

Frequência mensal e sazonal da participação de sistemas atmosféricos no verão do Rio Grande do Sul: análise sobre três casos típicos (1986/1987, 1997/1998 e 2004/2005)

Cássio Arthur Wollmann, Maria da Graça Barros Sartori

*Lab. de Estudos Ambientais/Departamento de Geociências
CCNE/Universidade Federal de Santa Maria, RS
e-mail: cassio_geo@yahoo.com.br*

Resumo

A análise do ritmo e da sucessão do tempo, que se tornou uma das principais linhas de pesquisa em Climatologia Geográfica, permite a realização da frequência sazonal de participação dos sistemas atmosféricos, que pode ser uma das formas de se classificar o clima de uma região. Assim, o objetivo geral desta pesquisa foi o de realizar a frequência mensal e sazonal da participação dos sistemas atmosféricos durante o verão do Rio Grande do Sul em três exemplos típicos: verão habitual, mais chuvoso e menos chuvoso. Fez-se fundamentação teórica em dinâmica atmosférica regional. Analisaram-se os dados climáticos da Estação Meteorológica de Santa Maria/RS, dos verões entre 1969 e 2005, sendo selecionados os de 1986/1987, 1997/1998 e 2004/2005 como representantes de um verão habitual, mais chuvoso e menos chuvoso. Aplicou-se a técnica da análise rítmica do período proposto juntamente com o auxílio de imagens de satélite e cartas sinóticas, onde foi possível identificar os sistemas atmosféricos atuantes nos três casos representativos. Realizou-se a contagem de frequência de participação dos sistemas atmosféricos em cada mês e estação analisada. No verão habitual, a Massa Polar Velha dominou a maior parte do tempo, à exceção de dezembro. Entre as correntes perturbadas, as de maior frequência no Estado são as Frentes Polares. No verão mais chuvoso observou-se também a maior atuação dos sistemas de origem extratropical que deram à estação elevados totais pluviométricos. No verão menos chuvoso foram as massas de ar de origem polar descaracterizadas que dominaram praticamente durante toda a estação. Dentre as correntes perturbadas, as passagens frontais são as que dominam. Assim, comprovou-se, mais uma vez, a predominância dos sistemas atmosféricos extratropicais sobre os de origem intertropical no Rio Grande do Sul, mesmo durante o verão.

Palavras-chave: Dinâmica Climática Regional; Análise Rítmica; Verão; Rio Grande do Sul.

Summary

The and of the time succession, that became one of the main research field in Geographical Climatology, allows the accomplishment of a seasonal balance of the involvement of the atmospheric systems, that can be one of the ways of classifying the climate of an area. Thus, the general objective of this research was to accomplish the monthly and seasonal balance of the contribution of the atmospheric systems during the summer of Rio Grande do Sul in three typical examples: regular, rainiest and less rainy summer. A theoretical framework was accomplished in a regional atmospheric dynamic. The climatic data of Santa Maria/RS's Meteorological Station were analyzed, from the summers of 1969 to 2005, being selected the summer of 1986/1987, 1997/1998 and 2004/2005 as representatives of a regular, rainiest and less rainy summer. The technique of the rhythmic analysis of the period was applied proposed together with satellite images and synoptic maps, in which it was possible to identify the active atmospheric systems in the three representative cases. It was calculated the frequency of atmospheric systems participation of each month and the season analyzed. In the regular summer, the majority of the time, the Old Polar Mass dominated, except in December. Among the perturbed currents, the largest frequency in the State is the Polar Fronts. In the rainiest summer the largest performance of the extratropical origin systems that gave to the station high pluviometric indices was also observed. In the less rainy summer the air masses of polar origin disqualified that was dominated almost during all the station. Among the disturbed currents, the frontal passages are the ones that dominate. Thus, it was proved, once again, the predominance of the extratropical atmospheric systems upon intertropical origin in Rio Grande do Sul, even during the summer.

Keywords: Regional Climate Dynamic; Rhythm Analysis; Summer; Rio Grande do Sul.

Introdução

A dinâmica do espaço geográfico não se restringe apenas à superfície terrestre, mas também a um espaço verticalizado, representado pela atmosfera. No Brasil, Monteiro (1963, 1969, 1971) ao refletir sobre o clima e a dinâmica espacial, lança mão do paradigma do ritmo climático, que se constitui em uma outra forma de interpretar a dinâmica atmosférica "... como um fenômeno geográfico" (Monteiro, 1991). Estudar essa dinâmica baseada nas idéias do ritmo e da sucessão do tempo, que é fruto da ação de diferentes sistemas atmosféricos, tornou-se o principal viés de estudos em climatologia de caráter geográfico. Tais aplicações desta metodologia como forma de se interpretar a dinâmica do espaço geográfico, e principalmente

a dinâmica atmosférica, podem ser vistos nos trabalhos de Silveira (2003), Funari (2006), Borsato (2006) e Berezuk (2007).

A análise do ritmo e sucessão do tempo permite a realização da frequência sazonal de participação dos sistemas atmosféricos sobre determinada região, que pode ser uma das formas de se classificar o seu clima (Monteiro, 1964). No Rio Grande do Sul, alvo espacial desta pesquisa, tais estudos foram iniciados por Sartori (1980), e são considerados, ainda, os únicos realizados no Estado que utilizam as metodologias propostas por Monteiro (op. cit.).

Nesse sentido, o objetivo geral desta pesquisa foi o de realizar a frequência mensal e sazonal da participação dos sistemas atmosféricos durante o verão do Rio Grande do Sul em três exemplos típicos em relação à dinâmica atmosférica regional: habitual, mais chuvoso e menos chuvoso.

Pretendeu-se, também, com este trabalho solucionar algumas lacunas nos estudos de climatologia do Estado, especialmente as relacionadas ao estudo do ritmo climático nas diferentes estações do ano, bem como na classificação do clima do Rio Grande do Sul utilizando-se a metodologia proposta neste trabalho.

Metodologia

Para o desenvolvimento desta pesquisa, inicialmente foi feito um levantamento teórico-metodológico baseado em dinâmica atmosférica zonal e regional, bem como nas linhas de pesquisa que norteiam os estudos geográficos do clima.

