

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA
Área: Utilização e Conservação de Recursos Naturais

***“DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO
PLUVIAL NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL”***

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Fabiane Pereira Britto

Orientadora: Prof^a. Dra. Magaly Mendonça

Florianópolis – SC, 2004.

Aos meus pais, Antônio e Deuza, que sempre me apoiaram em tudo.
Ao Rodrigo, meu marido, pelo incentivo e ajuda indispensável; e aos meus filhos
Cainã e Cairê, pela compreensão e carinho.

AGRADECIMENTOS

À amiga, professora e orientadora Dra. Magaly Mendonça pelo incentivo, compreensão e dedicação na elaboração deste trabalho.

Ao meu marido, Rodrigo, obrigado pela grande ajuda, paciência e apoio no final desta caminhada.

Aos meus pais, que mesmo distante, sempre estiveram ao meu lado, que me deram todas as condições possíveis para eu chegar até aqui, com muito amor e respeito. Meu muito obrigado!

Aos meus sogros, Walter e Rose, obrigado por me estenderem a mão sempre que precisei e por serem tão queridos.

Ao Doutorando Maurici Monteiro, de quem sempre pude contar para trocar idéias. Obrigado pela disponibilidade, pelas correções informais, atenção e sugestões prestadas.

Aos meus amigos do Curso de Mestrado, Ale, Denis, Diana, Eliane, Emerson, Everton, Fernando, Fran, Gi, Heráclito, Idelfonso, Marcelos, Marlene, Ricardo, Silvia, Ulisses e todos os outros que fazem ou fizeram parte desta caminhada, eu agradeço pela força no dia-a-dia, pelo aprendizado e convivência de todos. Obrigado pelas conversas e risadas. Boa sorte galera!

À Mônica, por não me deixar desanimar. Obrigado pelos comentários importantes.

Aos professores que prontamente aceitaram participar da banca examinadora: Dr. João Lima Sant'Anna Neto e Dra. Sandra Maria de Arruda Furtado.

Ao CNPq pelo auxílio financeiro.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUÇÃO	
Objetivo Geral	02
Objetivos Específicos	02
CAPÍTULO 1	
Localização e caracterização da área de estudo	03
1.1. Relevo do Rio Grande do Sul – Aspectos Gerais	04
1.1.1. Planície Costeira	04
1.1.2. Planalto das Araucárias	06
1.1.3. Planalto das Missões	10
1.1.4. Planalto da Campanha	11
1.1.5. Depressão Central Gaúcha	12
1.1.6. Planalto Sul Rio-Grandense	14
CAPÍTULO 2	
Climatologia do Estado do Rio Grande do Sul	16
2.1. Sistemas de tempo que atuam no Rio Grande do Sul	21
CAPÍTULO 3	
Material e procedimento metodológico	26
3.1. Aquisição de dados	26
3.2. Processamento e tratamento estatístico	27

CAPÍTULO 4

Análise e discussão dos resultados	29
4.1. Variabilidade interanual da precipitação pluviométrica	29
4.2. Variabilidade anual da precipitação pluviométrica	37
4.3. Variabilidade sazonal da precipitação pluviométrica	39
4.3.1. Inverno	39
4.3.2. Primavera	45
4.3.3. Verão	48
4.3.4. Outono	52
CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	58
BIBLIOGRAFIA	59

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.</i>	03
<i>Figura 2 - Figura demonstrando as Regiões Geomorfológicas.</i>	04
<i>Figura 3 - Litoral retilíneo, com praias que se estendem por centenas de quilômetros</i>	05
<i>Figura 4 – Torre da Guarita, Torres.</i>	06
<i>Figura 5 - Praia da Cal, ao fundo Torre Central, em Torres.</i>	06
<i>Figura 6 – Canyon de Itaimbezinho, no Parque Nacional dos Aparados da Serra, tem paredões de até 720 m.</i>	08
<i>Figura 7 – Canyon de Fortaleza, no Parque Nacional dos Aparados da Serra, com paredões de até 1000 m de profundidade.</i>	08
<i>Figura 8 – Panorâmica do canyon de Malacara, no Parque Nacional dos Aparados da Serra.</i>	09
<i>Figura 9 – Área Serrana.</i>	09
<i>Figura 10 – Área Serrana.</i>	10
<i>Figura 11 – São Miguel das Missões, localizado no Planalto das Missões.</i>	11
<i>Figura 12 – Região da Campanha Gaúcha.</i>	12
<i>Figura 13 – Região da Campanha Gaúcha.</i>	12

<i>Figura 14 – Santa Maria, ao fundo Serra de São Martinho, contato através de escarpas entre o Planalto das Araucárias e a Depressão Central Gaúcha.</i>	13
<i>Figura 15 – BR 116 próximo a cidade de Pelotas. Contato do Planalto Sul Rio-Grandense com a Planície Costeira.</i>	15
<i>Figura 16 – BR 116 próximo a cidade de Pelotas. Contato do Planalto Sul Rio-Grandense com a Planície Costeira.</i>	15
<i>Figura 17 – Figura demonstrando os centros de ação.</i>	18
<i>Figura 18 – Figura demonstrando as massas de ar que atuam no Estado do Rio Grande do Sul.</i>	20
<i>Figura 19 – Distribuição espacial das estações meteorológicas.</i>	27
<i>Figura 20 — Gráficos A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, e N de precipitação pluvial total anual (1967-1998).</i>	31
<i>Figura 21 - Gráfico de precipitação pluvial média anual das estações meteorológicas (1967-1998).</i>	35
<i>Figura 22 – Mapa de isoietas da precipitação pluvial (mm) total anual do Estado do Rio Grande do Sul.</i>	38
<i>Figura 23 – Mapa hipsométrico do Estado do Rio Grande do Sul.</i>	38
<i>Figura 24 – Regionalização da precipitação pluvial na estação de inverno (1968-1998).</i>	39
<i>Figura 25 – Gráficos A, B, C, D, E, F e G de precipitação pluvial média sazonal (1967-1998).</i>	40
<i>Figura 26 – Frente Fria passando no Rio Grande do Sul, situação típica de inverno.</i>	44

<i>Figura 27 – Regionalização da precipitação pluvial na estação de primavera (1968-1998).</i>	45
<i>Figura 28 – Gráficos A, B, C e D de precipitação pluvial média sazonal (1967-1998)</i>	46
<i>Figura 29 – Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM'S). A seta indica a posição do Complexo (Cumulonimbus). Imagem obtida do Satélite Goes-8 - INPE/DSA – 04/09/2001 – 400Z.</i>	48
<i>Figura 30 – Regionalização da precipitação pluvial na estação de verão (1968-1998).</i>	49
<i>Figura 31 - Gráficos A, B, C e D de precipitação pluvial média sazonal e mensal (1967-1998).</i>	49
<i>Figura 32 – Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).</i>	51
<i>Figura 33 – Regionalização da precipitação pluvial na estação de outono (1968-1998).</i>	52
<i>Figura 34 – Gráficos A, B, C, D, E e F de precipitação pluvial média sazonal (1967-1998).</i>	52
<i>Figura 35 – Situação de bloqueio atmosférico no Rio Grande do Sul</i>	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estações meteorológicas do Estado do Rio Grande do Sul e coordenadas geográficas. 26

Tabela 2 - Anos normais, anos de El Niño, La Niña e intensidade no período 1967-1998. 29

Tabela 3 – Precipitação pluvial média (mm) ocorrido nos eventos de El Niño 1983/1984 e 1997/1998. 31

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo identificar e caracterizar a precipitação pluvial e os sistemas atmosféricos que atuam no Estado do Rio Grande do Sul. Foram utilizados dados mensais de precipitação pluvial do período entre 1967 a 1998, de 14 Estações Meteorológicas. O comportamento espaço – temporal da precipitação pluvial, foi analisado através da variabilidade interanual, anual, mensal e sazonal. Totais médios foram calculados de pluviosidade para cada estação meteorológica utilizando o programa Excel. Posteriormente, efetuou-se a plotagem de gráficos de distribuição dos totais de precipitação pluvial (anuais, mensais e sazonais) que possibilitaram a análise e interpretação dos dados. Os resultados de variabilidade interanual, mostram que os anos que apresentaram índices pluviométricos positivos e negativos, estiveram associados aos fenômenos El Niño Oscilação Sul. Em relação à variabilidade anual, chove mais na metade norte do Estado (totais superiores a 1500 mm) do que na metade sul (totais inferiores a 1500 mm). São Luiz Gonzaga, Cruz Alta, Caxias do Sul e Bom Jesus apresentam os maiores totais de precipitação pluvial. Santa Vitória do Palmar, Pelotas e Porto Alegre apresentam os menores totais de chuva. Sazonalmente, no litoral e no centro-sul do Estado, os meses de inverno são os mais chuvosos, devido a frequência de passagens dos sistemas frontais. No sudoeste do Estado, o outono é mais chuvoso, devido a atuação dos bloqueios atmosféricos. No noroeste os meses da primavera são os mais chuvosos, devido a formação dos Complexos Convectivos de Mesoescala. No nordeste o verão é mais chuvoso, em função das chuvas convectivas associadas a sistemas atmosféricos como a Zona de Convergência do Atlântico Sul.

Palavras chaves: Precipitação pluvial, variabilidade e sistemas atmosféricos.

ABSTRACT

This work aims to identify and characterize the rainfall and atmospheric systems that act in the Rio Grande do Sul State. Monthly data from the period between 1967 and 1998 were used, sampled at the 14 meteorological stations. The time-spacial rainfall behavior were analysed by the interannual, annual, monthly and seasonal variability. Total mean values were calculated for each meteorological stations using the Excel package. Further, total values distribution graphics were plotted making possible the data analysis and interpretation. The interannual variability results show that the years with negative and positive rainfall indexes were associated with the El Niño Oscilação Sul. About the annual variability, it rains more in the northern half of the state (values greaterthan 1500 mm) than the southern half (lessthan 1500 mm). São Luiz Gonzaga, Cruz Alta, Caxias do Sul and Bom Jesus show the greaterthan rainfall total values. Santa Vitória do Palmar, Pelotas and Porto Alegre show the smaller total values of rain. Seasonal, data for the costal and central state, show that winter months are more rainy, due to the frequency of the frontal systems passage. At the southwest, auttumn is more rainy, due to atmospherical blocking. At the northwest, spring months are more rainy, due to Mesoscale Convective Complex formation. At the northeast, summer is more rainy, is a function of convective rain associated to atmospheric system like the South Atlantic Convergence Zone.

Key Words: rainfall, variability and atmospheric systems.

INTRODUÇÃO

A variabilidade climática pode afetar de forma importante a vida econômica e social da população em geral, na geração de energia, nas atividades agrícolas, na indústria turística e, de forma indireta, em todo setor produtivo.

A precipitação pluvial é um importante fator no controle do ciclo hidrológico e constitui-se numa das variáveis climáticas que maior influência exercem na qualidade do meio ambiente. As quantidades relativas de precipitação pluvial (volume), seu regime sazonal ou diário (distribuição temporal) e as intensidades de chuvas individuais (volume/duração) são algumas das características que afetam direta ou indiretamente a população, a economia e o meio ambiente.

A geração de energia elétrica, importante para a economia industrial, depende fundamentalmente do fluxo hídrico, e este, do comportamento do clima. A precipitação na forma de chuva, neve e granizo é o principal mecanismo natural do reestabelecimento dos recursos hídricos da superfície terrestre.

