

## A ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL E A DINÂMICA ATMOSFÉRICA PARA O NOROESTE DO PARANÁ

BORSATO, Victor da Assunção - victorb@fecilcam.br  
Dep Geografia / FECILCAM

HIERA, Mitchel Druz - m\_druz@yahoo.com.br  
FAFIJA / UEM – Universidade Estadual de Maringá

MARCON, Leonor da Silveira  
UEM – In memorian (2012)

---

### Resumo

Estudou-se a dinâmica atmosférica na região de Maringá (PR) nos verões de 2007/2008, 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012. O verão é a estação que se destaca pelas abundantes chuvas convectivas, principalmente ao norte do paralelo do trópico de Capricórnio. No Sul do Brasil, a variabilidade interanual se amplia em anos de El Niño e de La Niña. Sobre a região situada ao norte do trópico não há estudos específicos para os anos de manifestações do fenômeno La Niña. Sabe-se que a configuração da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é responsável pela sequência de dias com chuvas intensas em uma faixa que se estende da Amazônia até o interior do Atlântico Sul. A configuração da ZCAS também é consequência das interações em escalas zonal e secundária. A duração, ou seja, o período de dias em que ela se mantém configurada, pode estar diretamente relacionada com a manifestação do fenômeno ENOS - El Niño/La Niña. O verão 2011/2012 se caracterizou como o mais úmido dos últimos quatro anos no Centro Oeste e Sudeste do Brasil, e prolongadamente seco no Sul do Brasil. Investigar, por meio da dinâmica atmosférica, a importância da La Niña nesses verões na região de Maringá foi um dos objetivos deste estudo. Para investigar a dinâmica das massas de ar que atuaram e a gênese das chuvas, foram estudados os sistemas atmosféricos por meio da espacialização temporal. Outro objetivo foi verificar a porcentagem das chuvas frontais e convectivas e contabilizar a participação das massas de ar na dinâmica atmosférica na estação dos verões. Constatou-se que, na região de Maringá, os sistemas frontais, a massa Polar atlântica e a Tropical atlântica participaram ativamente nos tipos de tempo. Embora pesquisas neste sentido ainda sejam escassas, constatou-se também que no verão de 2011/2012, de manifestação da La Niña, o volume de chuva foi abaixo do esperado para a região de Maringá.

**Palavras-chave:** climatologia; sistemas atmosféricos; pluviosidade.

---

### CONVERGENCE ZONE IN SOUTH ATLANTIC AND THE ATMOSPHERIC DYNAMICS FOR PARANÁ'S NORTHWEST

**Summary:** We studied the atmospheric dynamics in the region of Maringá (PR) in the summers of 2007/2008, 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011 and 2011/2012. Summer is the season which stands out because of its abundant convective rainfall, especially at north of the Tropic of Capricorn. In southern Brazil, the interannual variability is amplified in years of El Niño and La Niña. About the region lying at north of the Tropic, there are no specific studies for the years of La Niña events. It is known that the configuration of the South Atlantic Convergence Zone (SACZ) is responsible for the sequence of days with heavy rainfall in a band stretching from the Amazon to the interior of the South Atlantic. The configuration of the SACZ is also a consequence of interactions in zonal and secondary scales. The duration, i.e., the period of days that it remains set can be directly related to the manifestation of ENSO - El Niño/La Niña. 2011/2012 summer was characterized as the wettest in the last four years in the Midwest and Southeast regions of Brazil, and prolonged dry in southern Brazil. Investigating, by means of atmospheric dynamics, the importance of La Niña in these summers in Maringá region was one of the goals of this study. To investigate the dynamics of air masses that worked and the genesis of rainfall, atmospheric systems were studied by means of time spatialization. Another goal was to determine the percentage of frontal and convective rainfall and count the participation of air masses in atmospheric dynamics in the summer seasons. It was found that in the region of Maringá, frontal systems, Atlantic Polar mass and Atlantic Tropical mass participated actively in the types of weather. Although researches in this direction are still scarce, it was also found that in the summer of 2011/2012, of La Niña, the volume of rainfall was lower than expected for the region of Maringá.

**Keywords:** climatology; atmospheric systems; rainfall.

---

## 1 INTRODUÇÃO

A cidade de Maringá, situada na mesorregião Norte Central Paranaense, é um dos centros regionais do estado do Paraná. O tempo meteorológico é monitorado pela Estação Climatológica Principal de Maringá, da Universidade Estadual de Maringá. Ela pertence à rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), cujas coordenadas são: Latitude  $-23.40^{\circ}$ , Longitude  $-51.92^{\circ}$ , e altitude de 542,0 metros. A cidade de Maringá é atravessada pelo paralelo do trópico de Capricórnio, por isso encontra-se em uma zona de transição climática, entre o clima tropical e o subtropical.

Na classificação de Köppen, o clima é subtropical quando apresenta "temperatura média no mês mais frio inferior a  $18^{\circ}\text{C}$  (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de  $22^{\circ}\text{C}$ , com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida" (IAPAR, 2011).

Com relação à Climatologia Dinâmica, o verão é a estação mais úmida e quente; as massas de ar que dominam os tipos de tempo são as de baixa pressão, representadas pela massa de ar Equatorial continental (mEc) e pela massa Tropical continental (mTc), ocorrendo a predominância de chuvas convectivas. Nos meses mais frios, os sistemas de alta pressão se intensificam e a massa Polar atlântica domina os tipos de tempo. Nesse período, as chuvas são essencialmente frontais (BORSATO, 2006).

