

AS CHUVAS NO RIO GRANDE DO SUL E A EXPLICAÇÃO GENÉTICA
DOS EPISÓDIOS DE SECAS E ENCHENTES NO PERÍODO DE
JUNHO DE 1979 A MAIO DE 1985

*Elsone de Fátima Ferigolo

*Maria Medianeira Silva Valmerate

**Maria da Graça Barros Sartori

INTRODUÇÃO

Este trabalho refere-se a distribuição das chuvas no Rio Grande do Sul no período que se estende de junho de 1979 a maio de 1985.

Apesar de ser uma pesquisa de natureza climatológica, procurou-se dar um enfoque geográfico, já que se analisou a distribuição das chuvas como elemento importante da organização espacial.

Refletindo a variabilidade a que está sujeito o mecanismo atmosférico, principal fator genético dos tipos de tempo, as chuvas são irregulares no tempo e no espaço, estando sujeitas a desvios de um ano para outro.

O estudo do clima, e mais especificamente das chuvas no Rio Grande do Sul, é de extrema importância visto enquadrar-se dentro das preocupações atuais com o meio ambiente.

As chuvas tem distribuição irregular e se constituem num dos elementos do clima que maior influência exer-

* Geógrafas pela UFSM (Santa Maria/RS).

** Orientadora - Departamento de Geociências (UFSM - Santa Maria/RS).

cem na qualidade do meio ambiente. Delas dependem a manutenção dos lençóis subterrâneos, o nível dos rios e o abastecimento de água na cidade e no campo, assim como, as safras agrícolas e os problemas sócio-econômicos advindos da sua falta ou do seu excesso, em determinados períodos.

No contexto das condições naturais, o clima é recurso insumidor básico à organização do espaço e o comportamento das chuvas, como elemento caracterizador, responde pela diversidade do meio ambiente no Rio Grande do Sul.

1. OBJETIVOS

Ao se analisar a distribuição das chuvas no Rio Grande do Sul no período de junho de 1979 a maio de 1985, procurou-se explicar suas causas genéticas e as consequências advindas dos distúrbios da circulação atmosférica regional, que provocam episódios de secas e enchentes.

Assim, os objetivos do trabalho foram:

Gerais:

- contribuir à ciência geográfica com o estudo da distribuição das chuvas no Rio Grande do Sul, suas causas e consequências;
- determinar as regiões de maior ou menor precipitação no Estado, especificando os principais fatores geográficos e genéticos, responsáveis pelos episódios de secas ou enchentes;
- colaborar para a caracterização do meio ambiente no Rio Grande do Sul, no que se refere ao comportamento da atmosfera e as chuvas a ela associadas.

Específicos:

- identificar os tipos de tempo responsáveis pela ocorrência de secas ou enchentes e seu condicionamento à circulação atmosférica regional;

- determinar a variabilidade têmporo-espacial das chuvas no Estado para o período de junho de 1979 a maio de 1985.

2. METODOLOGIA

O espaço analisado foi o Estado do Rio Grande do Sul, para o qual se considerou a distribuição têmporo-espacial das chuvas, a fim de detectar os episódios de secas e enchentes ocorridos no período de junho de 1979 a maio de 1985.

Para tal, utilizaram-se dados mensais e anuais de chuvas para 25 estações meteorológicas do Estado (Figura 1), pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que são:

VALE DO URUGUAI	DEPRESSÃO CENTRAL
1. Uruguiana	14. Alegrete
2. Itaqui	15. Santa Maria
3. Iraí	16. Cachoeira do Sul
4. Marcelino Ramos	17. Porto Alegre
MISSÕES	CAMPANHA
5. São Luís Gonzaga	18. Livramento
6. Palmeira das Missões	19. Bagé
	20. São Gabriel
PLANALTO	SERRA DO SUDESTE
7. Cruz Alta	21. Encruzilhada do Sul
8. Passo Fundo	
9. Lagoa Vermelha	LITORAL
10. Vacaria	22. Torres
11. Bom Jesus	23. Pelotas
	24. Rio Grande
SERRA DO NORDESTE	25. Santa Vitória do Palmar
12. Bento Gonçalves	
13. Caxias do Sul	

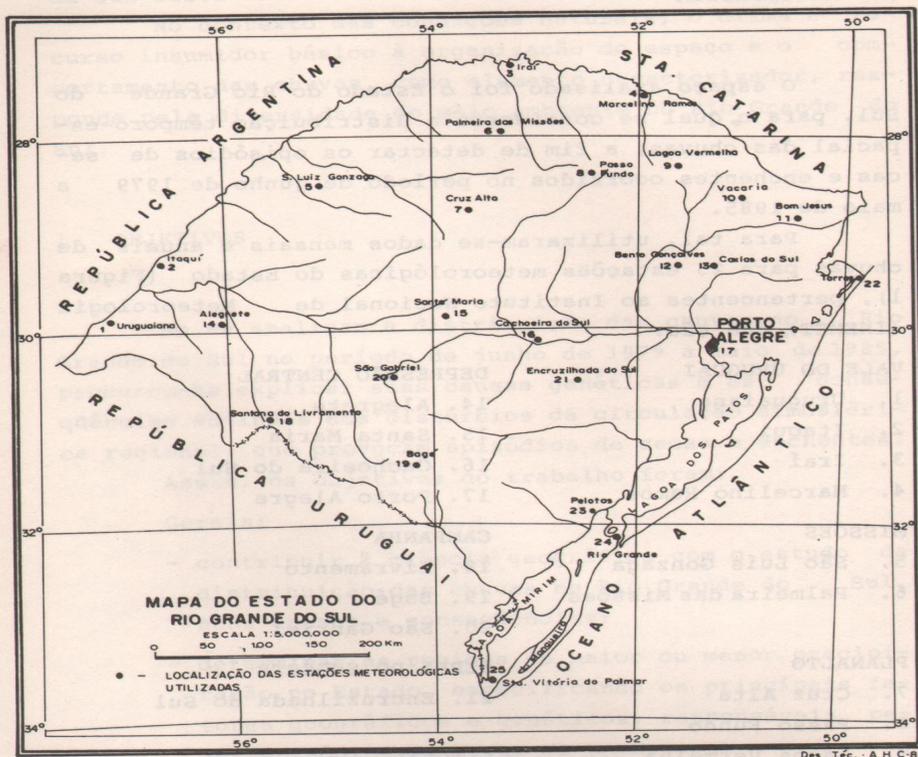


FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS

Os dados de chuvas foram submetidos à análise climática, quantitativa e sinótica, cujos procedimentos metodológicos estão sintetizados na Figura 2.

3. A DISTRIBUIÇÃO TEMPORO-ESPACIAL DAS CHUVAS NO RIO GRANDE DO SUL NO PERÍODO DE JUNHO DE 1979 A MAIO DE 1985

A distribuição das chuvas no Rio Grande do Sul no período de junho de 1979 a maio de 1985, foi determinada através de análises temporo-espaciais a partir de cartas de isoietas¹ e mapas de variabilidade, estes últimos elaborados com base em técnicas matemático-estatísticas.

3.1 - A distribuição sazonal das chuvas

A análise da distribuição sazonal das chuvas foi feita através das cartas de isoietas plotadas a partir de dados mensais de chuvas das 25 estações meteorológicas do Estado do Rio Grande do Sul.

No desenvolvimento do trabalho foram utilizados termos que requerem explicação prévia do seu significado.

