuição espacial das 25 estações meteorológicas sobre o Rio Grande do Sul é apresentada na Figura 1.

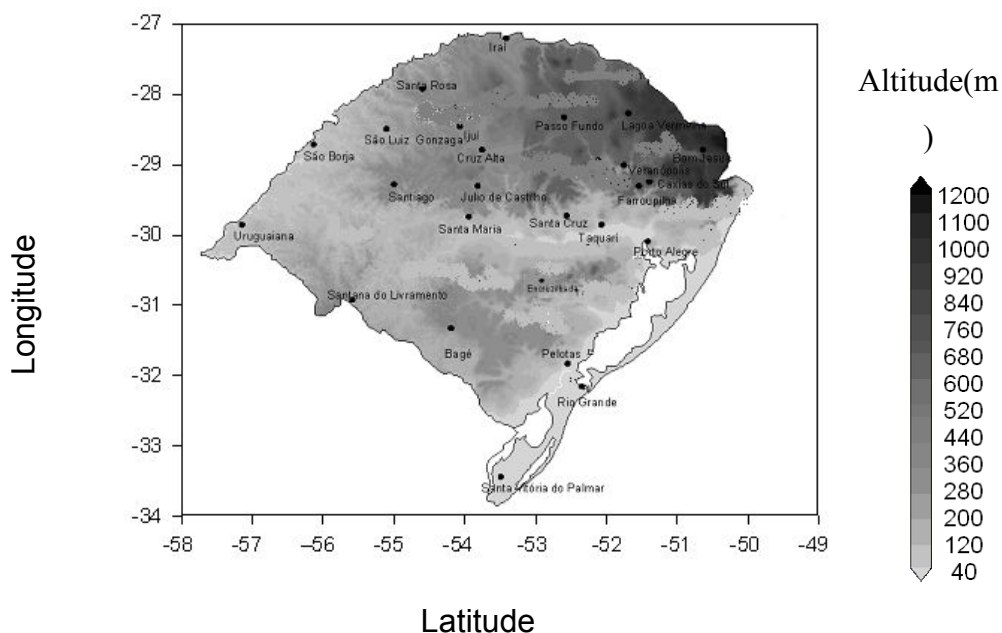


FIGURA 1. Distribuição das estações meteorológicas no Rio Grande do Sul.

Na Tabela 1 são apresentadas as localidades das estações meteorológicas e suas coordenadas espaciais (latitude, longitude e altitude).

TABELA 1. Estações meteorológicas do Rio Grande do Sul e suas coordenadas espaciais, latitude, longitude e altitude, período de 1982 a 2005.

Estação meteorológica	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Estações Meteorológicas	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)
Bagé	-31,35	-54,10	215	Porto Alegre	-30,02	-51,22	46
Bento Gonçalves	-29,25	-51,52	619	Rio Grande	-32,02	-52,08	5
Bom Jesus	-28,67	-50,43	1047	Santa Maria	-29,70	-53,70	95
Caxias do Sul	-29,17	-51,20	785	Santa Rosa	-27,85	-54,42	360
Cruz Alta	-28,63	-53,60	472	Santa V. Palmar	-33,52	-53,35	6
Encruzilhada do Sul	-30,53	-52,52	427	Santana Livramento	-30,88	-55,53	210
Farroupilha	-29,23	-51,43	702	São Borja	-28,65	-56,00	96
Ijuí	-28,38	-53,90	448	São L. Gonzaga	-28,38	-54,97	254
Irai	-27,18	-53,23	222	Taquari	-29,80	-51,82	76
Júlio de Castilhos	-29,22	-53,67	516	Torres	-29,33	-49,72	43
Lagoa Vermelha	-28,42	-51,58	836	Uruguaiana	-29,75	-57,08	74
Passo Fundo	-28,25	-52,40	676	Veranópolis	-28,93	-51,55	705
Pelotas	-31,87	-52,35	13				

3.1.2 Dados da Temperatura da Superfície do Mar dos oceanos Atlântico e Pacífico

O conjunto de dados de TSM usados foi obtido junto ao NCEP (*National Center for Environmental Prediction*) e NCAR (*National Center for Atmospheric Research Reanalysis*), numa grade regular de $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ no formato **NetCDF** (Network Common Data Form). Esta grade foi posteriormente transformada em $5^{\circ} \times 5^{\circ}$, a fim de facilitar os cálculos.

As séries mensais de TSM foram utilizadas no período 1982 a 2005 nos meses de outubro a março, e os limites da matriz são definidos de forma a abranger todo o oceano Pacífico Sul e Atlântico Sul (latitudes entre 10°N a 60°S e longitudes de 120°E a 30°E), conforme Figura 2.

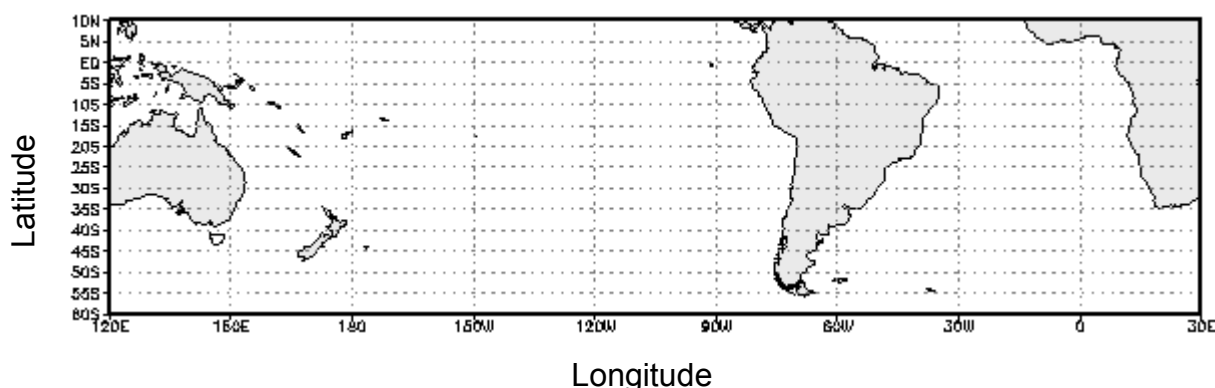


FIGURA 2. Área de abrangência da TSM média mensal dos oceanos Atlântico e Pacífico.

3.2 Metodologia

3.2.1 Definição das regiões homogêneas de precipitação pluvial no Rio Grande do Sul

Inicialmente foram definidas as regiões homogêneas de precipitação pluvial no Rio Grande do Sul. Nesta fase, aplicou-se o método de classificação K-means sobre os escores dos primeiros componentes principais, derivados do conjunto de dados de precipitação mensal de 25 estações meteorológicas, no período de outubro a março de 1982 a 2005.

3.2.1.1 Método de classificação K-means

MacQueen (1983) propõe o termo *K-means* para definir o seu algoritmo que atribui cada item a um grupo, tendo, cada item, o centro de massa mais próximo (média). Nesta simples versão, o método é composto de três passos.

1º Passo: Divisão de itens em K grupos iniciais.

2º Passo: Proceder, através de uma relação de itens, atribuindo um item ao grupo do qual o centro de massa é mais próximo. A distância é geralmente calculada usando a distância Euclidiana com cada observação padronizada ou não padronizada. Recalcular a média do grupo recebendo o novo item e a do grupo perdendo o item.

3º Passo: Repetir o 2º passo até a redefinição não acontecer mais.

O Método de Agrupamento consiste em escolher inicialmente o número de classes (5 classes), as quais são formadas pelo centro de massa da variável a ser agrupada, no caso, os escores dos componentes. Escolheu-se trabalhar com os quatro primeiros escores dos componentes principais da precipitação pluvial, pois os

mesmos não apresentam correlação entre si, facilitando a dissimilaridade das classes.

A indicação final dos itens dos grupos será, em alguma extensão, dependente sobre a partição inicial ou a seleção inicial dos pontos indicados. Experiências evidenciam que a maior parte das principais alterações em transferências ocorre com a realocização do primeiro passo.

Para checar a estabilidade dos grupos, é desejável rodar novamente o algoritmo com uma nova divisão inicial. Uma vez determinados os grupos, intuições relativas a suas interpretações são adicionadas pelo rearranjo da lista de itens. Uma tabela de centro de grupos e variâncias dentro de grupos também ajuda a delimitar grupos diferentes.

Há fortes argumentos para não fixar o número de grupos K , inicialmente.

- Se dois ou mais pontos forem semeados, posicionados, inadvertidamente dentro de um único grupo, seus grupos resultantes poderão ser pobremente diferenciados.

- A existência de um *outlier* (valores extremos) poderá produzir no mínimo um grupo com itens muito dispersos.

- Se cada população é conhecida e consistir de K grupos, o método experimentado poderá ser aquele que dados dos grupos raramente não aparecem na amostra.

Em casos onde uma única rodagem do algoritmo é requerida o uso de específicos K , é sempre conveniente rodar novamente o algoritmo para várias opções.

3.2.1.2 Componentes Principais

O principal fundamento da Análise de Componentes Principais é reduzir a dimensão de um conjunto de dados compostos por um número grande de variáveis correlacionadas entre si, conservando as variações presentes no conjunto de dados. A análise consiste em transformar o conjunto de dados originais em um novo conjunto onde os componentes principais preservam a maior parte da variabilidade, os quais não são correlacionados entre si. A técnica de componentes principais foi introduzida por Lorenz (1956) em estudos meteorológicos, a qual chamou de análise de funções ortogonais empíricas.

A transformação dos dados originais em um novo conjunto faz o uso da matriz Variância-Covariância ou matriz Correlação dos dados originais. A matriz Variância-Covariância representa a influência que uma variável tem sobre a variação da outra.

O coeficiente de correlação é uma medida definida a partir da covariância entre duas variáveis aleatórias, o qual expressa a associação destas duas variáveis. A covariância entre duas variáveis aleatórias X e Y é definida como:

$$Cov_{(X,Y)} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{n - 1} \quad (1)$$

A matriz de Correlação mostra o grau de associação entre duas variáveis aleatórias X e Y e é expressa por:

$$Cor_{(X,Y)} = \frac{Cov_{(X,Y)}}{\sqrt{Var_{(X)} Var_{(Y)}}} \quad (2)$$

Onde: $Var_{(X)}$ e $Var_{(Y)}$ são variâncias das variáveis X e Y, dados por:

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

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

De maneira simplificada, pode-se dizer que os autovetores representam os pesos individuais de cada amostra dentro da equação e os autovalores o percentual de explicação de cada equação. Os autovalores λ da matriz M (matriz correlação ou variância-covariância) são definidos por:

$$\det[M - \lambda I] = 0 \quad (5)$$

Onde:

M é a matriz de correlação ou variância-covariância (matriz simétrica $p \times p$).