Conforme Sartori (1980, 1993a, 1993c), para o Estado do Rio Grande do Sul, podem ser considerados como anos-padrões normais, ou habituais, aqueles anos nos quais os totais pluviométricos, para o Rio Grande do Sul (média do Estado), ficaram entre 1400 mm e 1800 mm. Abaixo deste total (1400 mm), caracterizam-se os anos-padrões menos chuvosos e acima de 1800 mm, os anos podem ser caracterizados como anos-padrões mais chuvosos. Tais valores e a série histórica utilizada nesta pesquisa pode ser melhor visualizada na Figura 1.

Para o Rio Grande do Sul, no que diz respeito aos anos-padrões menos chuvosos, estes não podem ser denominados de “secos”, pois não ocorrem características climáticas semelhantes aos climas semi-áridos e áridos, conforme Nimer (1979), mas ocorre apenas uma significativa queda nos totais anuais de pluviometria, o que pode prejudicar algumas atividades humanas.

Nesse sentido, em relação aos anos-padrões, para fim de se selecionar a melhor estação-padrão, neste caso o verão, seja ele menos chuvoso, habitual ou mais chuvoso, é utilizado como critério para sua seleção a homogeneidade da pluviometria entre as quatro estações, ou seja, no caso

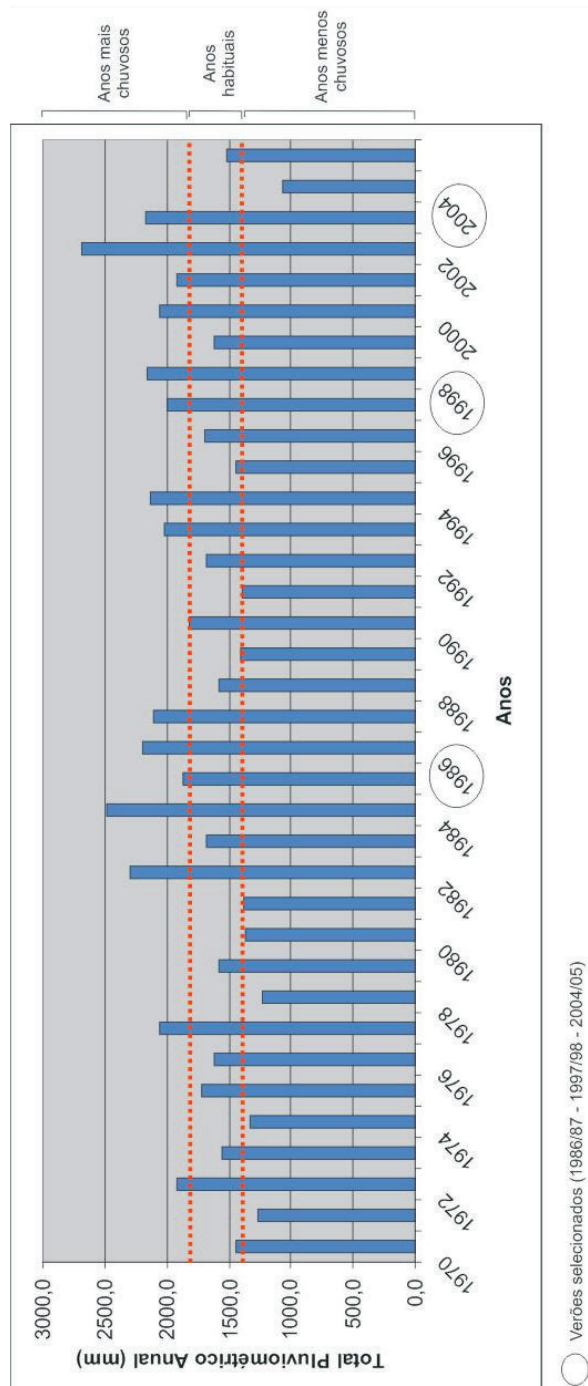


Figura 1. Pluviometria total anual registrada para período de 1970 a 2005 na Estação Meteorológica de Santa Maria/RS e intervalos considerados para a seleção de anos padrões habituais, mais chuvosos e menos chuvosos.

Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria/RS. Org.: WOLLMANN, C. A., 2007.

do ano-padrão habitual, cujas pluviometrias totais anuais ficaram no intervalo de 1400 mm a 1800 mm, estes totais devem cair de forma homogênea entre as quatro estações (de 350 mm a 450 mm por estação do ano), haja vista que não há definição de estação mais ou menos chuvosa no Estado como há em outras regiões do Brasil.

Em relação aos anos-padrões menos chuvosos, os totais por estação devem ficar abaixo de 350 mm, sendo registrados de forma homogênea. Já para os anos-padrões mais chuvosos, os totais sazonais de chuva devem permanecer, de forma homogênea entre as quatro estações, acima de 450 mm.

Para a seleção dos meses considerados como vernais para a realização desta pesquisa, é comum agrupamentos considerando o dia exato do início da estação (21 ou 22/12) ou ainda autores que consideram o verão como sendo janeiro, fevereiro e março, pois coincide com o maior número de dias (31 de janeiro, 28 ou 29 de fevereiro e somados a 21 ou 22 de março, totalizando 80 dias).

No entanto, em se tratando do verão sul-rio-grandense, são considerados como meses vernais os meses de dezembro, janeiro e fevereiro basicamente em função da latitude média a qual se situa o referido Estado (em média 30° latitude Sul). Em função da migração solar latitudinal anual, o mês de dezembro já começa a ter características climáticas vernais, mas é durante o mês de março, na qual ocorre o equinócio de outono, haja vista que o Sol está em zênite com a linha do Equador, que o Rio Grande do Sul apresenta quase totalmente características de outono. Nesse sentido, em função de março possuir características climáticas semelhantes as do outono como um todo, é este mês não pode ser considerado como mês de verão, haja vista a inclinação solar já registrada no território sul-rio-grandense, o que não ocorre da mesma forma nos outros estados brasileiros, por possuírem seus territórios na zona intertropical.

Assim, analisaram-se os dados climáticos diários da Estação Meteorológica de Santa Maria/RS relativos aos meses de dezembro, janeiro e fevereiro entre 1969 e 2005, totalizando 37 anos, dos quais foram selecionados os verões de 1986/1987, 1997/1998 e 2004/2005 como representantes de um verão habitual, mais chuvoso e menos chuvoso, respectivamente, levando-se em conta o total pluviométrico registrado em cada um e sua distribuição mensal mais ou menos homogênea, conforme pode ser melhor visualizado na Figura 2.

