

RELAÇÕES ENTRE AS CATEGORIAS DE PRECIPITAÇÃO EM REGIÕES HOMOGÊAS NO SUL DO BRASIL E EVENTOS DE TSM NO ATLÂNTICO

Iuri Rojahn da Silva
Clóvis Angeli Sansigolo
Cláudio Solano Pereira
LMO, CPTEC, INPE, São José dos Campos, SP
Jonas Teixeira Nery
Depto de Física, UEM, Maringá, PR

ABSTRACT

The relationships between monthly rainfall categories (below, near and above normal) in South Brazil and the Southwest Atlantic SST were studied. Three rainfall homogeneous groups (Southern, Continental and Coastal) were obtained in the region by cluster analysis, using Ward's method. The relative operating characteristics (ROC) score was used to assess the significant relationships in 3 x 3 contingency tables. Below normal SSTs in the Southwest Atlantic were associated with below normal rainfall in the region, mainly in the Austral Spring and Summer. Above normal SSTs were associated with above normal rainfall in the Coastal group, with Summer rainfall in the Southern group, and with Autumn rainfall in the Continental group.

1 - INTRODUÇÃO

A Região Sul do Brasil é composta pelos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e ocupa uma superfície de aproximadamente 577.800 Km². O setor leste, que possui uma extensão de 1350 Km é banhado pelo Oceano Atlântico Sudoeste (ATLSW), e está delimitado pelos paralelos de 22,5^o e 33,5^oS e pelos meridianos de 48^o e 57,5^o W. As altitudes variam desde o nível do mar até 1200 m nas regiões próximas às serras Geral e do Mar, mas em média, 2/3 da superfície está acima dos 500m. A economia da região Sul é baseada principalmente na agricultura, com aproximadamente 57% da produção nacional de grãos, na pecuária e na geração de energia, atividades bastante dependentes da quantidade e distribuição das precipitações (Berlato, 1992).

As relações e conexões dos padrões das temperaturas da superfície do mar (TSM) com o clima no Brasil tem sido objeto de muitas pesquisas, porém a maioria relacionada à influência do Atlântico Tropical nas precipitações do Nordeste (Moura e Shukla, 1986). Em relação à influência do Atlântico Sul (ATLS) no clima da região Sul do Brasil existem poucos estudos, porém há indicações da influência de TSM do Atlântico Subtropical na variabilidade interanual das chuvas na região (Studzinski, 1995). O Atlântico apresenta uma baixa variabilidade interanual, mas significativas variabilidades sazonais e interdecadais (Venegas et al., 1998; Tourre et al., 1999).

Sinclair (1995) desenvolveu um estudo sobre a climatologia de ciclogênese no Hemisfério Sul, encontrando no Inverno uma tendência dos ciclones formarem-se à Leste do continente Sul Americano, sugerindo alguma ligação com a corrente do Brasil, conforme observado por Giarolla (1999), que mostra uma língua de água quente ao norte de 40^o S. Abreu e Moura (1996) realizaram simulações numéricas com um Modelo de Circulação Geral Atmosférica (MCGA) forçado pelas TSMs dos Oceanos Pacífico, Atlântico e Índico e seus resultados indicaram que todos os Oceanos são importantes na determinação dos padrões de precipitação no verão da região S e SE, porém, o Atlântico parece predominar na região SE.

Diaz e Studzinski (1994) estudaram a influência das TSM no Atlântico Sul e no Pacífico Equatorial (PACE) nas precipitações da região Sul do Brasil, encontrando uma boa coerência espacial entre as anomalias de TSM, principalmente para o período de outubro a dezembro, com uma maior homogeneidade na região mais ao Sul

Diaz et al. (1998) estudando a influência dos Oceanos Atlântico Subtropical e PACE Oeste sobre a precipitação no Uruguai e RS, verificaram a necessidade de incluir os dois Oceanos em todos os períodos considerados para uma melhor previsão das anomalias de precipitação, com o Atlântico subtropical exercendo uma maior influência nos períodos de outubro a dezembro e abril a julho.

Este trabalho tem por objetivo estudar as relações entre as categorias de precipitação em grupos homogêneos na região Sul do Brasil e as categorias de TSM no Atlântico Sul e Sudoeste, utilizando tabelas de contingência 3 x 3 avaliadas pelo escore das características operacionais relativas.