O Estado do Rio Grande do Sul apesar de ter alcançado um desenvolvimento na área industrial, tem sua economia dependente da agricultura. Se a precipitação pluvial ocorrer irregularmente, a produção poderá ficar comprometida. A escolha das áreas para a prática agrícola é basicamente orientada pelas condições climáticas. De acordo com CONTI e FURLAN (1995), não apenas a latitude mas também a altitude interferem na distribuição dos espaços agrícolas, em função da influência que as diferenças de relevo exercem sobre o clima. BERLATO *et al.* (1992) apontam que a variabilidade interanual da precipitação pluvial é o fator principal determinante da variabilidade dos rendimentos e da produção agrícola no Rio Grande do Sul.

A indústria turística é muito sensível a variações de tempo, especialmente durante os fins de semana e feriados. Uma série de finais de semana chuvosos, pode ser um prejuízo financeiro para quem tem seu meio de vida dependente do turismo.

A composição do quadro climático regional está relacionado com os sistemas dinâmicos transientes com os elementos da paisagem geográfica, como o relevo, a latitude, a maritimidade e a continentalidade. Assim, a pluviosidade é condicionada pela dinâmica atmosférica em relação ao relevo que, através de sua compartimentação, promove a distribuição espacial da precipitação (MONTEIRO, 1963).

Esse estudo propõe uma melhor descrição e caracterização do comportamento espacial e temporal da precipitação pluvial através da análise do clima numa escala temporal. Pretende-se fazer considerações sobre a dinâmica atmosférica regional e características gerais do relevo na distribuição da precipitação pluvial no Estado.

A análise climatológica fornece subsídios importantes tanto no que diz respeito ao conhecimento da realidade espacial quanto ao da organização das atividades econômicas.

O clima está presente no cotidiano da sociedade e influencia diretamente a maioria das atividades humanas. Sabendo-se da importância da precipitação pluvial, se faz necessário um estudo que sirva de subsídio para o planejamento rural e urbano.

Neste contexto, foram propostos os seguintes objetivos:

OBJETIVO GERAL

Identificar e caracterizar a precipitação pluvial e os sistemas atmosféricos que atuam no Estado do Rio Grande do Sul.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- A) Identificar o comportamento da precipitação pluvial em diferentes estações meteorológicas através da análise da variabilidade interanual, anual e sazonal;
- B) Mostrar a distribuição espacial do regime pluviométrico em relação às peculiaridades físico - geográficas do Rio Grande do Sul;
- C) Identificar estações meteorológicas cujos padrões do comportamento da precipitação pluvial são semelhantes, visando a regionalização;
- D) Identificar fatores responsáveis por padrões semelhantes.

1.1. Relevo do Rio Grande do Sul – Aspectos gerais

A compartimentação do relevo adotada baseia-se nos estudos elaborados pela Série Levantamento de Recursos Naturais do mapeamento sistemático multidisciplinar do Projeto RADAMBRASIL (JUSTUS *et al.*, 1986), realizado com base nas interpretações de imagens de radar associadas com saídas de campo, permitindo compor um quadro regional da geomorfologia do Estado do Rio Grande do Sul.

Do ponto de vista geomorfológico pode-se subdividir o relevo em seis unidades: Planície Costeira, Planalto das Araucárias, Planalto das Missões, Planalto da Campanha, Depressão Central Gaúcha e Planalto Sul Rio-Grandense (Figura 2).



Figura 2 – Figura demonstrando as Regiões Geomorfológicas.

Fonte: Modificado de JUSTUS *et al.*, 1986.

1.1.1. Planície Costeira

A Planície Costeira desenvolve-se de forma contínua ao longo de toda a costa, desde a localidade de Torres, no extremo norte, até o Chuí, no extremo sul do Rio Grande do Sul. Compreende as amplas e extensas planícies, numa vasta superfície plana e alongada, com cerca de 622 Km, na direção geral nordeste-sudoeste, com variação norte-sul, alargando-se para sul, com grande ocorrência de lagoas e lagoas, entre as quais destacam-se a dos Patos e a Mirim. O litoral apresenta-se retilíneo na sua maior

extensão e arenosa, onde ocorre a formação de restingas, que são cordões arenosos depositados entre a laguna, lagoa e o litoral. Corresponde a uma superfície baixa, com altimetrias que variam, de modo geral, entre 1 e 25 m, de acordo com a maior ou menor aproximação da linha de água. Predomina um litoral com praias estendendo-se por centenas de quilômetros (Figura 3). Ocupa toda a costa leste do Rio Grande do Sul onde se localizam as cidades de Chuí, Santa Vitória do Palmar, Pelotas, Rio Grande, Tramandaí, Torres, entre outras.



Figura 3 - Litoral retilíneo, com praias que se estendem por centenas de quilômetros.

Fonte: www.inema.com.br

Destaca-se na vasta extensão baixa e plana da Planície Costeira, bem próximo à divisa entre os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, o promontório de Torres, o que marca a paisagem local e a diferencia do restante da costa gaúcha. Este promontório é formado por uma sucessão de elevações colunares da Serra Geral denominadas de Centro, Guarita e de Fora (Figuras 4 e 5), as quais, segundo DELANEY (1965), correspondem a única ocorrência de afloramento de basalto na costa leste da América do Sul.



Figura 4 – Torre da Guarita, Torres.

Fonte: www.geocities.com/br/torres-rs



Figura 5 - Praia da Cal, ao fundo Torre Central, em Torres.

Fonte: Fonte: www.geocities.com/torres-rs

1.1.2. Planalto das Araucárias

A região geomorfológica Planalto das Araucárias, foi mapeada pelo projeto RADAM (1986), ocupando de modo geral a parte nordeste da área mapeada por ALMEIDA (1956), o qual propôs a denominação, que foi mantida. Esta região caracteriza-se por relevos conservados e dissecados de planaltos e suas bordas

escarpadas e também pela cobertura florestal dominada pela *Araucaria angustifolia*, sendo esta a formação florestal mais característica do planalto.

Esta região geomorfológica situa-se entre outras, limitando-se a leste com a Planície Costeira, a sul com a Depressão Central Gaúcha e a oeste com o Planalto das Missões e o Planalto da Campanha. Caxias do Sul e Bom Jesus localizam-se nessa unidade do Planalto das Araucárias.

De acordo com o projeto RADAM (1986):

“O contato com a Planície Costeira, faz-se através de um escarpamento abrupto, por vezes com 1000 m de desnível. Esse paredão rochoso que apresenta vertentes de facetas triangulares é conhecido regionalmente como Aparados da Serra. Para sul, seu contato com a Depressão Central Gaúcha é também bastante nítido e marcante, processando-se através de um escarpamento, mais rebaixado e festonado, conhecido regionalmente por Região Serrana. Com o Planalto das Missões a transição faz-se de modo gradacional. O limite com o Planalto da Campanha dá-se geralmente através de rupturas de declive.” (p. 329).

“As características geomorfológicas do Planalto das Araucárias são bastante heterogêneas, variando desde formas de relevo amplas e aplanadas até o nível mais profundo de entalhamento, registrando 620 m de aprofundamento na área dos Aparados da Serra.” (p. 330). As diferenciações dizem respeito, principalmente à formação Serra Geral.

As cotas altimétricas mais elevadas do Planalto das Araucárias ocorrem em sua parte leste, ultrapassando 1200 m próximo à escarpa conhecida como Serra Geral (cuesta da Serra Geral). Na parte oeste, as cotas decaem gradativamente, atingindo, no máximo 300 m. (HERRMANN e ROSA, 1990).

A borda leste está representada por um relevo escarpado com desníveis acentuados de até 1000 m, a qual corresponde à área dos Aparados da Serra (Figuras 6, 7 e 8). Estes constituem-se nos relevos mais abruptos, com presença de vales fluviais de grandes aprofundamentos em suas nascentes, desenvolvendo verdadeiros canyons, que descem a escarpa da Serra Geral e apresentam-se alternados por proeminências entre o profundo entalhamento de um e outro vale. Um dos exemplos mais marcantes originando canyon profundo está representado pelo rio Pavão, formador do rio Mampituba. Este canyon, conhecido como Itaimbezinho (Figura 6), apresenta-se como um dos pontos turísticos mais famosos do Estado do Rio Grande do Sul, em cujas proximidades criou-se o Parque Nacional dos Aparados da Serra.



Figura 6 – Canyon de Itaimbezinho, no Parque Nacional dos Aparados da Serra, tem paredões de até 720 m.

Fonte: www.terra.com.br/turismo. Foto: Caá-etê.



Figura 7 – Canyon de Fortaleza, no Parque Nacional dos Aparados da Serra, com paredões de até 1000 m de profundidade.

Fonte: www.terra.com.br/turismo. Foto: Caá-etê.



Figura 8 – Panorâmica do canyon de Malacara, no Parque Nacional dos Aparados da Serra.

Fonte: www.terra.com.br/turismo. Foto: Caá-etê.

A borda sul é conhecida popularmente como a Área Serrana (Figuras 9 e 10), compreende a continuação dos Aparados da Serra, constitui-se num relevo escarpado mais rebaixado, com cotas altimétricas que caem gradacionalmente para oeste, em direção ao rio Uruguai. As formas de relevo nesta área, estão representadas por profunda e intensa dissecação com maior controle estrutural, freqüentes ocorrências de sulcos estruturais de diversas orientações e cursos fluviais a eles adaptados. A Área Serrana entra em contato com a Depressão Central Gaúcha através de relevos abruptos, que variam desde o tipo de escarpa a ressaltos topográficos.



Figura 9 – Área Serrana. Fonte: www.geocities.com. Foto: Rodrigo Ojeda.



Figura 10 – Área Serrana.

Fonte: www.geocities.com. Foto: Rodrigo Ojeda.

1.1.3. Planalto das Missões

O Planalto das Missões localiza-se entre o Planalto das Araucárias para leste e sul e o Planalto da Campanha para oeste e sudoeste.

A região geomorfológica Planalto das Missões corresponde a grande extensão da área conhecida como Os Sete Povos das Missões, compreendida pelas localidades de Santo Ângelo, São Borja, São Luiz Gonzaga, São Lourenço, São Miguel e São Nicolau, entre os rios Ijuí e Ibicuí. A cidade de Cruz Alta encontra-se nessa unidade no Planalto das Missões, noroeste do Rio Grande do Sul. A denominação deve-se a colonização iniciada no século XVII.

O relevo apresenta formas bastante homogêneas representadas, de modo geral, por colinas suaves, bem arredondadas, regionalmente conhecidas com o nome de “coxilhas”, constituindo uma característica bastante notável da área (Figura 11). As altitudes entre 200 e 500 m aproximadamente, decrescem em direção ao rio Uruguai.

As formas de relevo aliadas a solos profundos favorecem a agricultura, tornando o Planalto das Missões uma das áreas agrícolas mais importantes na economia do Estado.



Figura 11 – São Miguel das Missões, localizado no Planalto das Missões.

Fonte - www.riogrande.com.br

1.1.4. Planalto da Campanha

Campanha é um termo regional bastante utilizado para a região sudoeste do Estado, e que define uma área geográfica relativamente plana e coberta por vegetação campestre (Figuras 12 e 13), onde se localizam as cidades de Uruguaiana e Alegrete. A altitude situa-se entre as cotas de 200 e 300 m, com desnível superior a 100 m em relação às áreas relativamente planas que o circundam.

A morfologia plana, que caracteriza esta região, foi esculpida em rochas da Formação Serra Geral e, secundariamente, em arenitos da Formação Botucatu.

Uma das características que individualizam o Planalto da Campanha é a ocorrência de extensas áreas compostas de areias, cascalhos e sedimentos sílticos argilosos de planícies de inundação, terraços e depósitos de calha da rede fluvial atual.