O Sul do Brasil é uma das regiões onde as pesquisas mostram que o El Niño causa mais impacto, principalmente no volume, na intensidade e na regularidade das chuvas. Autores como Kousky *et al.* (1984), Rao e Hada (1990), Ropelevski e Halpert (1987) e Grimm e Gomes (1996) estudaram as consequências do fenômeno, principalmente sobre a distribuição e altura das precipitações nas diferentes regiões do Brasil e do globo. É importante estudar a região de Maringá para verificar o quanto o El Niño e a La Niña influenciam na dinâmica atmosférica e nos estados tempo.

Os termos La Niña e El Niño são empregados para se descrever fenômenos naturais de interação oceano-atmosfera, que ocorrem na região do Pacífico Tropical em certos anos e que se caracterizam por apresentar condições de temperatura da água do mar mais fria, ou mais quente do que a normal, numa extensa área entre a costa sul da América e Oceania. Essa interação se reflete no clima de várias regiões do planeta, principalmente no Sul e no Nordeste do Brasil.

O El Niño e a La Niña alteram a dinâmica dos sistemas atmosféricos no Brasil. Por isso, durante a manifestação da La Niña, espera-se chuvas acima da média no norte da região Norte e no interior do Nordeste do Brasil, e abaixo da média no Sul do Brasil (CUNHA, 1999). Durante a manifestação do fenômeno El Niño, ocorre o inverso. Segundo Caramori (2010), nos anos de La Niña, além da irregular distribuição das chuvas, verifica-se também que as frentes frias

avançam mais rapidamente pelo Sul do Brasil, por isso se espera chuva abaixo da média para a região Sul.

O principal objetivo deste estudo foi verificar o quanto o El Niño e a La Niña influenciam na atuação dos sistemas atmosféricos, nos tipos de tempo e na gênese da chuva para a região de Maringá, considerando que ele se encontra no noroeste do Paraná, região de fortes transições climáticas e onde, na estação do verão, as características do tempo são aquelas dominadas pelas massas de ar de baixa pressão. Para verificar suas influências, contabilizou-se a participação dos sistemas atmosféricos na estação do verão em cinco anos consecutivos, dos quais o primeiro foi o verão 2007/08. O ano de 2007 foi neutro no primeiro semestre e de La Niña no final, portanto o verão foi de La Niña. O segundo (verão 2008/09) foi climatologicamente neutro. O terceiro (verão 2009/10) foi de El Niño. O quarto (verão 2010/11) foi de La Niña. O último (verão 2011/12) foi de La Niña.

O segundo objetivo foi verificar a espacialização e altura das chuvas frontais e convectivas nesses cinco verões e verificar se o El Niño e a La Niña influenciam na altura registrada em Maringá. O terceiro foi relacionar a configuração da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) com a estiagem na região de Maringá e com a duração do El Niño e da La Niña. A ZCAS frequentemente bordejando o noroeste do Paraná e influencia o estado do tempo, aumentando a altura das chuvas para a região de Maringá.

A escolha da estação do verão justifica-se por ser esta estação a mais úmida - nela predominarem os sistemas de baixa pressão - e porque a ZCAS só se configura nos meses mais quentes. Também se estudou a gênese das chuvas por meio do sistema atmosférico atuante.

## **2 METODOLOGIA**

Para estudar a dinâmica das massas de ar que atuaram na região de Maringá nos cinco verões, foram utilizadas a metodologia proposta por Pédelaborde (1970) e as técnicas desenvolvidas por Borsato (2008). Procedeu-se à organização dos dados dos elementos do tempo, fornecidos pela estação climatológica principal da UEM, convênio UEM-INMET (Figura 01). Em seguida foram organizadas as tabelas nas planilhas do Excel, colunas para os sistemas atmosféricos, para a pressão e para as chuvas frontais e convectivas que atuaram no período.

Os sistemas atmosféricos considerados neste estudo foram aqueles que atuaram na região de Maringá, sendo eles: Sistema Frontal (SF), massa Tropical continental (mTc), massa Tropical atlântica (mTa), massa Polar atlântica (mPa) e massa Equatorial continental (mEc) (FERREIRA, 1989; VAREJÃO-SILVA 2000; VIANELLO, 2000; BISCARO, 2007).

Para realizar a leitura dos sistemas atmosféricos presentes na região, foram utilizadas as cartas sinóticas da Marinha do Brasil (MAR.MIL, 2012), imagens de satélite no canal infravermelho (CPTEC.INPE.BR, 2012) e os elementos do tempo fornecidos pelo INMET- BDMEP (2012). As tabelas organizadas nas planilhas do

Excel com os sistemas atmosféricos atuantes, com a pressão atmosférica e com as chuvas acumuladas diariamente foram classificadas como frontais ou convectivas, a depender do sistema atmosférico.

Para definir com rigor o sistema atuante, além das análises e da localização dos centros ciclônicos e anticiclônicos, fez-se a leitura da pressão nas cartas sinóticas da Marinha do Brasil das 12H TMG e analisou-se a cobertura do céu por meio das imagens de satélite no canal infravermelho das 12H TMG (CPTEC-INPE). Foram também verificadas a direção dos ventos no mesmo horário e a temperatura para as 12H TMG, a máxima e também a mínima.

Para o dia em que um único sistema atuou, atribuiu-se o número 24 na coluna correspondente ao sistema, número que corresponde às horas do dia, e 12 para cada sistema nos dias em que a região se encontrava na confluência entre dois sistemas. No final da estação, foram somados os valores de cada coluna e calculadas as porcentagens.

Para a classificação da gênese das chuvas, considerou-se frontal o volume registrado nos dias em que se verificou a atuação do SF ou mPa, e convectiva para as chuvas registradas nos períodos de atuação dos demais sistemas atmosféricos.