2 - DADOS E METODOLOGIA

No presente estudo foram utilizados os totais mensais de precipitação referentes à 61 estações pluviométricas bem distribuídas pela região Sul do Brasil, no período de janeiro de 1950 a dezembro de 1997. Para o estudo da influência das TSM na precipitação foi considerada uma região sobre o Atlântico (ATLSW), definida entre as latitudes de 10°S a 40°S e as longitudes de 60°W a 10°W (Figura 1), para a qual foram calculados no período de 1950-97, as anomalias mensais, baseados nas análises de Smith et al. (1996) e Smith e Reynolds (1998), obtidas por interpolação ótima, em grade de 2° x 2°.

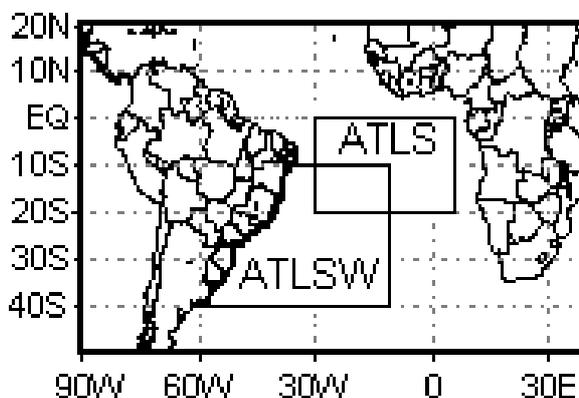


Figura 1 - Regiões consideradas sobre o Oceano Atlântico: Sudoeste (ATLSW) e Sul (ATLS).

Os grupos homogêneos de precipitação foram definidos pelos fatores comuns espaciais e temporais das precipitações mensais na região, derivados por Sansigolo e Nery (1998).

Para estudar a variabilidade das precipitações mensais foram utilizadas séries temporais mensais das anomalias normalizadas pelo desvio padrão, considerando o conjunto das estações compreendidas num grupo homogêneo. As séries temporais foram subdivididas em 3 categorias equiprováveis (abaixo, quase e acima da normal), ordenando-se do menor para o maior os 48 índices (1950-97) e considerando o correspondente à 16ª posição como limite superior para a categoria abaixo da normal (seco) e o correspondente à 32ª como limite inferior para a categoria acima da normal (chuvoso) e entre esses 2 limites, situa-se a categoria quase normal. As anomalias de TSM do ATLSW também foram ordenadas e subdivididas em três categorias equiprováveis: abaixo, quase e acima da normal, com 192 casos cada ((48 anos x 12 meses)/3).

Para a avaliação das relações entre as categorias de ATSM do ATLSW e as categorias de precipitação na região Sul (abaixo, quase e acima da normal) ou sejam as ocorrências simultâneas das diferentes categorias de TSM e de precipitação foram utilizadas tabelas de contingências 3 x 3. Para obtenção das medidas de exatidão, que incluem as taxas de acerto e de falso alarme, as tabelas de contingência 3 x 3 foram reduzidas para 2 x 2 conforme mostrado em Wilks (1995). Nas tabelas de contingência 2 x 2, a taxa de acerto ou proporção correta é definida como $TA=(a+d)/n$ e a taxa de falso alarme $FA= a/(a+c)$, que representa a proporção dos eventos considerados que não ocorreram.

O escore das Características Operacionais Relativas foi usado para verificar estatisticamente as taxas de acerto e de falso alarme. Este escore, baseado na teoria de detecção de sinais, é calculado por meio do parâmetro d , dado pela diferença entre as médias das distribuições normais das TA e FA.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de agrupamentos das precipitações mensais, usando os principais fatores comuns espaciais, que explicam 85,8% da variância regional e temporais, que explicam 59,3% da variância sazonal, foram obtidos 3 grupos homogêneos: Litorâneo (A), Sul (B) e Continental (C), mostrados na figura 2.