λ são as raízes ou autovalores da equação linear.

I é a matriz identidade (matriz diagonal principal 1)

Para cada autovalor λ_i da matriz M corresponde um conjunto de p autovetores. O conjunto de p autovetores associados à matriz M é obtido pela solução do sistema de equações lineares e definido por:

$$[M - \lambda I]\underline{V} = 0 \quad (6)$$

Onde: $\underline{V}$ é a matriz com p autovetores.

$$[M - \lambda I]\underline{V} = 0 \text{ separando os termos;}$$

$$M\underline{V} = \underline{V}\Lambda \quad (7)$$

Onde: $\Lambda = \lambda I$ representa a matriz diagonal com os autovalores

$$\Lambda = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p)$$

$$M\underline{V} = \underline{V}\Lambda \quad (8)$$

multiplicando ambos os lados pela transposta de $\underline{V}$

$$M\underline{V}\underline{V}^T = \underline{V}\Lambda\underline{V}^T \quad (9)$$

Sendo $\underline{V}$ uma matriz ortogonal e os vetores normalizados de comprimento unitário, o produto de $\underline{V}\underline{V}^T$ é uma matriz identidade I , portanto:

$$M = \underline{V}\Lambda\underline{V}^T \quad (10)$$

Onde:

M é a matriz correlação ou variância-covariância dos dados originais $p \times p$.

$\underline{V}$ é a matriz com os autovetores $p \times p$.

Λ é a matriz diagonal com os autovalores $p \times p$.

$$\underline{V}_{(p,p)} = \begin{pmatrix} e_{1,1} & \dots & \dots & \dots & e_{1,p} \\ \vdots & \ddots & & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & \ddots & \vdots \\ e_{p,1} & \dots & \dots & \dots & e_{p,p} \end{pmatrix} \quad \Lambda_{(p,p)} = \begin{pmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & & & 0 \\ \vdots & & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \lambda_p \end{pmatrix}$$

Assim, qualquer matriz quadrática simétrica pode ser decomposta nas matrizes com autovalores e autovetores com valores reais, sendo que, a matriz dos autovetores $\underline{V}$ representa a mudança de base para um novo sistema de referência, os quais são definidos pelos autovetores normalizados da matriz M .

A combinação dos autovetores derivados da matriz M e os dados originais padronizados produzem os escores dos componentes principais. Os escores representam apenas valores numéricos, obtidos pela multiplicação de um componente principal com a matriz original dos dados. Para ressaltar as possíveis diferenças temporais da precipitação pluvial sobre o Estado, a precipitação pluvial média mensal foi padronizada, considerando $p = 6$ (6 meses) com $n = 25$ amostras (número de estações).

$$Y_{n,p} = \frac{X_{n,p} - \mu_{X_p}}{\sqrt{Var_{X_p}}} \quad (11)$$

Sendo: Y a variável padronizada, X as variáveis originais brutas, μ_X as médias das variáveis originais e Var_X as variâncias das variáveis originais.

Para a padronização do valor relativo da precipitação pluvial média mensal das 25 estações meteorológicas foram definidas as variações sendo:

$n = 1, 2, \dots, 25$ (total de estações meteorológicas)

$p = \text{out, nov, dez, jan, fev e mar}$ (meses)

$$\underline{Y}_{(p,n)} = \begin{pmatrix} Y_{(1,1)} & Y_{(1,2)} & \cdot & \cdot & Y_{(1,n)} \\ Y_{(2,1)} & Y_{(2,2)} & \cdot & \cdot & Y_{(2,n)} \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ Y_{(p,1)} & Y_{(p,2)} & \cdot & \cdot & Y_{(p,n)} \end{pmatrix}$$

A matriz correlação, R a partir da matriz dos dados padronizados ($\underline{Y}$), pode ser obtida de forma matricial:

$$R = \frac{1}{n-1} \underline{Y}^T \underline{Y} \quad (12)$$

Onde $\underline{Y}^T$ é a matriz transposta da matriz $\underline{Y}$, dada por:

$$R_{(p,p)} = \begin{pmatrix} 1 & cor_{(1,2)} & \cdot & \cdot & cor_{(1,p)} \\ & 1 & \cdot & \cdot & cor_{(2,p)} \\ & & 1 & & \cdot \\ & & & 1 & cor_{(p-1,p)} \\ & & & & 1 \end{pmatrix}$$

Com dados padronizados, a matriz obtida é a matriz correlação, que tem na diagonal principal o valor 1 e, com dados originais não padronizados, a matriz resultante é a variância-covariância.

Os escores dos componentes principais são obtidos pelo produto dos autovetores transpostos pela matriz padronizada dos dados originais, sendo:

$$\underline{Z} = \underline{V}^T \underline{Y} \quad (13)$$

Como $\underline{V}$ é uma matriz ortogonal, a matriz inversa é igual à transposta

$$\underline{V}^{-1} = \underline{V}^T$$

Assim, pode-se reescrever como:

$$\underline{Y} = \underline{V} \underline{Z} \quad (14)$$

A variabilidade presente na matriz padronizada $\underline{Y}$ dos dados originais é preservada na transformação dos escores $\underline{Z}$, ao longo dos eixos referenciais dos autovetores $\underline{V}$.

As regiões homogêneas de comportamento temporal semelhante de precipitação pluvial mensal, ao longo do período de 1982 a 2005, foram definidas pelo cálculo dos escores dos quatro primeiros componentes principais (Z_1 , Z_2 , Z_3 e Z_4). Desta forma, cada estação meteorológica apresenta quatro novas variáveis, que não são correlacionáveis entre si.

3.2.2 Análise da climatologia mensal de precipitação pluvial da região Nordeste do Rio Grande do Sul e sua relação com a TSM

Com o objetivo de identificar quais os meses de maior variação pluviométrica, foram calculadas as climatologias mensais da precipitação pluvial média regional dos anos de alto e baixo potenciais qualitativos da uva, para os meses de outubro a março, no período de 1982 a 2005, registradas nas estações meteorológicas que fazem parte da região Nordeste do Estado.

Westphalen (1977), analisando as condições climáticas do período de maturação das uvas, propôs o quociente heliopluiométrico de maturação (QM), que é a relação entre a insolação e a precipitação pluviométrica decorrentes do período em que se deseja estudar.

$$QM = \frac{\text{insolação}}{\text{precipitação}} \quad (15)$$

Mandelli et al. (2006) utilizaram dados de insolação e precipitação pluviométrica para classificar as condições climáticas do período de maturação da uva das safras de 1977 a 2003 da região de Bento Gonçalves. Os autores calcularam o QM no período efetivo (40 dias) de influência sobre a maturação da uva, utilizando as seguintes categorias de classificação das safras: alto potencial ($QM > 2$); médio potencial (QM entre 1,0 e 2,0); baixo potencial ($QM < 1,0$).

Os períodos de maturação classificados de alto potencial da uva no Estado foram os seguintes: 1981/1982, 1985/1986, 1990/1991, 1998/1999, 2001/2002, 2003/2004 e 2004/2005. Os períodos de maturação classificados de baixo potencial da uva foram os seguintes: 1983/1984, 1987/1988, 1992/1993, 1994/1995, 1995/1996, 1997/1998 e 2002/2003.

O critério de definição da potencialidade da uva foi utilizado segundo os cálculos do QM.

Para a análise da climatologia mensal de precipitação pluvial foram calculadas as médias regionais das precipitações pluviais no período de outubro a março de 1982 a 2005, em anos de alto e baixo potenciais de uva acima relacionados.

Para diferenciar as características quanto à precipitação pluvial das cinco regiões homogêneas foi utilizado o gráfico *Box-Plot*, na qual é útil para mostrar a dispersão entre os grupos e as diferenças que existem entre eles.

Para comparar e identificar as climatologias mensais de precipitação pluvial em anos de alto e baixo potenciais de uva, foi calculada também, a média mensal regional de precipitação pluvial para os meses de outubro a março, no período de 1982 a 2005, possibilitando, dessa forma, a identificação dos meses em que houve maior variação pluviométrica na região Nordeste do Estado.

A relação entre a precipitação pluvial na região Nordeste do Rio Grande do Sul e a TSM foi obtida através do coeficiente de correlação, descrito na equação 12.

Todas as rotinas de cálculo de coeficiente de correlação e componentes principais foram desenvolvidas em linguagem de programação C (LCC-WIN 32); para o método de agrupamento, foi usado o software SPSS e os resultados foram adaptados no software GRADS, a fim de gerar figuras para facilitar a interpretação do trabalho.

4 Resultados e discussão

4.1 Definição das regiões homogêneas de precipitação no Rio Grande do Sul através do método de classificação K-means

Inicialmente foram definidas as regiões homogêneas de precipitação pluvial no Rio Grande do Sul. Para definir estas regiões, aplicou-se o método de classificação K-means sobre os escores dos primeiros componentes principais, derivados do conjunto de dados de precipitação pluvial mensal de 25 estações meteorológicas, no período de outubro a março de 1982 a 2005. A Figura 3 mostra o resultado deste método de classificação sobre os escores dos primeiros componentes principais, sendo definidas as 5 regiões homogêneas de precipitação pluvial do Estado.

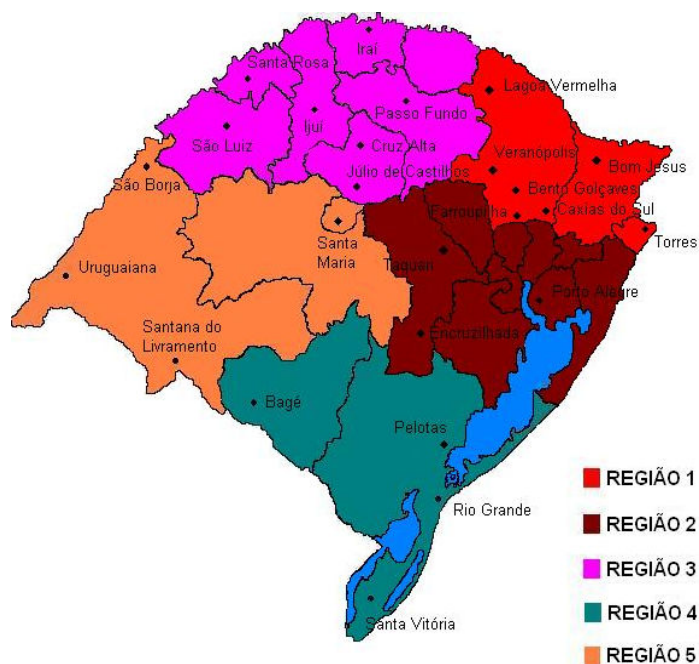


FIGURA 3. Regiões homogêneas de precipitação pluvial obtidas pelo método K-means, referente ao período de outubro a março de 1982 a 2005 para o Rio Grande do Sul.

