

PADRÕES ATMOSFÉRICOS ASSOCIADOS A EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO SOBRE A REGIÃO SUL DO BRASIL

Jorge Sleiman¹

Maria Elisa Siqueira Silva²

Resumo: A atividade agrícola do noroeste do Estado do Rio Grande do Sul é um indicador econômico importante para a composição de sua renda interna, contribuindo para a formação do PIB estadual e nacional. O desenvolvimento das diversas culturas agrícolas desta região depende consideravelmente das condições atmosféricas, principalmente durante a estação chuvosa, quando ocorrem o desenvolvimento e colheita de culturas importantes. De acordo com anomalias negativas e positivas de precipitação sobre a região Noroeste do RS, foram definidos padrões atmosféricos e oceânicos durante o período de 1978 a 2005, na tentativa de explicação da variabilidade continental. Em períodos secos, anomalias negativas (positivas) de divergência do ar foram observadas em altos (baixos) níveis. O comportamento atmosférico inverso foi observado durante períodos úmidos. O Jato Subtropical, além de mais (menos) intenso, posiciona-se ao sul (norte) de posição climatológica durante períodos úmidos (secos). O Jato de Baixos Níveis apresenta anomalias intensas de norte em períodos úmidos, contribuindo para a advecção de umidade e calor para a região sul. Em períodos secos, o JBN apresenta fraca anomalia de sul, desfavorecendo o transporte de umidade e calor para a região sul. Anomalias positivas e negativas de TSM sobre o Pacífico Equatorial parecem influenciar a variabilidade da precipitação na Região Sul do Brasil, em todos os meses selecionados, de outubro a março de cada ano. Por outro lado, a variabilidade da TSM do Atlântico Subtropical parece estar associada à variabilidade de precipitação na região sul principalmente durante eventos secos. Ou seja, sugere-se que durante eventos úmidos, caracterizados por anomalias positivas da precipitação no sul do Brasil, eventos El Niño sejam mais determinantes das condições atmosféricas continentais do que a variabilidade do Atlântico adjacente à costa, e que, durante eventos secos, caracterizados por anomalias negativas de precipitação, tanto a variabilidade do Pacífico Equatorial como a variabilidade do Atlântico adjacente à costa apresentem associação à variabilidade da precipitação continental.

Palavras-chave: Padrões atmosféricos; Variabilidade da precipitação; Extremos climáticos; Sul do Brasil.

Introdução

A variabilidade interanual da precipitação no Estado do Rio Grande do Sul, no Brasil, é marcada pela influência de condições climáticas locais e remotas. Das condições remotas, pode-se destacar as oscilações associadas a eventos climáticos, tal como o El Niño-Oscilação Sul (ENOS) que ocorre no Pacífico Equatorial (ROPELEWSKI e HALPERT, 1987; GRIMM *et al.*, 1996; 2004; OLIVEIRA *et al.*, 1998; SILVA, 2001; COELHO, 2001 e CARDOSO, 2005). São observadas correlações significativas entre a temperatura da superfície do mar (TSM) em determinadas regiões do Pacífico Equatorial e a precipitação no Brasil, nas escalas sazonal e anual. ROPELEWSKI e HALPERT (1987), COELHO (2001), CARDOSO

(2005) e SILVA *et al.* (2008), dentre outros, verificaram que o coeficiente de correlação linear entre a TSM do Pacífico Equatorial da região de Niño 1+2 (próximo à costa oeste da América do Sul) e a precipitação no sul do Brasil é positiva e apresenta valores entre 0,3 e 0,4, enquanto que a Região Norte apresenta valores negativos como aponta SILVA *et al.*, (2008). Na América do Sul os maiores valores absolutos do coeficiente de correlação linear entre TSM do Pacífico Equatorial e precipitação ocorrem ao norte e ao sul do Brasil, com valores que variam entre 0,3 e 0,5. Comumente se analisa a correlação existente entre a TSM das regiões de Niño 1+2, 3, 3.4 e 4, no Pacífico Equatorial (Fig. 1), e a precipitação da América do Sul (GRIMM e TADESCHI, 2004); Silva, 2001; COELHO, 2001; LOPES *et al.*, 2007).

¹ Mestre pela Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas – FFLCH – Departamento de Geografia – Universidade de São Paulo – USP. jorgesleiman@usp.br.

² Professora Doutora da Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas – FFLCH – Departamento de Geografia – Universidade de São Paulo – USP. elisasiq@usp.br

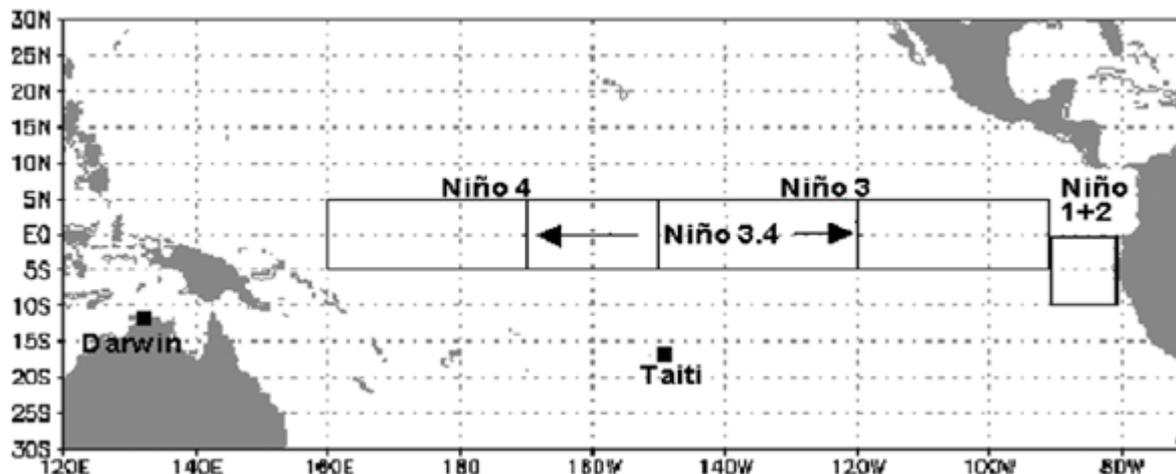


Figura 1 Regiões de Niño do Pacífico Equatorial 4; 3.4; 3 e 1+2
Fonte: CDC/NOAA (2008)

Além da variabilidade interanual, o clima na América do Sul é modificado por flutuações de prazos mais longos, tal como a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) que apresenta uma periodicidade característica de 20 a 30 anos (MANTUA *et al.*, 1997, NEWMAN *et al.* 2003, Rebello, 2005; SIQUEIRA e MOLION, 2008). A ODP possui duas fases distintas de aquecimento e resfriamento no Pacífico e estão intimamente ligadas à instabilidade termodinâmica da atmosfera. Estas fases recebem as denominações de frias e quentes porque representam alterações anômalas de TSM no Pacífico Tropical. A fase fria é caracterizada por anomalias negativas de TSM no Pacífico Tropical e anomalias positivas de TSM no Pacífico Extratropical de ambos os hemisférios, com ligeira elevação nos valores do Hemisfério Norte. A fase quente é caracterizada pelo padrão inverso de anomalias, por anomalias positivas de TSM no Pacífico Tropical e anomalias negativas de TSM no Pacífico Extratropical de ambos os hemisférios, com suave redução nos valores do Hemisfério Norte.

Em fevereiro de 2005, por exemplo, houve uma seca muito severa no Sul do Brasil, provocando perdas agrícolas. Ao analisarmos a série temporal de ODP (Fig. 2), verifica-se que este período foi caracterizado por valores negativos, e que esteve associado à ocorrência de La Niña (Tab. 1). REBELLO (2005), em um estudo de séries históricas de dados de precipitação e TSM, de 1900 a 2005, observou que existem fases quentes e frias bem definidas pelo índice de ODP. Entre 1900 e 1925, o padrão de anomalias de TSM não esteve bem definido; nos períodos de 1925 a 1946 (quente), de 1947 a 1976 (fria) e de 1977 a 1997 (quente), as fases estiveram bem definidas, tal como indicado na Figura 2.

O período mais recente, 1998-2005, caracteriza-se como uma fase fria, ou seja, são observadas águas mais quentes que a climatologia no Pacífico Norte e águas mais frias na região tropical, produzindo valores negativos do índice de ODP. O índice de ODP durante o período 1977-1997, fase quente, como mostra o gráfico da Figura 2, apresenta correlação linear positiva com a precipitação do RS. A partir de 1999, início da última fase fria da ODP (índice negativo de ODP) houve estiagens seguidas no Estado do Rio Grande do Sul, como nos períodos chuvosos de 2001-2002, 2002-2003, 2003-2004 e 2004-2005, segundo apontam BERLATO e FONTANA (2003), REBELLO (2005) e BERLATO *et al.* (2005). O último período mencionado, 2004-2005, correspondeu à seca mais severa desta década, com quebra de safra agrícola em torno de 10 milhões de toneladas no Estado do RS.

Na escala intrasazonal, a Oscilação 30-60 dias, ou Oscilação Madden-Julian (OMJ), influencia o comportamento da atmosfera na América do Sul, fazendo com que a precipitação seja intensificada ou suprimida no intervalo de 30-60 dias (MADDEN e JULIAN 1971; 1972; KAYANO e KOUSKY, 1992; HALL *et al.*, 2001; CARVALHO *et al.*, 2004; POHL e MATTHEWS, 2007).