O escalonamento de níveis topográficos por meio de rupturas de declive, assim como a ocorrência de morros testemunhos, constitui-se em outra característica desta área. Uma característica peculiar na região refere-se à constatação de inúmeras áreas com riscos de desertificação, que se destacam tanto pela ocorrência como pelos problemas advindos do desequilíbrio ambiental. Estas áreas estão associadas à presença do arenito da Formação Botucatu.



Figura 12 – Região da Campanha Gaúcha.

Fonte: www.caminhosdaterra/reportagens. Foto: Valdemir Cunha.

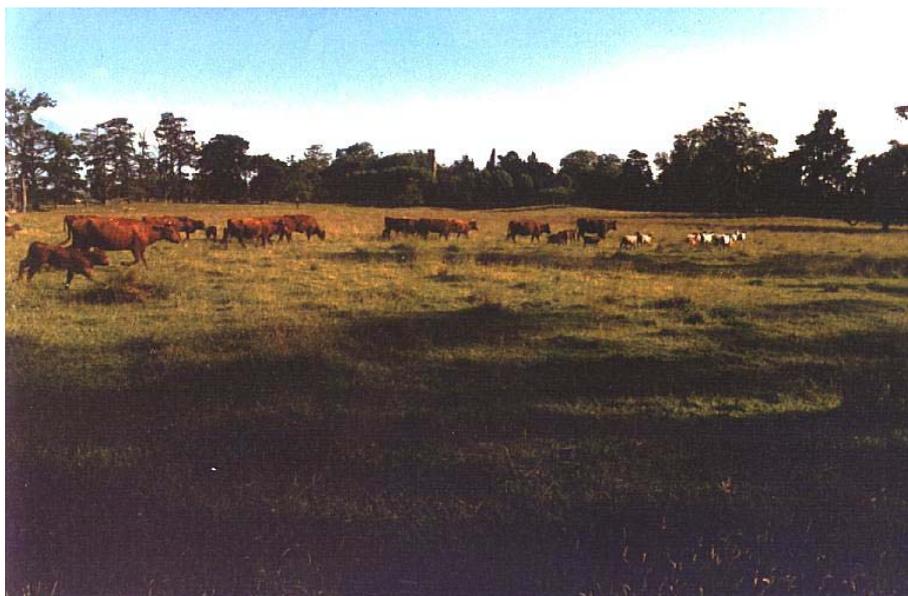


Figura 13 – Região da Campanha Gaúcha.

Fonte: www.caminhosdaterra/reportagens. Foto: Valdemir Cunha.

1.1.5. Depressão Central Gaúcha

Localizado na porção central do Rio Grande do Sul, encontra-se entre as seguintes unidades de relevo: ao norte, com o Planalto das Araucárias; a oeste, com o Planalto da Campanha Gaúcha; e, ao sul, contornando em forma de arco, com o Planalto Sul Rio-Grandense.

Devido a sua posição geográfica é conhecido como Depressão Central Gaúcha, que constitui uma área sem grandes elevações altimétricas, sendo que as maiores cotas se situam ao redor dos 200 m, onde dominam as amplas e alongadas formas de topos convexos ou planos, cujas encostas caem suavemente em direção aos vales, com aprofundamentos médios em torno dos 40 m. Estas formas de relevo são conhecidas, regionalmente, como coxilhas, ocupando a parte leste da unidade, nesta área situa-se a cidade de Santana do Livramento.

Estes modelados estão relacionados ao trabalho erosivo dos rios Jacuí e Vacacaí, correndo no sentido oeste-leste, que corresponde a Depressão Transversal proposta por VALVERDE (1957) e dos rios Santa Maria, Ibicuí e Negro no sentido de sul para norte e pelo rio Ibicuí-Mirim de leste para oeste, os quais comandam uma rede de drenagem.

Ao lado destas formas de relevo, ocorrem vastas superfícies planas, rampeadas, localizadas geralmente a norte da unidade, entre o sopé da escarpa da Serra Geral e as coxilhas. Nestas áreas de relevo plano, como no trecho compreendido entre Cachoeira do Sul e Santa Maria (Figura 14).



Figura 14 – Santa Maria, ao fundo Serra de São Martinho, transição através de escarpas entre o Planalto das Araucárias e a Depressão Central Gaúcha.

Fonte: www.riogrande.com.br

É freqüente, na área, a ocorrência de fenômenos de erosão e movimentos de massa, que provocam sulcamentos e ravinamento. Isto se deve, em parte, à fragilidade do material e ao tipo de ocupação da área.

1.1.6. Planalto Sul Rio-Grandense

É assim denominada em função da sua localização na porção centro-meridional do Estado do Rio Grande do Sul. Corresponde à área de ocorrência do Escudo Sul Rio-Grandense, denominação dada por CARVALHO (1952) e que se consagrou chamar Serras de Sudeste.

Possui uma forma triangular, tendo numa das extremidades dos seus vértices uma mancha descontínua onde se localiza a capital do Estado, Porto Alegre. Encontra-se limitada a norte, oeste e sudoeste, sem ruptura de declive, pelo relevo da Depressão Central Gaúcha, onde pequenas áreas contatam diretamente com as planícies dos rios Jacuí-Ibicuí. A leste limita-se inteiramente com a Planície Costeira (Figuras 15 e 16).

De acordo com HERRMANN e ROSA (1990), as áreas que correspondem aos relevos mais elevados, com altitude ao redor dos 400 m, onde se localizam, entre outras, as cidades de Canguçu, Caçapava do Sul, Encruzilhada do Sul, Piratini, Dom Feliciano e Erval, genericamente apresentam-se dissecadas em forma de colinas, ocorrendo áreas de topo plano, constituindo remanescentes de antiga superfície de aplanamento.

Na porção sul, os relevos mais elevados constituem uma área dissecada de topos convexos, estreitos e vertentes íngremes. As áreas dissecadas posicionadas altimetricamente entre as cotas 100 e 200 m encontram-se balizando toda a unidade e isolando os relevos elevados, cujos contatos se fazem, em muitos trechos, através de escarpas e ressaltos topográficos. Nestas áreas, onde a dissecção processou-se indistintamente, localizam-se as cidades de Bagé, Pedro Osório, Dom Pedrito, Santana da Boa Vista e Camaquã.

Ocorrem, ainda, disseminados por toda a parte, relevos residuais tipo pontões e morros testemunhos.



Figura 15 – BR 116 próximo à cidade de Pelotas. Contato do Planalto Sul Rio-Grandense com a Planície Costeira.

Foto: Everton Vieira.



Figura 16 - BR 116 próximo à cidade de Pelotas. Contato do Planalto Sul Rio-Grandense com a Planície Costeira.

Foto: Everton Vieira.

CAPÍTULO 2

Climatologia do Estado do Rio Grande do Sul

Clima, segundo a Organização Meteorológica Mundial (O. M. M., 1959), “*é o conjunto flutuante das condições atmosféricas, caracterizados pelos estados e evolução do tempo no curso de um período suficientemente longo para um domínio espacial determinado*”. Trata-se de um enunciado mais extenso para expressar o mesmo conceito que já havia sido proposto por Maximilian Sorre, “*clima é a sucessão habitual dos tipos de tempo*” (SORRE, 1936, *apud* CONTI, 2000).

O Rio Grande do Sul situa-se na faixa subtropical, apresentando um clima de transição entre tropical e temperado. O Estado faz parte da Região Sul do Brasil, onde destaca-se a ocorrência de estação térmica fria, devido a atuação de massas de ar polar. As demais regiões apresentam clima equatorial e tropical, sempre quentes, variando apenas na quantidade de umidade e períodos frios ocasionais, freqüentemente associados às maiores altitudes, e a diferenciação ocorre mais na distribuição e na quantidade de chuvas.

O clima do Rio Grande do Sul é do tipo mesotérmico, não possuindo uma estação chuvosa ou seca bem definida (NIMER, 1989). Portanto, alguns meses são mais chuvosos do que outros existindo variações regionais neste padrão. O sul do Rio Grande do Sul tem o período mais chuvoso durante o inverno enquanto que no norte do Estado, este ocorre no verão (RAO e HADA, 1990).

Os totais médios anuais da precipitação pluvial distribuem-se, de modo geral, desde os 1200 mm, na faixa litorânea, até os 1900 mm, no setor norte do Estado. Em locais na borda da escarpa, como em São Francisco de Paula, chegam a mais de 2000 mm (NIMER, 1989).

Quanto à média anual de temperatura verifica-se que, em função da latitude e das superfícies de relevo, esta fica abaixo de 20⁰C na maior parte do Rio Grande do Sul, chegando a menos de 14⁰C nas maiores altitudes. As médias das temperaturas mínimas do mês de julho são inferiores a 10⁰C, com exceção do nordeste do Estado onde chegam a 13⁰C. No verão as médias das temperaturas máximas de janeiro apresentam-se bastante elevadas, sendo que no centro e oeste do Estado ultrapassam os 32⁰C. (NIMER, 1989).

A precipitação pluviométrica pode ser originada por mecanismos de abrangência regional ou apenas local. As chuvas regionais decorrem, em parte, do choque de massas de ar com propriedades físicas distintas, geralmente associadas à invasão de massas polares sob massas de ar relativamente mais quentes e úmidas que configuram o avanço das frentes frias. Já os mecanismos locais são os principais responsáveis pelas variações quantitativas das chuvas que precipitam sobre um determinado lugar. Tais mecanismos são expressos por movimentos convectivos pela ocorrência localizada de maiores temperaturas do ar em relação às áreas circundantes e, ascensão dos fluxos de ar pela presença de barreiras orográficas. O que se observa de comum nos mecanismos citados é o movimento ascendente das correntes de ar, que ocasiona o seu resfriamento com o ganho de altitude e propicia a condensação do vapor d'água para, então, produzir as chuvas. (NETTO, 1995).

Segundo NIMER (1990), os principais centros de ação para a circulação do Rio Grande do Sul são os anticiclones permanentes e semifixos oceânicos. São centros dinâmicos, inseridos na zona de altas pressões subtropicais do Hemisfério Sul: a alta do Pacífico e a alta do Atlântico (Figura 17). Estes dois centros de divergência atmosférica constituem as fontes das principais massas de ar tropicais e marítimas. Ambas possuem estruturas e propriedades semelhantes e têm um papel muito importante no quadro da circulação atmosférica do sul do Brasil.

O anticiclone do Atlântico atua de modo especial no Brasil, pois com sentido de divergência do ar anti-horário, tende sempre a avançar sobre o continente. Ao contrário do anticiclone do Pacífico, que barrado pela Cordilheira dos Andes, é impedido de avançar para o interior do continente. O Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (ASAS) é a fonte principal da massa de ar Tropical Marítima. (NIMER, 1990). O ASAS atua mais sobre o litoral, transportando mais umidade e ocasiona formação de nuvens, principalmente no período noturno.

Além do anticiclone subtropical do Atlântico Sul, outras altas, tropicais e polar, participam da circulação atmosférica do Rio Grande do Sul. As altas tropicais são representadas por pequenas dorsais que, originárias nas latitudes baixas do Brasil, especialmente na primavera e no outono, invadem o Estado. (NIMER, 1990).

Outro centro de ação positivo é representado pela alta polar conhecida por anticiclone migratório Polar que origina-se nas latitudes subpolares. O anticiclone polar desloca-se sobre o Pacífico e cruza os Andes em diversas latitudes, de acordo com a estação do ano. A trajetória efetuada por esta alta pressão sobre o continente sul-

americano, acaba determinando diversos tipos de tempo sobre a Região Sul do Brasil. Esta alta, de notável deslocamento, tem tanta importância na circulação atmosférica quanto o anticiclone subtropical do Atlântico. (MONTEIRO e FURTADO, 1995 e MONTEIRO, 2001).