A Figura 4 mostra a distribuição da precipitação pluvial nos meses de outubro a março de 1982 a 2005 para as 5 regiões homogêneas. Através do gráfico *boxplot* verificou-se que a mediana da precipitação pluvial das 5 regiões diferem entre si, caracterizando, assim, uma distinção entre cada região. O gráfico também mostra que cada região tem suas características quanto à precipitação pluvial. A precipitação pluvial média da região um é maior, comparada com as outras regiões no período de outubro a março de 1982 a 2005 (aproximadamente 140mm). E a região com menor precipitação pluvial média, neste mesmo período, é a região quatro (aproximadamente 100mm).

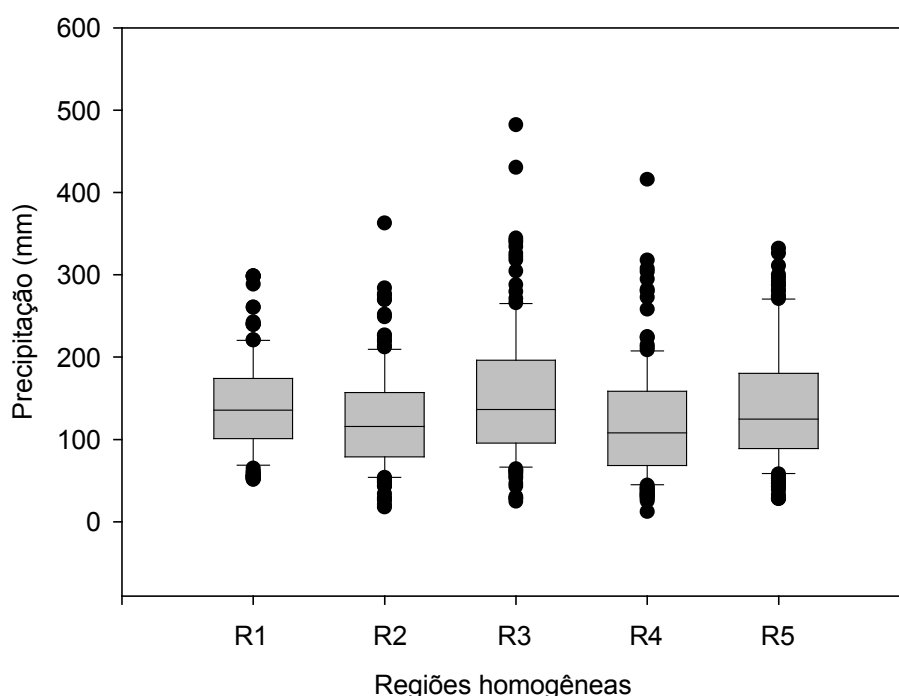


FIGURA 4. Distribuição da precipitação pluvial nos meses de outubro a março de 1982 a 2005 para as 5 regiões homogêneas.

Para verificar a relação entre a variabilidade da precipitação pluvial mensal no Rio Grande do Sul e a temperatura na superfície dos oceanos, foi escolhida apenas uma região homogênea, a qual foi definida como região Nordeste do Rio Grande do Sul e está representada na Figura 5.

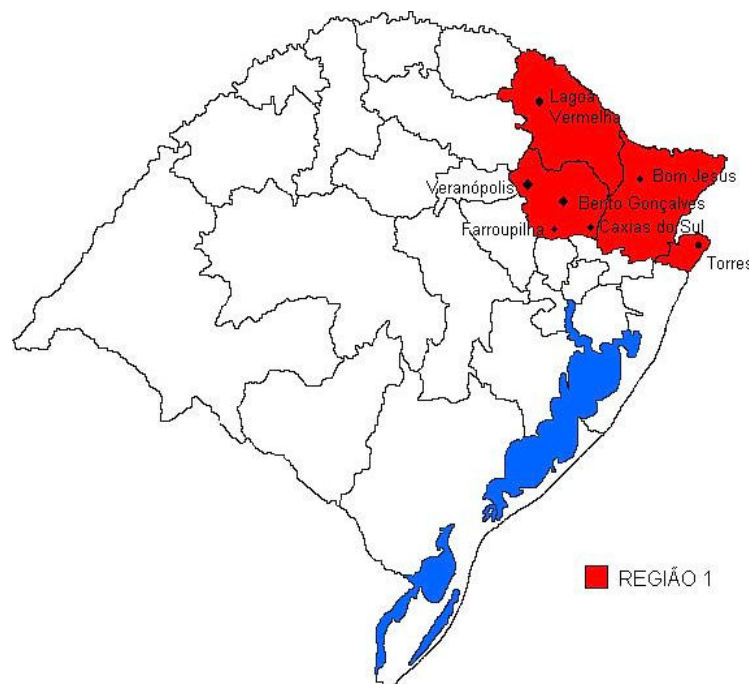


FIGURA 5. Região homogênea de precipitação pluvial escolhida, definida como Nordeste.

Um dos fatores de escolha desta região foi o fato da mesma coincidir com a região de maior produção de uvas no Brasil, sendo o estudo desta cultura muito importante para a economia do Estado. Esta região localiza-se, aproximadamente, na latitude 29°S, longitude 51°W e altitude 600-800m. Seus indicadores climáticos médios são: precipitação pluvial na ordem de 1700mm distribuídos ao longo do ano, temperatura 17,2°C e umidade relativa do ar de 76%.

Outro fator determinante para a escolha desta região se deve ao fato de não haver muitos trabalhos a respeito da precipitação pluvial na região Nordeste do Estado. Marques (2005) investigou a relação entre a variabilidade da precipitação pluvial mensal do Rio Grande do Sul e a TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico nas regiões Noroeste e Sudeste, estimulando, assim, a escolha da região Nordeste para a análise da precipitação pluvial.

Foi calculada uma nova série de dados com a precipitação pluvial mensal média para a região homogênea escolhida, considerando-se, no cálculo, as estações meteorológicas que fazem parte desta região homogênea. A região Nordeste é representada por 7 estações meteorológicas (Bento Gonçalves, Bom Jesus, Caxias do Sul, Farroupilha, Lagoa Vermelha, Torres e Veranópolis).

4.2 Variabilidade temporal da precipitação pluvial na região Nordeste do Rio Grande do Sul e sua influência na potencialidade qualitativa da uva

Estudos mostraram que não existe tendência nem de aumento nem de diminuição da precipitação pluvial média em todo o Estado; existe sim, uma alta variabilidade interanual deste elemento, tornando-se o principal fator limitante às culturas de primavera-verão como, por exemplo, à cultura da uva.

A Figura 6 mostra a precipitação pluvial média de 25 anos de dados das 7 estações meteorológicas que se localizam na região Nordeste do Estado, no período de outubro a março de 1982 a 2005.

Percebe-se que outubro é o mês mais chuvoso nesta região, com precipitação pluvial média de aproximadamente 180mm; e março, o mês menos chuvoso, precipitando anualmente, em média, 120mm. O período de novembro a março apresenta uma distribuição aproximadamente simétrica na precipitação pluvial, não havendo muita variabilidade anual em torno desta.

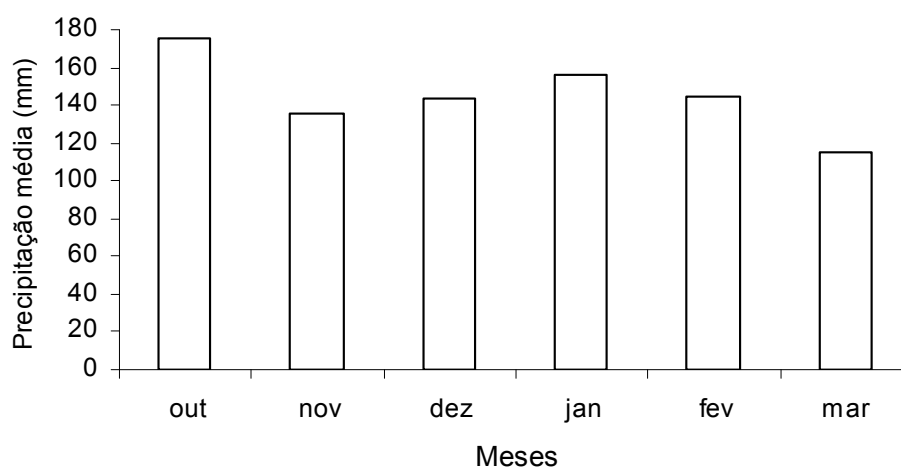


FIGURA 6. Climatologia da precipitação pluvial média no período de outubro a março de 1982 a 2005 da região Nordeste do Estado.

A precipitação pluvial é um dos elementos meteorológicos mais importantes na viticultura, sendo uma cultura bastante resistente à seca. Para a videira, influem não somente a quantidade total de chuvas, mas também sua distribuição ao longo do ciclo vegetativo.

Com o objetivo de identificar quais os meses de maior variação pluviométrica, foram calculadas as climatologias mensais da precipitação pluvial média regional dos anos de alto e baixo potenciais da uva, para os meses de outubro a março.

A Figura 7 mostra a climatologia mensal de precipitação pluvial da região Nordeste do Rio Grande do Sul, onde se percebe claramente que as maiores diferenças de precipitação pluvial entre os anos de alto e baixo potenciais da uva apresentam maiores evidências nos meses de janeiro e fevereiro. Para os anos de alto potencial da uva, o mês de janeiro apresentou uma climatologia mensal da precipitação pluvial em torno de 96,9mm e a média mensal regional de precipitação pluvial em torno de 154,6mm, com uma diferença de 57,7mm abaixo da média mensal regional. Para o mês de fevereiro, a climatologia mensal da precipitação pluvial foi em torno de 88,2mm e a média mensal regional de precipitação pluvial em torno de 145,1mm, com uma diferença de 56,9mm abaixo da média. Em anos de baixo potencial da uva, o mês de janeiro mostrou uma climatologia mensal da precipitação pluvial em torno de 211,1mm e a média mensal regional de precipitação pluvial em torno de 154mm, com uma diferença de 57,1mm acima da média regional. Para o mês de fevereiro, a climatologia mensal da precipitação pluvial foi em torno de 182,5mm, e a média mensal regional de precipitação pluvial em torno de 154mm, com uma diferença de 28,5mm acima da média. Através desses resultados, ficou evidente que um dos principais fatores responsáveis pela potencialidade da uva na região Nordeste do Estado é, principalmente, a precipitação pluvial dos meses de janeiro e fevereiro.

Frente às evidências de que a precipitação pluvial no período janeiro-fevereiro apresenta grande importância para a cultura da uva, torna-se necessário conhecer as possíveis relações com a TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico.