Os termos "uniforme" e "regular", quando utilizados na análise da distribuição das chuvas, significam que o comportamento dos totais mensais se mantiveram dentro dos valores normais, conforme constam da Tabela 1, para quase a totalidade do Estado, apresentando tendência de crescimento ou diminuição dos índices, de acordo com as regiões climáticas propostas por MACHADO (2).

Do mesmo modo, os termos "irregular" ou "não uniforme", significam que não foram observadas as características descritas acima.

As expressões "desvio positivo" e "desvio negativo" se referem aos índices pluviométricos que se apresentaram, respectivamente, acima ou abaixo da média, segundo os dados normais, e que determinaram os episódios de ex-

(1) O conjunto das cartas de isoietas mensais para o período de análise (junho de 1979 a maio de 1985) encontra-se arquivado junto ao Documentário de Trabalho do Departamento de Geociências do CCNE-UFSM.

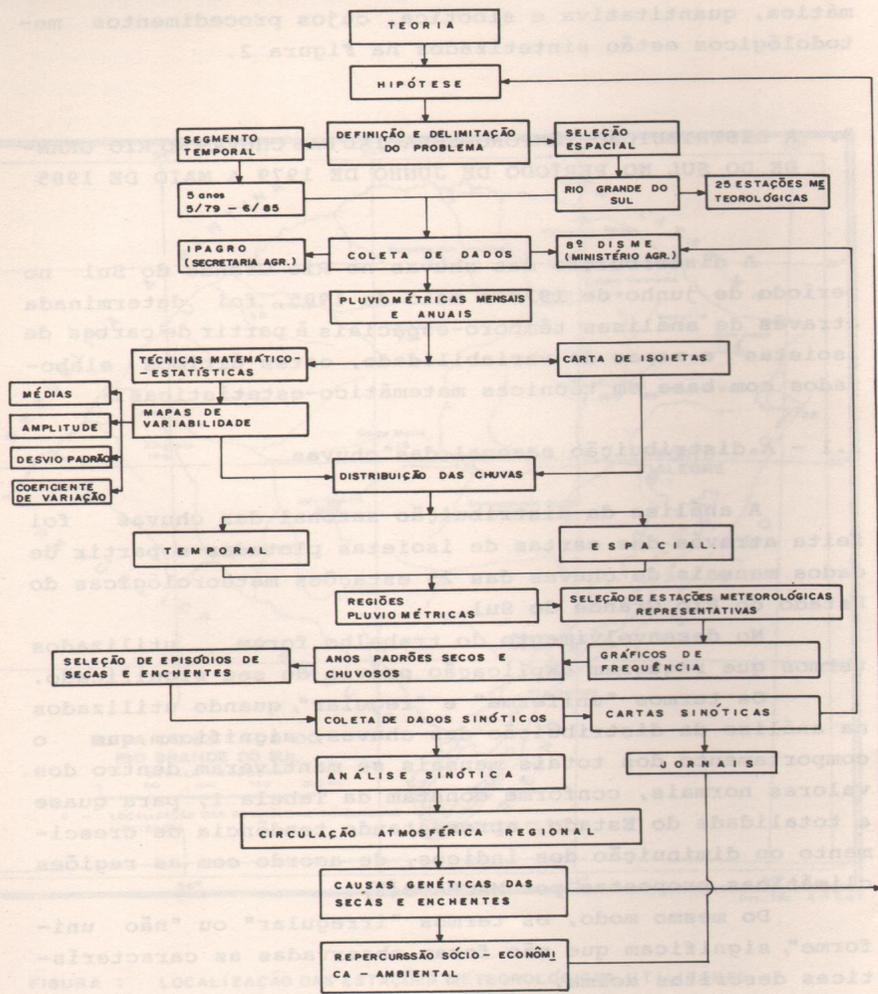


FIGURA 2 - ROTEIRO METODOLÓGICO

TABELA 1. DADOS NORMAIS E MÉDIAS DAS CHUVAS NAS REGIÕES CLIMÁTICAS DO RS E AS PRECIPITAÇÕES ANUAIS NO PERÍODO DE ANÁLISE (1979-1985).

REGIÃO	ESTAÇÕES	ANOS						
		1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
VALE DO URUGUAI 1650-2000mm	Uruguaiana	844.7	1296.4	1030.9	1710.8	-	1749.1	1050.8
	Itaqui	963.9	1255.9	1048.4	1291.4	343.7	-	-
	Iraí	1396.7	1261.6	1405.5	1790.9	2340.6	1784.7	960.6
Média 137.5-166.6mm	Marcelino Ramos	-	-	987.0	1439.0	2543.2	1971.2	461.7
MISSÕES 1800-1950mm Média 150-162mm	São Luís Gonzaga	1199.9	1831.7	1139.0	1995.7	2309.6	2253.5	1227.9
	Palmeira das Missões	-	-	328.9	1808.4	2355.0	-	-
PLANALTO 1550-2050mm	Cruz Alta	1410.5	1777.5	1141.7	2099.2	2537.6	2040.7	1052.3
	Passo Fundo	1410.5	1803.3	1284.1	1680.4	2197.3	2073.5	-
	Lagoa Vermelha	1121.7	1870.1	1377.7	-	-	2166.1	825.7
	Vacaria	1019.0	1662.1	1397.8	1279.5	1571.7	1683.5	428.5
	Bom Jesus	926.1	1605.7	1259.4	1843.8	2292.0	2043.7	852.6
SERRA DO NORDESTE 1800-2500mm Média 150-208mm	Bento Gonçalves	1150.5	1776.8	1500.5	1852.1	2292.2	1588.7	692.4
	Caxias do Sul	1133.3	1998.5	1585.9	1441.0	2302.9	2264.0	912.5
DEPRESSÃO CENTRAL 1300-1800mm	Alegrete	1068.7	1535.6	1103.0	2018.8	1514.7	2316.3	998.8
	Santa Maria	1053.3	1366.8	1380.0	2313.9	1684.7	2485.9	1074.4
	Porto Alegre	714.1	1330.7	1177.7	1651.4	1617.9	1671.3	825.2
	Cachoeira do Sul	304.5	304.5	1098.6	2417.4	1439.2	-	-
CAMPANHA 1350-1650mm	Livramento	601.8	1698.3	1209.5	1811.0	-	1762.7	966.2
	Bagé	937.8	1323.1	1301.1	1623.0	1718.0	1733.5	881.0
	São Gabriel	-	1296.7	1004.4	1791.6	1262.0	1696.9	450.0
SERRA DO SUDESTE 1350-1700mm Média 112.5-141.6mm	Encruzilhada do Sul	889.7	1043.8	1207.3	1750.1	1629.1	2194.8	910.8
	LITORAL 1150-1450mm	Torres	468.4	1574.6	1558.4	1307.2	2173.5	1525.3
Média 95.8-120.8mm	Pelotas	782.2	1345.0	1350.1	1343.1	1537.5	-	-
	Rio Grande	594.6	1436.2	1038.4	1007.5	1431.3	1388.3	707.2
	Santa Vitória do Palmar	499.0	1146.3	1253.7	1385.2	1127.9	1773.6	785.2
	Dados normais, segundo MACHADO, 1950 (2).							

*OBSERVAÇÃO: O ano de 1979 foi registrado a partir de junho e o de 1985 até o mês de maio.

cepcionalidade das chuvas.

Através da análise mensal das cartas de isoietas, verificou-se que, nos seis anos estudados, as chuvas mais concentradas no inverno ocorreram no Planalto, Serra do Sudeste e Depressão Central. As chuvas de primavera foram mais comuns no Vale do Uruguai e no Planalto, o que, em parte, contestam MACHADO (2) e ARAÚJO (1) que as enquadraram na Serra do Nordeste e Litoral Norte. As chuvas de outono ocorreram especialmente na Depressão Central e Campanha.