O centro negativo localizado no interior do continente sul-americano, mais sobre a região do Chaco¹, a baixa do Chaco, também é importante na circulação do Rio Grande do Sul. Esta baixa é de origem termodinâmica e móvel, porém é possível reconhecer que sua posição média reside sobre a região do Chaco nos limites Brasil-Bolívia. Durante o inverno, ela se encontra mais freqüentemente sobre o Peru-Acre-Rondônia e, durante o verão, sobre a região do Chaco argentino. (NIMER, 1990).

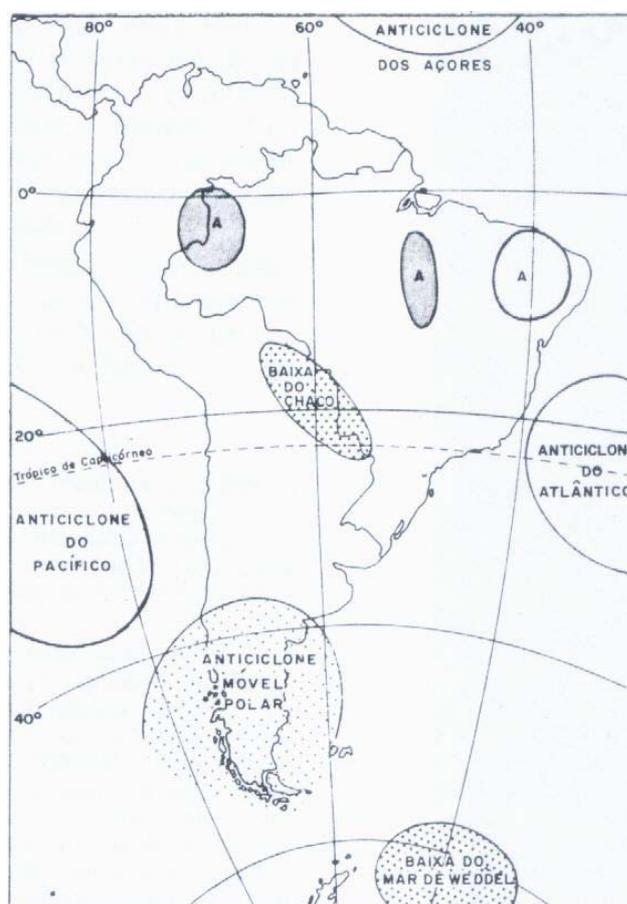


Figura 17 – Figura demonstrando os centros de ação.

Fonte: NIMER, 1990.

A climatologia têm dado ênfase à dinâmica das massas de ar, que tem fundamental importância nas alterações das condições atmosféricas. As movimentações destas, estão condicionadas aos centros de alta e baixa pressão, estabelecendo referências para a configuração de condições climáticas e atmosféricas predominantes.

¹ Chaco, planície situada à sudoeste do País, cuja formação arbustiva corresponde ao cerrado brasileiro.

A dinâmica das massas de ar tem ação decisiva na distribuição térmica e pluviométrica de uma região.

A distribuição das chuvas, ao longo do ano, depende da evolução das massas de ar (MONTEIRO, 1963). O Estado sofre a ação de massas de ar quente e fria, respectivamente, as Massas Tropicais e Polares. De acordo com MONTEIRO (1963), o Rio Grande do Sul está sob influência das seguintes massas de ar:

- Massa Tropical Atlântica: quente e úmida. É um centro de alta pressão e, portanto, dispersora de ventos quentes, que exerce grande influência no clima da região, em especial nas áreas costeiras do Estado. Forma-se sobre o Oceano Atlântico em área tropical.
- Massa Polar Atlântica: forma-se ao sul da Argentina, sobre o oceano, e é muito fria.
- Massa Tropical Continental: quente e seca, forma-se sobre o Chaco. Esta última possui atuação mais restrita, é um centro de baixa pressão.

O Rio Grande do Sul, estando situado no extremo sul do País é influenciado com maior intensidade pela massa de ar polar que o restante do País.

No inverno, a Massa Polar Atlântica, oriunda do sul, avança no Estado, mais precisamente, para nordeste (Figura 18). Esta última possui três direções principais:

- a Ocidental que avança pela depressão do Chaco, até a Amazônia ocidental, onde ocorre nestas ocasiões o fenômeno da “friagem” (queda brusca da temperatura, devido à ação do ar polar);
- a Central que tem maior atuação no Estado, provocando quedas de temperatura e precipitação pluviométrica. Esta massa de ar, ao atingir a região da Campanha Gaúcha, em condições específicas de deslocamento, é chamada regionalmente de “vento minuano”. Segundo MONTEIRO e FURTADO (1995), o “minuano” é um vento forte, seco e frio, com fluxo de ar predominante do quadrante Oeste. Sua forte intensidade deve-se ao gradiente de pressão entre o anticiclone (alta pressão) e o ciclone extratropical (baixa pressão) formado a sudeste do Rio Grande do Sul. O relevo suave da Campanha Gaúcha favorece a velocidade acentuada do vento.
- E a direção mais Oriental que desloca-se sobre o oceano, próxima ao litoral brasileiro.

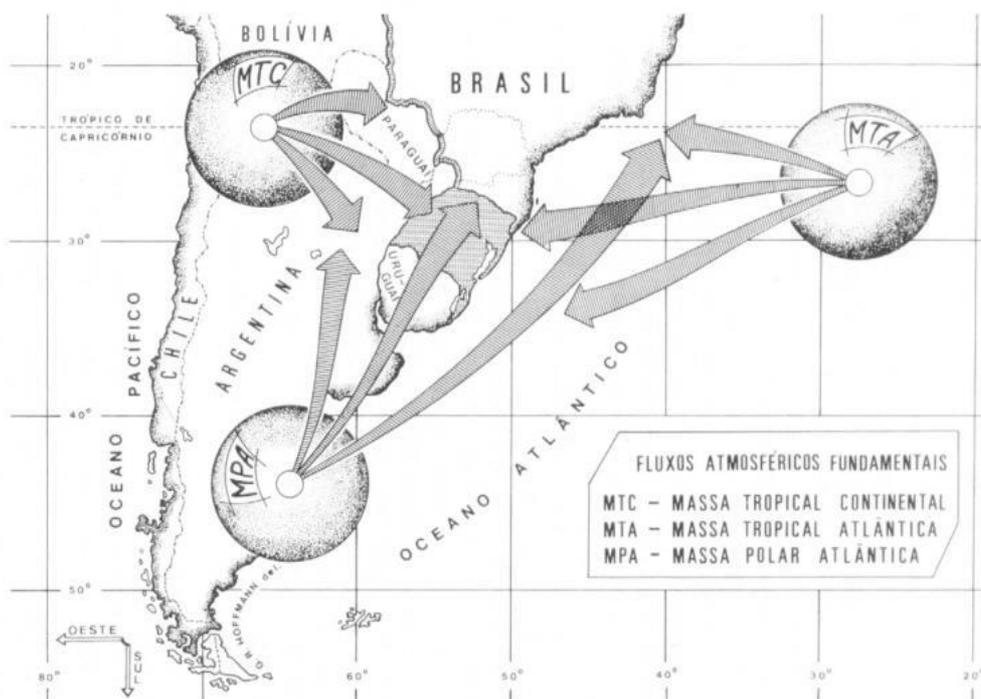


Figura 18 – Figura demonstrando as massas de ar que atuam no Estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: HOFFMANN *et al.*, 1997.

A Massa Polar Atlântica ao avançar, encontra-se com bastante frequência com a Massa Tropical Atlântica, que tem seus ventos predominantes, no Rio Grande do Sul, oriundos de Nordeste. Forma-se então um sistema frontal, isto é, o encontro de duas massas de ar com densidades e temperaturas diferentes. A linha de contato entre essas massas de ar chama-se frente. As chuvas de inverno no Estado se realizam mediante este processo.

No verão as massa de ar que tem maior atuação são a Tropical Atlântica e a Tropical Continental. A ação da Massa de Ar Polar, nesta época, se reduz. A restrita penetração deste anticiclone² no verão provoca chuvas intermitentes e chuvisco. A intensidade das chuvas nesta época depende da quantidade de umidade acumulada, associada à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), transportada para a região.

A Massa Tropical Atlântica situada nas proximidades do Trópico, sobre o oceano, durante o verão desloca-se mais para o sul, atuando com maior intensidade no Estado. Pode penetrar sem dificuldades para o interior, pela planície costeira e sem barreiras, acrescentando desta forma umidade à atmosfera.

² Anticiclone, é um centro de alta pressão, centro de ação da massa de ar.

2.1. Sistemas de tempo que atuam no Rio Grande do Sul

O Brasil possui diferenciados regimes de precipitação pluviométrica. No Rio Grande do Sul, a localização latitudinal e as características geográficas favorecem a atuação sucessiva de sistemas de tempo característicos das latitudes médias, principalmente das massas de ar Tropical Atlântica e Polar Marítima. As características do relevo da América do Sul favorecem a atuação dos sistemas de circulação tropicais, principalmente durante o verão. (FONZAR, 1994).

O Estado do Rio Grande do Sul é afetado por diversos sistemas de tempo que são essenciais na determinação da precipitação. Entre os mais importantes, podemos citar a passagem de sistemas frontais sobre a região, que são responsáveis por grande parte da precipitação pluviométrica durante o ano. Estudos climatológicos mostram que em média 5 a 7 frentes frias passam pela região a cada mês (OLIVEIRA, 1986).

MONTEIRO e FURTADO (1995) estudaram o clima do trecho Florianópolis-Porto Alegre, constatando que a precipitação é maior em Porto Alegre no trimestre de junho, julho e agosto. Tal variabilidade se deve às frentes estacionárias e ao fato de o Rio Grande do Sul fazer parte de uma região denominada de frontogenética. MONTEIRO *et al.* (1971) relataram que nos invernos de 1957 e 1963, a distribuição da precipitação diminuiu para São Paulo, sendo o Rio Grande do Sul mais diretamente afetado pelas descontinuidades frontais.

Segundo MONTEIRO (1969), os sistemas frontais têm grande importância na gênese dos climas brasileiros, mas dependem da alternância e equilíbrio de força entre os sistemas tropicais e polares para maiores resultados pluviais no sul do Brasil.

Um estudo da participação da Frente Polar Atlântica (FPA), na gênese da precipitação no território paulista, e uma comparação entre os anos de 1957 (chuvoso) e 1963 (seco), foi feito por MONTEIRO (1969). Ao registrar as variações de ritmo e da pulsação dos mecanismos dos sistemas polares e os conflitos que produzem na circulação, constatou que uma simples expressão quantitativa das invasões polares que atravessam o Brasil subtropical não é suficiente para a compreensão da natureza rítmica e da pluviosidade a ela associada. Segundo seus estudos as invasões polares na vertente atlântica da América do Sul são condicionadas pelo abastecimento de ar frio ao sul do continente, notadamente pelo reforço oriundo da vertente pacífica. Entre as condições máximas e nulas de abastecimento de ar frio ao sul do continente, Monteiro (1969) pode

escalonar tipos intermediários de fluxos que perfazem um total de pelo menos seis tipos fundamentais: contínuo, dominante, alternado, interrompido, fraco e nulo.

O fluxo contínuo é o mais raro e forte; depende do máximo abastecimento do ar polar no sul do continente e produz o fenômeno da friagem na Amazônia.