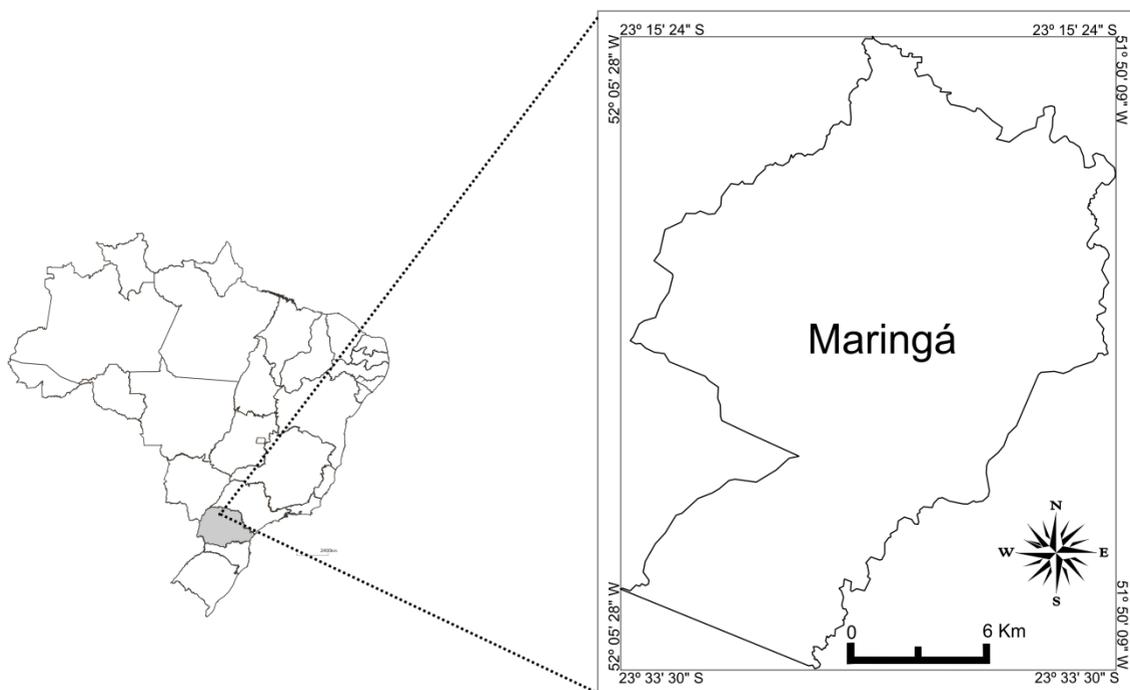


Figura 01 – Localização da região de estudo.  
Organização - autores.

### *O El Niño - Oscilação Sul*

O El Niño é um fenômeno oceânico que desencadeia uma série de processos climáticos em escala zonal e regional, fenômeno que possibilita reflexões concernentes à Geografia e à Meteorologia. Como grande parte dos fenômenos que se manifestam em escala zonal, tem fundamento explicado na Física. O fenômeno é caracterizado por temperaturas anormalmente quentes do oceano no Pacífico Equatorial, o contrário para a La Niña, que se caracteriza por temperaturas anormalmente frias. O El Niño é uma oscilação do sistema oceano-atmosfera no Pacífico Tropical e provoca consequências importantes no tempo atmosférico em todo o globo (NOAA, 2012). Admite-se que existam cerca de vinte regiões da Terra cujo clima é afetado pelas fases do El Niño e La Niña Oscilação Sul (ENOS). No Brasil, o setor norte da Região Nordeste, a parte leste da Região Amazônica (na faixa tropical) e a Região Sul do Brasil são as mais afetadas por essa anomalia (CUNHA, 1999).

As anomalias mais conhecidas e de maior impacto são as relacionadas com a variabilidade interanual das chuvas. Para Cunha (1999), as anomalias de chuvas estão relacionadas com o ENOS. Em períodos de manifestação do fenômeno La Niña, as mesmas regiões são atingidas, porém de forma oposta, ou seja, naquelas regiões onde em anos de El Niño há excesso de chuva, nos anos de La Niña pode ocorrer escassez.

O ENOS resulta da interação entre o oceano e a atmosfera, a qual provoca anomalias nos padrões climáticos, com fortes mudanças nas condições do tempo em várias partes do mundo (CLIMANÁLISE, 2000). O ENOS é um fenômeno de grande escala, cujas regiões de origem estão situadas no Pacífico Tropical (BERLATO e FONTANA, 2000).

O fenômeno é caracterizado por dois componentes; um de natureza oceânica (El Niño), associado às mudanças na temperatura da água, e o outro de natureza atmosférica (Oscilação Sul), relacionado à correlação inversa existente entre a pressão atmosférica no extremo leste e oeste do Pacífico Tropical (BERLATO e FONTANA, 2000).

Segundo o Instituto *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, 2000; e CAPEL MOLINA, 1999), em períodos de condições normais, os ventos alísios sopram para o oeste no Pacífico Tropical, arrastando as águas superficiais mais aquecidas para a porção ocidental desse trecho do oceano. Esse movimento continuamente promove o soerguimento no nível das águas na porção ocidental e rebaixamento na porção oriental do Pacífico, acumulando uma massa de água superaquecida de considerável volume. Esse movimento, além de provocar a ressurgência de águas frias no Pacífico Tropical Oriental, causa um desequilíbrio na pressão atmosférica, ou seja, gera pressão mais alta no setor oriental e mais baixa no setor ocidental.

Durante a fase negativa, o mecanismo se inverte, os ventos alísios se debilitam e às vezes chegam a inverter-se, e como as águas aquecidas são trazidas para a costa, a ressurgência é inibida e favorece o aquecimento superficial nas

proximidades da costa sul-americana. A convecção instala-se em função do aquecimento, mudando a configuração da célula de Walker, e o ar que ora ascende nessa porção, desce sobre o território brasileiro, nas regiões onde na fase positiva ascendia. Esse mecanismo promove a escassez de chuva nas regiões citadas (NOAA, 2000 e INFOCLIMA, 1999). Outro extremo da variação é representado pelas condições da La Niña, quando ocorre um resfriamento das águas e o consequente aumento da pressão atmosférica na porção leste do Pacífico, fenômeno a que se chama também de fase fria ou fase positiva.