No verão, apesar de não ter sido considerado pelos autores citados, constatou-se que as chuvas foram mais concentradas no Litoral rio-grandense, o que parece indicar uma melhor definição das frentes frias (Frente Polar Atlântica) no seu ramo marítimo nessa época do ano.

Assim, através da análise sazonal, constataram-se tanto desvios negativos (isoietas de 40 - 10mm), quanto desvios positivos (400 - 600mm), que possibilitaram determinar a distribuição e variabilidade têmporo-espacial das chuvas, definindo-se os episódios de abundância ou escassez de precipitação.

Nos meses de inverno (junho, julho e agosto), houve uma distribuição relativamente regular das chuvas, pois verificou-se que em apenas algumas partes do Estado, ocorreram baixos índices de pluviometria, não sugerindo assim, existência de estação seca nesta época do ano ao longo do período, à exceção do inverno de 1979.

MACHADO (2), ao focar a distribuição das chuvas nas estações do ano, afirmou que é no inverno que ocorre a maior concentração no conjunto do Estado, correspondendo a 28% das chuvas normais anuais.

Atribuiu a predominância do maior número de dias de chuva no inverno à grande atividade da circulação secundária do ar, sendo acentuado o domínio das altas pressões nesta época do ano, acompanhadas dos ventos do Sul, que são marítimos e, por isso, carregados de umidade.

Através da observação, constatou-se que as cartas de isoietas comprovaram o fato mencionado, com algumas exceções que correspondem apenas a manchas de desvios ne-

gativos que ocorreram em junho de 1979, e que abrangem a maior parte do Estado, destacando-se as regiões climáticas do Vale do Uruguai, Depressão Central, Campanha, Serra do Sudeste e Litoral.

Em julho de 1979, os mais baixos índices pluviométricos ocorreram na Campanha e partes do Litoral, repetindo-se em agosto de 1981 no Oeste do Estado e partes do Norte, abrangendo as regiões climáticas do Vale do Uruguai e pequena porção da Campanha, o que demonstrou a escassez de precipitação. O desvio positivo ocorreu em julho de 1983, correspondendo a Marcelino Ramos, que registrou índices de 600 - 700mm. Esse fato está condicionado às enchentes de 1983 no Estado de Santa Catarina que, devido a posição geográfica, prolongou-se ao Norte do Rio Grande do Sul. Ainda em junho e julho de 1979, a região de Santa Vitória do Palmar sobressaiu-se com isoietas em torno de 5 - 10mm, portanto, com forte desvio negativo.

Na análise têmporo-espacial mais abrangente, concluiu-se que as chuvas foram, de certa forma, bem distribuídas. Conforme as cartas de isoietas, as regiões de maior precipitação foram partes do Planalto (Bom Jesus), Serra do Sudeste e Depressão Central, não coincidindo com ARAÚJO (1).

Segundo MACHADO (2), no outono (março, abril e maio) as chuvas são mais intensas no Oeste do Estado, enquanto que no período enfocado, as chuvas de outono concentraram-se em São Luis Gonzaga, Santa Maria, Alegrete, Bagé e Iraí, não coincidindo, portanto, com a porção Oeste das correspondendo ao Planalto, Depressão Central, Litoral e Campanha.

Da escala temporal em estudo, os períodos mais chuvosos foram os de 1984 e 1985 com uma distribuição uniforme no espaço. Nos períodos de 1980, 1981 e 1982, verificaram-se isoietas que mostram índices negativos. Em abril de 1980 e maio de 1981, estes índices atingiram apenas a porção setentrional do Estado, ao passo que, em março e abril de 1982 abrangeram maior parte do espaço regional.

Os desvios positivos significativos ocorreram em

Bagé (abril de 1980), São Luis Gonzaga (abril de 1983), Iraí (maio de 1983), Santa Maria (abril de 1984), Alegrete e Encruzilhada do Sul (maio de 1984).

Na primavera (setembro, outubro e novembro), as cartas de isoietas demonstraram que as chuvas deste período concentraram-se na região do Planalto, verificando-se uma distribuição mais ou menos regular pelo espaço regional, com exceções nos meses de setembro de 1980 e 1981, que apresentaram desvios negativos significativos na Campanha e em parte do Litoral. A estação que se destacou das demais com desvios negativos, foi Santa Vitória do Palmar, e os desvios positivos significativos ocorreram em Itaqui (setembro de 1979), Cruz Alta e Passo Fundo (outubro de 1979), Uruguaiana, Itaqui e Alegrete (outubro de 1980), Santa Maria, Cachoeira do Sul e Vacaria (outubro de 1982), Bagé, Santa Maria, Bento Gonçalves, São Luís Gonzaga e Iraí (novembro de 1982).

De acordo com MACHADO (2), a parte Nordeste do Rio Grande do Sul que compreende o Norte do Litoral, o extremo Leste do Planalto e da Serra do Nordeste, é onde as chuvas são mais abundantes em setembro, não coincidindo com nossa análise, já que foram maiores no Planalto, Depressão Central, parte do Litoral e Vale do Uruguai.

No verão (dezembro, janeiro e fevereiro), o comportamento das isoietas revelou um decréscimo dos índices de chuvas, acompanhado de uma certa irregularidade quanto a sua distribuição espacial, salientando-se principalmente as regiões do Planalto (janeiro de 1980, 1982 e 1985), partes do Vale do Uruguai (janeiro de 1980, 1982) e a Campanha (janeiro de 1980 e 1985). Os desvios positivos nesta estação, estão representados por manchas de 200 a 300mm e de 300 a 400mm em Iraí (dezembro de 1979), Bento Gonçalves (fevereiro e dezembro de 1980), Alegrete (fevereiro de 1982), Bagé, Pelotas e Rio Grande (fevereiro de 1983) e em partes do Planalto, Vale do Uruguai e Serra do Nordeste (fevereiro de 1985).

3.2 - A variabilidade têmporo-espacial das chuvas

A partir da utilização de técnicas matemático-estatísticas, chegou-se ao mapeamento da variabilidade têmporo-espacial das chuvas no Rio Grande do Sul, de acordo com a proposta de SILVA (3).

A análise foi baseada em cartas de médias, amplitudes, desvios padrões e coeficiente de variação, e os resultados deram mais objetividade para visão espacial da distribuição das chuvas no Estado.

3.2.1 - Análise da carta das médias das precipitações

A carta das médias das precipitações anuais, resultou da plotagem dos valores médios de chuva no período de junho de 1979 a maio de 1985, para cada estação meteorológica do Estado, obtidos pela fórmula $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$, onde $\sum x_i$ é o somatório dos totais e o "n" é o número de estações meteorológicas.

Analisando-se essa carta, verifica-se que a distribuição espacial das médias apresenta-se com tendência de crescimento geral de Sul para Norte e Noroeste.

A distribuição dos dados médios na carta, individualizou quatro grandes unidades, conforme pode ser visto na Figura 3.

A primeira unidade corresponde ao extremo meridional do Estado, onde aparecem os valores médios mais baixos, na ordem de 100 a 120mm, significando que é neste setor que ocorrem as menores precipitações anuais.

A segunda unidade abrange a maior parte do território, pois engloba a Serra do Sudeste, grande parte da Depressão Central, Campanha e parte do Vale do Uruguai e Litoral. Esta faixa, ao Norte da anterior, compreende valores entre 120 e 140mm, salientando-se, porém, duas manchas com valores acima e abaixo destes (Figura 3).