No fluxo dominante, as condições de abastecimento de ar polar são menos intensas na vertente atlântica, mas anticiclones poderosos chegam à zona intertropical, pelo menos no norte do Mato Grosso. O resfriamento na Região Sul é forte, com ocorrência de geada e neve nas áreas mais elevadas.

O fluxo alternado é caracterizado pelo equilíbrio de forças entre as massas Polar e Tropical e por um curto período de domínio da massa fria.

O fluxo interrompido ocorre quando um anticiclone não muito poderoso não se desloca muito além dos trópicos, o que é comum no verão. A frente pode recuar e ficar estacionária sobre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

O fluxo fraco é caracterizado pelo pouco abastecimento de ar frio que dá origem a anticiclones incipientes ou dorsais frias, que não chegam a passar do trópico e provavelmente recuam como frente quente.

No fluxo nulo há carência completa de acúmulo de ar frio ao sul do continente, maior domínio do anticiclone subtropical marítimo, tendendo a formar faixa contínua, ligando-se a célula do Pacífico.

Estes diferentes tipos de invasões polares e seus desenvolvimentos frontais produzem chuvas de diferentes intensidades no Rio Grande do Sul, alguns dentre os tipos extremos produzem chuvas muito fracas. Os máximos de intensidade pluviométrica, são encontrados nos tipos médios (alternado e interrompido), que envolvem participação dos sistemas intertropicais e propiciam fortes contrastes térmicos. (MONTEIRO, 1969)

SERRA (1969) analisou anos secos e chuvosos para o Rio Grande do Sul utilizando dados de 14 estações meteorológicas. Concluiu que o ano seco apresenta frentes mais rápidas que atingem pequenas latitudes (12° S) sob uma orientação inicial noroeste-sudeste que, em geral, se mantém, tendendo depois a norte-sul. Já o ano chuvoso mostra frentes mais lentas, que avançam menos, e a orientação inicial noroeste-sudeste tende depois a oeste-leste. Observou que o ano seco apresenta mais longos períodos de alta pressão e céu limpo, enquanto as quedas do barômetro são menos acentuadas. No chuvoso, tanto as quedas como as elevações são intensas, traduzindo maior contraste frontal de massas.

No trabalho realizado por BRANDÃO e LUCENA (2002) sobre tendência do clima no Centro - Sul das normais climatológicas entre os períodos 1931-1960 e 1961-1990, foi identificado que houve aumento na média em geral da pluviosidade anual em todas as regiões, sendo que o aumento ocorreu em maior número de estações do Rio Grande do Sul. No Rio Grande do Sul ocorreu acréscimo em mais de 70% das estações meteorológicas. Os acréscimos variaram, em média, até 200 mm, exceto em Caxias do Sul (263,8 mm) e São Luiz Gonzaga (305,5 mm). O aumento das chuvas no Rio Grande do Sul pode estar atrelado aos avanços dos sistemas frontais, favorecido pelo El Niño Oscilação Sul (ENOS) que durante seu período de atuação intensifica o período de chuvas no sul.

De acordo com estudos realizados por SEVERO (1994), SEVERO *et al.* (1994) e INAZAWA (1997), há uma interação entre as frentes frias em baixos níveis e o jato subtropical no Rio Grande do Sul, que podem ser responsáveis por intensa precipitação nesta região.

Outros sistemas que contribuem para o aumento da precipitação são os vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN)³ e cavados invertidos⁴, que cruzam os Andes, oriundos do Pacífico e se intensificam sobre o sul e sudeste do Brasil (CAVALCANTI, 1985).

A ocorrência de ciclogêneses sobre o sul do Brasil também é um fator preponderante na determinação da precipitação desta região. Estudos estatísticos (GAN e RAO, 1991) mostram que a maior frequência de ciclogêneses ocorre sobre o Uruguai durante o inverno no Hemisfério Sul. Em média, ocorrem cerca de 60 ciclogêneses sobre a Região Sul a cada ano.

Em uma escala menor, os Complexos Convectivos de Meso Escala (CCM's)⁵ também são responsáveis por precipitação intensa (GUEDES, 1985). Comuns na primavera, estes sistemas formam-se no período noturno no qual apresenta um máximo de convecção, geralmente sobre o sul do Paraguai e alcançam o sul do Brasil com intensa precipitação, em um curto espaço de tempo. Os sistemas convectivos são importantes na distribuição da precipitação no noroeste e norte do Estado.

³ VCAN são sistemas de baixa pressão. Seu tempo de vida varia, com alguns apresentando a duração de pouco mais de uma semana, enquanto outros não mais do que algumas horas. (GAN, 1995).

⁴ Segundo FERNANDES e SATYAMURTY (1994), os cavados invertidos formam-se no setor norte do anticiclone que segue a frente fria, são mais frequentes durante o verão e primavera.

⁵ CCM's são sistemas de nuvens aproximadamente circulares; são um conjunto de cumulonimbus aproximadamente cobertos por uma densa camada de cirrus. (DIAS, 1987).

Estudos realizados no sul do Brasil e São Paulo, têm mostrado que o verão está dominado por sistemas convectivos oriundos do deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), mais para o sul da linha do Equador, intensificando a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e originando chuvas intensas no sul do Brasil, além de Minas Gerais e Rio de Janeiro. (NERY, 1996).

Sistema de tempo de grande escala que afeta a região é o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). A evidência científica e a própria realidade têm demonstrado que o ENOS exerce um papel relevante nas anomalias climáticas de precipitação pluviométrica no Rio Grande do Sul. As anomalias climáticas mais conhecidas e de maior impacto são as relacionadas com o regime de precipitação pluviométrica, embora o regime térmico também possa ser modificado.

O ENOS possui duas fases: uma quente (El Niño) e outra fria (La Niña). O comportamento da temperatura das águas do Oceano Pacífico Tropical (parte central e junto à costa oeste da América do Sul) associado aos campos de pressão (representados pelo Índice de Oscilação Sul) altera o padrão de circulação da atmosfera. Com isso, acaba influenciando no comportamento do clima, em diferentes regiões do mundo. O ENOS constitui um fenômeno de dois componentes: um de natureza oceânica, no caso El Niño, e outro de natureza atmosférica, representado pela Oscilação Sul. (CUNHA, s/d).

O fenômeno El Niño está associado ao enfraquecimento dos ventos alísios e caracterizado pelo aquecimento da água superficial do Pacífico Tropical (Temperatura da Superfície do Mar – TSM) onde as pressões atmosféricas diminuem em relação à normal (Índice de Oscilação Sul – IOS). La Niña, ocorre ao contrário e com menor frequência que o El Niño, caracteriza-se pelo resfriamento das águas superficiais do Pacífico Tropical e aumento na intensidade dos alísios, os quais atingem velocidades acima da média. (GRIMM *et al.*, 1996, *apud* MENDONÇA, 2002). El Niño e La Niña são oscilações normais, previsíveis das temperaturas da superfície do mar, nas quais o homem não pode interferir. São fenômenos naturais, variações normais do sistema climático da Terra, que existem há milhares de anos e continuarão existindo. (DIAS e MARENGO, 2002),

Segundo DIAS e MARENGO (2002), o fenômeno El Niño é cíclico, mas não possui um período estritamente regular, reaparecendo no intervalo de 2 a 5 anos. Entretanto, podem existir anos nos quais o El Niño ocorre com fraca intensidade.

Particularmente no sul do Brasil, em anos de El Niño, as chances de chuvas acima do normal são maiores, enquanto desvios negativos ocorrem em anos de La Niña. Apesar da influência dar-se durante todo o período de atuação desses eventos, há duas épocas do ano que são mais afetadas pelas fases do ENOS. São elas a primavera e começo de verão (outubro, novembro e dezembro), no ano inicial do evento; e final de outono e começo de inverno (abril, maio e junho), no ano seguinte ao início do evento. (CUNHA, s/d). Assim, nessas épocas, as chances de chuvas acima do normal são maiores, em ano de El Niño, e chuvas abaixo do normal, em anos de La Niña, influenciando o ritmo climático do Rio Grande do Sul, atuando sob o ritmo de deslocamento das frentes.

Segundo SILVA *et al.* (1992), o ENOS é um fenômeno altamente persistente, com duração típica de 2 a 7 anos, com intervalos irregulares, envolvendo eventos fortes, fracos ou, até mesmo ausência de eventos. O ENOS é responsável principalmente pela variação dos regimes pluviométricos sobre o continente, tendo como consequência a diminuição da precipitação pluvial em algumas regiões tropicais, favorecendo o aumento de precipitação acima da normal nas regiões subtropicais.

BONO *et al.* (1993) utilizaram dados de 29 estações no período de 1935 a 1978 e evidenciaram que não houve ocorrência de anos com precipitação extremamente abaixo do normal em diversos locais. Em alguns anos a precipitação apresentou-se extremamente acima do normal, estando esta anomalia atrelada ao ENOS, como em 1941 e 1972.

NERY *et al.* (1997) estudaram a variabilidade interanual das precipitações no Rio Grande do Sul. Analisaram os valores médios extremos das precipitações mensais e anuais da região associados aos estudos de anomalias. Observaram que todas as flutuações interanuais mais significativas da precipitação estiveram associadas com as fases extremas da Oscilação Sul, e que a seca nesta região nem sempre está associada com o fenômeno La Niña.

FONTANA e BERLATO (1997) utilizaram dados mensais de precipitação de 29 estações para o Rio Grande do Sul no período de 1913 a 1995 e constataram que existe influência do ENOS na distribuição da precipitação pluvial, a qual é mais intensa na porção oeste do Estado nos meses de outubro e novembro.

CAPÍTULO 3

Material e procedimento metodológico

3.1. Aquisição de dados

Para a realização deste estudo foram utilizados dados mensais de precipitação pluvial do período entre 1967 a 1998, das seguintes estações meteorológicas: Alegrete, Bagé, Bom Jesus, Caxias do Sul, Cruz Alta, Encruzilhada do Sul, Pelotas, Porto Alegre, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar, Santana do Livramento, São Luiz Gonzaga, Torres e Uruguaiana distribuídas espacialmente no Estado do Rio Grande do Sul (Figura 19). A tabela 1 mostra as estações meteorológicas com suas respectivas latitudes, longitudes e altitudes. Os dados usados foram fornecidos pelo 8º Distrito de Meteorologia - Porto Alegre (Instituto Nacional de Meteorologia - INMET).

TABELA 1 – Estações meteorológicas do Estado do Rio Grande do Sul e coordenadas geográficas.

Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Alegrete	29°41'	55°31'	124
Bagé	31°21'	54°06'	215
Bom Jesus	28°40'	50°26'	1047
Caxias do Sul	29°10'	51°12'	785
Cruz Alta	28°38'	53°36'	472
Encruzilhada do Sul	30°32'	52°31'	427
Pelotas	31°52'	52°21'	13
Porto Alegre	30°01'	51°13'	46
Santa Maria	29°42'	53°42'	95
Santa Vitória do Palmar	33°31'	53°21'	6
Santana do Livramento	30°53'	55°32'	210
São Luiz Gonzaga	28°23'	54°58'	254
Torres	29°20'	49°43'	43
Uruguaiana	29°45'	57°05'	74

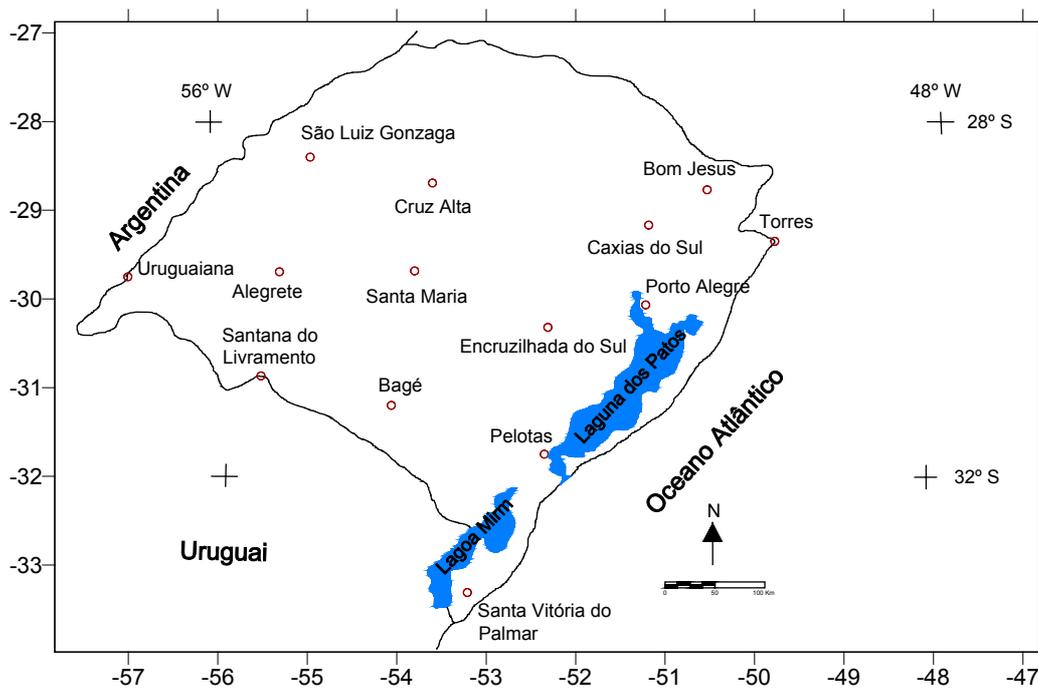


Figura 19 – Distribuição espacial das estações meteorológicas.

Organização: Everton Vieira e Fabiane Britto.

3.2. Processamento e tratamento estatístico

O comportamento espaço - temporal da precipitação pluvial, foi analisado através da variabilidade interanual, anual, mensal e sazonal. Foram calculados totais médios de pluviosidade para cada estação meteorológica para o período estudado, com a utilização do programa Excel. Posteriormente, efetuou-se a plotagem de gráficos de distribuição dos totais de precipitação pluvial (anuais, sazonais e mensais) que possibilitaram a análise e interpretação dos dados.

Os episódios de El Niño e La Niña, considerados neste estudo, seguem o critério utilizado por ROPELEWSKY e HALPERT (1987). Estes autores determinam como anos de manifestações quentes aqueles com cinco meses consecutivos de Índice de Oscilação Sul (IOS) menor ou igual a 0,5, e como anos de manifestações frias aqueles com cinco meses consecutivos com IOS maior ou igual a 0,5.

Para analisar a distribuição da precipitação pluvial anual, elaborou-se carta de isoietas com os dados pluviométricos e carta das cotas altimétricas das estações meteorológicas afim de visualizar as características da precipitação pluvial e dos fatores geográficos regionais como altitude, latitude e longitude. A carta de isoietas foi elaborada no programa Surfer, utilizando-se o método de interpolação *inverse distance to a power*. A carta das cotas altimétricas também foi elaborada no programa Surfer. A

partir destes procedimentos, foi gerado um mapa de isoietas da precipitação pluvial anual e um mapa hipsométrico das estações meteorológicas (cujos dados foram disponibilizados).

Após esta etapa, foram analisados os médios totais de pluviosidade nas escalas de tempo interanuais, anuais e sazonais, para cada estação meteorológica. Posteriormente, foram identificados os sistemas dinâmicos que atuam em cada estação do ano (inverno, primavera, verão e outono) no Rio Grande do Sul.

Classificou-se como estação de inverno, os meses de junho, julho e agosto; primavera os meses de setembro, outubro e novembro; verão os meses de dezembro, janeiro e fevereiro; e como outono, os meses de março, abril e maio.

O critério utilizado para identificar as estações meteorológicas, cujos padrões do comportamento da precipitação pluvial são semelhantes, foi comparar os máximos de pluviosidade das estações meteorológicas por estação do ano, visando a regionalização da precipitação pluviométrica nas estações meteorológicas.

CAPÍTULO 4

Análise e discussão dos resultados

4.1. Variabilidade interanual da precipitação pluviométrica

De acordo com a tabela 2 e segundo ROPELEWSKY e HALPERT (1987), no período 1967-1998 predominou a ocorrência do fenômeno El Niño em 17 anos, ou em 53% do período estudado. As fases consideradas normais e de La Niña apresentaram mais frequentemente para o Rio Grande do Sul totais médios de precipitação pluvial abaixo de 1500 mm, exceto nos anos de 1980, 1984 e 1990 (normais) e 1996 (La Niña).

TABELA 2 – Anos normais, anos de El Niño, La Niña e intensidade no período 1967-1998.

Anos	Normal	El Niño	La Niña	Intensidade
1967	X			
1968/1970		X		Fraca
1971	X			
1972/1973		X		Moderada
1974/1975			X	Forte
1976/1977		X		Fraca
1978	X			
1979	X			
1980	X			
1981	X			
1982/1983		X		Forte
1984	X			
1985			X	Fraca
1986/1987		X		Moderada
1988/1989			X	Forte
1990	X			
1991/1992		X		Moderada
1993/1994		X		Fraca
1995/1996			X	Fraca
1997/1998		X		Forte

Os resultados deste trabalho mostraram que as variações interanuais de precipitação pluviométrica no Estado do Rio Grande do Sul, no período estudado estão relacionadas com o El Niño Oscilação Sul (ENOS). Os anos que apresentaram índices pluviométricos positivos e negativos no período de 1967 a 1998 estiveram associados aos fenômenos El Niño e La Niña, respectivamente. Embora seja evidente a relação do ENOS com a pluviosidade, uma parcela significativa dos picos de anomalias não está aparentemente relacionada com o fenômeno.

De acordo com os resultados obtidos (Figura 20), 1983 e 1997 foram anos de El Niño intensos, entretanto constatou-se que o ano de 1997 ocorreu o evento mais intenso, onde a precipitação pluvial foi mais significativa, do que o ocorrido em 1982/1983 no Rio Grande do Sul. O ano de 1997 apresentou uma variabilidade interanual bem marcada, com fortes chuvas principalmente no noroeste e oeste do Estado, como mostra a tabela 3, ocasionando enchentes em várias cidades. No noroeste do Estado é freqüente a formação de CCM's e em anos de El Niño estes sistemas parecem se intensificar. Conforme os resultados mostrados na tabela 3, o maior total pluviométrico ocorreu em São Luiz Gonzaga. Totais bem acima da média ocorreram também nas estações de Alegrete, Cruz Alta, Santa Maria e Uruguaiana. Em todos os casos de intensa precipitação neste período, foi observado um sistema frontal, algumas vezes interagindo com vórtice ciclônico ou com jato subtropical, sendo que alguns sistemas frontais ficaram estacionários sobre o Rio Grande do Sul.

O El Niño 1982/1983 apresentou uma variabilidade bem marcada no nordeste do Estado. De acordo com os resultados obtidos na tabela 3, Bom Jesus apresentou o maior total pluviométrico. Caxias do Sul e Porto Alegre também apresentaram totais bem acima da média.

É importante ressaltar que o evento de El Niño não atuou da mesma maneira no Rio Grande do Sul, observou-se que sua intensidade foi variável devido a sua abrangência espacial e temporal.

TABELA 3 – Precipitação pluvial média (mm) ocorrido nos eventos de El Niño 1982/1983 e 1997/1998.

Estações	El Niño 1983/1984	El Niño 1997/1998	Média anual (1967-1998)
Alegrete	1869,3	2034,4	1663,3
Bagé	1659,7	1922,8	1483,8
Bom Jesus	2201,6	1989,6	1724,8
Caxias do Sul	2163,2	1912,6	1793,1
Cruz Alta	2333,4	2357,8	1826,5
Encruzilhada do Sul	1685,2	1704,9	1532,1
Pelotas	1366,1	1707,6	1347,8
Porto Alegre	1619,8	1431,8	1371
São Luiz Gonzaga	2107,5	2576,3	1923,2
Santana do Livramento	1700,7	1851,3	1476,2
Santa Maria	2079,7	2164,9	1699,9
Santa Vitória do Palmar	1305,5	1352,6	1258,8
Torres	1562,5	1500,8	1541,9
Uruguaiana	1552,6	2055,6	1580,3

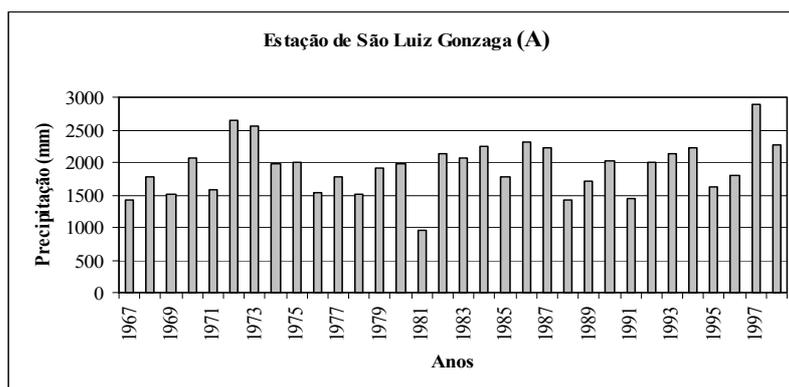


Figura 20 – Gráfico A de precipitação pluvial total anual (1967-1998).