Assim, a intensidade e a frequência dos sistemas de tempo na América do Sul estão associadas às variações de escala climática, muitas vezes relacionadas à variabilidade dos oceanos Pacífico e Atlântico (ROPELEWSKI e HALPERT, 1987; NOBRE, 1996; CARDOSO e SILVA DIAS, 2000; FRANÇA *et al.*, 2000; GRIMM e TADESCHI, 2004; CARDOSO, 2005; SILVA *et al.*, 2008). Ciclones extratropicais e regiões com altas pressões persistentes em altitude na atmosfera, as quais bloqueiam o deslocamento normal de

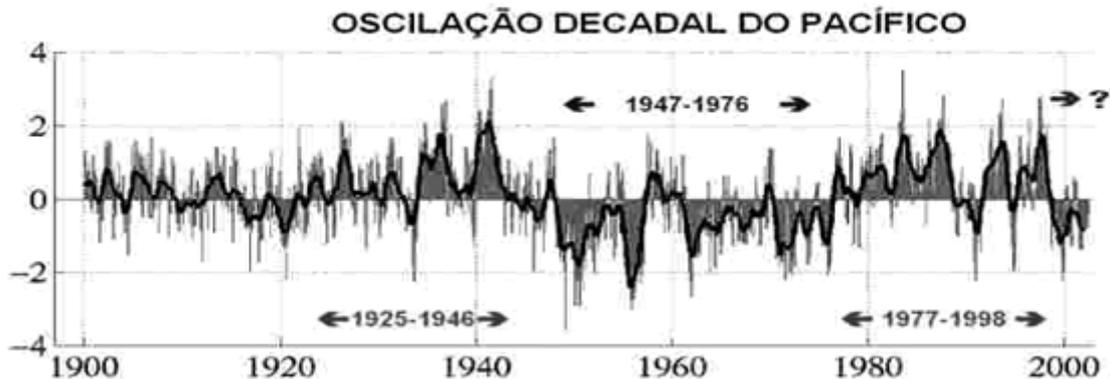


Figura 2 Variação do índice de Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) entre 1900 e 2005
 Fonte: MANTUA *et al.* (1997)

sistemas transientes, são exemplos de sistemas de escala sinótica que ocorrem na Região Sul do Brasil e influenciam as condições locais de tempo (LEMOS e CALBETE, 1996; FUENTES, 1997). Em mesoscala, os sistemas convectivos de mesoscala (SILVA DIAS, 1996) e linhas de instabilidade (SILVA DIAS, 1987; MOLION e KOUSKY, 1985; LOUREIRO *et al.*, 2006) alteram o tempo na escala que varia de horas a poucos dias. A variabilidade de intensidade e frequência de todos estes sistemas, particularmente na região Sul do Brasil, contribui para situações de seca e chuva abundante (MARQUES e RAO, 1996).

Economicamente, a Região Sul do Brasil, por sua base predominantemente agrícola, é influenciada sobremaneira pela variabilidade das condições climáticas, sobretudo a da precipitação. O agronegócio no Rio Grande do Sul tem uma participação média no Produto Interno Bruto (PIB) estadual e federal de 30% e 27% (EMATER RS, 2009), respectivamente. Na safra de 2002-2003, o montante de produção de soja no RS foi de aproximadamente 9579293 toneladas, o que equivaleu a 52% da produção nacional (18.448.000 ton) (EMATER-RS, 2009). A Região Noroeste do Estado do RS (identificada na Figura 3) respondeu neste período, no Estado, por 827439 toneladas de soja (8,7%) (EMATER-RS, 2009).

Objetivo

Pretende-se, neste trabalho, identificar os padrões atmosféricos associados às situações climáticas anômalas, secas e úmidas durante o período chuvoso do ano (outubro a março). É importante salientar que as áreas da Região Sul que sofrem maior influência do ENOS, pela variabilidade da precipitação, localizam-se coincidentemente onde a agricultura e a pecuária apresentam também grande expressão (FONTANA e BERLATO, 1996, 1997; BERLATO e FONTANA, 1999 e 2003; MATZENHAUER *et al.*, 1996;

BERLATO *et al.*, 2001, 2005; CUNHA *et al.*, 2001; MELO *et al.*, 2004 e GRUPPELLI *et al.*, 2006), representadas pelas regiões noroeste do RS, oeste de SC e sudoeste do PR, o que enfatiza a importância de maior detalhamento e quantificação da influência da precipitação na produtividade agrícola.

Dados e Metodologias

Os dados diários de precipitação pluviométrica para a Região Noroeste do Rio Grande do Sul, para o período de 1978 a 2005, foram obtidos do conjunto compilado por SILVA *et al.* (2007), do *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) e alocados no site <ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/wd52ws/SA/historical/>. Este conjunto de dados originais apresenta resolução espacial de um grau nas direções zonal e meridional, o que permitiu sua associação à localização geográfica dos seis municípios da Região Noroeste do Rio Grande do Sul: São Luiz Gonzaga, Santa Rosa, Cruz Alta, Iraí, Passo Fundo e Marcelino Ramos, indicados na Figura 4. A determinação dos períodos com anomalia mensal extrema (positiva e negativa) de precipitação na região foi estabelecida pelo limiar de um desvio padrão ($\pm 1\sigma$), acima ou abaixo da média climatológica de cada mês, conforme indicado na Figura 4. Os meses caracterizados como secos e úmidos, a partir deste critério, estão listados na Tabela 1, coincidindo alguns destes períodos com a atuação mais expressiva de eventos La Niña e El Niño, respectivamente.

Tanto os dados originais de precipitação quanto os posteriormente tratados foram lidos pelo software GrADS (IGES, 2008) e utilizados também na elaboração de mapas dos padrões atmosféricos. O GrADS foi utilizado no sistema LINUX, que pode ser facilmente instalado em computador pessoal. A elaboração dos padrões atmosféricos em períodos de extremos climáticos foi feita a partir de anomalias mensais e anuais calculadas para algumas

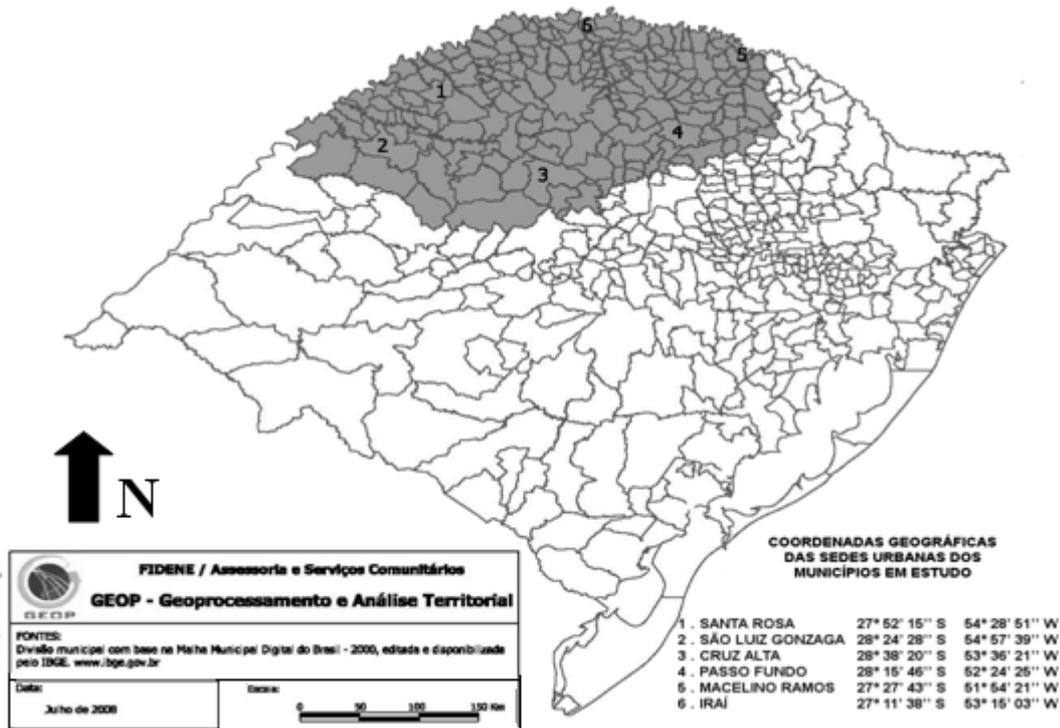


Figura 3 Localização dos municípios a noroeste do Rio Grande do Sul: Santa Rosa (1), São Luiz Gonzaga (2), Cruz Alta (3), Passo Fundo (4), Marcelino Ramos (5) e Iraí (6).

Fonte: FIDENE-RS (2008)

variáveis físicas. De forma geral, a anomalia de uma variável específica, no tempo i , pode ser calculada como: $var_i' = var_i - var_m$, em que var_i' indica a anomalia, var_i a variável em questão e var_m sua média climatológica.

Resultados e Discussões

Este trabalho apresenta a análise da variabilidade temporal da precipitação anual e mensal na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, conjuntamente à variabilidade da TSM no Pacífico Equatorial e Atlântico Sul, e a interpretação dos campos atmosféricos e oceânicos associados a períodos caracterizados por extremos de precipitação pluviométrica no Rio Grande do Sul.

A análise sinótica dos campos atmosféricos e da TSM foi feita para os meses da estação chuvosa de cada ano, outubro a março, com anomalias extremas, superiores a $\pm 1\sigma$, tal como indicado pelas linhas tracejadas horizontais dos quadros da **Figura 4**. Por vezes, anos secos e chuvosos, na Região Sul do Brasil ocorreram, respectivamente, em associação a anos de eventos La Niña e El Niño (ver Tabela 1).

O cálculo de número de meses com anomalia absoluta de

TSM superior $0,5^\circ\text{C}$ na região de Niño 3.4, considerando-se toda a série temporal (1979 a 2005), fornece uma idéia da sensibilidade sazonal mês à ocorrência de eventos EN e LN. Em geral, é possível dizer que os meses entre setembro e fevereiro são mais sensíveis à ocorrência tanto de EN como de LN, tal como observado na **Figura 5**.