A terceira unidade engloba o Planalto, Serra do Nordeste, maior parte do Vale do Uruguai e o setor Norte da Depressão Central. Nesta faixa, os valores são de 140 a 160mm e, como na anterior, os valores não mostram ten-

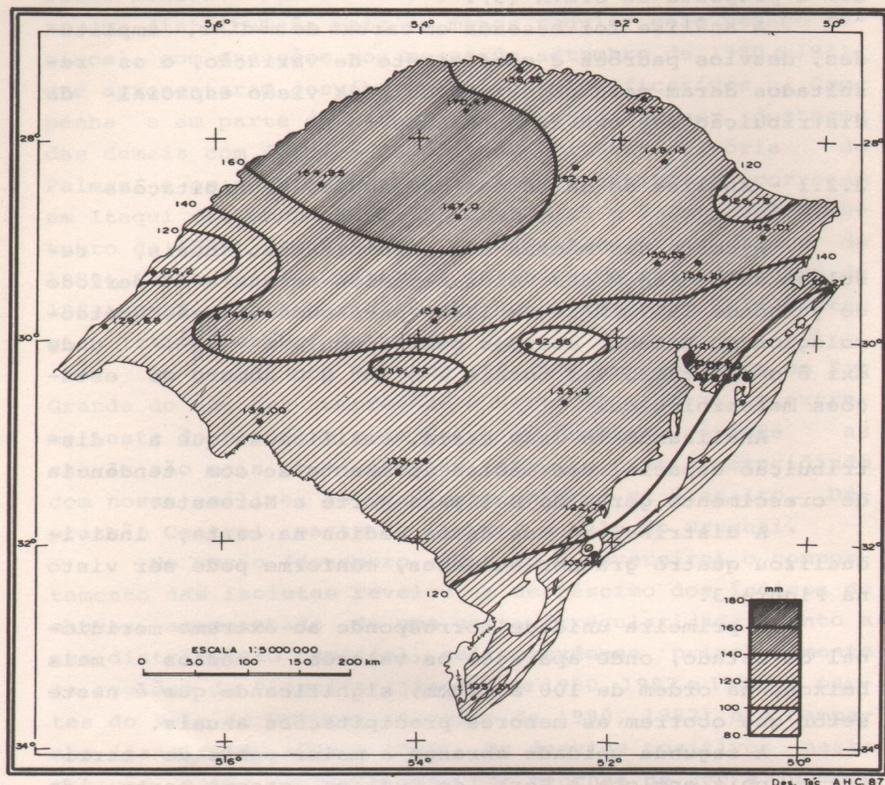


FIGURA 3 - CARTA DAS MÉDIAS DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS DE 1979-1985

dência de crescimento em nenhuma direção.

A quarta unidade abrange o setor noroeste do Estado, englobando parte do Planalto (São Luis Gonzaga e Cruz Alta) e Vale do Uruguai, onde aparecem os valores médios mais altos do período analisado, já que a isolinha que a delimita é de 160mm (Figura 3).

Concluindo, pode-se dizer que a maior parte do Estado apresentou precipitações médias compreendidas entre 120 e 160mm, o que as enquadra dentro dos dados normais do INEMET.

3.2.2 - Análise da carta das amplitudes das precipitações anuais

Segundo SILVA (3), este tipo de mapeamento permite destacar a variação de um fenômeno em termos absolutos, ao longo do segmento temporal escolhido.

A amplitude anual foi obtida através da subtração das médias de precipitação (\bar{X} máx - \bar{X} min), resultando a carta que constitui a Figura 4.

A carta de amplitude total para os seis anos de análise, permite avaliar que as precipitações encontram-se dispostas, no espaço territorial gaúcho, da seguinte forma:

Na Serra do Sudeste, parte da Campanha e Litoral, as precipitações médias definiram isolinhas de amplitudes compreendidas entre 20 e 60mm, excetuando-se o extremo Sul do Estado, onde estas ultrapassam o nível de 60mm. Salienta-se, ainda, que nestas regiões os valores crescem gradativamente de Leste para Oeste.

Ao Norte desta faixa, compreendendo as mesmas regiões e parte da Serra do Nordeste e do Planalto, se define outra faixa de amplitude em que os valores das isolinhas oscilam de 60 a 80mm, verificando-se que os valores destas regiões não apresentam tendência de crescimento em nenhuma direção, ou seja, ora são baixos, ora são altos na mesma região climática (Figura 4).

Percebe-se ainda que, para o restante do Estado em direção Norte-Noroeste, a carta de amplitude total reve-

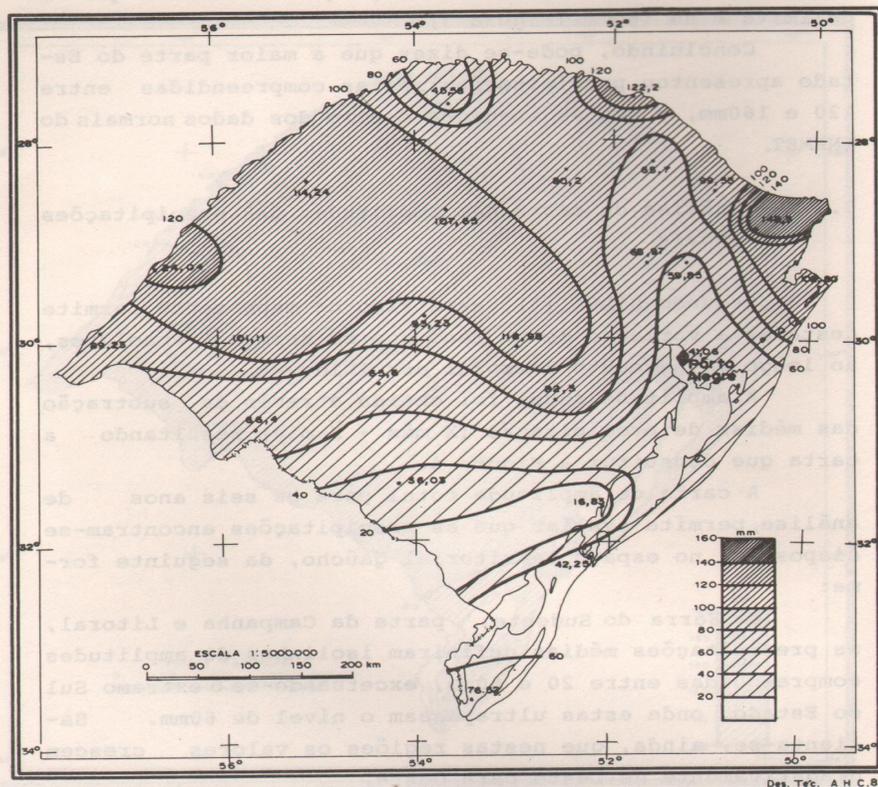


FIGURA 4 - CARTA DA AMPLITUDE TOTAL 1979-1985.

lou uma certa tendência de elevação dos valores (80 - 120 mm).

Assim, contornando pelo Norte a faixa de 60 a 80mm já descrita, aparecem duas importantes faixas que revelam as maiores amplitudes (Figura 4):

- a primeira, de 80 a 100mm, que mais ou menos contorna o contato da Depressão Central e do Planalto até Cachoeira do Sul e dirige-se para o Norte até o Vale do Uruguai;
- a segunda, de 100 a 120mm, abrange os setores centro e Noroeste do Planalto, incluindo grande parte do Vale do Uruguai nesta região do Estado.