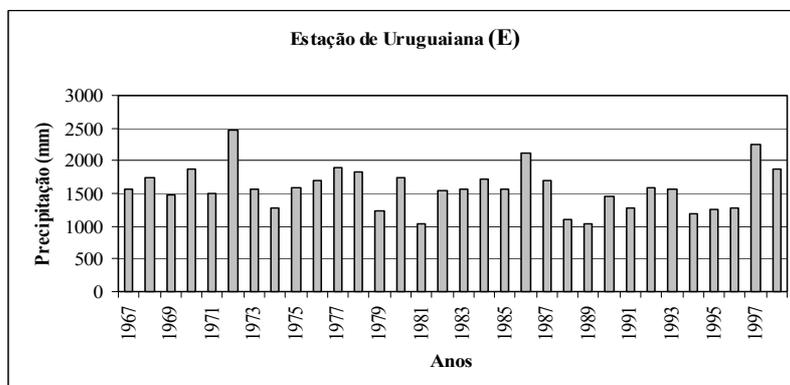
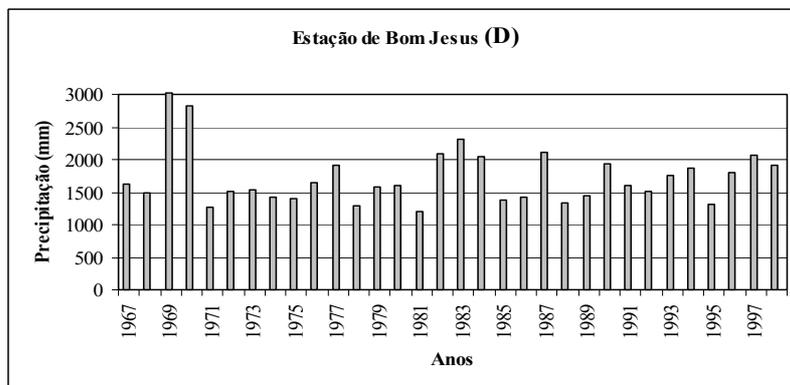
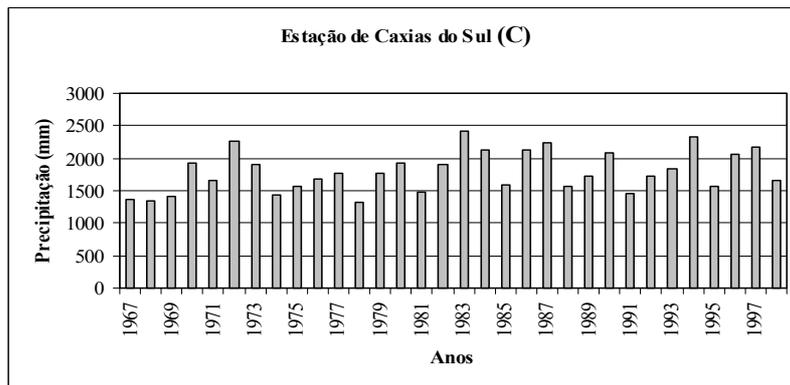
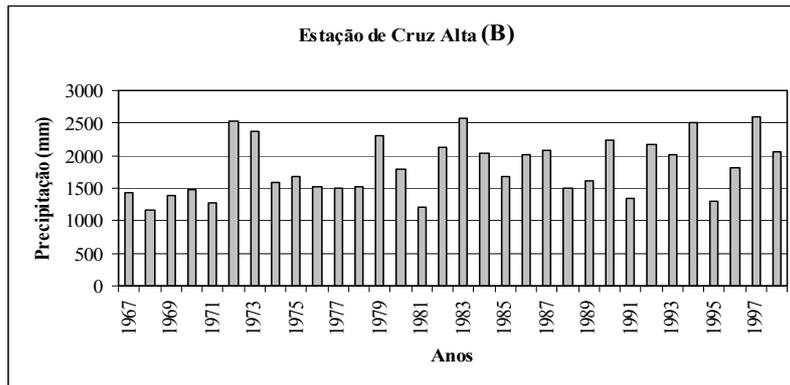


Figura 20 – Gráficos B, C, D e E de precipitação pluvial total anual (1967-1998).
Continuação.

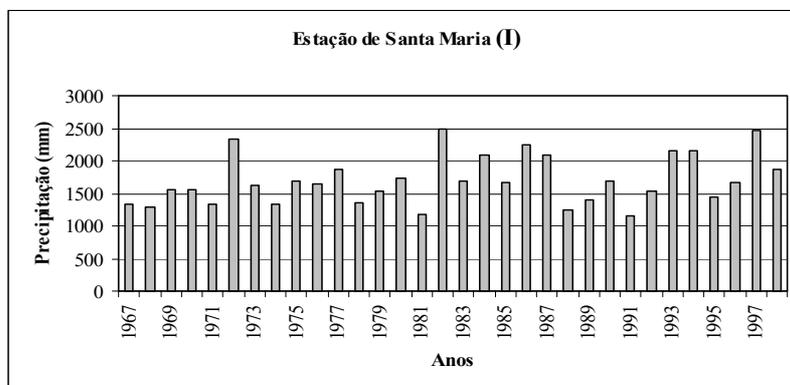
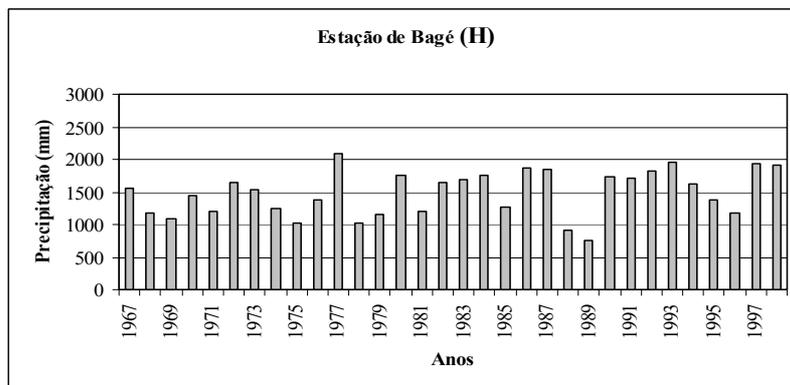
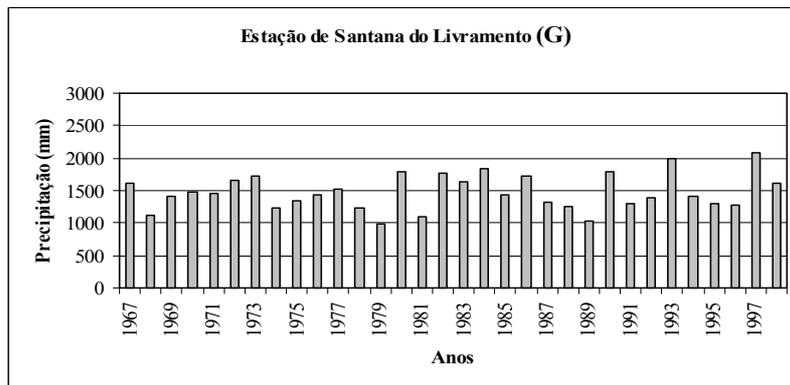
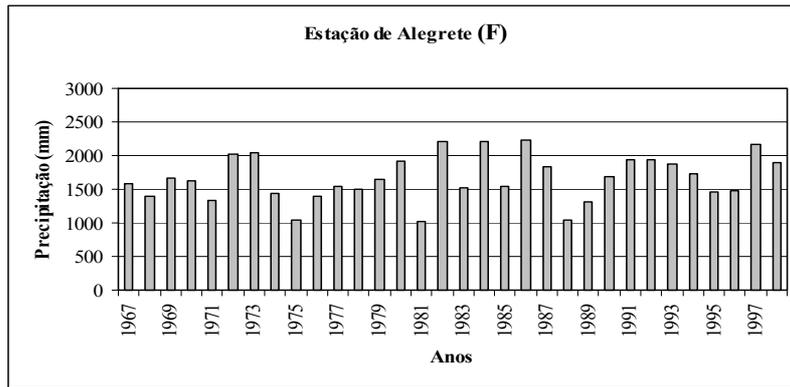


Figura 20 – Gráficos F, G, H e I de precipitação pluvial total anual (1967-1998).Continuação.

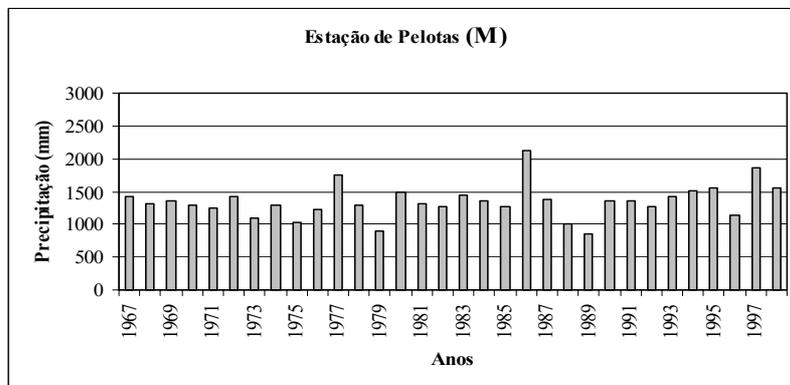
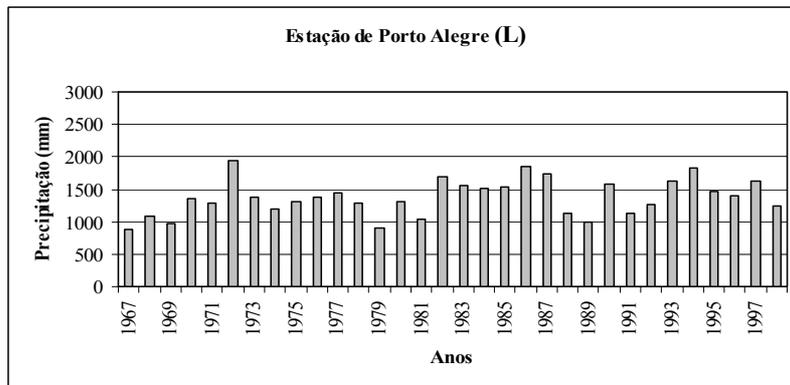
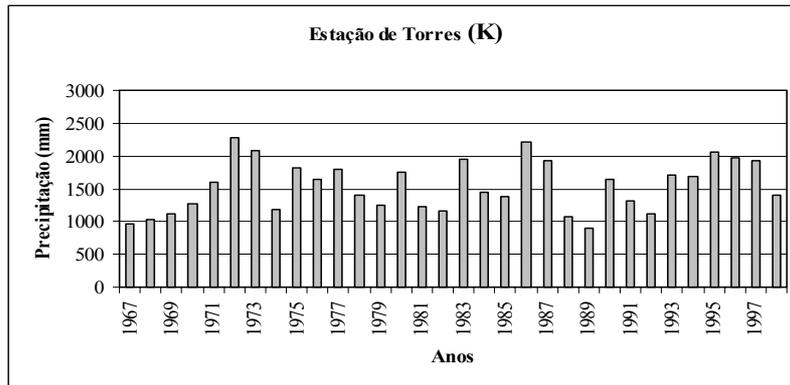
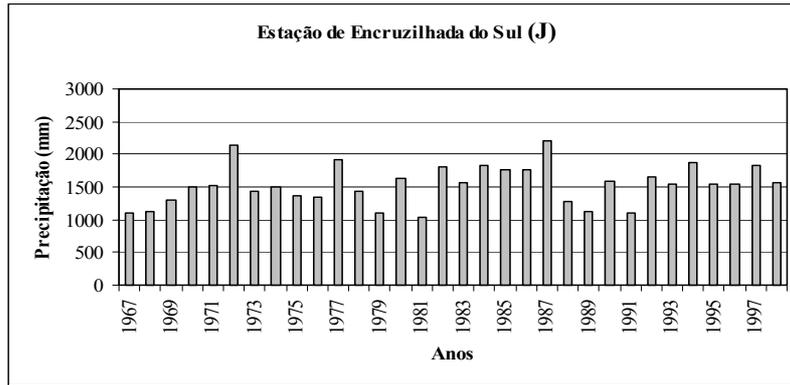


Figura 20 – Gráficos J, K, L e M de precipitação pluvial total anual (1967-1998).
Continuação.

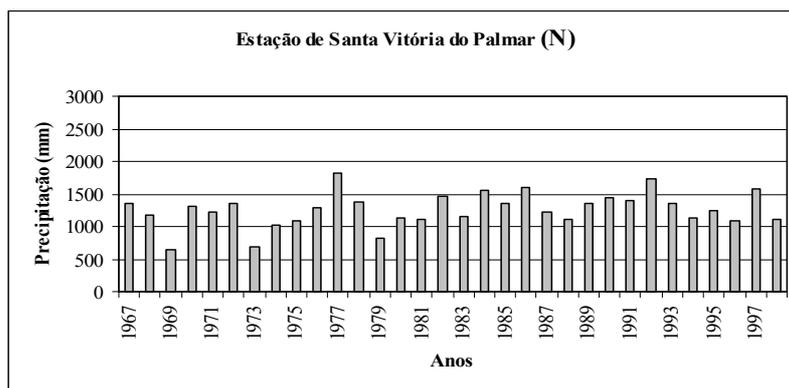


Figura 20 – Gráfico N de precipitação pluvial total anual (1967-1998). Continuação.