Em 1997 e 2002, anos caracterizados por eventos El Niño, foram registradas anomalias positivas de precipitação na Região Sul do Brasil (Fig. 6 e 7). Por outro lado, em 1984 e 1985, 1989, 1995, 1996, 1998, 1999 e 2000, foram registrados maior quantidade de meses com anomalias negativas de TSM no Pacífico Equatorial (Fig. 6). Deste último conjunto de anos, todos, exceto 2000, foram caracterizados por anomalias negativas de precipitação na Região Noroeste do Estado do RS (Fig. 7). Os anos 1983 e 1997 são exemplos típicos da ocorrência de El Niño (Fig. 6) e estiveram associados a anomalias positivas de precipitação no sul do Brasil (Fig. 7). Outros exemplos da ocorrência de El Niño foram os anos 1986/1987 e o período 1991-1994, associados, entretanto, na maior parte das vezes, a anomalias positivas menos intensas de precipitação no sul do Brasil (Fig. 7).

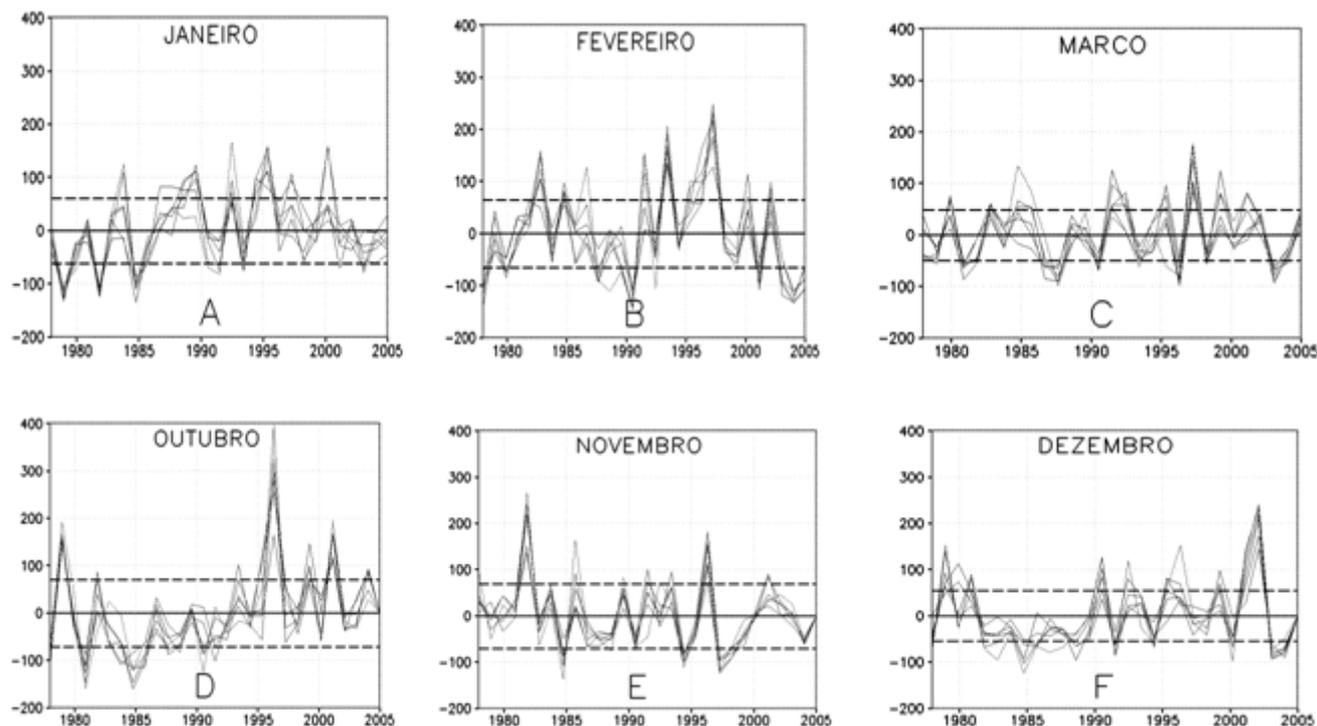


Figura 4 Anomalia mensal da precipitação (mm) no primeiro (a-c) e quarto trimestres (d-f) do ano, de janeiro de 1978 a julho de 2006, para a Região Noroeste do Rio Grande do Sul. O valor positivo e negativo do desvio padrão está indicado com as linhas paralelas tracejadas à abscissa, acima e abaixo

Tabela 1 Períodos extremos selecionados (valor absoluto da anomalia mensal de precipitação > 10 mm para o primeiro e quarto trimestres do ano de 1978 a 2006. A ocorrência de eventos El Niño (forte a moderado) e La Niña (forte a moderada) está indicada como EN e LN, respectivamente. Os demais casos referem-se a anos neutros. Esta classificação foi obtida do CDC/NOAA (2008).

mês	Seco	úmido
janeiro	1979 1982 1985 (LN)	1984 1990 1993 (EN) 1996 (EN) 2000
fevereiro	1978 1991 2002 (EN) 2004 2005(LN)	1983 (EN) 1985 (LN) 1992 (EN) 1994 1998 (EN)
março	1988 (LN) 1997 2004	1992 1997 1998 (EN)
outubro	1978 1981 1985 1986 1991(LN)	1979 1996 1997 (EN) 2002 (EN)
novembro	1985 1988 (LN) 1991 1995 (LN) 1998	1982 1992 1994 (EN) 1997 (EN)
dezembro	1978 1985 1992 2001(LN) 2004 (LN) 2005	1979 1981 1991 (EN) 1996 2003

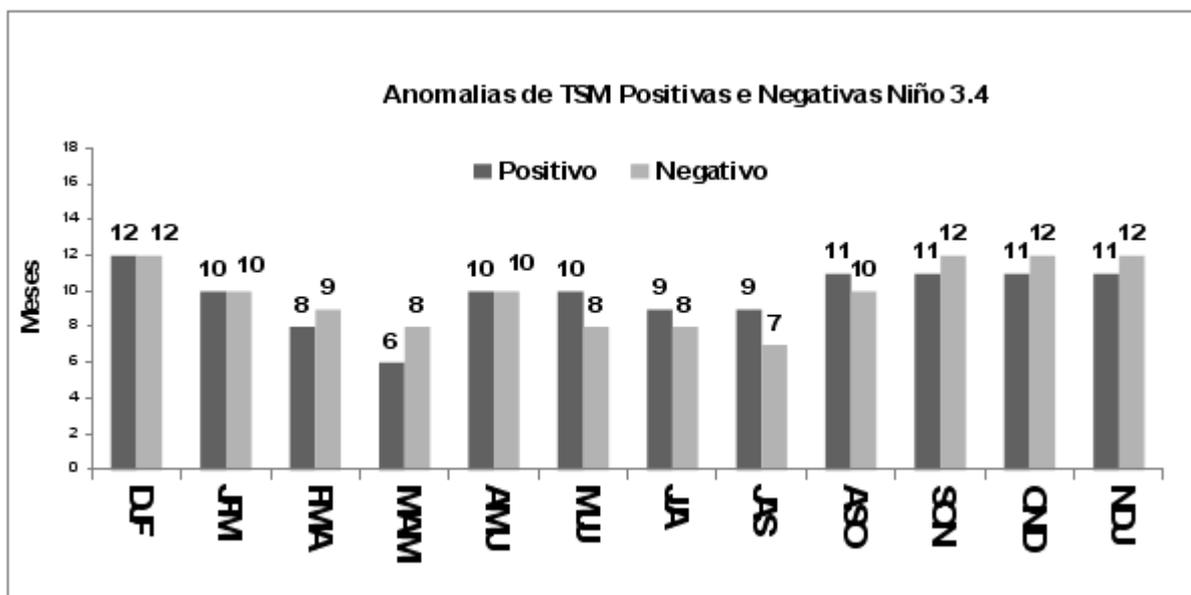


Figura 5 Número de meses com anomalia absoluta de TSM superior a 0,5 °C, na região do Niño 3.4 no Pacífico Equatorial, entre 1970 e 2005. As barras pretas e cinzas indicam o número de anomalias positivas e negativas, respectivamente.

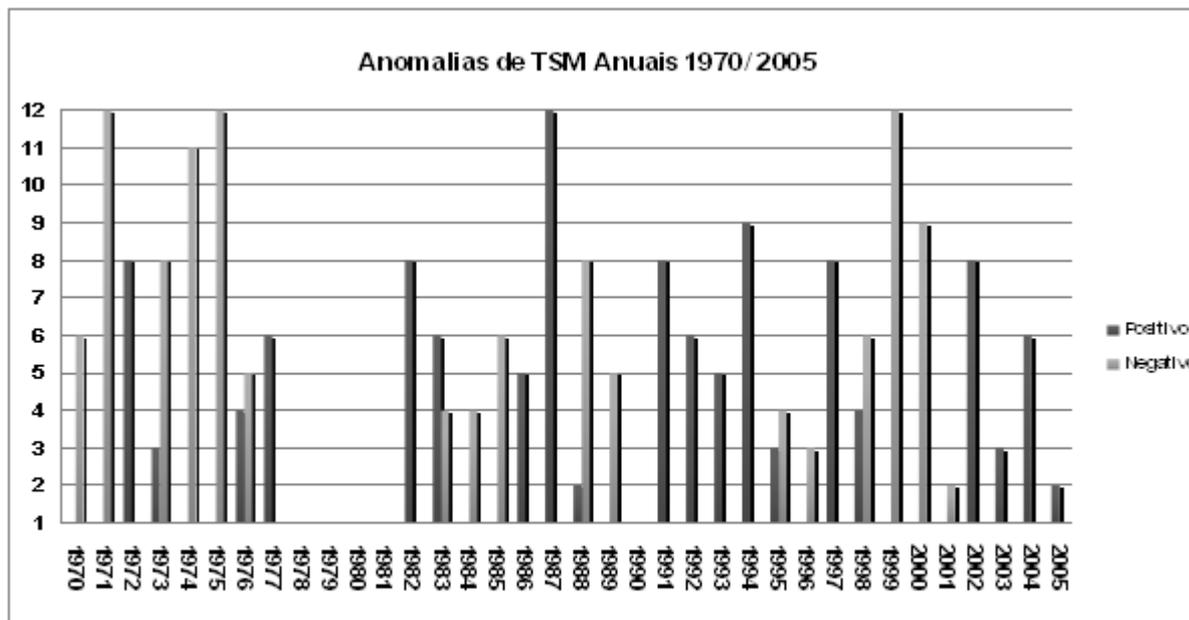


Figura 6 Evolução anual, de 1970, a 2005, do número de meses com valores absolutos da anomalia de TSM superiores a 0,5°C, na região do Niño 3.4 no Pacífico Equatorial. A barra preta (cinza) está associada a anomalias positivas (negativas) de temperatura da superfície do mar.