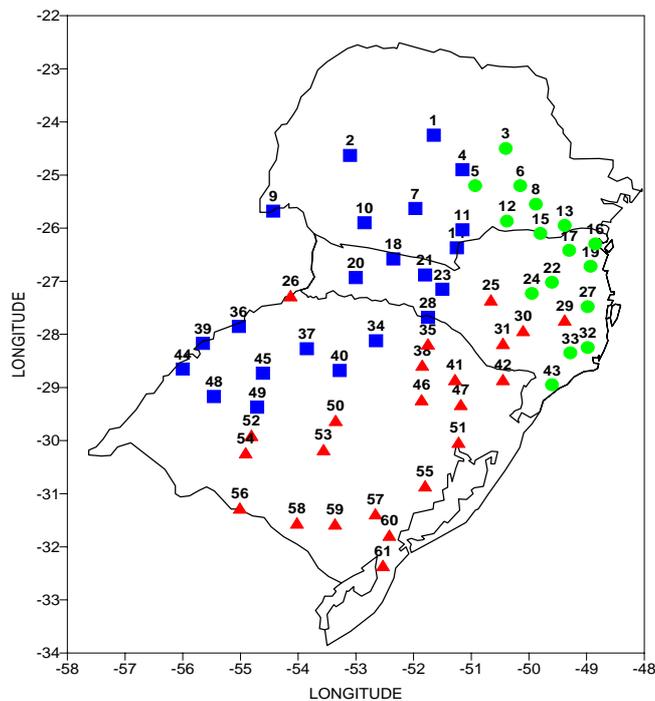


Figura 2. Distribuição geográfica das 61 estações pluviométricas nos 3 grupos homogêneos. (Litorâneo - círculos verdes, Sul - triângulos vermelhos e Continental - quadrados azuis)

A alocação das estações nos 3 grupos homogêneos, mostrada na Figura 2, concorda com as características fisiográficas e efeitos de continentalidade e maritimidade. No grupo A tem-se todas as estações no setor leste em uma posição mais litorânea. O grupo B possui estações litorâneas e continentais, mas todas localizadas no extremo sul do Brasil, e o grupo C se constitui de estações localizadas no setor Oeste da região Sul, sendo considerado o grupo mais continental.

Os limites de precipitação mensal para as 3 categorias de precipitação, nos 3 grupos homogêneos, na região Sul do Brasil, podem ser vistos na figura 3. Observa-se nesta figura que o menor total de precipitação mensal (categoria abaixo da normal), menos de 50 mm, encontra-se no grupo Litorâneo, no mês de agosto, e o maior (categoria acima da normal), mais de 200 mm, no grupo Litorâneo em janeiro. O grupo Sul possui a menor variação entre os limites abaixo da normal (80 e 100 mm) e acima (120 e 160 mm). No grupo Continental tem-se uma regularidade semelhante à do grupo Sul, com valores próximos aos do grupo Litorâneo.

Na figura 4 encontram-se as categorias de TSM (anomalias abaixo, quase e acima da normal) para as duas regiões consideradas no Atlântico: Sul e Sudoeste.

Observa-se um comportamento mais regular do ATLSW (A) em relação ao Atlântico Sul (B), principalmente para a categoria quase normal, sendo que na categoria abaixo da normal o ATLSW apresenta anomalias maiores. A influência das TSM no Atlântico Sudoeste nas precipitações da região Sul, pode ser analisada na tabela 1, que apresenta as frações percentuais trimestrais e anuais da ocorrência de determinada categoria de TSM no ATLSW (abaixo, quase e acima da normal) e sua correspondente de precipitação, para os 3 grupos homogêneos considerados (Litorâneo, Sul e Continental).

Os maiores valores encontrados na Tabela 1 são para os grupo Litorâneo no último trimestre do ano, independente da relação. Para o grupo Sul as maiores percentagens estão na relação abaixo da normal no primeiro e último trimestres do ano e na relação acima da normal no segundo e quarto trimestres do ano. Finalmente, o grupo Continental apresenta os maiores valores nas relações abaixo da normal e acima da normal no primeiro, segundo e quarto trimestres do ano. Para verificação destas taxas de acerto foram utilizadas as tabelas de contingência mostradas na Tabela 2, onde encontram-se os escores das características operacionais relativas.