A estação meteorológica de Bom Jesus, representativa do Nordeste do Planalto, foi a que apresentou maior amplitude durante os seis anos (148,55mm)

De acordo com SILVA (3), uma alta amplitude indica uma grande variação, ou seja, uma grande irregularidade das precipitações anuais. Enquanto que um baixo valor, indica uma pequena variação que implica grande regularidade das chuvas.

Isto deve-se a fatores de ordem física (relevo), uma vez que as maiores amplitudes, verificaram-se na região mais alta do Estado que corresponde ao Planalto e as menores, no Litoral onde, é sabido, registram-se os mais baixos índices de precipitação.

3.2.3 - Análise da carta de desvio padrão das precipitações para o período de análise (1979-1985)

De acordo com SILVA (3), a carta de desvio padrão também destaca a variação de um fenômeno em termos absolutos. Para a determinação do desvio padrão, foi considerado cada valor anual de chuvas da seqüência do período em análise e não somente os valores extremos.

O desvio padrão foi obtido a partir da fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum Xi^2}{n-1} - \bar{X}^2}$$

Para maior eficiência, os cálculos dos desvios pa-

drões foram feitos para o conjunto dos seis anos de análise e para cada ano individualmente.

O resultado desta técnica indicou alta representatividade através das cartas, uma vez que distribuiu no tempo e no espaço os desvios de precipitação em relação ao normal para cada ponto de observação, oferecendo subsídios para o planejamento agrícola, urbano e ambiental.

Para o período estudado, o resultado cartográfico mostrou que os valores dos desvios fugiram de um padrão homogêneo de distribuição tempororo-espacial das chuvas, já que as mesmas áreas apresentam altos ou baixos desvios, positivos ou negativos.

Analisando-se a carta de desvio padrão para o período de junho de 1979 a maio de 1985, verificou-se que os desvios aumentam gradativamente de Sudoeste para Noroeste, excetuando-se uma mancha de maior desvio localizada no centro do Estado, correspondendo a estação meteorológica de Cachoeira do Sul com 52,14mm (Figura 5).

Na porção meridional do Rio Grande do Sul, aparece uma faixa de isolinha definida pelo intervalo de 20 a 30mm. Esta mesma faixa se repetiu abrangendo boa parte da Campanha e Serra do Sudeste (SW do Estado), uma pequena parte da Depressão Central se estendendo para Nordeste do Estado atingindo a Serra do Nordeste e o Planalto.

Na faixa litorânea aparecem os menores desvios de precipitação, estando estes no intervalo de 10 a 20mm. A estação meteorológica de Pelotas registrou o menor desvio padrão de todo o período (9,73mm).

A faixa que abrange a maior área do Estado é delimitada por isolinhas de 30 a 40mm, ficando os valores (desvio padrão) enquadrados neste intervalo (Figura 5).

Duas pequenas áreas localizadas na fronteira com a Argentina, no Vale do Uruguai, salientam-se com os maiores desvios padrões do período analisado, destacando-se a estação de Itaqui como sendo o mais alto desvio padrão do Estado (58,94mm).

Interpretando-se esta carta, ficou evidenciado a região do Estado que apresenta maior regularidade nos índices de precipitação - o Litoral, apesar de ser ela uma

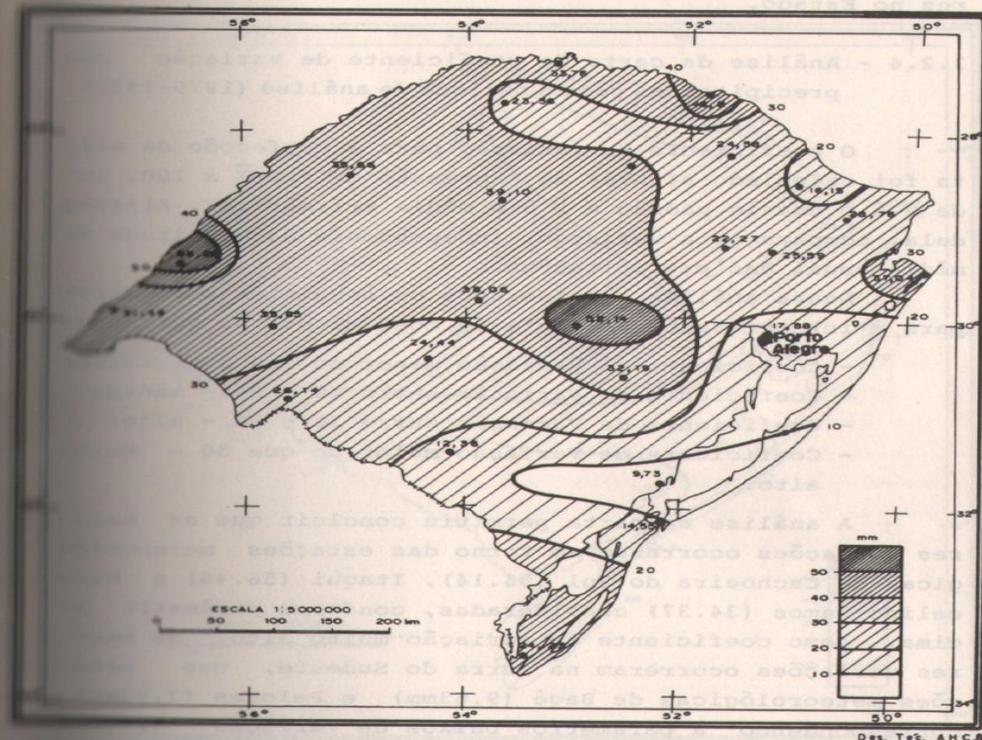


FIGURA 5 - CARTA DO DESVIO PADRÃO - 1979 - 1985

das regiões onde se registram os menores totais anuais de chuvas.

Por outro lado, é no Planalto que ocorrem as maiores variabilidades dos índices de precipitação apesar de ser nele que os totais anuais das precipitações são maiores no Estado.

3.2.4 - Análise da carta do coeficiente de variação das precipitações para o período de análise (1979-1985)

O coeficiente de variação para a confecção da carta foi calculado através da expressão $CV = S/\bar{X} \times 100$, onde S é o desvio padrão e \bar{X} é a média aritmética. Através dela, compara-se a variação, independente da magnitude da média anual das precipitações.

Nessa análise consideramos os seguintes parâmetros para a interpretação da carta de coeficiente de variação:

- Coeficiente de Variação menor do que 10 - baixo;
- Coeficiente de Variação entre 10 e 20 - médio;
- Coeficiente de Variação entre 20 e 30 - alto;
- Coeficiente de Variação maior do que 30 - muito alto.

A análise da carta permitiu concluir que as maiores variações ocorreram em torno das estações meteorológicas de Cachoeira do Sul (56.14), Itaqui (56.46) e Marcelino Ramos (34.37) consideradas, conforme parâmetro acima, como coeficiente de variação muito alto. As menores variações ocorreram na Serra do Sudeste, nas estações meteorológicas de Bagé (9,63mm) e Pelotas (7,92mm), correspondendo a parâmetros baixos de variação (Figura 6).

A carta demonstrou que as isolinhas definiram duas grandes áreas que abrangem a maior parte do Estado (Figura 6).