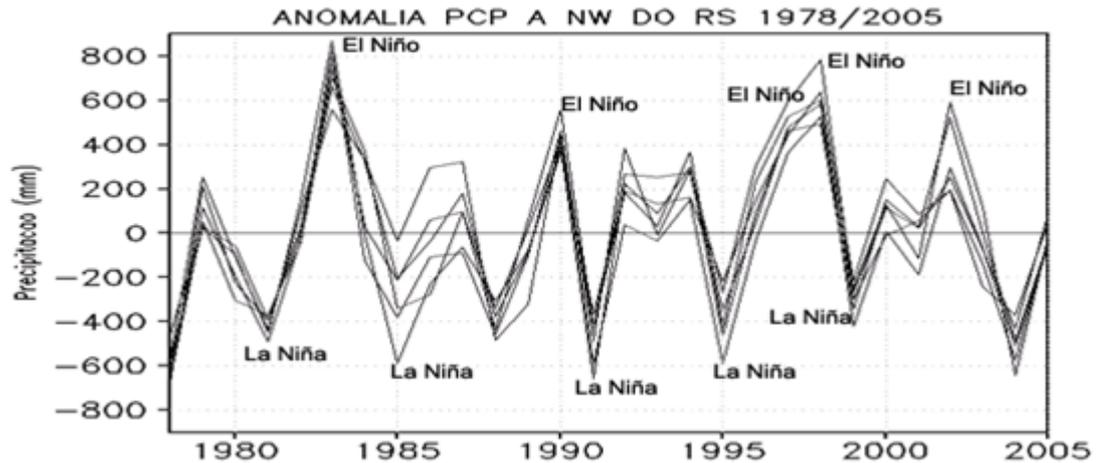


Figura 7 Anomalia anual da precipitação na Região Noroeste do Rio Grande do Sul, nos seis municípios considerados neste estudo, entre 1978 e 2005. Os anos mais expressivos com eventos El Niño e La Niña estão indicados no gráfico.
Fonte: CDC/NOAA (2008)

A climatologia mensal de precipitação na região de estudo não indica diferenças significativas no decorrer do ano (Fig. 8), exceto pelo mês de outubro que apresenta precipitação média mais elevada, 218 mm. Em média, o último trimestre do ano (outubro-dezembro) contribui com o maior volume de precipitação, com 523 mm, ao passo que o terceiro trimestre (julho-setembro) contribui com 419 mm. Outubro e agosto representam, respectivamente, os

meses com mais e menos precipitação. Fevereiro, maio e outubro apresentam os maiores desvios padrão, 88-94 mm, seguidos por abril, julho e dezembro, com desvios entre 79 e 82 mm. Agosto, janeiro, março, junho, setembro e novembro são os meses com os menores desvios padrão, entre 54 e 73 mm (Tab. 2 e Fig. 9). Daí conclui-se que esta região não apresenta padrão de variância da precipitação característico durante o ano

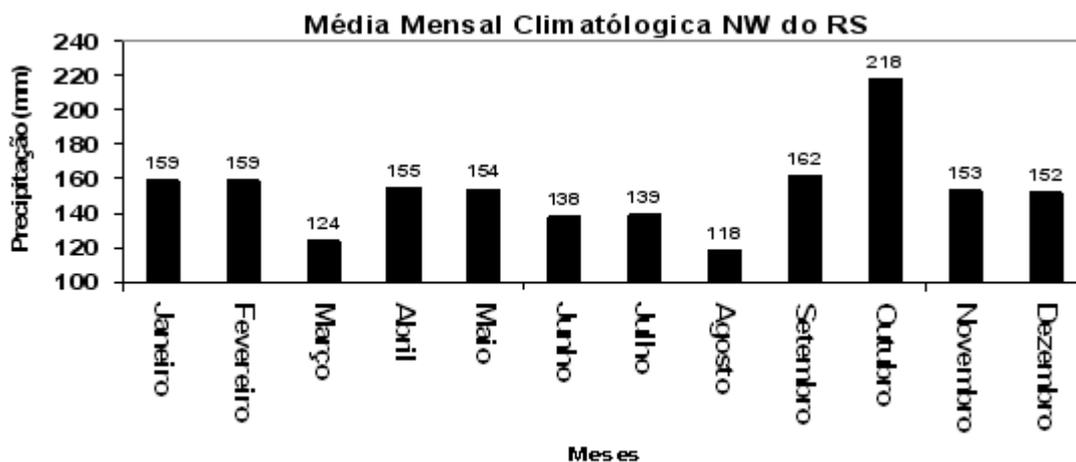


Figura 8 Climatologia mensal da precipitação (mm), 1978-2006, para a região NW do RS.

Tabela 2 Desvio padrão (σ) da precipitação mensal na região NW do RS

MESES	σ
FEVEREIRO - MAIO - OUTUBRO	88 - 94
ABRIL - JULHO - DEZEMBRO	79 - 82
AGOSTO - JANEIRO - MARÇO - JUNHO SETEMBRO - NOVEMBRO	54 - 73

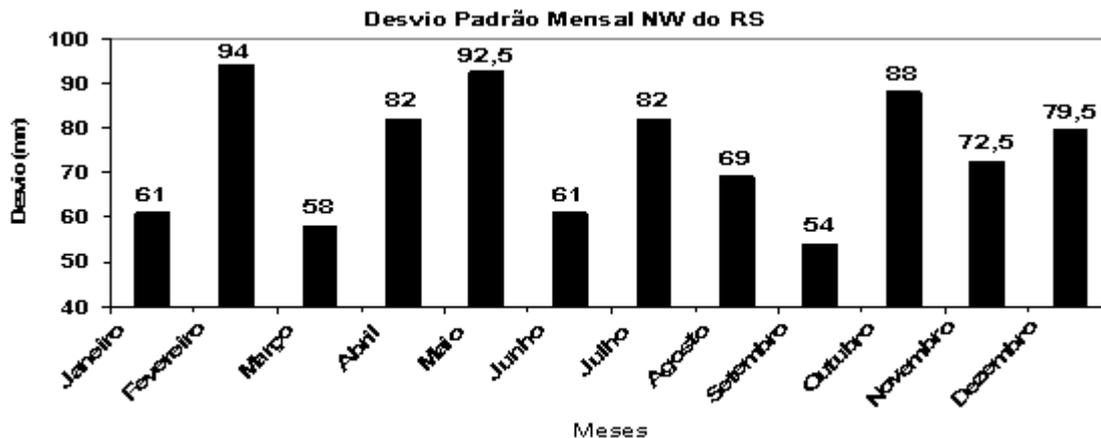


Figura 9 Desvio padrão mensal para a Região Noroeste do RS, de 1978 a 2006

Os campos espaciais das variáveis atmosféricas avaliados neste estudo referem-se somente aos meses que compõem o período do ano com precipitação mais elevada na região, ou seja, outubro a março, uma vez que é este o período mais importante, em relação a estiagens, para a agricultura local. Dentre estes meses, foram selecionados aqueles com anomalias extremas de precipitação, tanto muito seco quanto muito úmido, cujo valor absoluto tenha ultrapassado 1σ , tal como indicado na **Tabela 1**. Os campos espaciais representam a média temporal para períodos extremos. São apresentados, neste trabalho, os campos que representam o comportamento da atmosfera e oceano apenas para o mês de outubro. Entretanto, os sinais dos padrões atmosféricos e oceânicos associados a períodos secos e úmidos estão resumidos nas **Tabelas 3 e 4**, respectivamente.

Considerando-se primeiramente os períodos anormalmente secos, verifica-se que janeiro, março, outubro, novembro e dezembro apresentam padrões similares de divergência do ar e do escoamento

do vento, tanto em 200 hPa como em 850 hPa (Fig. 10 a,b). Em altos níveis (200 hPa, Fig. 10a) é característica uma grande região de convergência (ou divergência relativa) do ar atuando sobre todo o centro-sul do Brasil acompanhada por anomalias positivas de divergência em baixos níveis (850 hPa, Fig. 10b). Este padrão sinótico inibe a formação de nebulosidade na região centro-sul do Brasil e está associado a anomalias de ar descendente.

O padrão da circulação do ar observado nos períodos secos, em todos os meses considerados, outubro a março, evidencia uma anomalia ciclônica em 200 hPa, com maior ou menor intensidade, com centro geralmente sobre o Atlântico Sul adjacente às regiões Sul e Sudeste do Brasil, em aproximadamente 40° - 50° W e 30° S, tal como observado na **Figura 11a**. Este padrão ciclônico anômalo está associado a uma variação meridional do escoamento de oeste, com ventos de oeste mais intensos que a climatologia a norte do centro do padrão e ventos de oeste mais fracos ao sul da região anômala. Em condições mais secas, no sul do Brasil, o jato subtropical é menos

intenso do que na média climatológica, situação evidenciada também na **Figura 15**. Em todos os casos de escassez hídrica este padrão contribui para a convergência do ar em altos níveis sobre a Região Sul do Brasil, induzindo subsidência na troposfera e divergência em baixos níveis (850 hPa). O padrão de escoamento em baixos níveis evidencia apenas anomalias positivas da componente meridional do vento (Figura 10b), o que está associado ao enfraquecimento do Jato de Baixos Níveis (JB).