Conforme mostra a Figura 2 o verão de 1986/19870 possui os totais pluviométricos registrados durante seus respectivos meses de forma homogênea, ou seja, possui uma distribuição semelhante entre os três meses, à exceção de dezembro, que possui valores ligeiramente inferiores, e com valores próximos ao da média. Nesse sentido, caracterizou-se este verão como o mais habitual do período entre 1970 a 2005.

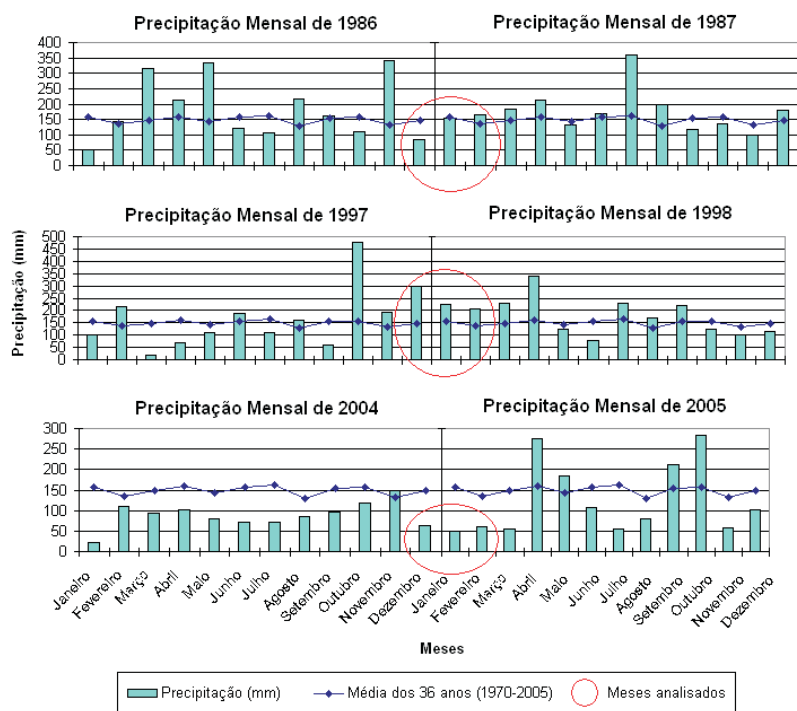


Figura 2. Pluviometria mensal registrada para os anos de 1986/1987, 1997/1998 e 2004/2005, ressaltando os totais pluviométricos registrados nos períodos vernais (meses de dezembro, janeiro e fevereiro)

Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria/RS.Org.: WOLLMANN, C. A., 2007.

Já para o verão mais chuvoso de 1997/1998, os totais pluviométricos apresentam homogeneidade entre os três meses analisados, bem como uma pluviometria bem acima da média, com um ligeiro aumento da pluviometria para o mês de dezembro, caracterizando-se, assim, como o verão padrão mais chuvoso para o período analisado.

Por fim, o verão padrão menos chuvoso (2004/2005) também possui valores homogêneos entre os três meses destacados, com totais pluviométricos bem abaixo da média de 36 anos de análise (período de 1970 a 2005). Desse modo, caracterizou-se este verão como o padrão de verão menos chuvoso.

Depois de selecionados e analisados os verões representativos de condições habitual (1986/1987), mais chuvosa (1997/1998) e menos chuvosa (2004/2005), partiu-se para a análise da participação dos sistemas at-

mosféricos atuantes, mês a mês, em cada verão considerado, na forma de número de dias e percentagem de participação. Cabe ressaltar que a corrente perturbada de maior atuação no verão do Estado são as Frentes Polares (FP), no entanto, na análise sinótica, as FP foram classificadas conforme Tubelis; Nascimento (s/d), para melhor visualização das diferentes formas que esse sistema atmosférico pode atuar sobre o Estado. Sendo assim, a FP foi desdobrada em Frente Polar Atlântica (FPA), Frente Quente (FQ), Frente Oclusa ou Ciclogênese (FO) e Frente Estacionária (FE), mas representam a atuação de um mesmo sistema atmosférico.

A partir da seleção dos verões padrões, fez-se análise rítmica do período proposto baseando em Monteiro (1971). Com o auxílio de imagens de satélite e cartas sinóticas foi possível identificar os sistemas atmosféricos atuantes nos três casos representativos dos verões no Rio Grande do Sul.

De posse das informações obtidas com a análise rítmica, fez-se a contagem da frequência de participação dos sistemas atmosféricos em cada mês e estação analisada, seguida dos cálculos para obtenção da participação em número de dias e percentagem, nos três verões selecionados, totalizando nove meses de análise.

Fundamentação teórica

Adotar a participação de sistemas atmosféricos através da frequência sazonal como forma de se estudar o caráter dinâmico da atmosfera sobre uma região é tarefa relativamente recente na climatologia brasileira.

Os primeiros estudiosos do clima no país trabalhavam sobre uma perspectiva empírica, ou seja, análise espaço-temporal da média dos elementos climáticos sobre uma região (Sant'Anna Neto, 2004). No Rio Grande do Sul, podemos destacar nessa ala científica, os trabalhos de Araújo (1930), Machado (1950) e Moreno (1961).

A partir da idéia de ritmo, proposta por Monteiro (op. cit.), é dado o início de uma nova abordagem de interpretação climática, baseada na sua gênese e dinâmica. Mesmo assim, para o Rio Grande do Sul, ainda permaneciam lacunas nos estudos da sazonalidade de sistemas atmosféricos. Um dos primeiros autores a trazer algum indício de participação dos referidos sistemas para o Estado foi Monteiro (1963) e TUBELIS; NASCIMENTO (s/d, p. 231), que colocaram, de forma geral, que:

“No verão (janeiro)... a Massa Tropical Marítima ocorre do Nordeste até o Rio de Janeiro, no Rio Grande do Sul e no litoral de Santa Catarina. A Massa Tropical Continental ocorre na parte ocidental do Rio Grande do Sul e Santa Catarina...”.