A primeira engloba partes de todas as regiões climáticas do Estado, com exceção do Vale do Uruguai, delimitada por isolinhas de 10 a 20mm, por isso considerada de coeficiente de variação baixo. Abrange todo o Litoral,

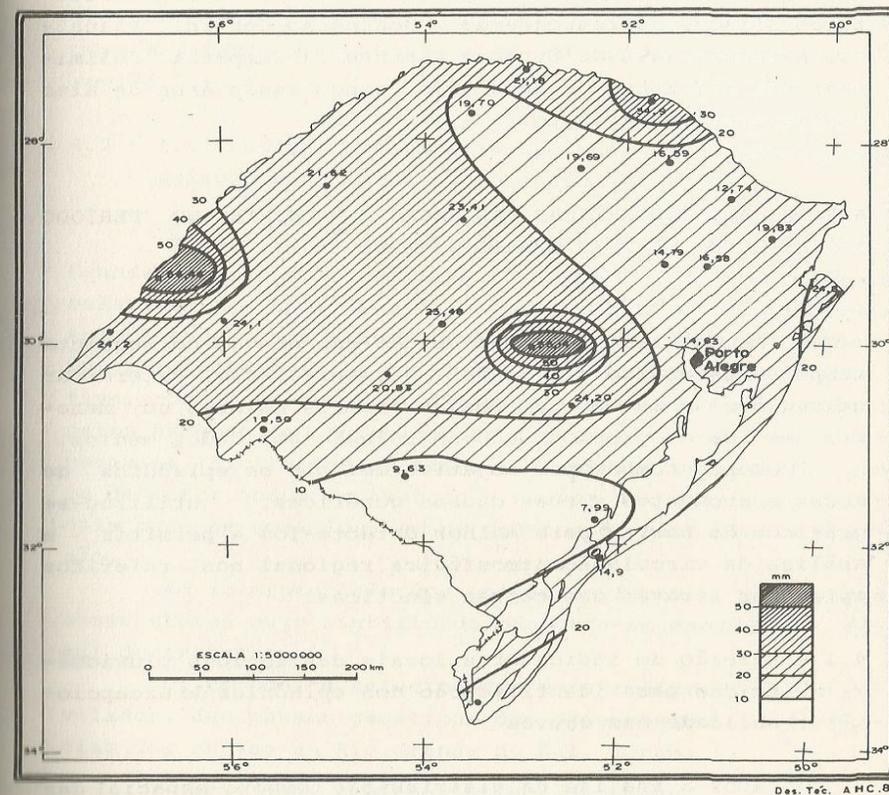


FIGURA 6 - CARTA DO COEFICIENTE DE VARIAÇÃO

a Serra do Nordeste, o extremo Nordeste do Planalto e a área de transição da Depressão Central e Serra do Sudeste. Os valores não seguem tendência de crescimento, encontrando-se distribuídos na faixa de forma diversificada.

A segunda área abrange todo o setor Centro-Noroeste do Estado, correspondendo à Depressão Central, Planalto, Missões, Vale do Uruguai e parte da Campanha, delimitada por isolinhas de 20 a 30mm, sendo assim área de alto coeficiente de variação.

4 - AS CAUSAS GENÉTICAS DAS SECAS E ENCHENTES NO PERÍODO DE JUNHO DE 1979 A MAIO DE 1985

As análises da distribuição das chuvas no segmento temporal escolhido (1979-1985), possibilitaram determinar as regiões do Estado que registraram os maiores ou menores desvios de precipitação em relação aos dados médios.

Tendo também por objetivo definir os episódios de secas e enchentes e suas causas genéticas, utilizou-se gráficos de barras² para melhor detectá-los e permitir a análise da circulação atmosférica regional nos referidos episódios através das cartas sinóticas.

4.1 - Seleção de indicadores locais das regiões pluviométricas para identificação dos episódios de excepcionalidade nas chuvas

Após a análise da distribuição tempo-espacial das chuvas e a identificação das regiões pluviométricas, selecionaram-se as estações meteorológicas mais representativas dessas regiões. Em caso de existir mais de uma estação bem representativa, optou-se por aquela com dados pluviométricos mais completos.

(2)Os gráficos em barras relativos às estações meteorológicas representativas das regiões climáticas bem como as cartas sinóticas dos episódios de secas e enchentes analisados encontram-se arquivados junto ao Documentário de Trabalho do Departamento de Geociências do CCNE, UFSM.

No Planalto, em função da diferença de altitude entre o setor Leste (em torno de 1000m) e o central (em média 500m), escolheram-se duas estações que representassem esses setores: Bom Jesus e Cruz Alta, respectivamente.

No Litoral também selecionaram-se duas estações (Torres e Santa Vitória do Palmar) em função das variações nos índices de chuvas e da extensão latitudinal da região.

4.2 - A Circulação Atmosférica Regional responsável pelos episódios de secas e enchentes

A análise da Circulação Atmosférica Regional no Rio Grande do Sul, foi realizada através de cartas sinóticas relativas aos episódios de desvios positivos e negativos, selecionados como mais significativos no período focado. Isto possibilitou verificar, de maneira clara e objetiva, todo o processo da dinâmica atmosférica responsável pelos excessos ou deficiências das chuvas, bem como forneceu as informações de tempo e de espaço necessárias para detectar todos os avanços e recuos das frentes e os locais onde se posicionavam os centros de alta e baixa pressão.

Na interpretação dos episódios foram utilizadas abreviaturas cujo significado encontra-se anexado ao final do trabalho.

Os episódios selecionados para análise dinâmica reveladora das causas genéticas dos excessos ou deficiências das chuvas no Rio Grande do Sul, foram:

- episódios representativos de secas:
 - . junho (inverno) 1979;
 - . janeiro e fevereiro (verão) 1980.
- episódios representativos de enchentes:
 - . abril e julho (outono e inverno) 1983;
 - . maio e junho (fins de outono e inverno) 1984.

Primeiro episódio - junho de 1979 - Seco
O mês de junho de 1979 caracterizou-se por ser se-

co em quase todo o Estado do Rio Grande do Sul. As poucas precipitações tiveram como causa o comportamento da circulação atmosférica regional, especialmente as formas de deslocamento das Frentes Frias (FPA).

Sabendo-se que as causas genéticas das precipitações são as passagens frontais, sua maior ou menor atividade vai se refletir nos índices de precipitação.

No caso do mês de junho de 1979, a análise das cartas sinóticas do episódio (8 a 30/06) demonstrou que a escassez das chuvas esteve ligada a situações de circulação como:

- frente em dissipação sobre o Rio Grande do Sul, ativa no mar, provocando abaixamento de temperatura e bom tempo no Estado, situação que aconteceu nos dias 8 e 9 de junho. O Anticiclone Migratório Polar dominava a região trazendo a Massa Polar Atlântica sem que sua penetração tenha provocado chuvas;
- rápidas passagens frontais, devido ao forte sistema de Alta Pressão do Anticiclone Migratório Polar que impulsiona a Massa Fria (MPA), provocando seu rápido deslocamento sobre o Estado, com abaixamento de temperatura e pouca precipitação. Este rápido avanço frontal deve-se ao fato de que o Anticiclone Polar apresenta no seu centro pressão superior a 1030mb contra valores bem mais baixos do Anticiclone do Atlântico. Esta situação ocorreu nos dias 12 e 15 de junho. Dessa forma, a Massa Polar domina o Estado entre os dias 12 e 23 de junho sem que neste período tenham ocorrido precipitações. Só deve ter sido registrado aumento da temperatura pela tropicalização da Massa Polar sobre o continente;
- recuo da Frente Fria como Frente Quente antes de chegar ao Rio Grande do Sul. Esta situação pode ser vista nos dias 19 e 22 de junho, em que a Frente Polar atinge o extremo Sul do Rio Grande do Sul (dia 20), recua como Frente Quente (dia

21), dominando a Massa Tropical proveniente do Anticiclone do Atlântico até o dia 22. Esse recuo foi provocado pelo fato do Anticiclone do Atlântico estar com uma pressão maior (1028mb) que o Anticiclone Migratório Polar (1024mb). Devido ao longo período de domínio da Massa Polar, e posteriormente da Massa Tropical (entre os dias 12 e 23 de junho), ocorreram Linhas de Instabilidade de NW, provocando chuvas esparsas e fracas.