As anomalias de ROLE observadas durante os períodos secos sobre a Região Sul do Brasil, nos meses de outubro a março, foram sempre positivas, tal como mostrado na **Figura 12**, para os meses de outubro secos. Sugerem, desta forma, a presença de condições atmosféricas nestes períodos, que inibem a formação de nebulosidade em relação à média climatológica. Nestas condições de seca sobre o Sul e parte do Sudeste do Brasil, áreas com intensa nebulosidade (valores negativos de anomalia de ROLE) ficam deslocadas mais para o norte de sua posição climatológica, atingindo os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia (também visto na Figura 12). A estacionariedade de sistemas frontais sobre o norte da Região Sudeste do Brasil está

associada à convecção tropical nas regiões Central e Norte e indica o posicionamento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), nestes casos, mais ao norte, tal como discutido por vários autores (QUADRO, 1994; AMBRIZZI *et al.*, 1998; CARVALHO *et al.*, 2004; SIQUEIRA e MACHADO, 2000; 2004).

Em todos os meses considerados como seco observou-se um padrão médio de anomalias negativas de TSM na região do Pacífico Equatorial (Fig.13), sugerindo a associação entre eventos La Niña e pouca chuva na Região Sul do Brasil, tal como discutido previamente. Com relação ao comportamento do Atlântico Sul, observa-se que áreas do Atlântico Sudoeste, adjacentes às regiões Sul e Sudeste do Brasil, apresentam, na maior parte dos meses analisados, anomalias médias negativas de TSM (Fig. 13 e Tab. 3), estando associadas a condições de instabilidade termodinâmica na atmosfera, desfavoráveis à formação de nebulosidade. Estas condições provavelmente determinaram o prolongamento de períodos de estiagem na Região Sul do Brasil e, em especial, no Rio Grande do Sul, tal como também discutido por GRIMM e TADESCHI (2004), COELHO (2001) e SILVA (2001).

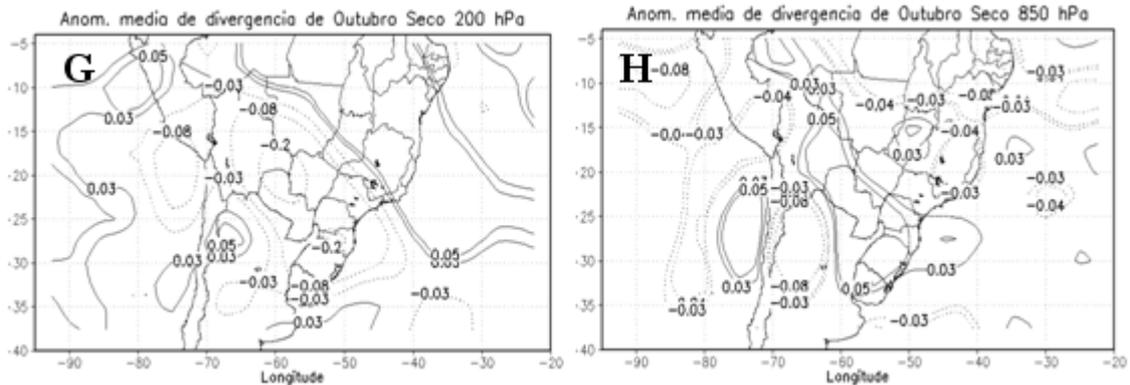


Figura 10 Média da anomalia de divergência do ar (10^{-5} s^{-1}) em (a) 200 hPa (esquerda) e (b) 850 hPa (direita), para os meses de outubro com anomalia negativa de precipitação entre 1978 e 2005.

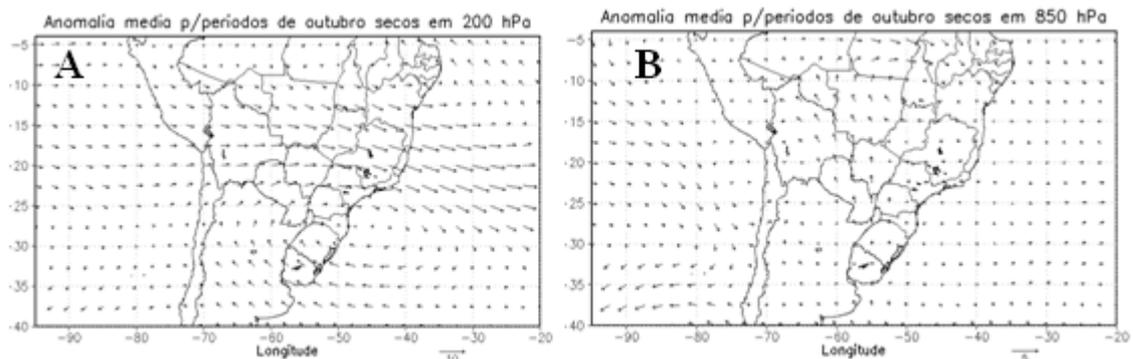


Figura 11 Média da anomalia do vento (ms^{-1}) em (a) 200 hPa (esquerda) e (b) 850 hPa (direita), para os meses de outubro com anomalia negativa de precipitação entre 1978 e 2005.

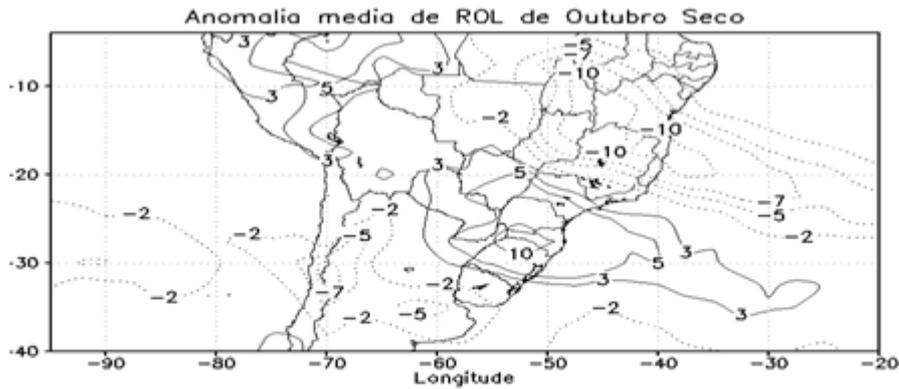


Figura 12 Média da anomalia de ROL (Mm^2) para os meses de outubro com anomalia negativa de precipitação entre 1978 e 2005.

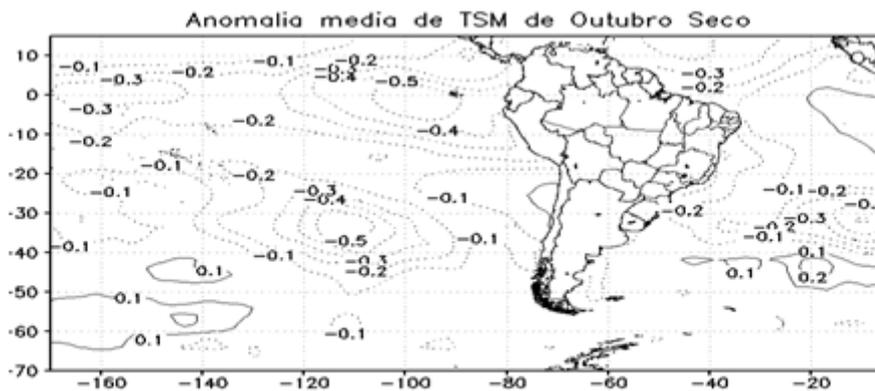


Figura 13 Média da anomalia de TSM ($^{\circ}\text{C}$) para os meses de outubro com anomalia negativa de precipitação entre 1978 e 2005.

Tabela 3 Sinal da anomalia mensal de divergência do ar em 200 e 850 hPa (DIV200, DIV850), ROL, TSM no Pacífico Equatorial (TSMP) e TSM, no Atlântico Sudoeste, na costa da Região Sul do Brasil (TSMA), em períodos secos do RS. A cor cinza escuro indica anomalia negativa e a cinza claro, anomalia positiva de cada variável.

MESES SECOS	DIV200	DIV850	ROLE	TSMP	TSMA
JAN					
FEV					
MAR					
OUT					
NOV					
DEZ					

A análise sinótica do comportamento atmosférico para os meses chuvosos, com anomalias positivas de precipitação na Região Noroeste do RS, evidencia a ocorrência de anomalias de divergência em 200 hPa (Fig. 14a) e de convergência do ar em baixos níveis, 850 hPa (Fig. 14b), sobre o sul do Brasil. Em todos os meses avaliados, meses do período chuvoso

(outubro-março), a convergência do ar em baixos níveis foi mais intensa do que a média climatológica, como confirmam os valores de anomalias na **Tabela 4**. Apenas o mês de janeiro apresentou anomalia média positiva, caracterizando movimento divergente do ar em baixos níveis (Tab. 4).

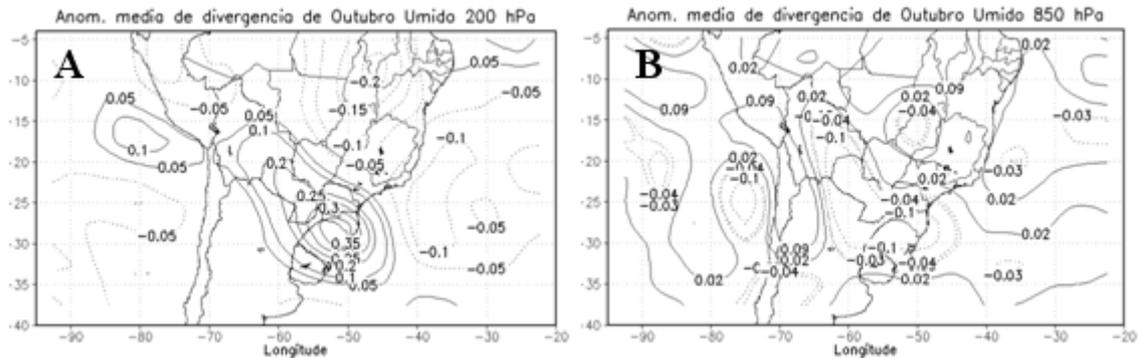


Figura 14 Média da anomalia de divergência do ar (10^{-5} s^{-1}) em (a) 200 hPa e (b) 850 hPa, para os meses de outubro com anomalia positiva de precipitação entre 1978 a 2005.