Considerada pioneira nos estudos do clima do Rio Grande do Sul, Sartori (1979, 1980) realiza uma freqüência sazonal de participação dos sistemas atmosféricos regionais na região de Santa Maria/RS baseando-se nos paradigmas de Monteiro (1969, 1971). Para a autora:

“Dos 89 dias que compõem o verão, a participação maior é da Massa Polar Velha (M.P.V.), com 43 dias de atuação bem caracterizada..., correspondendo a 48,3% do total. Esta liderança se manteve em todos os meses que integram a estação, ..., com exceção de março quando a Massa Polar Atlântica começa a aumentar sua participação”. (SARTORI, 1980, p. 45).

Ainda sobre os sistemas extratropicais, as frentes polares com ciclogênese são aparentemente constantes também durante o verão, afirmando o que Sartori (1980, p. 52) concluiu ao dizer que “... o verão aparece em segundo lugar...” quanto ao número de dias sob domínio de ciclones frontais em relação a outras estações do ano.

Entretanto, ressalta-se que a autora realizou uma freqüência sazonal para todo o ano escolhido como ano padrão habitual, no caso o de 1973, permanecendo, até o presente, ausentes os estudos para anos-padrão mais chuvosos e menos chuvosos. Salienta-se que neste trabalho são enfocados apenas os meses representativos do verão para o Rio Grande do Sul, que em função da latitude (em torno de 30° s), são considerados os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, diferentemente do restante do Brasil, cujos meses vernais são janeiro, fevereiro e março.

Tal fato se deve, em função da posição latitudinal do Estado, fazendo com que, principalmente o mês de março, já tenha características de outono, dada a migração aparente do Sol em direção ao Hemisfério Norte, e que em março, essa menor entrada de radiação solar, em função da declinação solar e menor duração do dia, no Rio Grande do Sul já pode ser visualizada no tratamento dos dados meteorológicos. Em dezembro, por sua vez, dada a ocorrência do Solstício de verão, ocorre a maior entrada de radiação solar no Estado, e conseqüentemente é registrado o maior dia do ano, repercutindo de forma significativa nas variáveis climáticas.

Resultados e discussão

a) *Verão habitual (1986/1987):*

O verão de 1986/1987, que corresponde ao mês de dezembro de 1986 e a janeiro e fevereiro de 1987, pode ser considerado como um ano de

circulação atmosférica regional, (circulação secundária) habitual ou normal, visto que a pluviometria encontrava-se dentro de intervalos considerados normais para a latitude na qual se encontra o Rio Grande do Sul (Sartori, 1993c), conforme mostra a Figura 3.

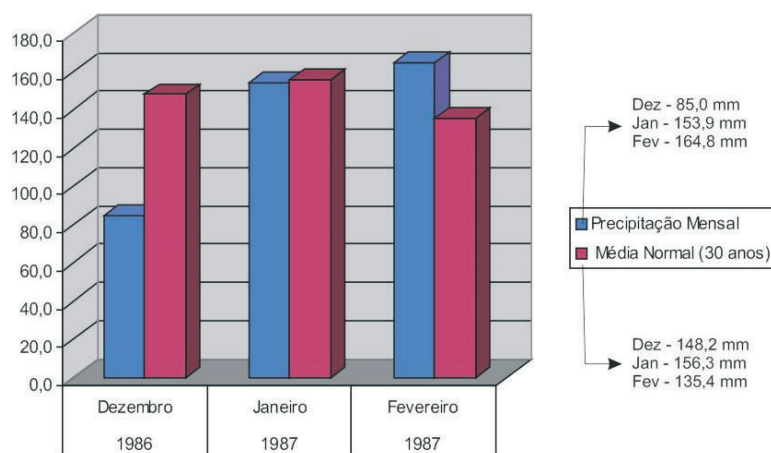


Figura 3. Pluviometria mensal registrada para os meses vernais dos anos de 1986/1987, ressaltando os totais pluviométricos registrados e a média normal (30 anos) esperada para o período.

Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria/RS. Org.: WOLLMANN, C. A., 2007.

Assim, conforme a Tabela 1, nos 31 dias de dezembro de 1986 a participação tanto da Massa Polar Atlântica (MPA) quanto da Massa Polar Velha (MPV) são praticamente idênticas, representando 35,5% e 38,7%, respectivamente, com um leve predomínio de apenas 1 (um) dia de uma massa de ar sobre a outra.

Esse equilíbrio entre as 2 massas de ar de origem polar se dá em função de dezembro atingir os máximos de incidência de radiação solar no Hemisfério Sul (HS), com o solstício de verão (21/12), (Sartori, 1979, 1980, 1981). Assim, dezembro ainda guarda algumas características do inverno e mesmo da primavera, no entanto, já ocorre com considerada freqüência, o aumento de massas polares descaracterizadas (MPV) pelo aquecimento basal, fato que caracteriza dezembro como um mês representativo de verão para o Rio Grande do Sul, diferentemente do que ocorre em outros Estados brasileiros, dada a sua posição latitudinal.

Outra massa de ar que atuou neste período foi a Massa Tropical Continental – MTC (11,3% do mês, ou 3,5 dias), denotando que nessa época do ano, o interior do continente sul-americano já se encontra mais aquecido, aprofundando a Baixa do Chaco, responsável pela formação da MTC e posterior avanço sobre o Rio Grande do Sul. A FPA atuou em praticamente 10% dos dias do mês, No entanto, seu recuo como FQ aumentou o número de dias de participação de correntes perturbadas de origem polar para 4,5 dias.

Tabela 1. Frequência sazonal de participação dos sistemas atmosféricos no verão 1986/87 para a região central do Rio Grande do Sul: ano-padrão habitual.

Sistemas Atmosféricos	Dezembro		Janeiro		Fevereiro		TD	F(%)
	TD	F (%)	TD	F (%)	TD	F (%)		
MPA	11	35,5	7	22,6	4	14,3	22	24,4
MPV	12	38,7	13	41,9	10,5	37,5	35,5	39,4
MTA	3,5	11,3	0	0,0	3	10,7	3	3,3
MTC	0	0,0	0	0,0	2	7,2	5,5	6,1
FPA	3	9,7	4	12,9	2,5	8,9	9,5	10,6
FE	0	0,0	7	22,6	0	0,0	7	7,8
FQ	1,5	4,8	0	0,0	0	0,0	1,5	1,7
C	0	0,0	0	0,0	6	21,4	6	6,7
Total	31	100,0	31	100,0	28	100,0	90	100

Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria/RS. Org.: WOLLMANN, C. A., 2007.