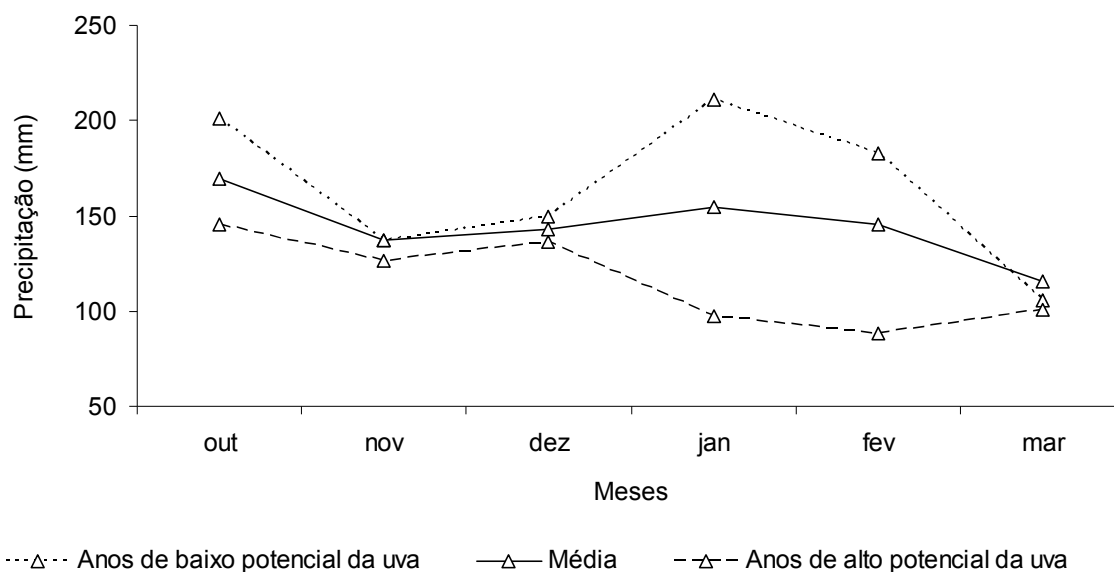


FIGURA 7. Climatologia mensal de precipitação pluvial da região Nordeste do Rio Grande do Sul, período de outubro a março de 1982 a 2005.

4.3 Influência do fenômeno ENOS na potencialidade qualitativa da uva no Rio Grande do Sul

A Figura 8 mostra a região central dos Niños 3 e 4 no Pacífico Equatorial, identificando a área de maior estudo dos fenômenos ENOS (170° W a 120° W e 5° S a 5° N).

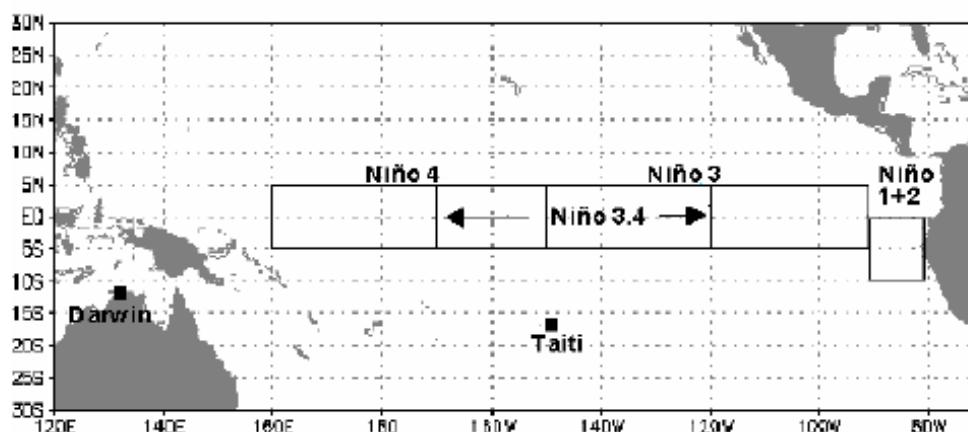


FIGURA 8. Regiões dos Niños no Pacífico Equatorial. Fonte: <http://tucupi.cptec.inpe.br/enos/> Acessado em 10 de novembro de 2006.

Ao constatar-se que um dos principais fatores na potencialidade da uva é a precipitação pluvial dos meses de janeiro e fevereiro, houve a necessidade de identificar na região dos Niño 3.4 uma relação da TSM de janeiro e fevereiro desta região com a precipitação pluvial da região Nordeste do Rio Grande do Sul, neste mesmo período.

Para analisar a relação entre a precipitação pluvial nos meses de janeiro e fevereiro na região Nordeste do Estado e a TSM da região do Niño 3.4, inicialmente foram calculadas as anomalias médias acumuladas da precipitação pluvial regional nestes meses, no período de 1982 a 2005. Em seguida, foram calculadas as anomalias de TSM da região do Niño 3.4 para o mesmo período. Através do gráfico de dispersão, entre essas duas anomalias, foi verificada a baixa correlação entre elas. Esta baixa correlação pode ser identificada na Figura 9, de acordo com o gráfico de dispersão.

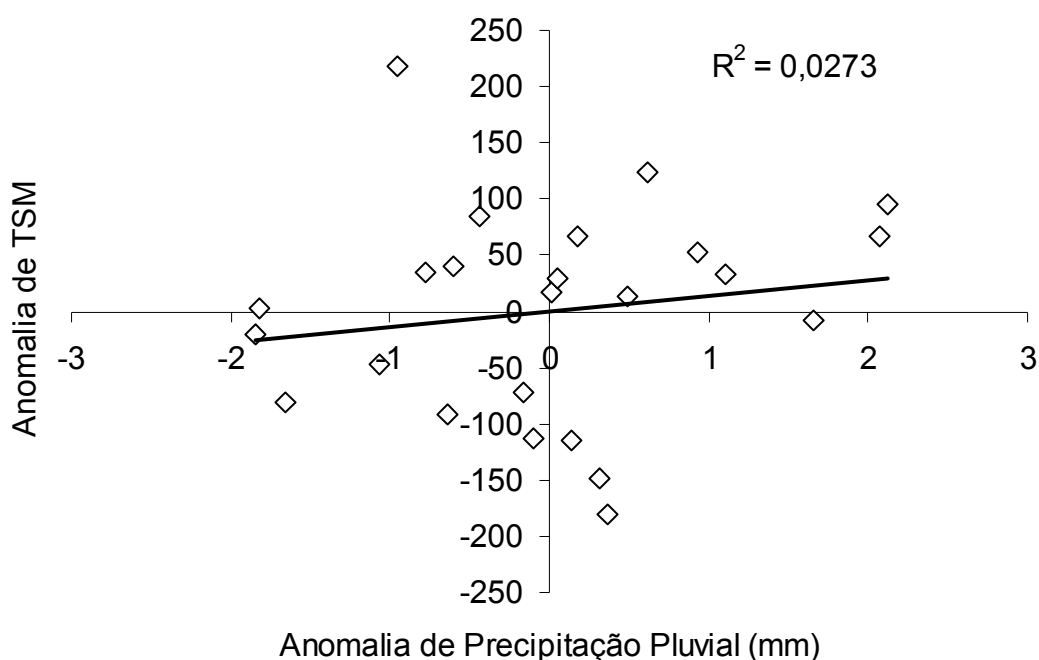


FIGURA 9. Relação entre a anomalia da TSM média de janeiro e fevereiro na região do Niño 3.4 e a anomalia de precipitação pluvial total de janeiro e fevereiro na região Nordeste do Estado, período de 1982 a 2005.

Fazendo-se uma análise da correlação das anomalias quantitativamente, percebe-se que, dos treze casos em que a anomalia da TSM foi positiva, em nove casos a precipitação pluvial esteve acima da média e os outros 4 casos, abaixo da média. Da mesma forma, ao analisar-se as anomalias negativas de TSM

relacionadas com anomalias negativas de precipitação pluvial, a evidência da baixa relação entre elas é maior. Dos onze casos de anomalia negativa de TSM, apenas em seis casos a anomalia de precipitação pluvial também foi negativa e nos outros cinco casos a anomalia de precipitação pluvial foi positiva, evidenciando-se a baixa relação entre estas duas variáveis.

Analisando-se as anomalias de TSM e as anomalias de precipitação pluvial qualitativamente, verificou-se que a correlação entre elas é da ordem de aproximadamente 0,16, confirmando a baixa relação entre as chuvas de janeiro e fevereiro da região Nordeste do Estado com a região do Niño 3.4. Percebe-se ainda, na Figura 9, que as duas maiores estiagens ocorridas no bimestre janeiro e fevereiro, nesta região, aconteceram em anos de El Niños fracos (1991 e 2005), com anomalia negativa de precipitação pluvial de aproximadamente 148mm e 180mm, respectivamente. Da mesma forma, um maior excesso de precipitação pluvial ocorreu em um ano de La Niña fraca (1996), com anomalia da precipitação pluvial de aproximadamente 218mm. Por estes motivos, há a necessidade de buscar outras áreas do oceano que expliquem melhor essa relação com as chuvas nos meses de janeiro e fevereiro.

Estes resultados confirmam os obtidos por Fontana e Berlato (1997) os quais identificaram que existem relações entre as fases do ENOS com aumento (El Niño) ou redução (La Niña) da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul, no período primavera verão, sendo o mês de novembro o de maior destaque em ambas as fases. Marques (2005), no entanto, verificou que, no trimestre de dezembro a fevereiro, não é tão evidente esta relação. Segundo este autor, entre 11 anos identificados como forte estiagem no Rio Grande do Sul, no trimestre dezembro-fevereiro apenas quatro apresentaram anomalias negativas de TSM no Pacífico Equatorial, características dos eventos La Niña. Entre estes anos, foram identificados quatro eventos de El Niño nos períodos de estiagem, contrapondo-se ao padrão esperado. Devido à baixa correlação da precipitação pluvial nesta região com o oceano Pacífico no verão, passou-se a investigar outras áreas oceânicas.

4.4 Climatologias das anomalias de TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico em anos de alto e baixo potenciais qualitativos da uva na região Nordeste do Estado

Para estes meses identificados como os de maior influência da precipitação pluvial com a potencialidade da uva, foram também definidas as climatologias da TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico.

A Figura 10 mostra a média mensal de janeiro e fevereiro da temperatura da superfície dos oceanos no período de 1982 a 2005. O gradiente da TSM apresenta características semelhantes ao gradiente térmico do continente da América do Sul, sendo fortemente influenciado pelas correntes marítimas costeiras, principalmente as correntes do Brasil, do Peru e das Malvinas. Segundo Marques (2005), as regiões de altas e baixas latitudes apresentam, em média, menor variabilidade ao longo do ano do que as regiões de latitudes médias. A variabilidade nas regiões de latitudes médias oscila ao longo do ano entre 3 e 6°C, com destaque para a região oceânica próxima ao litoral da Argentina (corrente das Malvinas), onde as variações térmicas chegam próximas de 9°C.