A célula de Walker se configura pelos ventos que ascendem na costa da Austrália, região de águas aquecidas, e fluem em direção leste e fecham a célula com a descensão do ar seco sobre o Pacífico Oriental (seco porque, ao subir, perde umidade e causa intensas precipitações) (NERY *et al.* 2000).

O El Niño foi originalmente reconhecido por pescadores na costa da América do Sul, com o aparecimento de água anormalmente mais quente no Oceano Pacífico, chegando ao grau máximo no final do ano, quando se comemora o Natal, ou seja, o nascimento do Menino Jesus. El Niño significa "o menino" em espanhol.

O Instituto NOAA monitora a temperatura da água da superfície do Pacífico Equatorial, e todas as vezes que esta excede a média em 0,5°C por um período superior a três meses, se evidencia o fenômeno. O Quadro 01 mostra a temperatura média monitorada na década de 2000. Em vermelho, El Niño; em azul, La Niña; e em preto, os anos neutros.

**Quadro 01** – Oscilação da temperatura a partir da média mensal no Oceano Pacífico na região de 5° N a 5°S e 120°W a 170°W no período de 2000 a 2011

ano	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	agos.	set.	out.	nov.	dez.
<b>2000</b>	<b>-1,6</b>	<b>-1,4</b>	<b>-1</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,5</b>	-0,4	-0,4	-0,4	<b>-0,5</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,7</b>
<b>2001</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,5</b>	-0,4	-0,2	-0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0	-0,1	-0,1
<b>2002</b>	-0,1	0,1	0,2	0,4	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1</b>	<b>1,1</b>	<b>1,3</b>	<b>1,5</b>	<b>1,4</b>
<b>2003</b>	<b>1,2</b>	<b>0,9</b>	<b>0,5</b>	0,1	-0,1	0,1	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,4
<b>2004</b>	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	<b>0,5</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>
<b>2005</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	-0,1	-0,4	-0,7
<b>2006</b>	-0,7	-0,6	-0,4	-0,1	0,1	0,2	0,3	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,9</b>	<b>1,1</b>	<b>1,1</b>
<b>2007</b>	<b>0,8</b>	0,4	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,4	<b>-0,7</b>	<b>-1</b>	<b>-1,1</b>	<b>-1,3</b>
<b>2008</b>	<b>-1,5</b>	<b>-1,5</b>	<b>-1,2</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,5</b>	-0,3	-0,2	-0,1	-0,2	-0,4	-0,7
<b>2009</b>	-0,9	-0,8	-0,6	-0,2	0,1	0,4	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>	<b>1,4</b>	<b>1,6</b>
<b>2010</b>	<b>1,6</b>	<b>1,4</b>	<b>1,1</b>	<b>0,7</b>	0,2	-0,3	<b>-0,8</b>	<b>-1,2</b>	<b>-1,4</b>	<b>-1,5</b>	<b>-1,5</b>	<b>-1,5</b>
<b>2011</b>	<b>-1,4</b>	<b>-1,3</b>	<b>-1,0</b>	<b>-0,7</b>	-0,4	-0,2	-0,2	-0,3	<b>-0,6</b>	<b>-0,8</b>	<b>-1,0</b>	<b>-1,0</b>

Fonte: NOAA 2012

### **3 ANÁLISE DOS RESULTADOS**

O primeiro verão estudado foi o de 2007/08. O ano de 2007, de fevereiro a agosto, foi climatologicamente neutro, e a partir de setembro o fenômeno La Niña se configurou e se estendeu até maio de 2008. Portanto, a La Niña teve a duração de 9 meses e o verão estudado iniciou-se no quarto mês depois do início da sua configuração. O segundo verão, 2008/09, foi climatologicamente normal, embora a La Niña tenha atuado nos cinco primeiros meses de 2008. O terceiro, 2009/10, foi de El Niño, embora o fenômeno se configurasse a partir de junho de 2009. O quarto verão foi novamente de La Niña, 2010/11. Para esse verão, os doze meses que o antecederam apresentaram-se sob a influência do El Niño nos quatro primeiros meses, seguido por dois neutros e os últimos seis pela La Niña. A dinâmica das massas de ar que atuam no Sul do Brasil já foi caracterizada a partir dos estudos de Monteiro (1969), embora trabalhos sobre a pluviosidade precedam o estudo desse autor. Schroder (1956) analisou a distribuição das chuvas no Estado de São Paulo no período de 1941 a 1951. Monteiro (1976), por meio da análise rítmica, caracterizou as gêneses das chuvas e a dinâmica das massas de ar. Tarifa (1973) também deu a sua contribuição em "Sucessão dos tipos de tempo e a variação do balanço hídrico no extremo Oeste Paulista". Boin (2000) fez estudos sobre as chuvas e a erosão no Oeste Paulista. Borsato (2006) estudou a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do Alto Rio Paraná. O último verão estudado foi excepcionalmente adverso aos demais. A La Niña iniciou em julho de 2010, estendeu-se até abril de 2011, perdeu força e em outubro voltou plenamente. Por essa razão, o último verão da série, dentre os estudados, é aquele que finaliza um longo período da La Niña. Espera-se, para o clima da região, respostas mais pronunciadas, devido ao longo período de duração da La Niña:

Em escala global, os modelos de prognósticos de clima, mostram que a estação do verão deverá ser influenciada pelo fenômeno La Niña, que se desenvolve nas águas do Oceano Pacífico Equatorial. Os maiores impactos deste fenômeno serão observados no estado do Rio Grande do Sul, com o agravamento da seca que já é observado em vários pontos daquele Estado.