No mês de janeiro de 1987, conforme mostra a Tabela 1, já é visível o predomínio da MPV sobre a MPA, domínio em 41,9% e 22,6% dos 31 dias, respectivamente. Nota-se, portanto, que em janeiro as massas de ar de origem polar se apresentam mais descaracterizadas pelo aquecimento basal, visto que a incidência de radiação solar já atingiu seu máximo, refletindo nos sistemas atmosféricos.

A FPA dominou durante 12,9% dos dias mês, no entanto chama a atenção o número de dias sob domínio de FE, ocasionadas, principalmen-

te, pelo Anticiclone Tropical Atlântico (ATA) se encontrar mais forte do que a MPV que avança sobre o Estado, uma vez que o primeiro é alimentado por subsidência permanente de ar das Massas Superiores, enquanto o segundo é por acúmulo de ar de origem polar, que se aquece rapidamente e perde força em relação ao ATA. Desse modo, as FPA's acabam “estacionando” sobre o Estado, mas não elevando os índices pluviométricos, já que há pouco contraste entre as propriedades físicas das duas massas de ar citadas anteriormente.

No mês de fevereiro de 1987, de acordo com a Tabela 1, a participação de sistemas atmosféricos torna-se muito mais variada, com o domínio no Estado tanto da MTC quanto da MTA (7,2% e 10,7% dos 28 dias de mês, respectivamente). A MPV mostra claramente seu predomínio sobre a MPA, com 37,5% e 14,3% de participação do total de dias, respectivamente.

Fevereiro, no verão, pode ser considerado o mês de maior descaracterização dos sistemas atmosféricos de origem polar, refletindo na sua participação sazonal, tanto em número de dias quanto em número de diferentes sistemas atmosféricos que compõem o quadro sinótico para o referido mês.

A FPA dominou apenas 8,9% dos dias do mês, mas o que causou surpresa é que 21,6% desse fevereiro houve atuação de ciclones frontais (FO). Uma das explicações para esse fato é o domínio, em alguns dias, da MTA em confronto com a MPV, que por estar mais forte, fez com que o eixo da FPA ondulasse, provocando a ciclogênese (CG) que perdurou durante alguns dias, e influenciou na sucessão do tempo do Rio Grande do Sul.

Pode-se notar também que o verão é a estação do ano em que a quantidade de sistemas atmosféricos diferentes atuantes no Estado torna-se característica marcante. Salienta-se que, por se tratar de um verão habitual, as correntes perturbadas de maior atuação no Rio Grande do Sul são de origem polar, que, no conjunto, dominaram cerca de um terço (1/3) dos 90 dias da estação.

Assim, como afirmou Sartori (1980), no verão ocorre o predomínio da MPV sobre a MPA, com 39,4% e 24,4% dos dias, respectivamente, contrariando o que muito pesquisadores, ao analisar estatisticamente a atmosfera, inferem um maior predomínio da MTA sobre a MPA (Tubelis; Nascimento, s/d). Por fim, na Tabela 1 também é mostrado o frequência sazonal total de participação dos sistemas atmosféricos regionais no verão de 1986/1987.

Por fim, a Figura 4 mostra de forma sucinta o percentual de participação dos sistemas atmosféricos no verão habitual de 1986/1987 do Rio Grande do Sul.

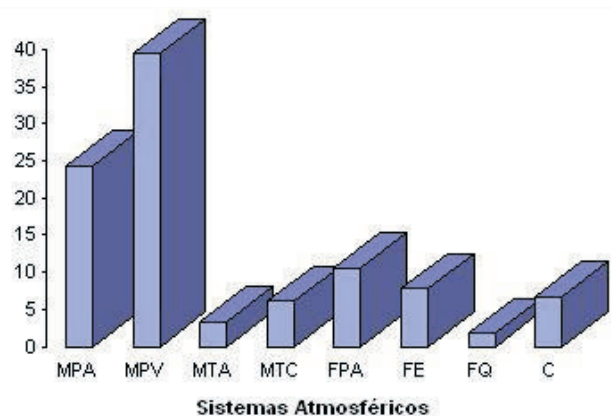


Figura 4. Percentual de participação dos sistemas atmosféricos no verão habitual de 1986/1987 (dez./jan./fev.) do Rio Grande do Sul.

b) Verão mais chuvoso (1997/1998):

O segundo verão analisado corresponde ao de 1997/1998, e foi considerado mais chuvoso (Figura 5), pois a forte interferência do fenômeno El Niño foi responsável pelo aumento nos índices pluviométricos no Rio Grande do Sul, repercutindo negativamente nas várias atividades humanas, desde as agrícolas até as econômicas e turísticas.

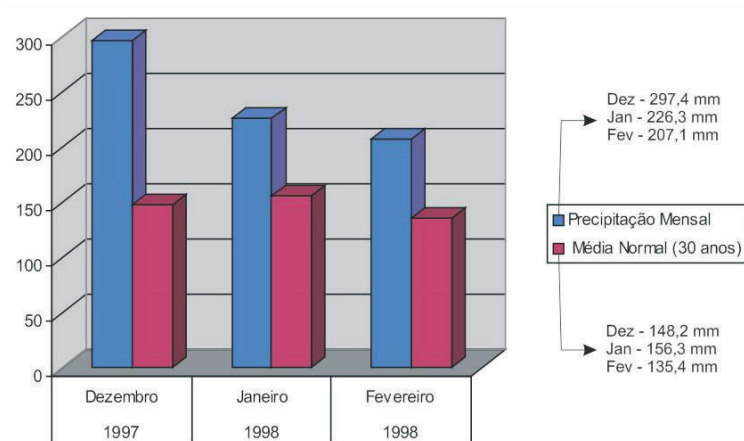


Figura 5. Pluviometria mensal registrada para os meses vernais dos anos de 1997/1998, ressaltando os totais pluviométricos registrados e a média normal (30 anos) esperada para o período.

Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria/RS. Org.: WOLLMANN, C. A., 2007.

O mês de dezembro de 1997, de acordo com a Tabela 2, por ser chuvoso, apresentou um domínio maior dos sistemas atmosféricos de origem polar em relação a dezembro de 1986, ficando os referidos sistemas empatados em número de dias de domínio, tanto a MPA quanto a FPA, correspondendo a 9 dias cada um (29%) do total de 31 dias.