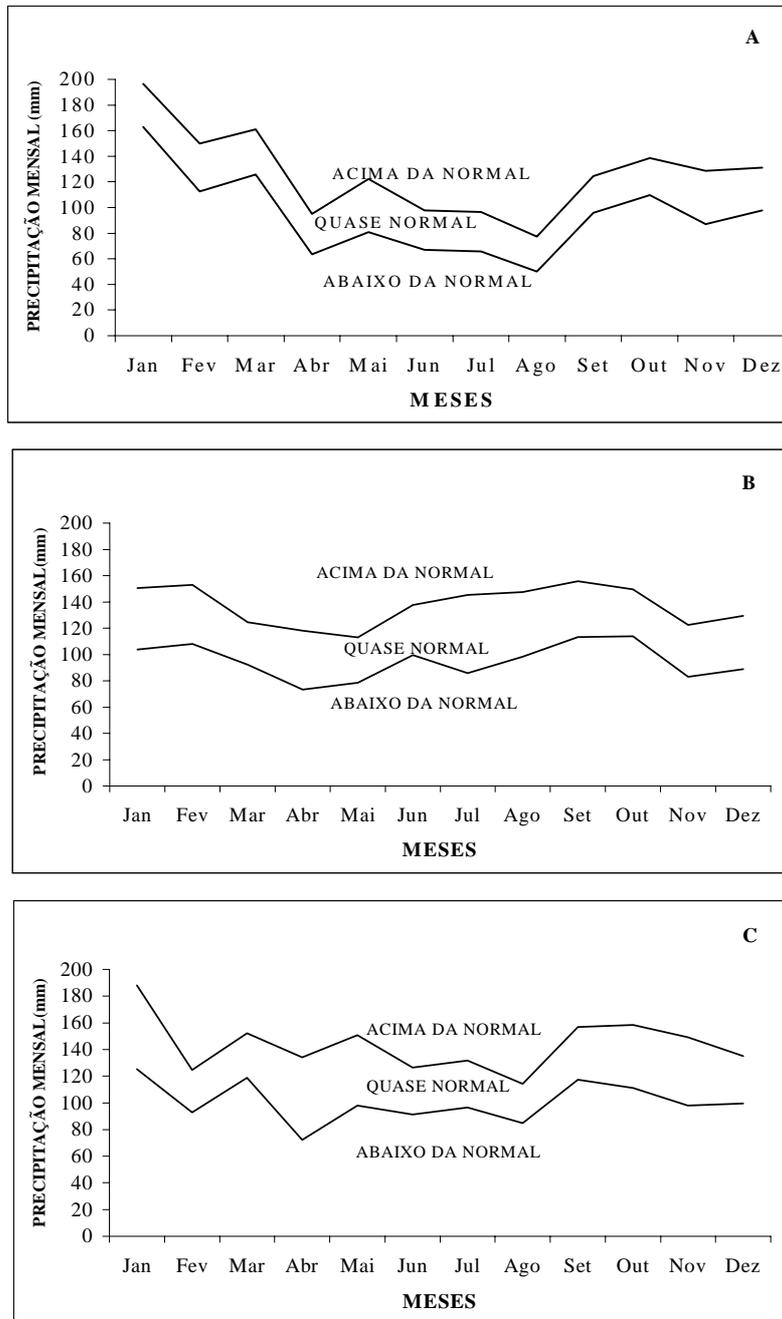


Figura 3. Limites das 3 categorias de precipitação mensal (tercis) para os 3 grupos homogêneos na região Sul do Brasil: Litorâneo (A), Sul (B) e Continental (C).