Em contraste com o observado nos períodos secos, o escoamento médio do ar em períodos úmidos está associado a uma anomalia anticiclônica em altos níveis sobre a Região Sul do Brasil e Oceano Atlântico Sul adjacente, com centro em aproximadamente 47°W e 27°S (Fig. 15a). Esta região coincide aproximadamente com o centro da anomalia ciclônica observada em altos níveis nos casos de eventos secos. Contribuindo para o aumento da umidade em baixos níveis na região Sul do Brasil, verifica-se a presença mais intensa do JBN, em outubro (Fig. 15b). Desta forma, pode-se concluir que o escoamento do ar, em altos níveis, em períodos secos e úmidos está associado a uma inversão do sinal da anomalia de divergência do ar, cujo centro encontra-se sobre o Atlântico Sul, adjacente à costa da AS. Este padrão de alteração da anomalia da circulação em altos

níveis está associado ao deslocamento meridional do centro de maior intensidade do JS, em períodos secos e úmidos, migrando para o sul (norte) de sua posição climatológica durante eventos úmidos (secos) (Fig. 16a,b). Além do deslocamento meridional do JS, observa-se diferença de sua intensidade durante períodos úmidos e secos: em períodos úmidos, o JS se intensifica enquanto que em períodos secos, se enfraquece (Fig. 16a,b). Outro aspecto importante a ser pontuado nos campos de circulação, porém nos campos de baixos níveis da atmosfera, é a intensificação do JBN (Fig. 15b), bem visível em quase todos os meses úmidos selecionados, exceto em fevereiro e novembro (Tab. 4), levando ar mais úmido e quente da região centro-norte da América do Sul para o Sul do Brasil.

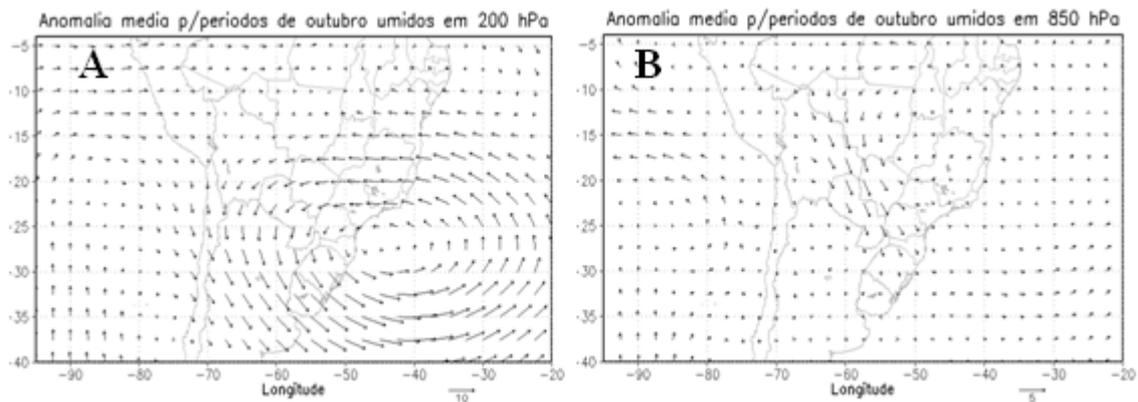


Figura 15 Média da anomalia do vento (ms^{-1}) mensal em períodos úmidos, de 1978 a 2005, em (a) 200 hPa e (b) 850 hPa, para o mês de outubro.

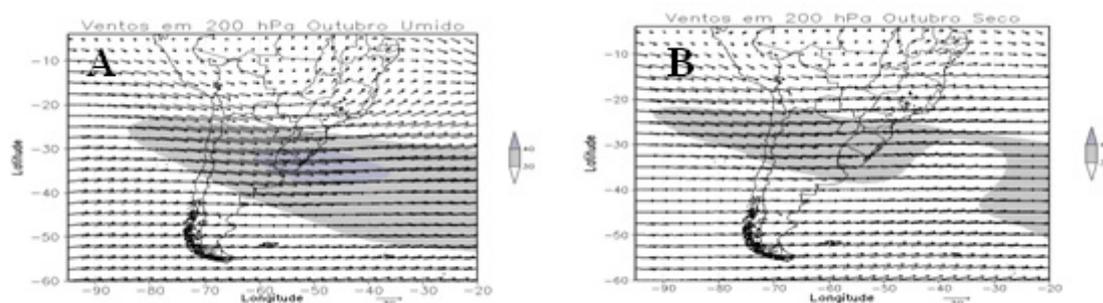


Figura 16 Escoamento em 200 hPa sobre a América do Sul para a média dos meses de outubro (a) úmidos (1979, 1997, 2000, 2002 e 2005) e (b) secos (1981, 1985, 1986, 1988 e 1991). A área sombreada em cinza claro, sobre o sul do Brasil, indica intensidade do JS superior a 30 ms⁻¹.

Em todos os meses úmidos avaliados foi observado padrão de anomalias negativas de ROLE no centro-sul do Brasil, tal como indica a média para o mês de outubro na **Figura 17**. As regiões Sudeste, central e Nordeste do Brasil estiveram associadas a anomalias positivas de ROLE, com exceção dos meses de fevereiro e março que apresentaram áreas mais restritas de anomalias positivas de ROLE (Tab. 4), atingindo principalmente a região Sudeste do Brasil

(centro-sul de MG e RJ). Esta alternância espacial na direção sudoeste-nordeste, formando um padrão de dipolo, está associada a modos espaciais obtidos da análise de Componentes Principais para a radiação de onda longa por NOGUES-PEAGLE e MO (1997) e CAVALCANTI e CASTRO (2004). Nestes estudos, o campo espacial da primeira componente caracteriza bem esta oscilação média do comportamento atmosférico entre períodos climáticos específicos.

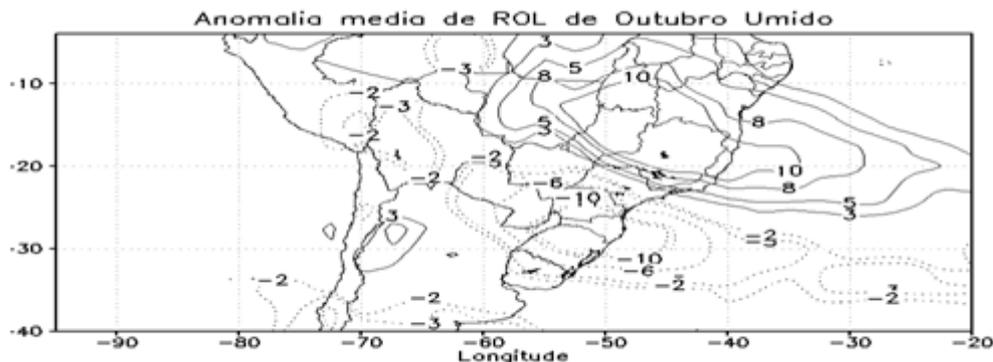


Figura 17 Anomalia média mensal de ROLE (Wm⁻²) para os meses de outubro, em períodos úmidos de 1978 a 2005.

Anomalias positivas e negativas de precipitação, respectivamente, nas regiões Sul e Nordeste do Brasil foram acompanhadas pelo aquecimento anômalo do Pacífico Equatorial (Fig. 18), com a presença de eventos El Niño. Por outro lado, o comportamento da TSM do Atlântico Sul adjacente às regiões Sul e Sudeste do Brasil parece não contribuir, de forma enfática, para a intensificação da precipitação na região Sul do Brasil, tal como constatado nos casos dos períodos secos (Tab. 3). De todos meses

(out-mar) avaliados em períodos úmidos no sul do Brasil, somente dezembro (Tab. 4) apresentou anomalias positivas de TSM no Atlântico Sul adjacente às regiões Sul e Sudeste. Desta forma, sugere-se que a variabilidade do Atlântico Sudoeste apresenta maior influência nos padrões climáticos do Sul do Brasil durante episódios frios do Pacífico Equatorial (La Niña ou período secos do Sul), tal como evidenciado na **Tabela 4**.

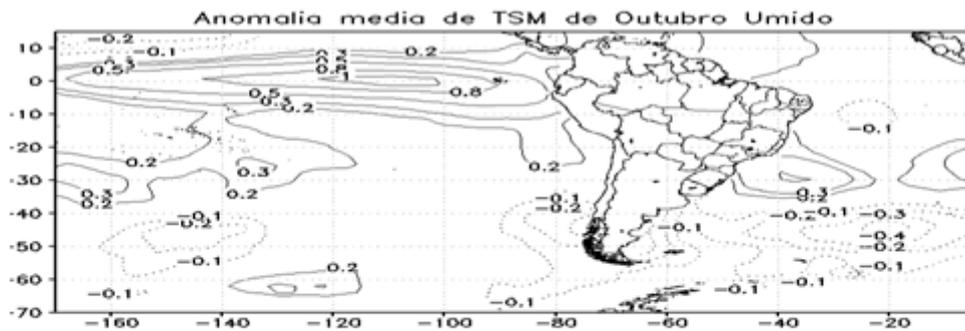


Figura 18 Média da anomalia de TSM (°C) para os meses de outubro com anomalia positiva da precipitação na região Sul do Brasil, entre 1978 e 2005.