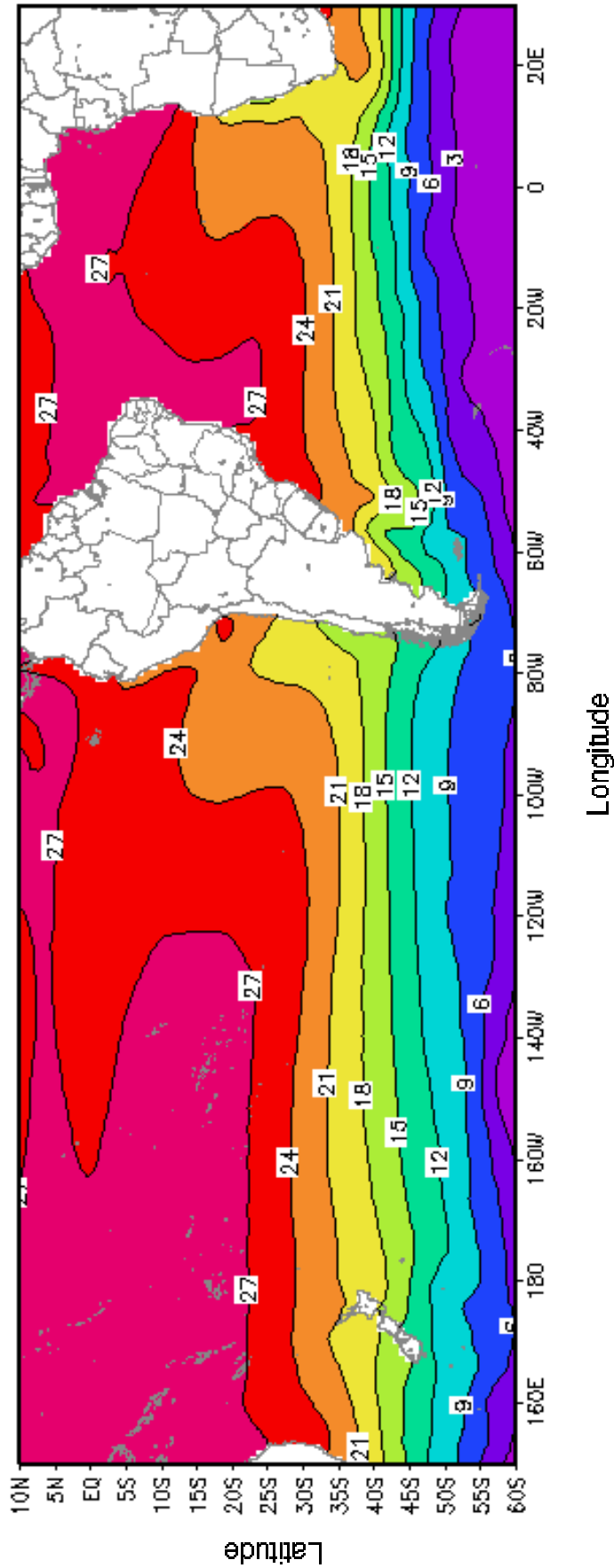


FIGURA 10. Temperatura média de janeiro e fevereiro na superfície do mar, período de 1982 a 2005, fonte dos dados NCEP/NCAR (National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research)

Nas Figuras 11a e 11b são mostradas as climatologias das anomalias de TSM correspondentes aos meses de janeiro e fevereiro em anos de alto e baixo potenciais da uva. De acordo com as figuras, fica evidente a inversão dos sinais dos padrões de anomalias de TSM nas safras de alto e baixo potenciais.

Na região do Pacífico Equatorial, durante as safras de alta qualidade (Figura 11a), predominou anomalia negativa na região Central-Leste. No entanto, mais a oeste este sinal foi positivo, não caracterizando claramente o predomínio de situação de La Niña. Já para as safras de baixa qualidade (Figura 11b), fica mais evidente a relação com os grandes sinais de El Niño.

Algumas pesquisas indicam que anomalias de TSM no oceano Atlântico também apresentam relação com alterações climáticas na precipitação pluvial no Rio Grande do Sul (DIAZ et al., 1998; MARQUES, 2005). Também, nas mesmas figuras pode-se identificar as diferenças do sinal que existem entre as duas climatologias neste oceano. Estes padrões de oscilação entre as regiões oceânicas apresentam grande concordância com as anomalias de precipitação pluvial na região Nordeste do Rio Grande do Sul, conseqüentemente, mostram ser um bom indicador para a previsão quanto à qualidade das safras de uva.

Pode-se verificar também, através das figuras, que em anos de alto e baixo potenciais da uva as áreas das anomalias de TSM, tanto dos oceanos Atlântico e do Pacífico, são praticamente as mesmas, o que muda é o sinal dessas anomalias.

A partir desses resultados, passou-se a tratar a precipitação pluvial de forma contínua possibilitando, assim, estudar a correlação da TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico com a precipitação pluvial da região Nordeste do Estado, verificando outras áreas dos oceanos, e não somente com a região do Niño 3.4.

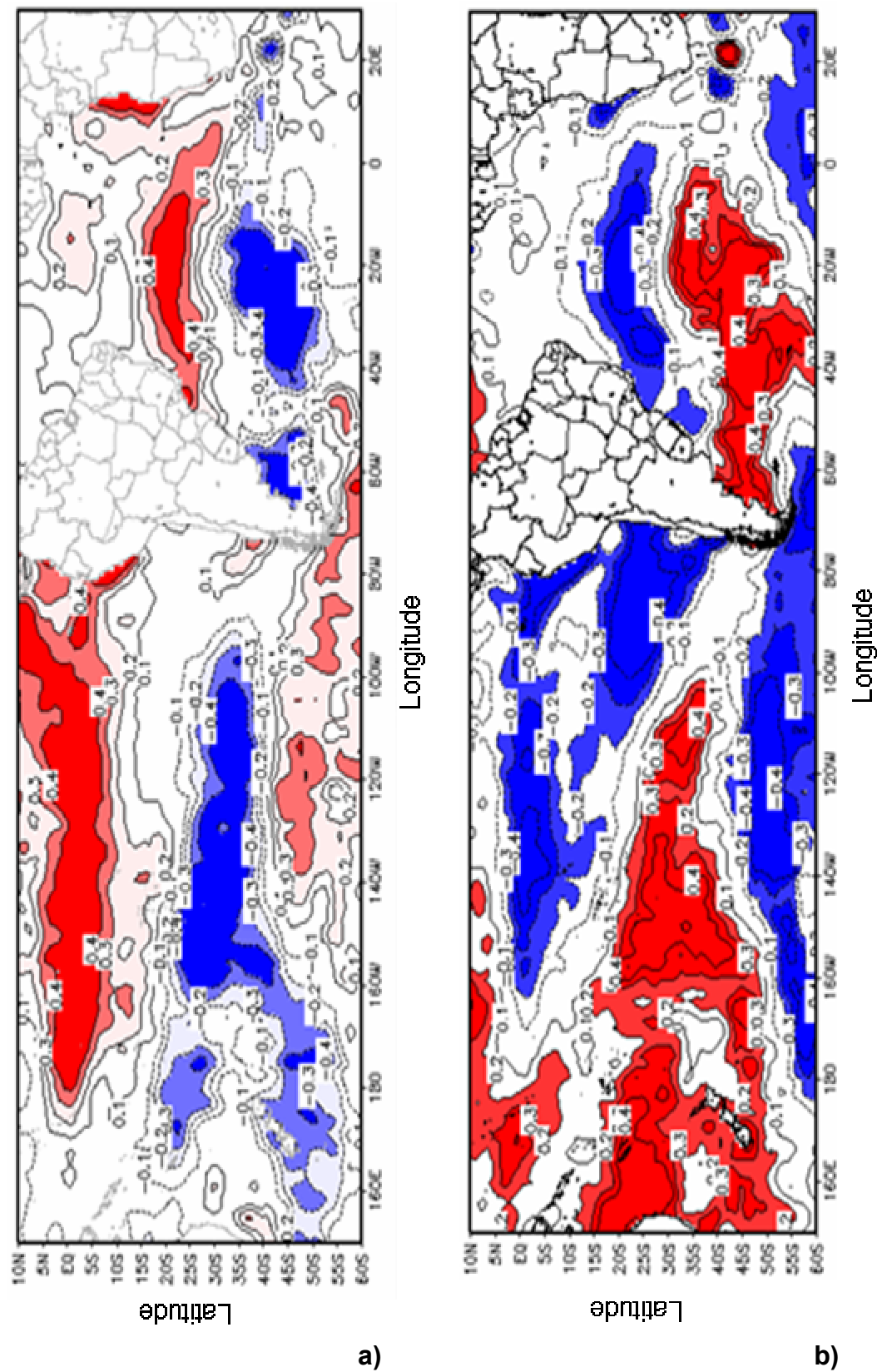


FIGURA 11. Climatologia das anomalias médias de TSM (°C) nos meses de janeiro e fevereiro; a) em anos de alto potencial da uva; b) em anos de baixo potencial da uva.

4.5 Identificação das áreas oceânicas de maior correlação entre as anomalias de TSM e a precipitação pluvial regional

Ao verificar-se que a região do Niño 3.4, sozinha, não explica as chuvas de janeiro e fevereiro da região Nordeste do Estado, há a necessidade de serem identificadas outras áreas oceânicas, tanto no oceano Atlântico como no oceano Pacífico, que possam explicar melhor esta relação conjunta dos oceanos e a variação da precipitação pluvial naquela região.

Para identificar as áreas dos oceanos Atlântico e Pacífico que possuem maior relação com a precipitação pluvial de janeiro e fevereiro, foi calculada a correlação entre as TSM médias de janeiro e fevereiro dos oceanos Atlântico e Pacífico no período de 1982 a 2005.

A Figura 12 mostra as áreas dos oceanos Atlântico e Pacífico que apresentam maior correlação com a precipitação pluvial nos meses de janeiro e fevereiro, no período de 1982 a 2005. A partir dessas áreas, foram extraídos 7 núcleos de correlação superior a 0,5 em módulo (significativos a 1%), que são as áreas de maior importância para explicar as chuvas de janeiro e fevereiro na região Nordeste do Estado.

Através da figura, identificam-se três áreas com correlação positiva e quatro áreas com correlação negativa. As áreas positivas estão relacionadas com a mesma direção do sinal das anomalias de TSM e as anomalias de precipitação pluvial nesta região, assim como as anomalias negativas de correlação estão relacionadas na direção contrária entre si.