No Paraná, a maior influência dar-se-á na irregularidade das chuvas nas diversas regiões, como já vem sendo registrado na primavera. Em relação às temperaturas, espera-se quando da ocorrência de dias consecutivos secos, as temperaturas fiquem elevadas, deixando os dias extremamente quentes (SIMEPAR – Notícias 01/12/2011s/p.).

Na sequência, apresentaremos os resultados das análises dos sistemas atmosféricos que atuaram na região de Maringá e a gênese das chuvas registradas no período dos verões.

*Sistema Frontal*

Na Região Sul do Brasil, os sistemas frontais avançam do sudoeste para nordeste e frequentemente ultrapassam a latitude do trópico de Capricórnio. Na latitude de Maringá, a grande maioria dos sistemas Polares que avançam na retaguarda das frentes já deixou o continente e se encontra no Atlântico Sul, considerando que, na estação do verão, a mPa avança com seu eixo pelo Atlântico.

A zona frontal é uma ampla faixa onde os ventos são convergentes, e por isso as chuvas frontais são frequentes em qualquer período do ano. Na retaguarda do sistema, avança a massa Polar atlântica a partir do Sul, que no verão raramente avança até a latitude do Trópico de Capricórnio. É comum, principalmente durante a configuração da ZCAS, a mPa sobre o Atlântico Sul, cristas se estenderem até o interior da região e causar estabilidade atmosférica. Também associada a esse tipo de tempo, a intensa insolação propicia a ampliação da mTc, que, dependendo da umidade do ar, contribui com a baixa pluviosidade. As frentes se classificam de acordo com as características térmicas da massa de ar que as segue o do estágio de desenvolvimento. Neste estudo, por uma questão de brevidade, as frentes não foram classificadas. A Tabela 01 mostra a porcentagem das participações dos Sistemas Frontais e a gênese das chuvas.

**Tabela 01** - Mostra a pressão média diária, a porcentagem de atuação dos SF, a chuva acumulada, as porcentagens das chuvas frontais e das convectivas.

Verão	Pressão (média hPa)	Precipitação SF (mm)	(%) Frontal	(%) Convectiva	ENOS/ La Niña
2007-08	1011,3	539,4	66,1%	33,9%	La Niña
2008-09	1011,3	618,9	29,1%	70,9%	Neutro
2009-10	1011,6	587,3	36,7%	63,3%	El Niño
2010-11	1011,6	669,0	53,8%	46,2%	La Niña
2011-12	1012,0	358,4	64,8%	35,2%	La Niña

Organização - autores

Os resultados mostram que, para as quatro estações estudadas, a pressão média não sofreu alterações significativas em anos de La Niña. Já os sistemas frontais sofreram uma grande variação, principalmente do primeiro verão para o segundo (2007/08, 2008/09 e 2011/12). Para os demais, as variações foram menores (Figura 02). A ampla participação dos SF nos tipos de tempo refletiu nas gênese das chuvas.

O Noroeste do Paraná está numa zona de transição climática e, por conta disso, as irregularidades nas participações dos sistemas variam intensamente. Considerando os cinco verões estudados, o de 2011/12 foi o que apresentou

mais irregularidade. A participação dos SF foi a menor para a série. A chuva acumulada, menos de 50% da média para a região. Mesmo assim, os SF foram os responsáveis pelos principais episódios de chuva.

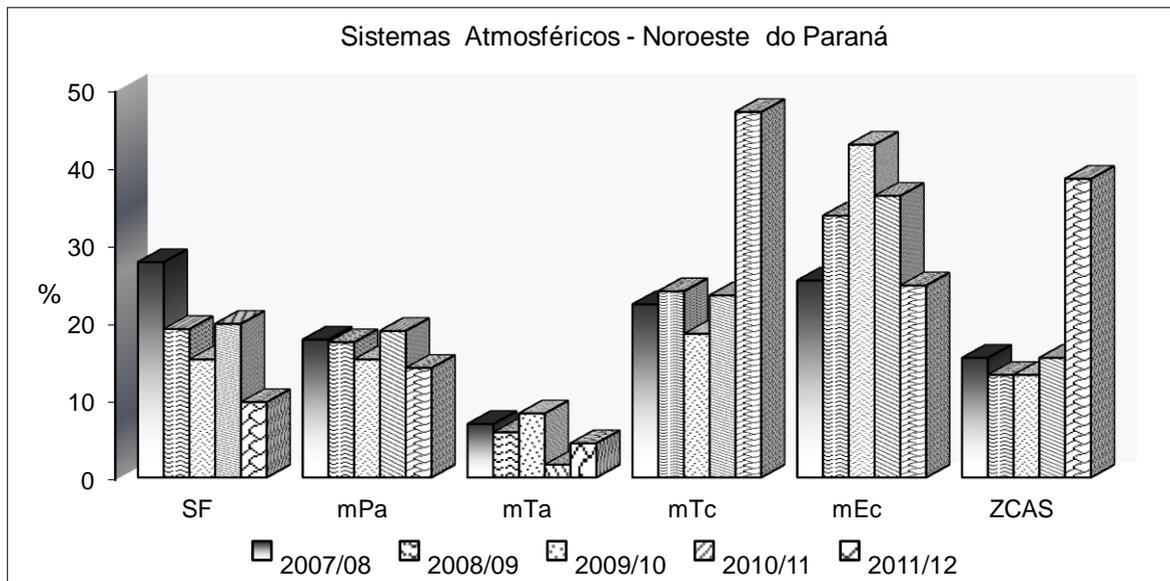


Figura 02 – Participação dos Sistemas atmosféricos e da ZCAS no Noroeste do Paraná na estação dos verões de 2007/08, 2008/09, 2009/10, 2010/11, 2011/12.  
Organização - autores

A Tabela 01 e a Figura 02 mostraram que os SF variaram de 27,7% para o verão de 2007/08 a 9,7% para o verão 2011/12. Essa mesma variação não ocorreu nas chuvas frontais, ou seja, não há uma correspondência direta. As irregularidades são consequências da zona de transição em que se encontra essa região.