Tabela 2. Frequência sazonal de participação dos sistemas atmosféricos no Verão 1997/1998 para a região central do Rio Grande do Sul: Ano-padrão chuvoso.

Sistemas Atmosféricos	Dezembro		Janeiro		Fevereiro		TD	F(%)
	TD	F (%)	TD	F (%)	TD	F (%)		
MPA	9	29,0	10	32,5	8,0	28,6	22	24,4
MPV	6	19,3	3,5	11,2	6,5	23,2	35,5	39,4
MTA	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	3,3
MTC	0,5	1,7	0	0,0	0	0,0	5,5	6,1
FPA	9	29,0	7,5	24,1	8	28,6	9,5	10,6
FE	5,5	17,7	6	19,3	3,5	12,5	7	7,8
FQ	1	3,3	4	12,9	1	3,6	1,5	1,7
C	0	0,0	0	0,0	1	3,6	6	6,7
Total	31	100,0	31	100,0	28	100,0	90	100,0

Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria/RS. Org.: WOLLMANN, C. A., 2007.

A MPV também teve participação considerável, em 19,3% dos dias do mês estando sob seu domínio, mas inferior ao da MPA (29%). Tal fato se deve pela rápida passagem das FPA's seguidas de um forte Anticiclone Migratório Polar (AMP), trazendo uma MPA bem caracterizada. Sendo dezembro um mês de transição entre a mínima e a máxima incidência de radiação solar global no Hemisfério Sul, a MPA se sobressai em relação aos outros sistemas. A MTC atuou muito pouco, com formação de calha induzida e precipitação devido à formação de Instabilidade Tropical, representando apenas 1,7% de participação durante o mês de dezembro.

As FPA's, sendo as principais responsáveis pelos altos índices pluviométricos durante dezembro, atuaram praticamente em metade dos dias

do mês, sendo 29% na forma de FPA, 3,3% como FQ e 17,7% como FE.

Janeiro de 1998, que foi o mês mais chuvoso da estação, a participação de sistemas atmosféricos é semelhante a do mês anterior: a MPA continua predominando sobre a MPV, com 32,5% de participação em relação aos 11,2% da MPV. O único sistema atmosférico que não atuou em janeiro, em comparação a dezembro, foi a MTC (Tabela 2).

As FPA's tiveram atuação em mais da metade do mês, pelo fato do mês ser o mais chuvoso da estação. A FPA chegou a 24,1% dos dias de participação, representando praticamente $\frac{1}{4}$ (um quarto) do mês inteiro, as FE tiveram frequência de 19,3% e as FQ de 12,9% do total de dias.

O elevado índice de participação de frentes do tipo estacionária e quente se deve, justamente, pela influência do fenômeno El Niño, que ao fortalecer a subsidência de ar no Anticiclone Tropical Atlântico (ATA), acaba bloqueando o avanço de massas de ar e frentes polares, permanecendo estas últimas, estacionadas ou semi-estacionadas sobre as latitudes do Rio Grande do Sul, elevando os índices pluviométricos.

Em fevereiro, segundo mês mais chuvoso da temporada, o quadro de participação de sistemas atmosféricos é praticamente o mesmo do apresentado em janeiro e em dezembro. A MPA ainda predomina sobre a MPV (28,6% e 23,2%) e a FPA domina o mesmo número de dias que a MPA, 8 (oito) no total.

As correntes perturbadas de origem polar dominam praticamente metade do mês: 13,5 dias. O que difere fevereiro de janeiro é o domínio da FO sobre o Estado, durante 1 (um) dia, correspondendo a 3,6% de participação mensal, conforme mostrou a Tabela 2.

Ao final, a Tabela 2 também mostra a frequência sazonal de participação dos sistemas atmosféricos durante o verão mais chuvoso de 1997/1998, onde se observa nitidamente a atuação dos sistemas de origem extratropical que deram à estação um caráter predominantemente chuvoso, com elevados índices pluviométricos. Apenas a MTC como sistema atmosférico intertropical teve breve atuação neste verão tipicamente chuvoso.

Dentre as massas de ar de origem polar, a MPA se sobressai em relação a MPV, 30% e 17,8% dos 90 dias da estação, respectivamente. Dessa forma, infere-se que em verões chuvosos sob influência do El Niño, a MPA atua em maior número de dias do que a MPV, contrariando os resultados obtidos nos verões habituais de 1986/1987 e 1973, este último analisado em Sartori (1979, 1980).

Por fim, a Figura 6 mostra de forma sucinta o percentual de participação dos sistemas atmosféricos no verão mais chuvoso de 1997/1998 do Rio Grande do Sul.

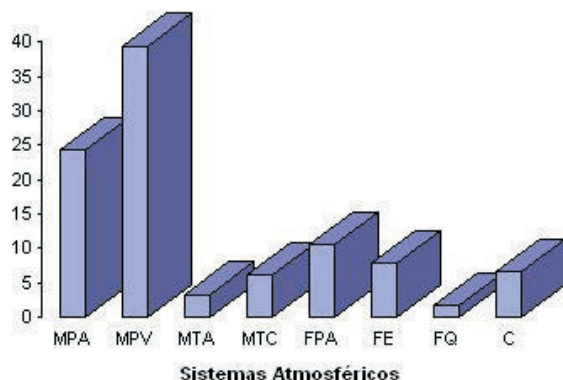


Figura 6. Percentual de participação dos sistemas atmosféricos no verão mais chuvoso de 1997/1998 (dez. / jan. / fev.) do Rio Grande do Sul.

c) *Verão menos chuvoso (2004/2005):*

O verão de 2004/2005 definido como menos chuvoso, com reduzidos totais pluviométricos, conforme mostra a Figura 7, foi considerado por Silveira (2006) um verão que causou muitos prejuízos no setor agropecuário e no abastecimento de água no meio urbano e rural, afetando, diretamente, vários setores da economia na Microrregião Geográfica de Santa Maria/RS, conforme pesquisa realizada pela autora, bem como em todo Estado.