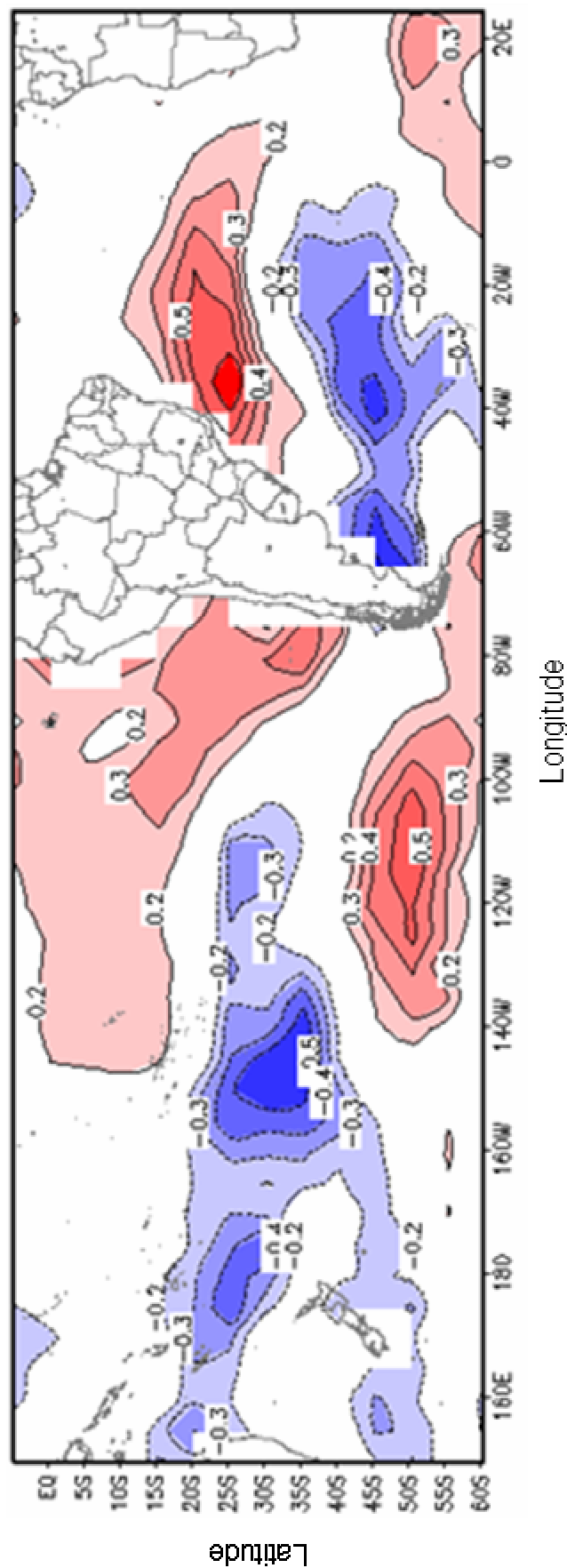


FIGURA 12. Correlação entre a precipitação pluvial acumulada de janeiro-fevereiro e a temperatura da superfície do mar média dos oceanos Atlântico e Pacífico nos meses de janeiro e fevereiro no período de 1982 a 2005.

Depois de selecionados os sete núcleos com correlação superior a 0,5, em módulo, foi aplicada a técnica de componentes principais na série temporal de TSM destes núcleos de correlação, gerando os escores. Os escores do primeiro componente principal foram suficientes para explicar grande parte da variação das áreas oceânicas escolhidas (87%). Verificou-se, também, que esses escores relacionam-se significativamente com as chuvas de janeiro e fevereiro, com um coeficiente de correlação de 0,83 (Figura 13).

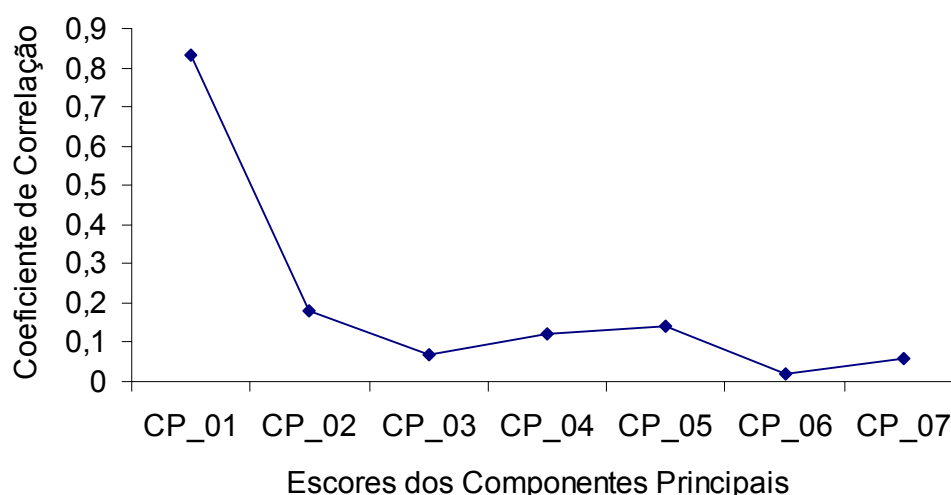


FIGURA 13. Coeficiente de Correlação dos escores dos componentes principais, derivados das TSM selecionadas, correlacionados com a precipitação pluvial média acumulada de janeiro e fevereiro no período de 1982 a 2005.

A Figura 14 e a Tabela 2 mostram as posições e os coeficientes de correlação dos 7 núcleos principais de maior correlação nos oceanos com a precipitação pluvial na região Nordeste do Estado, representados pelas posições dentro da matriz de dados (P_342, P_267, P_179, P_116, P_301, P_174, P_372).

TABELA 2. Localização das posições de TSM escolhidas nos oceanos Atlântico e Pacífico, segundo as coordenadas latitude e longitude e seu coeficiente de correlação.

Posições	Latitude	Longitude	Coeficiente Correlação
342	25° S	180° W	0,50
267	30° S	80° W	0,50
179	45° S	40° W	0,56
116	50° S	120° W	0,59
301	30° S	145° W	0,60
174	45° S	65° W	0,63
372	25° S	40° W	0,71

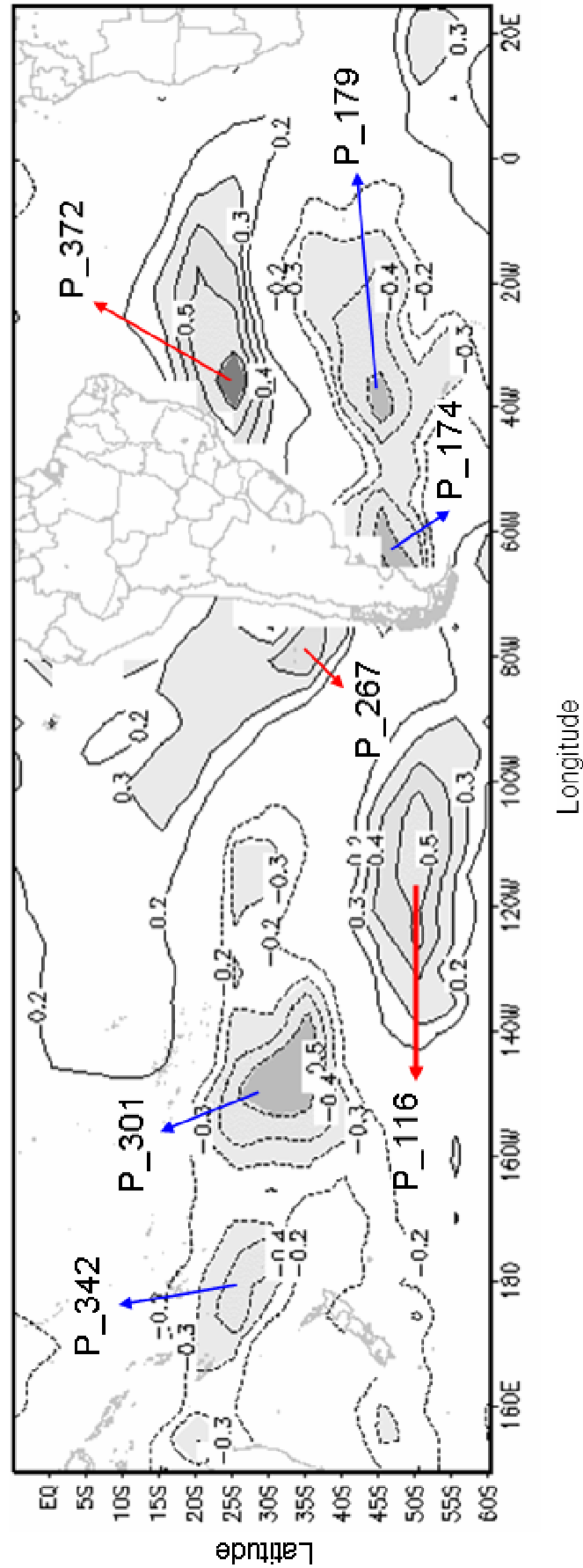


FIGURA 14. Posições, nos oceanos Atlântico e Pacífico, dos 7 núcleos principais de maior correlação com a precipitação pluvial na região Nordeste do Estado.

A Figura 15 mostra as magnitudes dos autovetores associados ao primeiro componente das sete posições (áreas) de maior importância nos oceanos Atlântico e Pacífico. Através do gráfico, percebe-se que todas as posições escolhidas têm sua importância simultaneamente e que nenhuma apresenta magnitude muito superior às demais, mostrando claramente a importância da influência conjunta destas áreas.

Verifica-se também, quatro áreas com magnitudes negativas e três áreas com magnitudes positivas em concordância com a Figura 12, mostrando que as variações de TSM devem ser analisadas conjuntamente nos dois oceanos.

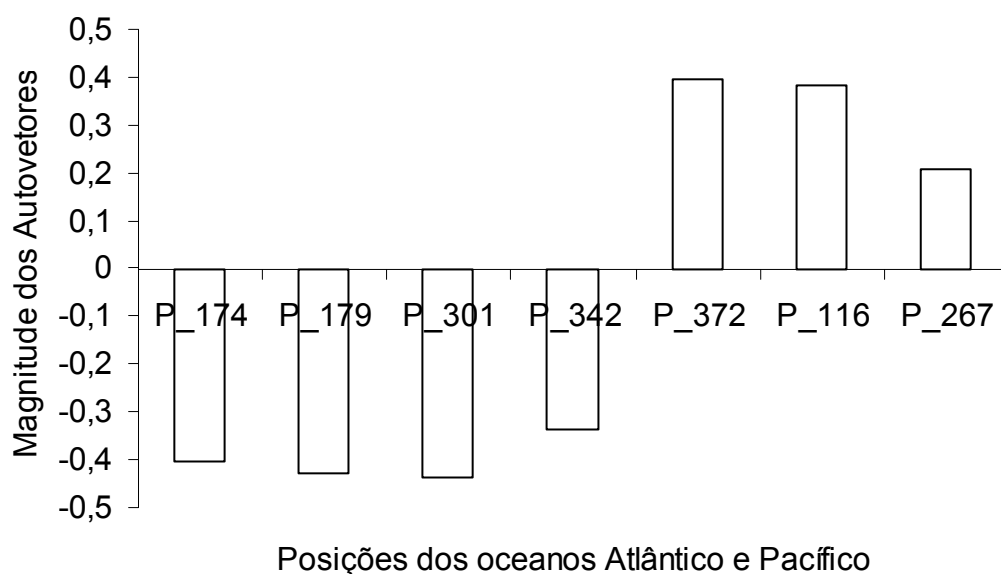


FIGURA 15. Magnitude dos autovetores associados ao primeiro componente e as posições no oceano de maior importância na explicação das chuvas de janeiro e fevereiro.