Tabela 4 Sinal da anomalia mensal de divergência do ar em 200 e 850 hPa (DIV200, DIV850), ROLE, TSM no Pacífico Equatorial (TSMP) e TSM, no Atlântico Sudoeste, na costa da Região Sul do Brasil (TSMA), em períodos úmidos do RS. Acor cinza escuro indica anomalia negativa e a cinza claro, anomalia positiva de cada variável.

MESES ÚMIDOS	DIV200	DIV850	ROLE	TSMP	TSMA
JAN					
FEV					
MAR					
OUT					
NOV					
DEZ					

Conclusão

A avaliação sistemática do comportamento atmosférico em períodos secos e úmidos, para os meses de outubro a março, na Região Sul do Brasil permitiu verificar que ele é característico em cada um dos períodos. Em períodos secos, na maioria dos casos (meses), o padrão atmosférico caracterizou-se por convergência em altos níveis (200 hPa) e de divergência em baixos níveis (850 hPa). Em períodos úmidos, os padrões médios de circulação geralmente se inverteram, tendo sido observada divergência do ar em altos níveis e convergência em baixos níveis. Observa-se que anomalias positivas de divergência do ar em baixos níveis sobre a Região Sul do Brasil contribuíram para a inibição de formação de nebulosidade em períodos secos. Por outro lado, as anomalias negativas de divergência (em média, favoráveis a situações de convergência),

em 850 hPa, sobre esta região, contribuíram para a formação de nebulosidade em períodos úmidos. O padrão de escoamento do ar em 200 e 850 hPa foi bastante marcante nos períodos secos e úmidos sobre a região de estudo. Enquanto que nos períodos secos predominou a presença de uma circulação ciclônica anômala em altos níveis, com centro próximo à Região Sul do Brasil e Atlântico Sul adjacente (centro em 47°W; 27°S), nos períodos úmidos, esta anomalia se inverteu, sendo clara a anomalia anticiclônica, aproximadamente sobre a mesma região. Estas anomalias em altos níveis contribuíram para a intensificação de movimentos descendentes, durante os períodos secos, e de movimentos ascendentes do ar, durante os períodos úmidos, o que, em média, esteve relacionado, respectivamente, à diminuição e ao aumento

da precipitação nestas situações. O JS esteve mais intenso durante períodos úmidos da Região Sul do Brasil, posicionando-se mais ao sul da região climatológica e, mais enfraquecido durante períodos secos, posicionando-se mais ao norte da posição climatológica nestes casos.

Neste estudo também foi verificada a circulação do ar em baixos níveis, tendo sido constatadas características distintas durante os períodos climáticos secos e úmidos. Durante períodos secos, o JBN ficou enfraquecido, em relação à média climatológica, enquanto que durante os períodos úmidos, o JBN esteve intensificado, favorecendo, nestes casos, a advecção (transporte horizontal) de ar mais quente e úmido do centro-norte da América do Sul para o sul do Brasil, o que certamente deve ter contribuído para a intensificação das condições de instabilidade atmosférica nesta região. As variáveis divergência do ar, vento, ROLE e TSM, usadas neste estudo como indicadores para a caracterização de períodos secos e úmidos, apresentaram comportamentos bastante coerentes com o esperado, para os diversos meses analisados. Em todos os meses dos períodos secos (úmidos) foram identificadas anomalias positivas (negativas) de ROLE sobre a região de estudo. A partir da análise da ROLE, foi constatado um padrão dipolo entre as regiões sul e norte/nordeste do Brasil em todos os meses avaliados (exceto em março), com a observação de anomalia positiva de ROLE concomitantes a anomalias negativas nas duas regiões mencionadas, tal como apontado também em NOGUES-PEAGLE e MO (1997). É razoável supor que esta variabilidade em escala sinótica pudesse ser notada, uma vez que se trata de períodos climáticos extremos, secos e úmidos. Esta distinção certamente não é tão nítida em períodos mais próximos da média climatológica. Desta forma, seria interessante avaliar até que ponto

estes períodos anômalos (secos e úmidos) são influenciados por padrões atmosféricos da escala sinótica. Ou seja, verificar, para períodos anômalos, mas não extremos, se o comportamento sinótico se mantém tal como o obtido para os casos extremos.

Em todos os meses avaliados, outubro a março, as anomalias de TSM observadas no Pacífico Equatorial estiveram associadas diretamente à variabilidade da precipitação no sul do Brasil. Anomalias negativas (positivas) de TSM no Pacífico Equatorial estiveram associadas a anomalias negativas (positivas) de precipitação no sul do Brasil. Desta forma, verifica-se que as condições climáticas no Oceano Pacífico Equatorial são importantes para a definição de extremos climáticos no sul do Brasil. Por outro lado, as condições de TSM no Atlântico Sul adjacente à região de estudo não mostram uma associação tão forte às chuvas da Região Sul como as condições do Pacífico Equatorial, principalmente em períodos úmidos. Durante os períodos úmidos, ocorre uma variabilidade alta do sinal da TSM do Atlântico Sul adjacente, não sendo possível definir um padrão para esta variável (quatro meses apresentaram, em média, anomalias negativas e dois meses, anomalias positivas de TSM). Contudo, durante períodos secos, o padrão de TSM do Atlântico Sul adjacente à costa sul do Brasil parece ter potencial para influenciar mais as condições de precipitação na região. Todos os meses avaliados durante o período seco, exceto janeiro, apresentaram anomalias médias negativas de TSM no Atlântico Sul adjacente. Sugere-se, então, que eventos El Niño apresentem maior potencial para interferência no clima da Região Sul do Brasil em comparação aos eventos La Niña e que, assim, a influência da variabilidade do Atlântico Sudoeste nos padrões climáticos da região Sul do Brasil pode ser percebida com maior facilidade durante episódios frios do Pacífico Equatorial.

SLEIMAN, J.; SILVA, M. E. S. (2010). Atmospheric patterns related to extreme rainfall events on the southern region of Brazil. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 20, p. 93 - 109.

Abstract: Agricultural activities at the northwest portion of the State of Rio Grande do Sul - RS, located at the southern region in Brazil, is an important economical issue which constitute great part of the internal income and part of the state and national GDP. The development of different crops in this region particularly depends on atmospheric conditions, mainly during rainy season, which lasts from October to March of the next year. This period is characterized by the development and harvest of important crops in the studied region. In this work we determined the atmospheric patterns for wet and dry periods, between 1978 and 2005, associated to the precipitation observed at RS northwest region. The atmospheric patterns of anomaly fields clearly show opposite signals in dry and wet periods over south and central Brazil, pointing out a clear dipole structure between these two regions. Wet and dry periods are respectively characterized by low and high values of OLR in relation to climatology. OLR anomalies over north and northeast regions of Brazil are constantly in opposite signals in relation to those observed at south region, configuring the dipole structure. Dry and wet periods respectively show negative and positive air divergence anomalies at high levels of atmosphere over the region studied, while atmospheric low levels are characterized by positive and negative divergent anomalies, respectively. During wet and dry periods air circulation evidences the Low Level Jet (LLJ) strengthening and weakening; LLJ is commonly considered as responsible by humidity transportation from north to southeast region of South America and, then, it is related to rain variability. The results also show that wet periods are related to Subtropical Jet strengthening that contributes to the increasing of atmospheric dynamic instability and, then, to the development and intensification of rainy systems over the region. Variability of sea surface temperature at Subtropical Atlantic and Equatorial Pacific oceans, from 1978 to 2005, sounds to influence considerable fraction of precipitation variability at South of Brazil: positive anomalies of sea surface temperature are observed at Equatorial Pacific portion concomitantly to rain positive anomalies at the South region, for all month analyzed. On the other hand, sea surface temperature variability over Atlantic Subtropical Ocean, that portion adjacent to the south region of Brazil, does not seem to be directly related to the RS rain variability. Therefore, we conclude that the atmosphere over the South Region of Brazil presents distinct patterns during wet and dry periods, coupled to dipole structures at northern and southern South America. The influence of Equatorial Pacific Ocean is much clearer to annual precipitation variability at RS state than Atlantic Subtropical Ocean.

Key words: Atmospheric patterns; Precipitation variability; Climatic extremes; Northwest of Rio Grande do Sul state; Southern Brazil.

Recebido em 12 de novembro de 2009, aceito em 13 de fevereiro de 2010.

Referências

- AMBRIZZI, T.; MARENGO, J.A.; LIEBMANN, B.; KILADIS, G. N.; GLICK, J.D. (1998). Propagação de ondas extratropicais e a Zona de Convergência do Atlântico Sul. *In: Congresso Brasileiro de Meteorologia*, 10, Brasília.
- BERLATTO, M. A. FONTANA, D. C., (1999). Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no Estado do Rio Grande do Sul. *In: Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 7, p. 119-125.
- BERLATTO, M.A. e FONTANA, D.C.; GONÇALVES, (2001). "Relação entre o rendimento agrícola de grãos de soja e variáveis meteorológicas". *In: Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 27, n. 5, p. 695-702.
- BERLATTO, M. A. e FONTANA, D. C., (2003). *El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura*. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 110 pp.
- BERLATTO, M.; FARENZENA, H. e FONTANA, D., (2005). Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. *In: Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 40, n.5.
- CARDOSO, A. O., (2005). *Relações entre a TSM nos oceanos Pacífico e Atlântico e as condições climáticas nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil*. Tese de Doutorado ACA/IAG/USP, São Paulo.
- CARDOSO, A. O.; SILVA DIAS, P. L., (2000). A influência da temperatura da superfície do mar no clima de inverno para a cidade de São Paulo. *In: Anais do XI Congresso Nacional de Meteorologia, SBMET*.
- CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B., (2004). The South Atlantic Convergence Zone: Intensity, Form, Persistence, and Relationships with Intraseasonal to Interannual Activity and Extreme Rainfall". *In: Journal of Climate*, 17, p. 88-108.
- CAVALCANTI, I.F.A., CASTRO, C.C. (2004) *Influências da variabilidade intrasazonal sobre a América do Sul em resultados de uma simulação climática com o MGCA CPTEC/COLA*. INPEePrint: sid.inpe.br/yolanda 2004/08.02.09
- CDC/NOAA, Dowload Climate Timeseries, 2009. Link de acesso <http://www.cdc.noaa.gov/gcos-wgsp/Timeseries/PDO>. Acessado em 04/2009