### Massa Polar Atlântica

É um sistema de alta pressão e gerador de estabilidade atmosférica, exceto na zona frontal. No verão, para a região de estudo, sua participação nos tipos de tempo é pouco frequente. Ela avança pelo interior do Atlântico e, depois da linha do trópico, já no interior do Atlântico, se funde com a massa Tropical atlântica. É comum, durante a sua trajetória, cristas avançarem para o interior da região Sul do Brasil e causarem dias ensolarados com pouco reflexo na temperatura. A participação foi regular nos cinco verões estudados. A Figura 02 mostrou que a maior participação nos estados do tempo foi de 18,9% no verão 2010-11, e o

menor, 14,1% no verão 2011/12. Esses resultados mostram que o tempo de atuação da mPa também não tem relação direta com a La Niña.

### *Massa Tropical Atlântica*

O centro formador da mTa é a Alta Subtropical do Atlântico Sul, que se localiza entre as coordenadas 10° e 20° W e 20° e 40°S. Frequentemente, cristas avançam para o interior do continente, principalmente a partir do litoral do Nordeste do Brasil, e raramente suas características se manifestam no extremo das regiões Centro-Oeste e Sul do Brasil. É um sistema anticlinal e a umidade se limita à camada de contato com o mar, que fornece vapor (NIMER, 1971). No interior do continente, ela pode causar aumento de nebulosidade, neblinas, chuvas orográficas e sistemas convectivos locais em função do aquecimento diurno:

*Alta do Atlântico Sul* – Durante todo o ano nas regiões tropicais e temperadas do Brasil, à exceção do oeste da Amazônia e do Centro Oeste do Brasil, sopram ventos de SE a NE, oriundos das altas pressões subtropicais, ou seja, do *anticiclone semifixo do Atlântico sul*.

Este anticiclone, que constitui a massa de ar tropical marítima, possui geralmente temperaturas elevadas, ou amenas, fornecidas pela intensa radiação solar e telúrica das latitudes tropicais e forte umidade específica, fornecida pela intensa evaporação marítima. Entretanto, em virtude de sua constante subsidência superior e consequente inversão de temperatura, sua umidade é limitada à camada superficial, o que lhe dá um caráter de homogeneidade e estabilidade (...) (NIMER, 1971, p. 10)

Na região de estudo, esse sistema tem participação limitada. Ele é o sistema que menos tempo atua. A Figura 02 mostrou que a participação variou de 8,2% no verão 2009-10, verão de El Niño, e 1,6% no verão 2010/2011, de La Niña. A simples comparação mostra que a participação da mTa no estado do tempo não está diretamente relacionada com a La Niña ou o El Niño.

### *Massa Tropical Continental*

A massa Tropical continental é um sistema de baixa pressão, tem o seu centro de origem na região do Chaco, no Paraguai, em uma zona de alta temperatura e pouca umidade. Por essas razões, a mTc é uma massa de ar quente e de pouca umidade. No Brasil, ela atua no Centro-Oeste, no Oeste das regiões Sul e Sudeste. Com o envelhecimento da mPa e o seu deslocamento para o interior do Atlântico, a mTc se amplia e proporciona dias ensolarados e de tempo quente e pouca chuva, já que o forte aquecimento da superfície gera sistemas convectivos locais esparsos e localizados:

(...) Sua região de origem é a estreita zona baixa, quente e árida, a leste dos Andes e ao sul do Trópico. É oriunda da frontólise na Frente Polar Pacífica, cujos ciclones se movem para sudeste ocluindo depois de transpor os Andes, onde sofre efeito da dissecação adiabática. Esse fato ligado à grande insolação do solstício do verão, deve contribuir para a elevação da temperatura e secura da massa. A depressão do Chaco se constitui assim em fonte da mTc (NIMER, 1979, p. 11).

No Noroeste do Paraná, a participação desse sistema nos tipos de tempo é bastante frequente, como mostrou a Figura 02. Em alguns anos, na estação do verão, a mTc é o principal sistema atmosférico, considerando o tempo de atuação. A mais ampla participação no estado do tempo foi no verão 2011/12, com 47,1%, resultando na baixa pluviosidade. Na análise diária (não mostrada), verificou-se que durante a atuação desse sistema em Maringá, não foram registrados episódios de chuva. A menor participação foi no verão de 2009-10, com 18,5% do tempo cronológico.

#### *Massa Equatorial Continental*

A mEc é um sistema de baixa pressão e origina-se no interior da Amazônia. Como é um sistema ciclonal, durante o inverno se retrai e a sua atuação se limita ao centro e norte da Amazônia. Com o aumento constante do fotoperíodo na primavera, a temperatura gradativamente se eleva e a mEc se amplia. No início do verão, com a máxima ampliação do período diário com o solstício e a perpendicularização dos raios solares, o aquecimento continental é intenso. Com isso, a mEc se amplia e às vezes sua área de atuação chega ao Rio Grande do Sul. Por isso, as chuvas frontais diminuem e as convectivas se ampliam.