- reabastecimento do Anticiclone do Atlântico pelo ar Polar do Pacífico que provoca o fortalecimento da Frente Fria e seu rápido deslocamento sobre o Estado, conforme foi percebido nos dias 23 e 25 de junho.

Segundo episódio - janeiro e fevereiro de 1980 - Seco

O segundo episódio que abrange janeiro e fevereiro de 1980, caracterizou-se por deficiência de precipitações, provocando um longo período de seca. Para explicar este fato, pode-se recorrer a três casos de situações frontais, responsáveis pelas chuvas, e que podem ser sintetizados da seguinte forma:

- dissipação da Frente Polar Atlântica sobre o continente, mantendo-se ativa sobre o oceano, provocando com isso bom tempo no Estado, o que aconteceu com a maioria das Frentes Frias em janeiro;
- frentes semi-estacionárias localizadas fora do Rio Grande do Sul, principalmente no SE do Brasil. Esses sistemas frontais podem ser observados nas cartas sinóticas dos dias 9,10,11,17,19, 21,23,25,26,28 de janeiro e dos dias 2,11,14,15, 19,20,21,23,26,27,28 de fevereiro. Sob estas condições, o Rio Grande do Sul se manteve nestes dias com tempo bom, sob o domínio da Massa Polar

Tropicalizada (ar quente) com ocorrência de Linhas de Instabilidade que provocam apenas chuvas esparsas. O semi-estacionamento deve-se ao equilíbrio de pressão entre o Anticiclone do Atlântico e o Migratório Polar Velho e o novo Anticiclone Polar, entre os quais se formou a Frente Polar Atlântica semi-estacionária;

- frontogêneses fracas na Argentina, já que o Anticiclone Migratório Polar não tem potencial barométrico suficiente para avançar e deslocar o sistema anterior. Essa situação pode ser vista nos dias 4,5,7,14,15,24,25,26,28 de janeiro e nos dias 2,4,6,9,11,14,15,22,23,26,27,28 de fevereiro. Isso em parte justifica o semi-estacionamento das Frentes Frias no Sudeste brasileiro, referido no item anterior;

- rápidas passagens frontais sob o Estado como as que ocorreram entre os dias 5 e 7, 23 e 24 de janeiro e entre os dias 9 e 11 de fevereiro, conforme as cartas sinóticas desses dias.

Terceiro episódio - abril e julho de 1983 - Chuvoso

O terceiro episódio selecionado, é representativo de períodos chuvosos no Estado do Rio Grande do Sul responsáveis por enchentes, ao contrário dos dois anteriores.

A circulação atmosférica difere também daquela do primeiro e segundo episódios, o que explica as diferenças nos totais de chuva entre eles.

Ao analisar as cartas sinóticas dos meses de abril e julho de 1983, verifica-se que a principal causa dos altos índices de precipitação desses episódios foram o estacionamento ou semi-estacionamento das frentes polares no Estado do Rio Grande do Sul.

Em abril, ocorreram quatro passagens frontais das quais três foram semi-estacionárias sob o Rio Grande do Sul, resultantes da fraca concentração do ar do Anticiclone Migratório Polar, cuja pressão central se mantinha entre 1016 e 1018mb. A primeira Frente estacionária o-

correu nos dias 4 e 5; a segunda foi uma frente em dissipação no continente entre os dias 6,7,8; a terceira foi frente semi-estacionária no Rio Grande do Sul nos dias 13, 14 e 15 que, depois de estar no SE do Brasil, recua como Frente Quente no dia 18, atingindo o Rio Grande do Sul; a quarta foi também semi-estacionária nos dias 28 e 29. Os três sistemas frontais semi-estacionários, foram responsáveis pelos altos índices de precipitação no Estado no mês de abril já que, permanecendo sobre o Rio Grande do Sul, permitiram o acúmulo de chuvas pela atividade permanente da ascensão da massa quente sobre a fria.

Em julho, ocorreram cinco passagens frontais, sendo a primeira semi-estacionária no dia 19; a segunda penetra inicialmente em dissipação nos dias 4 e 5 e acaba por se tornar semi-estacionária nos dias 6,7,8 no Rio Grande do Sul e nos dias 9 a 12 sobre Santa Catarina. Esta mesma Frente no dia 8 forma um ciclone frontal que gera vasta nebulosidade e precipitação sobre o Estado. A terceira foi uma passagem frontal lenta entre os dias 14 a 18, porém, não estacionária. As passagens frontais lentas também geram elevadas precipitações. A quarta passagem não provoca chuvas no Estado por encontrar-se em dissipação no interior, o que ocorreu nos dias 19 a 23. A quinta foi novamente uma passagem semi-estacionária entre os dias 24 e 25 que, no dia 26, recua para o Rio Grande do Sul como frente quente, depois de estar sobre Santa Catarina, formando um vasto ciclone frontal sobre nosso Estado no dia 27. Essa situação pode ser claramente verificada nas cartas sinóticas do respectivo episódio, o que possivelmente deve ter provocado fortes chuvas pela grande área de nebulosidade que o ciclogênese gera.

Quarto episódio - maio e junho de 1984 - Chuvoso

O quarto episódio selecionado é também representativo de excesso de precipitações no Estado, como o anterior.

Neste caso, repetem-se as condições de circulação atmosférica que ocasionaram o estacionamento das frentes

frias no Estado, principal causa genética dos elevados índices de precipitação, amplamente noticiados na imprensa nos meses de maio e junho de 1984.

Em maio, ocorreram seis passagens frontais cujo comportamento pode ser assim definido:

A primeira Frente Fria (FPA) passou no Rio Grande do Sul nos dias 1,2,3 com deslocamento normal. No dia 3, já dominava a Massa Polar Atlântica.

No dia 5, nova FPA (2ª) chega ao Rio Grande do Sul porém com lento deslocamento, já que o Anticiclone Migratório Polar apresentava pressão de 1012mb, mais fraco que o Anticiclone do Atlântico.

A Frente se mantém estacionária até o dia 9, quando nova FPA (3ª) junta-se à anterior mantendo, assim, as condições de tempo chuvoso. Este quadro sinótico pode ser visto nas cartas dos dias 5 e 9.

Esta Frente, no dia 10, apresenta lento deslocamento devido ao equilíbrio de pressão entre o Anticiclone Migratório Polar e do Atlântico; no dia 11, a Frente recua; dia 12, se mantém estacionária para só avançar como Frente Fria no dia 13, quando o Anticiclone Polar apresentava maior pressão que o do Atlântico.

Nos dias 13,14,15 passou nova FPA (4ª), porém em dissipação no continente, de acordo com as cartas sinóticas.