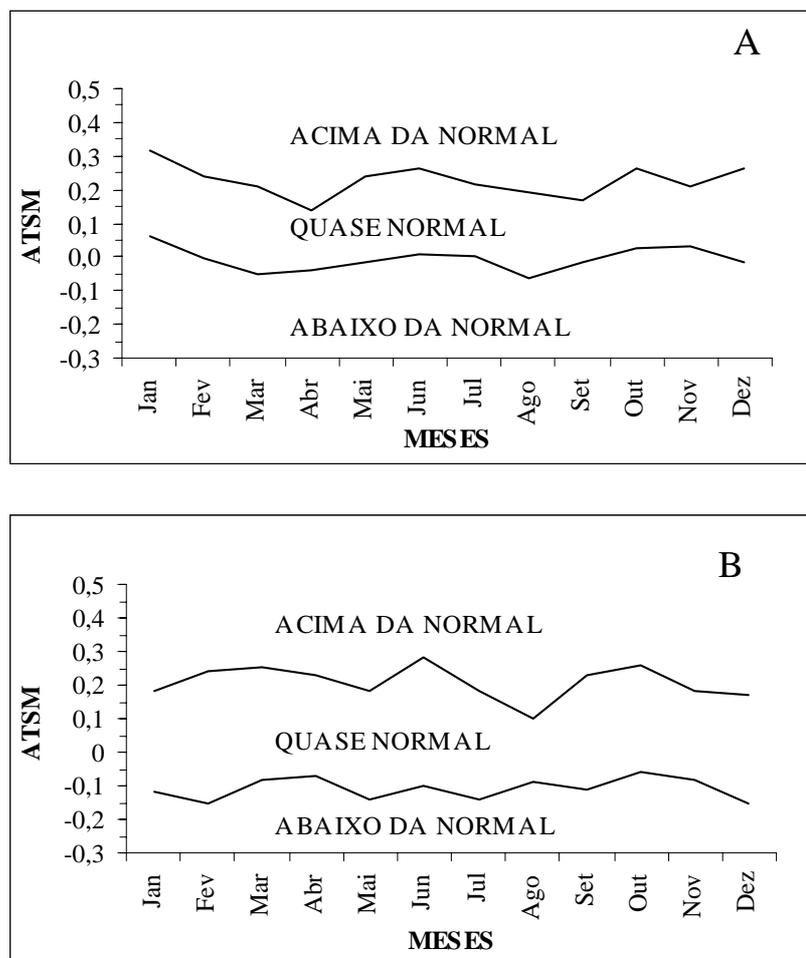


Figura 4 - Limites das 3 categorias de TSM mensais (tercis) para as 2 regiões consideradas no Oceano ATLSW (A) e ATLS (B).

Analisando a Tabela 2 pode-se verificar que o grupo Litorâneo apresenta o maior número de escores significativos entre as categorias de TSM no ATLSW e as de precipitação, com um destaque para o último trimestre (Primavera), encontrando uma relação direta entre TSM e precipitação. No primeiro semestre o único valor significativo foi na relação acima da normal no primeiro trimestre, sendo que se considerar o ano todo as relações abaixo e acima da normal foram significativas com escores de 0,14 e 0,16, respectivamente. Os valores significativos para os grupos Sul e Continental são similares na relação abaixo da normal durante o ano todo, diferenciando-se apenas no fato da relação abaixo da normal, no segundo trimestre não ser significativa no grupo Sul. Para as relações acima da normal os grupos Sul e Continental possuem apenas um valor significativo no segundo e primeiro trimestre, respectivamente. Os valores em cada grupo discordam em período e magnitude, justificando a formação de grupos para caracterizar a influência do ATLSW na região, mas com uma tendência a homogeneidade na Primavera e Verão, o que concorda com os resultados de Studizinski (1995) e Grimm e Feuser (1998). Outra característica evidente é que os maiores valores encontram-se no grupo Litorâneo, indicam uma maior influência dos processos de interação oceano - atmosfera nesta região, sendo que a Primavera - Verão também é o período em que há maior fluxo de umidade do Oceano para a atmosfera.

Estas mesmas tabelas para o Atlântico Sul mostram apenas 2 resultados significativos, no grupo Litorâneo para a categoria abaixo x abaixo na Primavera com escore de 0,16, e no grupo Sul para a categoria acima x acima no Outono com escore de 0,18.

Tabela 1 - Tabelas de contingências entre as ocorrências simultâneas das diferentes categorias de precipitação nos 3 grupos homogêneos e as de TSM no ATLSW (abaixo, quase e acima da normal) nos 4 trimestres do ano e no ano todo

LITORÂNEO

TSM.	PREC.	JFM	AMJ	JAS	OND	ANO
ABAIXO	ABAIXO	41	33	43	60	44
	NORMAL	35	41	26	21	32
	ACIMA	24	25	30	20	24
QUASE NORMAL	ABAIXO	35	40	33	20	32
	NORMAL	33	26	38	51	37
	ACIMA	33	33	29	29	31
ACIMA	ABAIXO	24	28	22	23	24
	NORMAL	33	32	34	24	31
	ACIMA	43	41	44	52	45