A mEc é o sistema mais importante no aspecto umidade, pois a baixa pressão e as temperaturas elevadas favorecem a intensificação das correntes convectivas e as precipitações. Na série estudada, a maior participação foi em um verão de El Niño, 2009/10 (A Figura 02 mostrou a participação nos cinco verões estudados). As menores participações foram para o verão 2011/12 e 2007/08, com 24,7% e 25,4%, respectivamente.

Como ela é o principal sistema responsável pelas chuvas convectivas, a redução da participação implica na diminuição das chuvas. Os dois verões citados foram os que menos chuvas convectivas receberam: 35,2% no verão 2011/12, e 33,9% no verão de 2007/2008.

#### *Zona de Convergência do Atlântico Sul*

A ZCAS é uma faixa de nebulosidade convectiva que, quando se configura, estende-se desde o Sul da Amazônia em direção ao Sudeste até o Oceano Atlântico Subtropical (QUADRO, 1994). Para Ferreira *et al.* (2004), a ZCAS é um

fenômeno típico do verão na América do Sul e se caracteriza pela persistência de uma banda de nebulosidade no sentido noroeste-sudeste, que atua desde o Centro-Sul da Amazônia em direção ao Oceano Atlântico, de sudoeste.

Ferreira *et al.* (2004) estudaram a composição da Zona de Convergência do Atlântico Sul em períodos de El Niño e La Niña na série histórica de 1980 a 2000, e verificaram que a atividade convectiva, em comparação a anos de EL Niño ou a todos os anos, é mais intensa sobre o continente em anos de La Niña.

Quadro (1994) concluiu que a ocorrência de um caso de ZCAS está relacionada à persistente precipitação nas regiões Sudeste, Centro Oeste, sul do Nordeste, e norte do Paraná. Rao e Hada (1990) concluíram que a correlação entre as chuvas anuais do Sul do Brasil e o Índice de Oscilação Sul (IOS) possui valores negativos e significativos. Segundo Marengo e Oliveira (1998), na Região Centro-Oeste do Brasil não há evidências de efeito pronunciado na precipitação pluvial e na temperatura.

Os cinco verões estudados apresentaram a configuração da ZCAS. As análises fundamentadas nas cartas da Marinha do Brasil podem subestimar a participação dela nos tipos de tempo. As convenções que caracterizam a ZCAS só são aplicadas nas cartas pelos técnicos da Marinha do Brasil, dois ou três dias depois de sua configuração. O Quadro 02 mostra a participação da ZCAS. Verifica-se que em anos de La Niña, a ZCAS tem a participação aumentada. No verão 2011/12, foram quatro configurações, e concentradas na primeira metade do verão. A que durou mais dias atuando se estendeu do dia 01/12/2011 até o dia 13.

Ferreira *et al.* (2004) estudaram a composição da Zona de Convergência do Atlântico Sul em períodos de El Niño e La Niña na série histórica de 1980 a 2000 e verificaram que a atividade convectiva, em comparação a anos de El Niño ou a todos os anos, é mais intensa sobre o continente em anos de La Niña. Para Berlato e Fontana (2003), nos anos de manifestação da La Niña, os SF passam mais rapidamente pelo Sul do Brasil, por isso as precipitações ficam abaixo da média climatológica para Rio Grande do Sul.

Quadro 02 – mostra os cinco verões estudados e a participação da ZCAS nos estados do tempo a partir da leitura das Cartas sinóticas da Marinha do Brasil.

Verões	ZCAS	//
2007-08	15,4%	La Niña
2008-09	13,2%	Neutro
2009-10	13,2%	El Niño
2010-11	15,4%	La Niña
2011-12	38,5%	La Niña
média	19,1%	//

Organização - autores

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os verões estudados apresentaram irregularidades no tempo de participação dos sistemas atmosféricos e conseqüentemente nos estados do tempo, conseqüência da localização da região, zona de transição climática, e também porque o ENOS/La Niña influencia na dinâmica dos sistemas atmosféricos para o Brasil.

Observou-se redução no tempo cronológico de participação dos SF para o verão 2011/12. A média para os cinco verões foi de 18,3% e, para este, a participação foi de apenas 9,7%, embora se constatasse que não foram somente as chuvas frontais que se reduziram - as convectivas também. A ZCAS se configurou em quatro momentos e sempre atuou ao norte da latitude da estação climatológica de Maringá. Nos períodos de atuação, a região de Maringá era comandada pela mTc, sistema de baixa pressão e pouca umidade. A consequência dessa dinâmica foi a diminuição dos episódios de chuvas convectivas e frontais.

Os resultados mostraram que a região de forte transição climática e o El Niño e a La Niña causam anomalias tanto nos sistemas atmosféricos que atuam na região como nas chuvas. Para aferi-las ou mensurá-las, é necessário, além do estudo de uma série maior, buscar respostas também na intensidade dos sistemas.

O tempo de resposta na dinâmica climática parece ser de meses. As anomalias esperadas foram confirmadas depois de um longo período de manifestação da La Niña. O verão 2011/12 recebeu, para a região de Maringá, um volume de chuva abaixo do esperado para a estação.

## 5 REFERÊNCIAS

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **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: Editora da UFRGS, 2003. 110p.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, p. 119-125. 2000.

BOIN, M. N. **Chuvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada**. 2000. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto Geográfico de Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista: São Paulo, 2000.

BORSATO, V. A. **A Participação dos sistemas atmosféricos atuantes na bacia do Alto Rio Paraná no período de 1980 a 2003**. 2006. Tese (Doutorado em Geografia) – Nupélia – Universidade Estadual de Maringá: Maringá, 2006.

BORSATO, V. A. A dinâmica atmosférica na vertente oriental da bacia do alto rio Paraná e a gênese das chuvas. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 221-229, 2008.

BISCARO, G. A. **Meteorologia agrícola básica**. Cassilândia: UNIGRAF – Gráfica e Editora União Ltda, 2007, 87p.