A Figura 16 mostra a relação entre a precipitação pluvial acumulada de janeiro e fevereiro e os escores do primeiro componente principal, gerado da série temporal de TSM dos sete núcleos de correlação, no período de 1982 a 2005. Além da alta correlação linear (83%) da precipitação pluvial com o primeiro componente, o gráfico mostra quantitativamente esta relação. Das quatorze vezes em que o escore do primeiro componente principal foi positivo, treze vezes a precipitação pluvial foi superior a 300mm, ou seja, superior à média acumulada janeiro-fevereiro na região Nordeste do Estado, indicando um percentual de relação de 93% com as chuvas de janeiro e fevereiro nesta região. Da mesma forma, das dez vezes em que os escores foram negativos, nove vezes a precipitação foi inferior à média, indicando um percentual de relação de 90% com as chuvas neste mesmo período. Fica evidente

que padrões positivos geram anomalias positivas de precipitação pluvial. Da mesma forma, padrões negativos geram anomalias negativas de precipitação pluvial na região Nordeste do Estado.

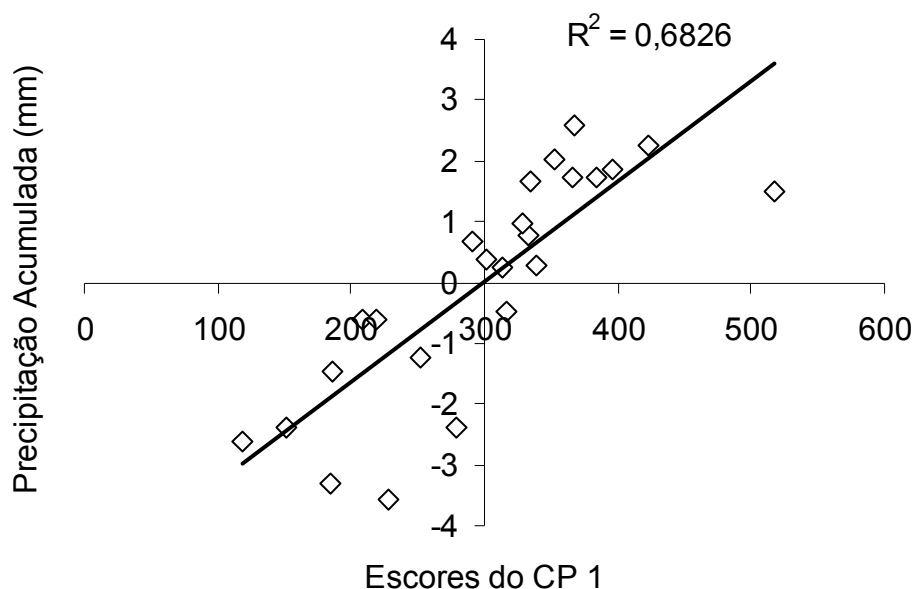


FIGURA 16. Relação entre a precipitação pluvial acumulada de janeiro e fevereiro da região Nordeste do Estado e os escores do primeiro componente principal, derivado das TSM selecionadas nos oceanos Atlântico e Pacífico, período de 1982 a 2005.

4.6 Previsibilidade do primeiro padrão principal de TSM nos meses de janeiro e fevereiro utilizando indicadores oceânicos de outubro e novembro

Até o momento, relacionaram-se as TSM de janeiro e fevereiro dos oceanos Atlântico e Pacífico com a precipitação pluvial da região Nordeste do Estado nestes mesmos meses. Estas análises simultâneas, ou seja, precipitação pluvial de janeiro-fevereiro com oceano janeiro-fevereiro, são válidas para identificar áreas nos oceanos as quais apresentam maior relação com a chuva na região Nordeste, mas não indicam uma previsibilidade da precipitação pluvial nestes meses. Por este motivo, passou-se a analisar as anomalias médias dos oceanos em períodos anteriores (outubro e novembro) e relacionar com o primeiro padrão de TSM de janeiro e fevereiro para, assim, poder-se fazer referências à chuva neste período e, conseqüentemente, à potencialidade da uva na região Nordeste do Rio Grande do Sul.

Para verificar a possível previsibilidade da precipitação pluvial nos meses de maior correlação com a potencialidade da uva, os escores do primeiro padrão principal foram relacionados às anomalias de TSM média dos meses de outubro e novembro.

Foram identificadas várias áreas com correlações significativas a 1%, dentre as quais se destaca uma área no oceano Pacífico com correlação de 0,73, cuja posição está centrada próxima a 115°W e 50°S (Figura 17), definida por P_117.

Partindo desta constatação identificou-se a área do oceano de maior correlação com a precipitação pluvial de janeiro e fevereiro na região Nordeste do Estado.

A partir dessa área de maior correlação, foi gerada a anomalia deste núcleo (série temporal 1983 a 2005). Foram consideradas apenas anomalias com valores maiores que 0,1 em módulo. Os valores menores não foram considerados por serem valores muito próximos da média.

A Figura 18 mostra a relação entre as anomalias de TSM significativas de outubro-novembro da região de maior correlação dos oceanos (P_117) e os escores do primeiro componente principal obtido da série temporal de janeiro e fevereiro.

Analisando-se essa relação linearmente, o coeficiente de correlação entre os escores do primeiro padrão principal e a anomalia de TSM média de outubro-novembro é de aproximadamente 0,72.

Verificando-se o gráfico quantitativamente, identificou-se que das nove vezes em que a anomalia da TSM média de outubro-novembro foi positiva na posição P_117, coincidentemente, nos nove casos, o padrão principal de janeiro e fevereiro também foi positivo, ou seja, 100% dos eventos.

Da mesma forma, foi observado que as anomalias negativas da TSM média de outubro-novembro estão altamente relacionadas com o predomínio de padrões negativos em janeiro e fevereiro (oito dos dez casos), 80% dos eventos.

Frente aos resultados, pode-se usar simplesmente a anomalia média de outubro-novembro desta área oceânica do Pacífico Subtropical, para fazer estimativa do sinal predominante do padrão conjunto dos oceanos para janeiro e fevereiro, período este que apresenta alta relação com as chuvas e, por consequência, com a potencialidade da uva na região Nordeste do Rio Grande do Sul.

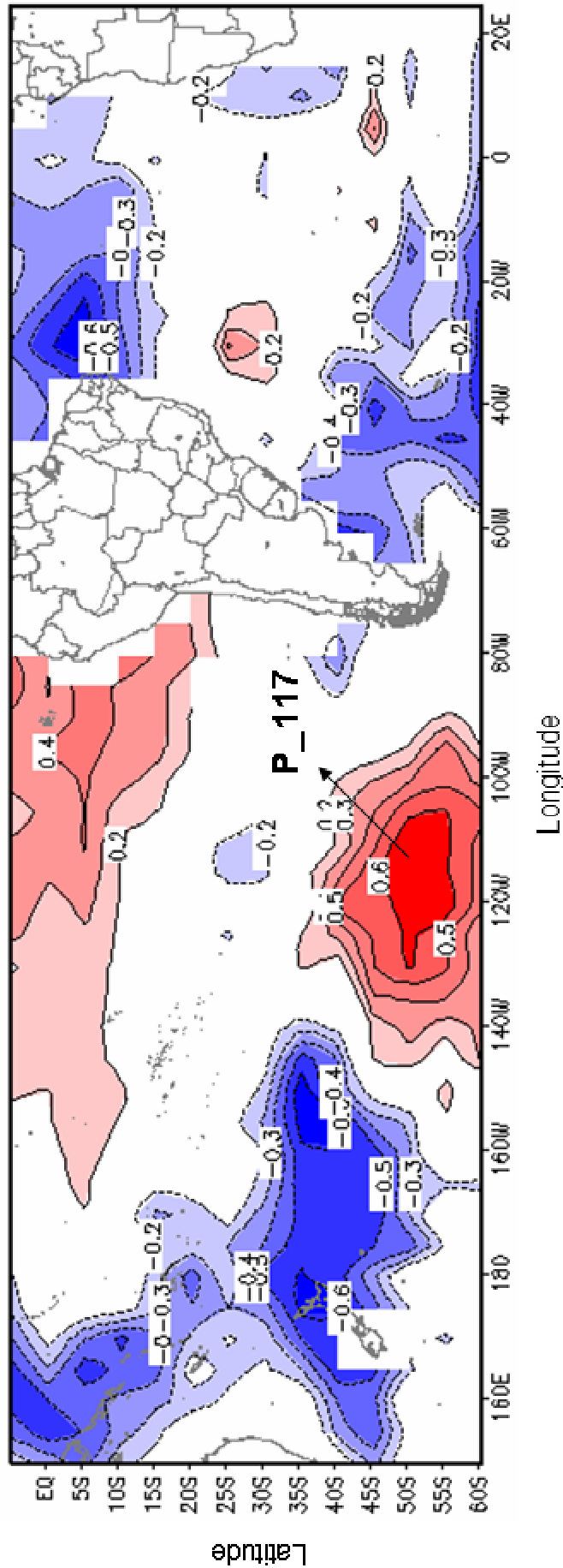


FIGURA 17. Correlação entre a precipitação pluvial acumulada de janeiro-fevereiro e a temperatura da superfície do mar média dos oceanos Atlântico e Pacífico nos meses de outubro e novembro no período de 1983 a 2005.

A próxima etapa deste trabalho destina-se a investigar as possíveis previsibilidades destes padrões oceânicos de verão com outras defasagens, a fim de torná-los operacionais.