SUL

TSM	PREC.	JFM	AMJ	JAS	OND	ANO
ABAIXO	ABAIXO	46	42	37	49	43
	NORMAL	28	38	39	31	34
	ACIMA	26	20	24	20	22
QUASE NORMAL	ABAIXO	37	33	32	30	33
	NORMAL	30	34	30	34	32
	ACIMA	33	23	38	36	35
ACIMA	ABAIXO	19	25	30	23	24
	NORMAL	40	27	30	35	34
	ACIMA	40	48	40	42	42

CONTINENTAL

TSM	PREC.	JFM	AMJ	JAS	OND	ANO
ABAIXO	ABAIXO	44	48	41	44	44
	NORMAL	35	28	33	36	33
	ACIMA	22	24	26	20	23
QUASE NORMAL	ABAIXO	33	37	30	32	33
	NORMAL	34	28	26	32	30
	ACIMA	33	34	44	36	37
ACIMA	ABAIXO	25	15	28	25	23
	NORMAL	31	44	43	33	37
	ACIMA	44	42	30	42	40

Tabela 2 - Taxas de acerto, falso alarme e escore das características operacionais relativas entre as categorias de precipitação nos 3 grupos e as categorias de TSM do ATLSW nos 4 trimestres do ano.

LITORÂNEO

MESES	TSM X PREC.	TA	FA	D	ESCORE
JFM	Abaixo x Abaixo	61,8	58,7	0,08	0,06
	Normal x Normal	55,6	67,4	-0,3	-0,24
	Acima x Acima	61,8	55,8	0,16	0,12
AMJ	Abaixo x Abaixo	55,6	66	-0,28	-0,22
	Normal x Normal	52,1	71,7	-0,52	-0,4
	Acima x Acima	61,8	58,3	0,08	0,06
JAS	Abaixo x Abaixo	61,8	54,9	0,18	0,14
	Normal x Normal	58,3	62,3	-0,1	-0,08
	Acima x Acima	63,2	57,5	0,16	0,12
OND	Abaixo x Abaixo	72,9	40	0,64	0,48
	Normal x Normal	68,1	48,9	0,52	0,4
	Acima x Acima	67,4	48,1	0,5	0,38

SUL

MESES	TSM X PREC.	TA	FA	D	ESCORE
JFM	Abaixo x Abaixo	63,9	54,3	0,24	0,2
	Normal x Normal	54,2	63	-0,22	-0,18
	Acima x Acima	59,7	59,6	0	0
AMJ	Abaixo x Abaixo	61,1	58	0,06	0,04
	Normal x Normal	56,9	65,2	-0,22	-0,18
	Acima x Acima	65,3	52,1	0,36	0,28
JAS	Abaixo x Abaixo	57,6	62,7	-0,12	-0,1
	Normal x Normal	52,1	69,8	-0,46	-0,36
	Acima x Acima	61,1	60	0,02	0,02
OND	Abaixo x Abaixo	66	51,1	0,4	0,32
	Normal x Normal	56,2	66	-0,26	-0,2
	Acima x Acima	61,1	57,7	0,08	0,06

CONTINENTAL

MESES	TSM X PREC.	TA	FA	D	ESCORE
JFM	Abaixo x Abaixo	62,5	56,5	0,16	0,12
	Normal x Normal	56,9	65,2	-0,22	-0,18
	Acima x Acima	62,5	55,8	0,18	0,14
AMJ	Abaixo x Abaixo	65,3	52	0,36	0,28
	Normal x Normal	52,8	71,7	-0,5	-0,38
	Acima x Acima	61,1	58,3	0,06	0,04
JAS	Abaixo x Abaixo	60,4	58,8	0,04	0,04
	Normal x Normal	49,3	73,6	-0,64	-0,48
	Acima x Acima	55,6	70	-0,4	-0,32
OND	Abaixo x Abaixo	63,2	55,6	0,2	0,16
	Normal x Normal	54,9	68,1	-0,36	-0,28
	Acima x Acima	61,1	57,7	0,08	0,06

* Os escores significativos estão assinalados

4 - CONCLUSÕES

Três grupos homogêneos são suficientes para representar a variabilidade sazonal e interanual das precipitações na região Sul do Brasil. Os 3 agrupamentos, obtidos por análise de agrupamentos pelo método de Ward, situam-se no litoral, extremo Sul e Interior.