- COELHO, C. A. S., (2001). *Anomalias de precipitação sobre a América do Sul e sua relação com a TSM dos oceanos Pacífico e Atlântico durante períodos de extremos de El Niño Oscilação Sul*. Dissertação de Mestrado IAG/USP, São Paulo.
- CUNHA, G. R.; DALMAGO, G.A.; ESTEFANEL, V.; PASINATO, A.; MOREIRA, M.B (2001). El Niño – Oscilação do Sul e seus impactos sobre a cultura de cevada no Brasil. *In: Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 9, n. 1, p. 137-145.
- EMATER/RS, 2009. *Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural*. Informativo disponível em www.emater.tche.br. Acesso em janeiro.
- FIDENE/RS, (1993). Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Santa Rosa-RS. *In: Documento I-Diagnóstico e Recomendações*, Ijuí: Editora Fidene.
- FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A., (1996). Relação entre El Niño Oscilação Sul (ENOS), precipitação e rendimento do milho no Estado do Rio Grande do Sul. *In: Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v.2, p. 39-46.
- FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A., (1997). Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação do Estado do Rio Grande do Sul. *In: Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 5, n. 1, p. 127-132.
- FRANÇA, J. R.A.; LI, L.Z.; SILVADA, F.N.R.; JUNIOR, A.R.T (2000). Sensibilidade do Modelo de Circulação Geral do LMD às variações da Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico Tropical. *In: Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Rio de Janeiro, p. 3685-3693.
- FUENTES, M. V., (1997). *Climatologia de bloqueios próximos à América do Sul e seus efeitos*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- GRIMM, A. M.; TELEGINSKI, S.E.; COSTA, S.M.S.; GOMES, J. (1996). Anomalias de precipitação no sul do Brasil em eventos de El Niño. *In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Campos do Jordão*, Anais, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, p. 1098-1102.
- GRIMM, A. M.; TADESCHI, R. G., (2004). Influência de eventos de El Niño e La Niña sobre a frequência de eventos extremos de precipitação no Brasil. *In: Congresso Brasileiro de Meteorologia*, 13, CD ROM. Fortaleza - CE, SBMET.
- GRUPPELLI, J. L.; MARQUES, J. R.; DINIZ, G. B., (2006). 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: Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia*.
- HALL, J. D.; MATTHEWS, A. J.; KAROLY, D. J., (2001). The modulation of tropical cyclone activity in the Australian region by the Madden-Julian oscillation. *In: Monthly Weather Review*, 129, p. 2970-2982.
- IGES, 2008. *Grid Analysis and Display System – GrADS*. Acessado em 03/2008 - Link de acesso <http://www.iges.org/grads/head.html>.
- KANAMITSU, M.; EBISUSAKI, W.; WOOLEN, J.; YANG, S-K; HNILO, J.J.; FIORINO, M.; POTTER, G.L, (2002) NCEP/DOE AMIP Reanalysis (R-2) *In: Bulletin of the American Meteorological Society*, 1631-1643, Bul. of the Atmospheric. Met. Soc. e <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/wesley/reanalysis2/kana/rean12-1.html>.
- KAYANO, M. T.; KOUSKY, V., (1992). Sobre o monitoramento das oscilações intra-sazonais. *In: Revista Brasileira de Meteorologia*, 7, p. 593-602.
- LEMOS, C. F.; CALBETE, N. O., (1996). Sistemas frontais que atuaram no litoral de 1987 a 1995. *In: Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática Edição Especial de Comemoração de 10 Anos 1986/1996*. (INPE-12801-PRE/8091). em: <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/14.html>. Acesso em: 01 jul. 2008.
- LOPES, F. Z.; DINIZ, G., MARQUES, R, (2007). Relação entre Multivariate Enso Index (MEI) e a TSM das regiões do Niño com a precipitação da regiões homogêneas do Estado do Rio Grande do Sul. *In: Anuário do Instituto de Geociências UFRJ*, v. 30-2/2007 p. 11-22.
- LOUREIRO, R. S., GOMES, R. G., ROCHA, E. J. P. (2006) Análise de uma linha de instabilidade costeira na região leste do Estado do Pará. *In: Revista Brasileira de Meteorologia*, v.21, n.3b, 258-270
- MADDEN, R. A.; JULIAN, P. R., (1971). Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. *In: J. Atmos. Sci*, 28, p. 702-708.
- MADDEN, R. A.; JULIAN, P. R., (1972). Description of global-scale circulation cells in the tropics with a 40-50 day period. *In: J. Atmos. Sci*, 29, p. 1109-1123.
- MANTUA, N.J., HARE, S.R., ZHANG, Y., WALLACE, J.M., FRANCIS, R.C., (1997). A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with impacts on salmon production *In: Bulletin of the American Meteorological Society*, June 1997, vol 78. P 1069-1079
- MARQUES, R. F. C.; RAO, V. B., (1996). Bloqueio Atmosférico no Hemisfério Sul durante o período de 1980 a 1993. *In: Climanálise Especial*. Edição Comemorativa de 10 Anos CPTEC/INPE.
- MATZENHAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A (1996).

- Relações entre rendimento de milho e variáveis hídricas. In: *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 3, p. 85-92.
- MELO, R. W.; FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A., (2004). Indicadores de produção de soja no Rio Grande do Sul comparados ao zoneamento agrícola. In: *Pesq. agropec. bras*, v. 39, n. 12, p. 1167-1175.
- MOLION, L. C. B.; KOUSKY, V. E. (1985). *Uma contribuição à climatologia da dinâmica da troposfera tropical sobre a Amazônia*. INPE, São José dos Campos (INPE-3560-RPE/480).
- NEWMAN, M., COMPO, G.P., ALEXANDER, M.A. (2003). 'ENSO-forced variability of the Pacific Decadal Oscillation, In: *Journal of Climate*, vol.16, nº23.
- NOBRE, P., (1996). A variabilidade interanual do Atlântico Tropical no clima da América do Sul. In: *Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática*. Edição comemorativa 10 anos, p. on line. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/mudanca.html>>. Acesso em: 08/ 2008.
- NOGUES-PEAGLE, J.; MO, K.C., (1997) Alternating Wet and Dry conditions over South América during Summer In: *American Meteorological Society* p - 279-291.
- OLIVEIRA, S. G.; MARENGO, J. A.; KOUSKY, V., (1998). O final do episódio El Niño de 1997/98 e o desenvolvimento e a intensificação do La Niña 1998/99. In: *X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso da Federação Latino-Americana e Ibérica de Sociedades de Meteorologia*, Brasília.
- POHL, B.; MATTHEWS, A. J., (2007). Observed changes in the lifetime and amplitude of the Madden-Julian oscillation associated with interannual ENSO sea surface temperature anomalies. In: *J. Climate*, 20, p. 2659-2674. Acesso em 03/2008 <http://envam1.env.uea.ac.uk/hmk2001.html>.
- QUADRO, M. F. L., (1994). *Estudo de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul*. Dissertação de Mestrado em Meteorologia INPE, São José dos Campos.
- REBELLO, E. R. G., (2005). *A Oscilação Decadal do Pacífico e sua possível influência no clima do sul do Brasil*, INMET, Brasília. Acessado em setembro de 2008: http://www.ame-web.org/JORNADAS/1D_Rebello.pdf.
- ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S., (1987). Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño - Southern Oscillation. In: *Monthly Weather Review*, v. 115, p. 1606-1626.
- SILVA, I. R. (2001). *Variabilidade sazonal e interanual das precipitações da Região Sul do Brasil, associadas às temperaturas dos oceanos Atlântico e Pacífico*. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- SILVA, E.R.; SILVA, M.E.S.; TAKESHI, P., (2008). Influência da temperatura da superfície do mar das regiões de Niño 1+2 e 3 na precipitação mensal na América do Sul. In: *XV Congresso Brasileiro de Meteorologia*, São Paulo-SP, CD ROM XV CBMET.
- SILVA, V. B. S.; V. E. KOUSKY; W. SHI; R. W. HIGGINS, (2007). An improved historical daily precipitation analysis for Brazil. In: *J. Hydrometeorology*, 8, 847-861.
- SILVA DIAS, M. A. F. DA, (1987). Sistemas de mesoescala e previsão de tempo a curto prazo". In: *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2, p. 133-150.
- SILVA DIAS, M. A. F. DA, (1996). Complexos Convectivos de Mesoescala sobre a Região Sul do Brasil. In: *Edição Comemorativa de 10 Anos do Climanálise*. CPTEC/INPE. www.cptec.inpe.br. Acessado em 25/12/2007.
- SIQUEIRA, A. H. B.; MOLION, L. C. B. (2006). Impactos do ENOS no norte e nordeste brasileiros e sua relação com a Oscilação Decadal do Pacífico. In: *XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, Florianópolis. Anais do XIV CBMET*. Rio de Janeiro: SBMET.
- SIQUEIRA, J.R.; MACHADO, L.A.T. (2004) *Climatologia da Propagação Meridional da Convecção na América do Sul* acesso pelo link <http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/yolanda/2004/06.25.14.59/doc/v2.pdf>
- SIQUEIRA, J.R.; MACHADO, L.A.T., (2000). Variações interanuais das trajetórias de perturbações sinóticas na América do Sul e em áreas oceânicas adjacentes. In: *Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Acesso pelo link <http://lba.cptec.inpe.br/publications/AMC/siqueira.pdf>
- SOUZA, S. A. V.; PERES, F. C., (1998). Programa computacional para simulação de ocorrência de veranicos e quedas de rendimento. In: *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 33, n. 12.