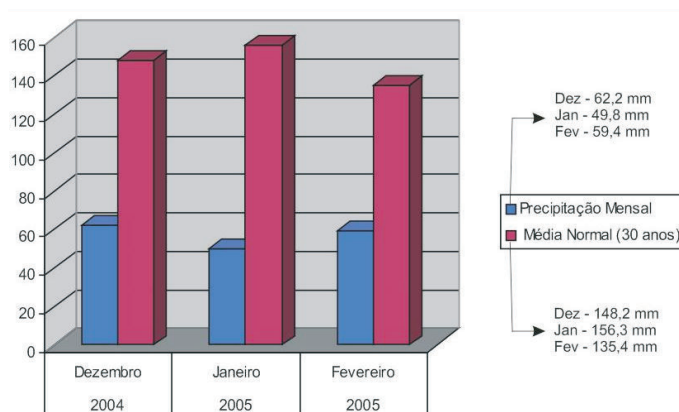


Figura 7. Pluviometria mensal registrada para os meses vernais dos anos de 2004/2005, ressaltando os totais pluviométricos registrados e a média normal (30 anos) esperada para o período.

Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria/RS. Org.: WOLLMANN, C. A., 2007.

Assim, durante o mês de dezembro, a MPV aumenta sua participação em relação a MPA, com 53,2% e 17,7% dos 31 dias, respectivamente, de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3. Frequência sazonal de participação dos Sistemas Atmosféricos no Verão 2004/2005 para a região central do Rio Grande do Sul: ano-padrão menos chuvoso.

Sistemas Atmosféricos	Dezembro		Janeiro		Fevereiro		TD	F(%)
	TD	F (%)	TD	F (%)	TD	F (%)		
MPA	5,5	17,7	0	0,0	0	0,0	5,5	6,1
MPV	16,5	53,2	26,5	85,5	10	35,7	53	58,9
MTA	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
MTC	0	0,0	0	0,0	6	21,4	6	6,7
FPA	6,5	21,0	4,5	14,5	2,5	8,9	13,5	15,0
FE	2,5	8,1	0	0,0	6,5	23,2	9	10,0
FQ	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
C	0	0,0	0	0,0	3	10,7	3	3,3
Total	31	100,0	31	100,0	28	100,0	90	100,0

Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria/RS. Org.: WOLLMANN, C. A., 2007.

Diferentemente dos resultados da Tabela 1 para dezembro de 1986 e da Tabela 2 para dezembro de 1997, em verões caracterizados pela diminuição das chuvas, a MPA já chega às latitudes do Rio Grande do Sul tropicalizada, ou seja, com suas propriedades físicas já descaracterizadas, sendo classificada como uma MPV (Sartori, 1979, 1980, 1981, 1993b, 2003). Porém a participação das FPAs não diminui: 9 (nove) dias no total, com domínio da FPA sobre a FE (21% e 8,1%). Entretanto, com a falta de contraste físico entre as massas de ar, as frontogêneses não se intensificam, logo, produzem certa nebulosidade, mas sem umidade suficiente no ar para ocorrer a precipitação.

No mês de janeiro de 2005, considerado menos chuvoso, uma característica muito peculiar destaca esse mês dentre os demais: não há participação da MPA nem de massas de ar de origem intertropical, mas apenas da MPV (85,5%), conforme mostrou a Tabela 3.

O restante do mês (14,5%) é dominado pela participação da FPA, que em alguns dias, apenas teve sua passagem marcada pelo Rio Grande do Sul com o aumento da cobertura de nuvens, não sendo registrada chuva

durante sua atuação, que era, no geral, de apenas 1 (um) dia.

A Tabela 3 também mostra a participação de sistemas atmosféricos em fevereiro de 2005, no qual, como era esperado, a MPV domina sem a atuação da MPA típica, em 35,7% dos dias do mês. No entanto, foi registrada a participação da MTC, com 21,4% de representatividade.

A MTC, muitas vezes, dominava antes de uma passagem frontal, mas não houve formação de calhas induzidas e Instabilidades Tropicais. As FPAs foram as responsáveis pelos registros pluviométricos do período, muito aquém dos normais para o Estado. A FE foi a que mais dominou, correspondendo a 23,2% dos dias do mês de fevereiro. Por fim, as FOs foram o sistema frontal de menor participação: 10,7%.

Ao final, a Tabela 3 também apresentou a frequência sazonal dos sistemas atmosféricos para o verão menos chuvoso de 2004/2005, evidenciando a superioridade da MPV sobre os outros sistemas atmosféricos.

Dos 90 dias que compõem a estação, 53 foram dominadas pela MPV, correspondendo a 58,9% do período, seguido pela MTC (6,7%) e MPA (6,1). Dentre as correntes perturbadas, as passagens frontais são as de maior frequência, correspondendo a pouco menos de $\frac{1}{4}$ (um quarto) da estação: 25,5 dias.

Por fim, a Figura 8 mostra de forma sucinta o percentual de participação dos sistemas atmosféricos no verão menos chuvoso de 2004/2005 do Rio Grande do Sul.

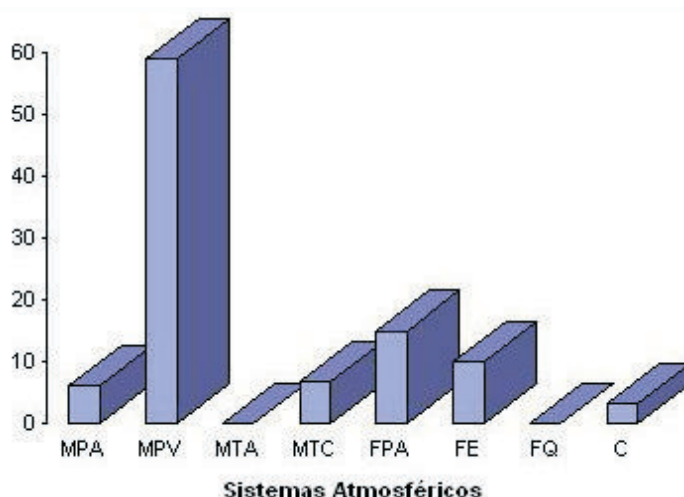


Figura 8. Percentual de participação dos sistemas atmosféricos no verão menos chuvoso de 2004/2005 (dez. / jan. / fev.) do Rio Grande do Sul.

Conclusões

O índice de participação de sistemas atmosféricos sobre uma região (frequência) pode, sem dúvida, classificá-la do ponto de vista climático e geográfico, pois a dinâmica atmosférica, assim como a espacial, encontra-se nesse estudo.