Tabelas de contingências 3 x 3 entre as ocorrências de diferentes categorias de precipitação e ATSM dos Oceanos Atlântico (abaixo, quase e acima da normal) são uma forma simples, mas bastante robusta e eficiente para analisar estas conexões com vantagens sobre correlações lineares.

Considerando-se a dependência das categorias de precipitação da região Sul do Brasil com as ATSM do Oceano Atlântico, verifica-se uma maior influência nas relações abaixo da normal, principalmente nas estações Primavera e Verão, com destaque para o grupo Litorâneo. Por outro lado TSM acima da normal estão associadas às precipitações acima da normal no Verão no grupo Sul, Outono no Continental e durante o ano todo no Litorâneo.

5 – REFERÊNCIAS

- Abreu, M. L.; Moura, A. D. Efeitos das TSMs do Atlântico e Pacífico sobre as anomalias de precipitação no verão de 1995 e 1996, simulados pelo MCGA do CPTEC/COLA. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 9., Campos do Jordão, 1996. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1996. v. 1, p. 818-821.
- Berlato M. The Climate forecasting applications in the decision-making process for the Southern Region of Brazil. In: **Workshop Report on ENSO and seasonal to inter annual climate variability, socio-economic impacts, forecasting and applications to the decision-making process**, Florianópolis EPAGRI, 1992. v. 1, p. 14-16.
- Diaz A. F.; Studzinski, C. D. Rainfall anomalies in the Uruguay-Southern Brazil region related to SST in Pacific and Atlantic oceans using canonical correlation analysis. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia 8., e Congresso Latino - Americano de Meteorologia, 2., Belo Horizonte, 1994. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1994. v.1, p. 498-501.
- Diaz A. F.; Studzinski, C. D.; Mechoso, C. R. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and Southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic oceans. **Journal of Climate**, v. 11, n. 2, p. 251-171, 1998.
- Giarolla, E. **Investigação numérica da variabilidade de mesoescala na confluência Brasil - Malvinas induzida pela atmosfera**. São Paulo. 131p Tese (Doutorado em Meteorologia) Departamento de Ciências Atmosféricas - IAG - USP, 1999.
- Grimm, A. M.; Feuser, V. R. Relações entre temperaturas da superfície do mar sobre o Atlântico e precipitação no Sul e Sudeste do Brasil. [CD ROM]. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia 10., Brasília, 1998. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1998.
- Moura, A. D.; Shukla, J. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: Theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of Atmospheric Sciences**, v. 38, n. 4, p. 2653-2675, 1981.
- Sansigolo, C. A.; Nery, J. T. Análise de fatores comuns e agrupamentos das precipitações nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. [CD ROM]. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia 10., Brasília, 1998. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1998.
- Silva, I. R. Variabilidade sazonal e interanual das precipitações na região Sul do Brasil associadas às temperaturas dos oceanos Atlântico e Pacífico. São José dos Campos. 90 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001
- Sinclair, M. R. A climatology of cyclogenesis for the Southern Hemisphere. **Monthly Weather Review**, v. 123, n. 6, p.1601-1619, 1995.
- Smith, T. M.; Reynolds, R. W.; Livezei, R. E.; Stokes, D. C. Reconstruction of historical sea surface temperature using empirical orthogonal functions. **Journal of Climate**, v. 9, n. 6, p. 1403-1420, 1996
- Smith, T. M.; Reynolds, R. W. A high-resolution global sea surface temperature climatology for de 1961-95 base period. **Journal of Climate**, v. 11, n. 12, p. 3320-3323, 1998.
- Studzinski, C. **Um estudo da precipitação na região Sul do Brasil e a sua relação com os Oceanos Pacífico e Atlântico tropical Sul**. São José dos Campos. 99 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1995.
- Tourre, Y. M.; Rajagopalan, B.; Kushnir, Y. Dominant patterns of climate variability in the Atlantic ocean region during the last 136 years. **Journal of Climate**, v. 12, n. 8, p. 2285 - 2299, 1999.
- Venegas, S. A.; Mysak, L. A.; Straub, D. N. An interdecadal climate cycle in the South Atlantic and its links to other ocean basins. **Journal Geophysical Research**, v. 103, n. c11, p. 24723-24736, 1998.
- Wilks, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. San Diego: Academic Press, 1995. 467p.