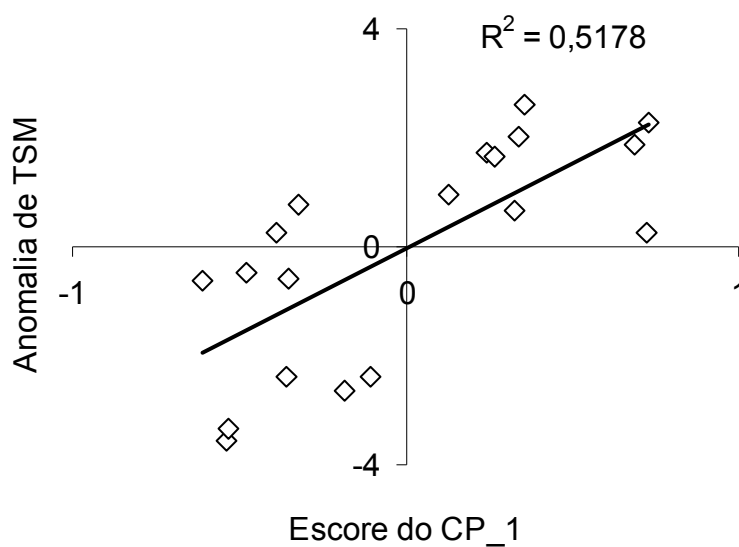


FIGURA 18. Relação entre as anomalias de TSM significativas de outubro e novembro da região de maior correlação dos oceanos (P_117) e os escores do primeiro componente principal, obtido da série temporal de janeiro e fevereiro, derivados de 7 áreas de TSM, período de 1982 a 2005.

5 Conclusões

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que:

A técnica de agrupamento K-means, aplicada sobre os escores dos componentes principais derivados da precipitação pluvial de outubro a março, mostrou-se eficiente para separar 5 regiões homogêneas bem representadas para o período de primavera-verão no Rio Grande do Sul.

A climatologia da precipitação pluvial mensal na região Nordeste do Rio Grande do Sul, para o período quente, indica maiores valores para o começo da primavera e redução no final do verão.

Nos períodos de alto e baixo potenciais da uva, as climatologias da precipitação pluvial mensal mostraram maiores diferenças nos meses de janeiro e fevereiro, evidenciando a importância destes períodos para a região Nordeste.

As climatologias das anomalias de TSM nos oceanos Atlântico e Pacífico no período janeiro-fevereiro, relacionadas às safras de alto e baixo potenciais da uva na região Nordeste, mostrou-se mais evidente em áreas do oceano Atlântico SubTropical.

A precipitação pluvial média acumulada de janeiro-fevereiro, na região Nordeste do Rio Grande do Sul, apresenta relação com 7 grandes áreas oceânicas distribuídas no Atlântico e Pacífico, cujo núcleo destas áreas tem coeficiente de correlação individual altamente significativo.

O primeiro padrão principal, derivado da combinação dos núcleos das 7 áreas oceânicas, mostrou que, ao tratar a variabilidade do oceano de forma conjunta nos oceanos Atlântico e Pacífico, aumenta o percentual de explicação da precipitação pluvial média acumulada na região Nordeste do Rio Grande do Sul.

As anomalias médias de TSM no período de outubro-novembro na área do oceano Pacífico SubTropical (P_117) caracterizam-se como um excelente indicador

de tendência do padrão principal de TSM, predominante para o período de janeiro-fevereiro, conseqüentemente, um excelente preditor para a estimativa da precipitação média acumulada deste período e uma possível classificação da qualidade da uva na região Nordeste do Rio Grande do Sul.

6 Referências bibliográficas

ÁVILA, A. M. H. et al. Probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial mensal igual ou maior que a evapotranspiração potencial para a estação de crescimento das culturas de primavera-verão no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.2, n.2, p.149-154, 1994.

BATISTA, R. L.; BERLATO, M. A. Impacto do El Niño e La Niña no rendimento de feijão safrá do Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBA, 2003. p. 597-598.

BARROS, V. R. et al. Influence of the South Atlantic convergence zone and South Atlantic sea surface temperature on in summer rainfall variability in Southeastern South America. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v.67, n.3, p. 123-133, 2000.

BECKER, C. T. **Determinação de regiões homogêneas de precipitação e temperatura no Estado do Rio Grande do Sul**. Campina Grande: UFPB, 1992. 80f. Dissertação (Mestrado-Meteorologia) – Curso de Pós-graduação em Meteorologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992.

BERLATO, M. A. The Climate forecasting applications in the decision-making process for the Southern Region of Brazil. In: **Workshop Report on ENSO and seasonal to interannual climate variability, socio-economic impacts, forecasting and applications to the decision-making process**, Florianópolis EPAGRI, 1992. v. 1, p. 14-16.

BERLATO, M. A. et. al. Tendência temporal da precipitação pluvial anual no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.3, p. 111-113, 1995.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento de soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p. 119-125, 1999.

BERLATO, M. A. et. al. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.5, p. 423-432, 2005.

CHENG, X.; WALLACE, J. M. Cluster Analysis of the Northern Hemisphere Wintertime 500-hPa Height Field: Spatial Patterns. **Journal of the Atmospheric Sciences**, Boston, v.50, n.16, p. 2674-2696, 1993.

CUNHA, G. et al. Influência do fenômeno ENSO sobre a cultura de trigo no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11; REUNIAO LATINA AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1999, Florianópolis. **Anais...** Santa Maria: SBA, 1999. 1 CD ROM.

CUNHA, G. et al. El Niño-Oscilação Sul e seus impactos sobre a cultura de cevada no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12; REUNIAO LATINA AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3.; 2001, Fortaleza. **Anais...** Santa Maria: SBA, 2001. p. 17-18.

DIAZ A. F.; STUDZINSKI, C. D. Rainfall anomalies in the Uruguay-Southern Brazil region related to SST in Pacific and Atlantic oceans using canonical correlation analysis. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia 8., e Congresso Latino - Americano de Meteorologia, 2., Belo Horizonte, 1994. **Anais.** São José dos Campos: INPE, 1994. v.1, p. 498-501.

DIAZ, A. E.. et al. Relationship 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.

DINIZ, G. B. **Determinação de preditores informativos visando um modelo de previsão climática de temperatura máxima e mínima para regiões homogêneas do Rio Grande do Sul.** 2002. 167f. Tese (Doutorado-Agrometeorologia) – Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

DINIZ, G. B. et al. Regiões homogêneas de temperatura máxima e mínima do Rio Grande do Sul para anos de La Niña. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., 2003a, Santa Maria. **Anais..** Santa Maria: SBMet, 2003. p. 1069-1070.

DINIZ, G. B. et al. Regiões homogêneas de temperatura máxima e mínima do Rio Grande do Sul para anos de El Niño. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., 2003b, Santa Maria. **Anais..** Santa Maria: SBMet, 2003. p. 1071-1072.

FERNAU, M. E.; SAMSON, P. J. Use of Cluster Analysis to Define Periods of Similar Meteorology and Precipitation Chemistry in Eastern North America. Part I: Transport Patterns. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v.29, n.16, p. 751-761, 1990.

FONTANA, D. C.; ALMEIDA, T. S. Climatologia do número de dias com precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.1, p.135-145, 2002.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Relação entre El Niño Oscilação Sul (ENOS), precipitação e rendimento de milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.2, n.1, p. 39-46, 1996.

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.

FREITAS, E. D.; GRIMM, A. M. Determinação das datas de início e fim da estação chuvosa para regiões homogêneas no estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10; CONGRESSO DA FLISMET, 8, 1998, Brasília. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMet, 1998. CL-98019. 1 CD-ROM.

GRIMM, A. M. et al. Identificação de anomalias de temperatura da superfície do mar no Pacífico relacionadas com anomalias de precipitação na Região Sul do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia 9., Campos do Jordão, 1996. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1996. v.1, p. 328-333.

GRIMM, A. M. et al. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, Boston, v.11, n.11, p. 2863-2880, 1998.

GRIMM, A. M.; FEUSER, V. R. Relações entre temperaturas da superfície do mar sobre o Atlântico e precipitação no Sul e Sudeste do Brasil. [CD ROM]. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia 10., Brasília, 1998. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 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.

GRUPPELLI, J. L. et al. A relação da precipitação e da temperatura da superfície do mar em anos de alta e baixa qualidade da uva na região Nordeste do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA 15., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis SBMet, 2006. 1 CD-ROM.

LORENZ, E. N. O. **Empirical orthogonal functions and statistical weather prediction**. Cambridge, Massachusetts: Statistical Forecasting Project. Department of Meteorology. MIT, 1956. 49p. (Scientific Report, 1).

MACQUEEN. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. University of Wisconsin – Madison. V. 1, p. 555-560, 1983.

MANDELLI, F. et al. El Niño/La Niña no rendimento e na qualidade da uva no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBA, 2003. p. 561-562.

MANDELLI, F. et al. Classificação Climática dos períodos de maturação das safras vitícolas de 1977 a 2003. **Boletim Técnico** – Embrapa Uva e Vinho, 2006. <http://www.cnpuv.embrapa.br/> Acessado em 21 de janeiro de 2007.

MARQUES, J. R. et al. Comparação entre a variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial mensal, dos períodos climáticos padrões de 1931-60 e 1961-90 no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBA, 2003. p. 1063-1064.

MARQUES, J. R. **Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul e sua relação com indicadores oceânicos**. Porto Alegre: UFRG, 2005. 209f. Tese (Doutorado-Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MOTA, F. Influência dos fenômenos El Niño e La Niña sobre o rendimento do milho no Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11; REUNIAO LATINA AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2.;1999, Florianópolis. **Anais...** Santa Maria: SBA, 1999. 1 CD ROM.

QUADRO, M. F. L. **Estudo de episódios de zona de convergência do Atlântico sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. São José dos Campos: INPE, 1994. 94f. Dissertação (Mestrado-Meteorologia) –Curso de Pós-graduação em Meteorologia, Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994.

RAO, V. B.; HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with the Southern Oscillation. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v.42, n.2, p. 81-91, 1990.

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.

SANSIGOLO, C. A.; NERY, J. T. Análise de fatores comuns e agrupamentos das precipitações nas regiões sudeste e sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10; CONGRESSO DA FLISMET, 8, 1998, Brasília. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMet, 1998. CL-98126. 1 CD-ROM.]

STUDZINSKI, C. D. S. **Um estudo da precipitação na região sul do Brasil e sua relação com os oceanos Pacífico e Atlântico Tropical e sul**. São José dos Campos: INPE, 1995. 99 f. Dissertação (Mestrado-Meteorologia) - Curso de Pós-graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995.

WESTPHALEN, S.L. Bases ecológicas para determinação de regiões de maior aptidão vitícola no Rio Grande do Sul. In: Simpósio Latino-americano de la uva y del vino. **Anais...** Montevideo, Ministério de Industria y Energia, Laboratorio Tecnológico del Uruguay, 1977, 1: 89-101 (cuaderno Tecnico, 38).