BRASIL. Ministério da Marinha. Serviço Meteorológico da Marinha. **Cartas sinóticas**. Disponível em <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm>>. Consultado em 20/03/2012.

CARAMORI, P. H. et al. **O fenômeno La Niña e a agricultura do Paraná: aviso especial para a safra 2010/2011** – nota técnica. Instituto Agrônomo do Paraná – Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento, Londrina 2010. Disponível em [http://www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/NotaLaNiña2010.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/NotaLaNiña2010.pdf). Acesso em 27/12/2010.

CAPEL MOLINA, J. J. 1999. **El Niño y el sistema climático terrestre**. Barcelona: Ariel, 1999, 154 p.

CLIMANÁLISE: **boletim de monitoramento e análise climática. Cachoeira Paulista**: CPTEC-INPE, 2000. Mensal. ISSN: 0103-0019 CDU-555.5. Disponível em: <[www.cptec.inpe.br/revclima/boletim/](http://www.cptec.inpe.br/revclima/boletim/)>. Acesso em: 20/06/2007.

CUNHA, G. R. da. El Niño: oscilação Sul e perspectivas climáticas aplicadas no manejo de culturas no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2. p. 277-284, 1999.

FERREIRA, C. C. **Ciclogêneses e ciclones extratropicais na Região Sul-Sudeste do Brasil e suas influências no tempo**. INPE-4812-TDL/359, 1989.

FERREIRA, N. J.; SANCHES, M. E.; SILVA DIAS, M. A. F. Composição da zona de convergência do atlântico sul em períodos de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, n.1, 89-98, 2004.

GRIMM, A. M.; GOMES, J. Análise de sensibilidade de método para identificação de anomalias de precipitação relacionadas ao fenômeno El Niño/Oscilação Sul. In: **IX Congresso Brasileiro de Meteorologia**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Meteorologia, v. 1. p. 742-744, 1996.

IAPAR. Instituto Agrônômico do Paraná. **O fenômeno La Niña e a agricultura do Paraná – aviso especial para a safra 2010/2011**, Londrina, 2011. Disponível em: >[/www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/NotaLaNina2010.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/NotaLaNina2010.pdf)>. Acesso em: 23/06/2011.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Divisão de Satélite e Sistemas Ambientais (DAS 1995 – 2011. Banco de Dados de Imagens). **Imagem no canal infravermelho**. Cachoeira Paulista: Acervo Góes, 2011. Imagens MAS Retangulares IR CH 2 do satélite Góes. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/pedidoweb/pedido.formulario.logic>>. (várias consultas). Último acesso em: 22/03/ 2012.

INFOCLIMA. **Boletim de informações climáticas**. CPTEC/INPE. n. 07, a. 6, 1999. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/infoclima/>>. Consultado em: 15/07/2011.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **BDMEP: Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Consultado em: 23/01/2011.

INSTITUTO TECNOLÓGICO SIMEPAR. Sistema Meteorológico do Paraná – Centro Politécnico da UFPR. **Novembro com grandes oscilações no tempo no Paraná e as perspectivas para as próximas semanas**. Curitiba. Disponível em: <<http://www.simepar.br/site/internas/conteudo/noticias/noticia.jsp?id=307>>. Consultado em: 25/03/2012

KOUSKY, V. E.; CAVALCANTI, I. F. A. Eventos oscilação do Sul/El Niño: características, evolução e anomalias de precipitação. **Ciência e Cultura**, v. 36, n. 11, p. 1888-1899, 1984.

MARENGO, J. A.; OLIVEIRA, G. S. Os impactos do fenômeno La Niña no tempo e no clima do Brasil: desenvolvimento e intensificação da La Niña 1998/99. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, Brasília. **Anais**. Brasília: SBMET, 1998. CD-ROM.

MONTEIRO, C. A. F. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul oriental do Brasil: contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil**. São Paulo: IGEOG/USP, n. 1, 1969.

MONTEIRO, C. A. F. **O clima e a organização do espaço no estado de São Paulo problemas e perspectivas**. São Paulo: IGEOG/USP, n 28, 1976.

NERY, J. T.; FERREIRA, J. H. D.; MARTINS, M. L. O. F. **Relação de parâmetros meteorológicos associados a anos de El Niño e La Niña no Estado do Paraná**. Maringá: EDUEM, 2000.

NIMER, E. Climatologia da Região Sul do Brasil. **In: Revista Brasileira de Geografia**. Introdução à climatologia dinâmica. Rio de Janeiro: IBGE, n. 4., p. 3-65, 1971.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422p.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration's. **La Niña Information**. Disponível em: <<http://www.publicaffairs.noaa.gov/lanina.html>>. acessado em 20/06/2000.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration's. **National weather service: climate prediction equipe internet center**. Última modificação em: 21 de 03 de 2012. Disponível em: <[http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml)>. Acessado: em 21/03/2012.

PÉDELABORDE, P. **Lê climat du bassin parisien: essai d'une méthode rationnelle de climatologie physique**. Paris: Medicis, 1957.

QUADRO, M. F. L.; **Estudo de episódios de zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1994. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – INPE, São José dos Campos.

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

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

SCHRODER, R. Distribuição e curso anual das precipitações no estado de São Paulo. In: **BRAGANTIA** – Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, v.15, n. 18., p. 193-249, 1956.

TARIFA, J. R. **Sucessão de tipos de tempo e variação do balanço hídrico no extremo oeste paulista**. (Ensaio metodológico aplicado ao ano agrícola 1968/69). São Paulo: IGEOG/USP, n 8, 1973.

VAREJÃO-SILVA M. A. **Meteorologia e climatologia**. Instituto Nacional de Meteorologia: Brasília, 2000.

VIANELLO, R. L., **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2000.