Evidenciou-se a predominância dos sistemas atmosféricos de origem extratropical sobre os de origem intertropical no Rio Grande do Sul, mesmo durante o verão. O que diferencia o verão das demais estações do ano é a descaracterização mais rápida dos sistemas atmosféricos polares que dominam no Estado, recebendo outras denominações, conforme Sartori (1979, 1980, 1981, 1993b, 2003). No entanto, não se pode esquecer que sua gênese ocorreu em latitudes polares e subpolares, ocorrendo a tropicalização da Massa Polar Atlântica, transformando-se em Massa Polar Velha.

Os sistemas atmosféricos de origem intertropical (MTC e MTA) são mais freqüentes no verão, no entanto, para os anos analisados nesta pesquisa, por se tratarem de extremos do ponto de vista dos totais pluviométricos, a participação desses sistemas reduz-se em anos-padrão mais e menos chuvosos, mas exerce controle na dinâmica atmosférica regional em anos-padrão habituais.

Assim, essa pesquisa sobre freqüência mensal e sazonal da participação de sistemas atmosféricos no verão do Rio Grande do Sul possui um caráter inédito, complementando os estudos anteriores, podendo motivar e servir de matriz teórico-metodológico para futuros trabalhos que venham a ser desenvolvidos nesta linha de pesquisa da Climatologia Geográfica brasileira e sul-rio-grandense.

Agradecimentos

Agradecimentos ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), pela disponibilidade gratuita das imagens de satélite, do período de 1996 a 2005, utilizadas neste trabalho, para interpretação dos sistemas atmosféricos, sem as quais os objetivos propostos não seriam alcançados. As referidas imagens de satélite podem ser acessadas gratuitamente através deste endereço eletrônico: <http://satelite.cptec.inpe.br>

Também, são feitos agradecimentos especiais ao Professor Doutor Emerson Galvani, do curso de Geografia da Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, bem como ao técnico responsável pelo Laboratório de Climatologia e Biogeografia do referido curso, Sr. Rogério Alves, que gentilmente cederam as cartas sinóticas do período de 1986 e 1987, sem as quais não seria possível chegar aos resultados propostos nesta pesquisa.

Referências bibliográficas

- ARAÚJO, L. C. *Memória sobre o clima do Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro: Serviço de Informação do Ministério da Agricultura, 1930.
- BEREZUK, A. G. *Análise das adversidades climáticas no Oeste Paulista e Noroeste do Paraná*. 2007. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2007.
- BORSATO, V. A. *Os impactos no comportamento hidrológico da bacia do Alto Rio Paraná decorrentes das oscilações climáticas e do aproveitamento do potencial hidroelétrico*. 2006. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.
- FUNARI, F. L. *O índice de Sensação Térmica Humana em função dos tipos de tempo na Região Metropolitana de São Paulo*. 2006. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- MACHADO, F. P. *Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro: Serviço Gráfico do IBGE, 1950.
- MONTEIRO, C. A. F. *Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico*. Florianópolis: UFSC, 1991.
- MONTEIRO, C.A. F. Análise rítmica em climatologia – problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. *Revista IGUSP*. São Paulo. [s./v.], [s./n.], p. 1-21, 1971.
- 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*. 1. ed. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1969. 69p. (Série Teses e Monografias, 1).
- MONTEIRO, C. A. F. Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática. **Revista Geografia**, Rio de Janeiro, s/v, n. 61, p. 59-69, ago./dez. 1964.
- MONTEIRO, C. A. F. O clima da região Sul. In: CATALDO, D. M. (Org.). *Geografia do Brasil, Grande Região Sul*. Rio de Janeiro: IBGE, 1963. p. 117-169.
- MORENO, J. A. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961.
- NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1979. p. 9-19.

SANT'ANNA NETO, J. L. *História da climatologia no Brasil – Gênese e paradigmas do clima como fenômeno geográfico*. Florianópolis: Departamento de Geociências/UFSC, 2004.

SARTORI, M. G. B. A dinâmica do clima do Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico. *Revista Terra Livre*, São Paulo, v. 1, n. 20, p. 27-49, jan./jul. 2003.

SARTORI, M. G. B. Distribuição das chuvas no Rio Grande do Sul e a variabilidade tempo-espacial no período 1912-1984. In: SMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA E APLICADA. 5. São Paulo: USP, *Anais...* 1993a. p. 275-280.

---SARTORI, M. G. B. A circulação atmosférica regional e os principais tipos de sucessão do tempo no inverno do Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência e Natura*, n. 15, p. 69-93, 1993b.

SARTORI, M. G. B. As variações pluviométricas e o regime das chuvas na região central do Rio Grande do Sul. *Boletim de Geografia Teórica*. n. 23. p. 70-84. 1993c.

SARTORI, M. G. B.; FERIGOLO, E. de F.; VALMERATE, M. M. S. As chuvas no Rio Grande do Sul e a explicação genética dos episódios de seca e enchentes no período de junho de 1979 a maio de 1985. *Geografia – Ensino e Pesquisa*, n. 1, p. 39-68, 1987.

SARTORI, M. G. B. A circulação atmosférica regional e as famílias de tipos de tempo identificadas na região central do Rio Grande do Sul. *Ciência e Natura*, n. 3, p. 101-110, 1981.

SARTORI, M. G. B. Freqüência sazonal da participação dos sistemas atmosféricos em 1973, na região de Santa Maria, RS. *Ciência e Natura*, n. 2, p. 41-53, 1980.

SARTORI, M. G. B. *O clima de Santa Maria: do regional ao urbano*. 1979. 163f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

SILVEIRA, L. M. *Análise rítmica dos tipos de tempo no norte do Paraná, aplicada ao clima local de Maringá*. 2003. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVEIRA, R. D.; SARTORI, M. G. B.; SILVA, R. R.; ROSA, J. L. A estiagem do verão de 2005 no RS: causas e impactos sócio-econômicos na microrregião geográfica de Santa Maria. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 7. Rondonópolis: UFMT, 2006, 20-25 ago. *Anais...* 1 CD-ROM.



TUBELIS, A. e NASCIMENTO F. J. L. *Meteorologia descritiva: Fundamentos e aplicações brasileiras*. São Paulo: Nobel, (s/d).

Submetido em: 14/08/2007

Aceito em: 23/03/2009

Ciência e Natura, UFSM, 31 (1): 141 - 161, 2009

161