No período entre 18 e 26, nova perturbação frontal se manifesta no Rio Grande do Sul, ocasionando muita chuva. Ocorre o semi-estacionamento da Frente (5ª) no Estado, ora mais ao Norte, ora mais ao Sul (19 a 22) devido a pressão do Anticiclone Polar ser menor ou igual a do Anticiclone do Atlântico, tendo ocorrido também uma intensificação da Baixa do Chaco. No dia 23 há o seu recuo como Frente Quente que se mantém sobre o Estado até o dia 25, quando atinge o Rio da Prata. No dia 26, a Frente apresenta-se semi-estacionária sobre o Uruguai e nova Frontogênese ocorre na Argentina.

No dia 29, a nova FPA (6ª), que estava sobre a Argentina no dia 26, provoca o deslocamento da Frente Quente que até aqui encontrava-se sobre o Rio Grande do Sul

para, no dia 30, dominar finalmente a Massa Polar Atlântica e o bom tempo. O domínio do Anticiclone do Atlântico Polar foi devido ao reforço do Anticiclone Polar Pacífico que faz aumentar sua pressão (1022mb) superando e deslocando o Anticiclone do Atlântico.

Desse modo, durante os dias 19 a 29, o tempo foi chuvoso, provocando enchentes.

Junho inicia-se com o domínio da Massa Polar Atlântica já que o Anticiclone Polar Atlântico (1024mb) é bem superior ao do Atlântico (1018mb).

Porém, no dia 2 nova FPA chega ao extremo Sul do Estado e se mantém semi-estacionária até o dia 6, quando apresenta grande ciclone frontal significando reforço para o ar polar. Durante este período, o tempo é chuvoso.

A segunda FPA do mês passa sobre o Rio Grande do Sul entre os dias 8 e 9, tendo um rápido deslocamento já que o Anticiclone Polar apresenta 1024mb e recebe reforço do Anticiclone Polar Pacífico (no litoral do Chile).

No dia 9, a FPA já situa-se sobre o Nordeste do Rio Grande do Sul e no dia 13, todo Estado está sob o domínio da Massa Polar Atlântica. Ocorre, assim, nesta última passagem frontal, a volta à circulação atmosférica normal.

5 - CONCLUSÃO

Este trabalho abordou a distribuição das chuvas e sua variabilidade tempo-espacial determinante dos episódios de secas e enchentes no Rio Grande do Sul.

Ao analisar-se os resultados obtidos da investigação, salienta-se que esta avaliação se baseia no alcance ou não dos objetivos propostos, formulados de acordo com o material disponível ao longo do trabalho.

No primeiro momento, detectou-se a distribuição das chuvas no Rio Grande do Sul, tendo como segmento temporal o período de junho de 1979 a maio de 1985. Esta fase permitiu definir as regiões do Estado que apresentaram maiores e menores índices pluviométricos.

Este objetivo foi atingido, uma vez que constatou-se, através das várias técnicas cartográficas e estatísticas utilizadas, que há a tendência do Planalto em registrar os maiores volumes médios de chuvas anuais e o Litoral e a Campanha apresentarem os menores. Por outro lado, viu-se que a maior variabilidade têmporo-espacial das chuvas, determinada pelas cartas de amplitude, desvio padrão e coeficiente de variação, ocorreram no Planalto, Vale do Uruguai e Depressão Central, o que mostrou a tendência geral de crescimento de Sul-Sudeste para Norte-Noroeste.

A análise sazonal da distribuição das chuvas, realizada através das cartas de isoietas, permitiu constatar que o período de maiores precipitações no Estado é de meados do outono a meados da primavera, o que pode, geneticamente, ser relacionado à época de maior atividade frontal pela fortificação das massas polares e tropicais. Essa intensificação das massas deve-se ao fortalecimento das Altas Pressões que as originam, já que os Anticiclones Polares e Subtropicais (AMP e AA) aumentam suas pressões por ser o período hibernal do Hemisfério Sul.

No segundo momento, definiu-se os episódios de secas e enchentes para o período considerado, a fim de submetê-los à análise de suas causas genéticas. Isto foi possível, mediante a compreensão da circulação atmosférica regional, definidora dos tipos de tempo responsáveis pelo bom tempo e pelas chuvas. Para isso, utilizamos as cartas sinóticas através das quais constatamos que as causas das secas e enchentes foram:

Secas:

- passagens frontais fracas (FPA) cujo eixo apresentava-se em dissipação sobre o continente e ativo apenas no oceano;
- passagens frontais polares rápidas devido ao forte acúmulo de ar no Anticiclone Migratório Polar (Alta Pressão), bem superior ao do Anticiclone do Atlântico, que não opunha obstáculo ao seu deslocamento;

- estacionamento das frentes polares no Sudeste do Brasil, deixando o Rio Grande do Sul sob longo período de bom tempo, provocado pelo equilíbrio entre os dois centros de Alta Pressão (AMP e AA).

Em todos esses casos, as condições de tempo não proporcionavam chuvas, ocasionando as secas.

Enchentes:

- frentes polares estacionárias ou semi-estacionárias sobre o Rio Grande do Sul, pela falta de abastecimento de ar frio no Anticiclone Migratório Polar que, assim, encontrava obstáculo ao seu deslocamento pelas maiores pressões dos sistemas tropicais;
- frentes quentes sobre o Estado, resultantes dos recuos das frentes polares quando estas conseguiam ultrapassar o Rio Grande do Sul depois de já terem aqui estacionado, fato provocado pela maior atividade do Anticiclone do Atlântico que apresentava pressões mais altas que o Polar;
- frentes oclusas (ciclogênese) sobre o Estado dando grande cobertura de nuvens e precipitações;
- substituição de frente quente ou estacionária, posicionada sobre o Rio Grande do Sul, por nova Frente Polar deslocada por Anticiclone Migratório Polar que recebeu reabastecimento de ar do Anticiclone Polar Pacífico, sobrepondo-se ao sistema anterior e mantendo as precipitações até dominar a massa polar e o bom tempo.

Em todos esses casos, a atividade frontal permanente sobre o Rio Grande do Sul gerava grande volume de precipitações, provocando enchentes.

Considerando os resultados obtidos, é de total relevância o conhecimento destes fatos pelos órgãos governamentais para que, alertados das causas e conseqüências das secas e enchentes, busquem tomadas de decisão mais voltadas à preservação dos impactos produzidos pela atmosfera, ainda não controlada pelo homem.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, Ladislau Coussirat de. Memórias sobre o clima do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, Serviço de Informação do Ministério da Agricultura, 1930. 100p.
2. MACHADO, Floriano Peixoto. Contribuição aos estudos do clima do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, IBGE, 1950. 91p.
3. SILVA, Bárbara Christine Nentwig. Contribuição à metodologia de cartografia temática; o exemplo da variabilidade das precipitações anuais no Estado da Bahia. Rio Claro, Geografia, 7(13-14):101-109, Out. 1982.

LISTA DE ABREVIATURAS

NW	-	Noroeste
S	-	Sul
NE	-	Nordeste
SE	-	Sudeste
N	-	Norte
E	-	Este
W	-	Oeste
SW	-	Sudoeste
Ec	-	Equatorial Continental
Tc	-	Tropical Continental
Ta	-	Tropical Atlântica
Pa	-	Polar Atlântica
FPA	-	Frente Polar Atlântica
Linhas de IT	-	Linhas de Instabilidade Tropicais
FP	-	Frente Polar
FG	-	Frontogênese
MPV	-	Massa Polar Velha
MTC	-	Massa Polar Continental
MTAc	-	Massa Tropical Atlântica Continentalizada
INEMET	-	Instituto Nacional de Meteorologia
AA	-	Anticiclone do Atlântico
AMP	-	Anticiclone Migratório Polar