De acordo com os resultados mostrados na figura 21, os menores índices de precipitação pluviométrica, no período estudado, ocorreram durante os anos de 1988/1989. E o menor total pluviométrico ocorreu Bagé, com 759 mm. Os anos de 1988/1989 foram considerados intensos e mais recente episódio brasileiro de La Niña.

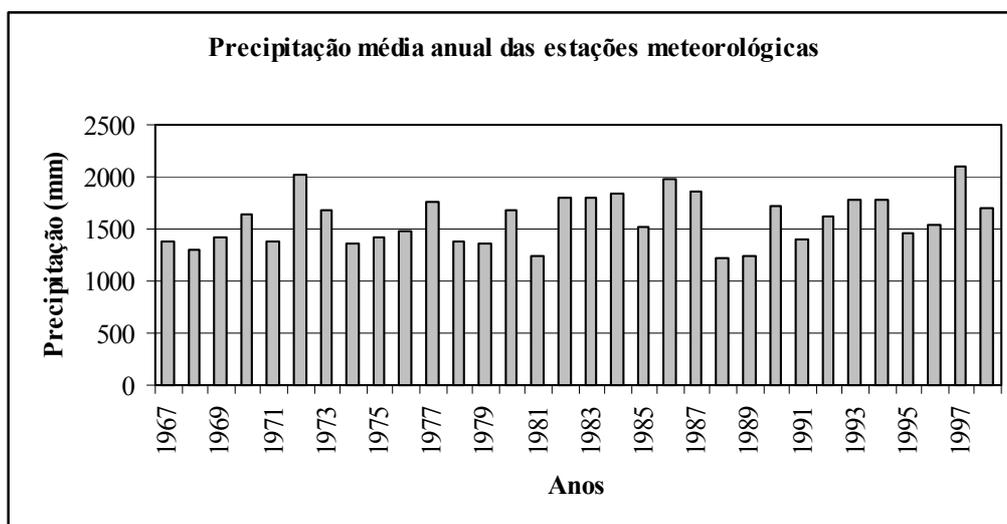


Figura 21 – Gráfico de precipitação pluvial média anual das estações meteorológicas (1967-1998).

Após o intenso episódio El Niño de 1982/1983, o fenômeno ocorreu novamente em 1986/1987, porém com menor intensidade, e de 1990 ao início de 1995. Este foi considerado o mais longo evento nos últimos 50 anos, sendo compatível apenas com o episódio de 1911/1915 (HALPERT *et al.*, 1996).

O El Niño de 1997/1998, foi considerado um episódio de grande intensidade. Trata-se do mais forte aquecimento do Oceano Pacífico Oriental, dos últimos 150 anos. Este evento, foi responsável pela maioria das anomalias climáticas que aconteceram em diversas regiões do globo e, no caso do Brasil, pelo excesso de precipitação e grandes enchentes no Rio Grande do Sul. (TERACINES, 2000). Segundo este autor, o El Niño de 1997/1998 apresentou praticamente a mesma intensidade de 1983, sendo que a sua formação foi a mais rápida de todos os episódios mais recentes.

Segundo DIAS e MARENGO (2002), no caso El Niño 1997/1998, somente no Rio Grande do Sul, os prejuízos provocados pelos temporais e enchentes até novembro de 1997 representaram prejuízos da ordem de R\$20 milhões, em função dos danos às casas e ruas de 200 cidades atingidas. Em outubro de 1997, observaram-se as maiores anomalias positivas de precipitação na Região Sul, recebendo chuvas até 300 % acima do normal no noroeste do Rio Grande do Sul.

Os resultados deste trabalho estão em concordância com diversos estudos realizados, os quais mostram que grande parte da variabilidade interanual da precipitação pluvial está associada ao fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) (RAO e HADA, 1990; STUDZINSKI, 1995; FONTANA e BERLATO, 1997; GRIM *et al.*, 1996; DIAZ *et al.*, 1998, BRANDÃO e LUCENA, 2002; SARTORI *et al.*, 2002).

4.2. Variabilidade anual da precipitação pluviométrica

A precipitação pluvial anual média em todo o Rio Grande do Sul é de 1500 mm, entretanto a variabilidade espacial é significativa, pois enquanto Santa Vitória do Palmar é a estação menos chuvosa, com 1258,8 mm anuais; São Luiz Gonzaga é a mais chuvosa com 1923,2 mm. Entre estas duas estações encontram-se valores intermediários.

No Rio Grande do Sul há flutuações de pluviosidade inter-regionais, podendo-se notar uma tendência a total de precipitação pluvial crescente anual no sentido sul-norte, que variam entre 1200 mm e 2000 mm anuais. De uma maneira geral pode-se dizer, com base na figura 22, que chove mais na metade norte do Estado (ao norte da latitude 30°S) com totais superiores a 1500 mm, do que na metade sul (ao sul de 30°S) com totais inferiores a 1500 mm. Esta estrutura indica uma dinâmica de circulação atmosférica diferenciada no norte em relação ao sul. Ao norte, além da influência dos sistemas frontais, esta região está sujeita à atuação dos sistemas tropicais no verão, que são mais intensos. Esta intensificação associada com a orografia (principalmente no nordeste do Estado) explica a maior precipitação pluvial no norte do Estado. Ao sul, a ocorrência de máximas de precipitação pluvial acontece no inverno, neste período a chuva é causada pela passagem das frentes frias. Embora o litoral e o centro do Rio Grande do Sul possuam maior número de dias de chuva, cabe ao planalto os maiores totais anuais. Toda a faixa litorânea, centro e sul acumulam, ao final do ano, menos chuva do que o planalto.

São Luiz Gonzaga, Cruz Alta, Caxias do Sul e Bom Jesus apresentam os maiores totais de precipitação pluvial. Santa Vitória do Palmar, Pelotas e Porto Alegre apresentam os menores totais de precipitação pluvial.

A figura 22 mostra que o litoral é a região menos chuvosa, com totais inferiores a 1550 mm anuais. A esta região, segue a faixa de fronteira com o Uruguai, onde a precipitação é inferior a 1550 mm. Para o norte e o centro do Estado os valores vão aumentando gradativamente. Já na região da Campanha Gaúcha a precipitação pluvial diminui, novamente, aproximando-se de 1600 mm. A figura 23 mostra ainda a importância dos fatores geográficos, em especial a altitude, na distribuição das chuvas.

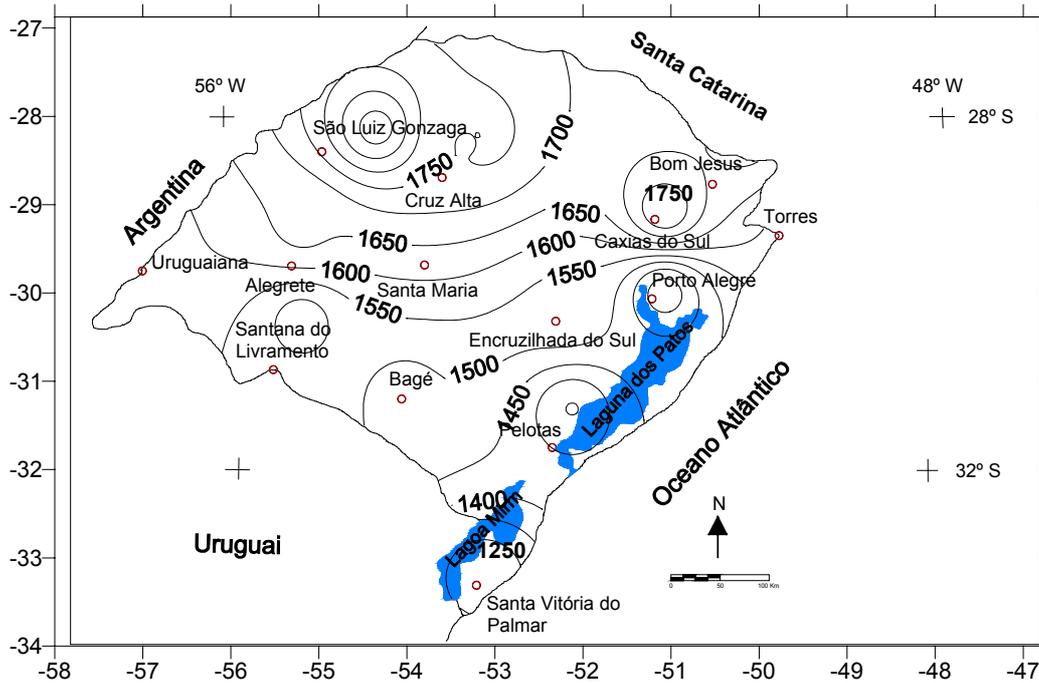


Figura 22 – Mapa de isoietas da precipitação pluvial (mm) total anual do Estado do Rio Grande do Sul.

Organização: Fabiane Britto.

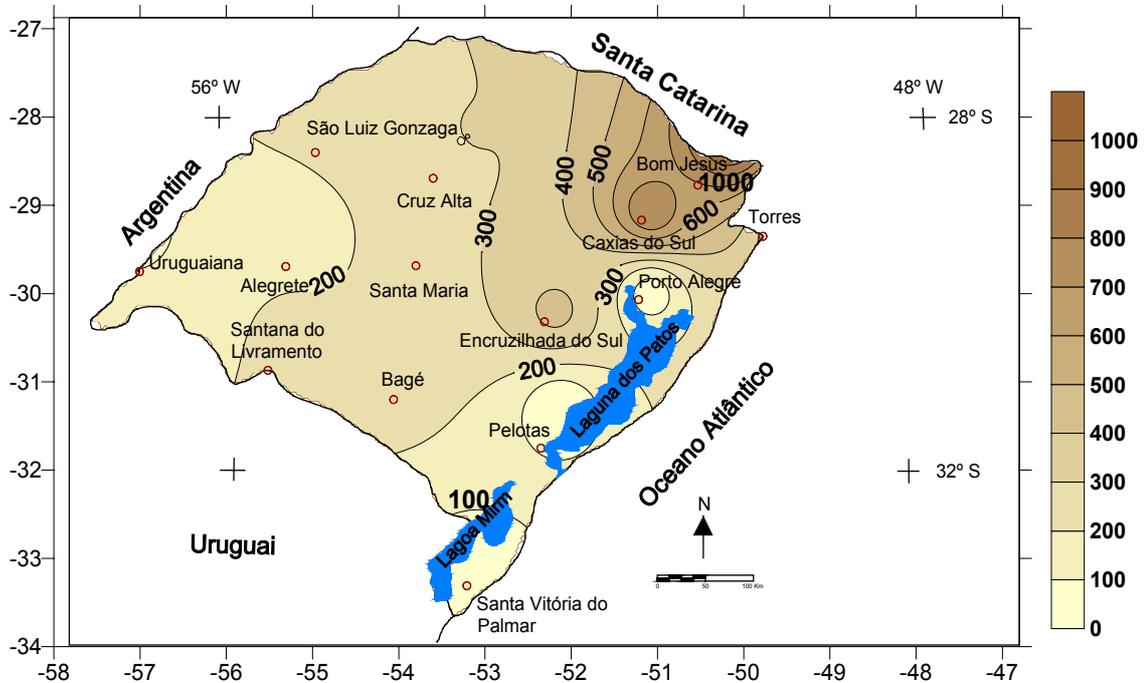


Figura 23 – Mapa hipsométrico das estações meteorológicas.

Organização: Fabiane Britto.

4.3. Variabilidade sazonal da precipitação pluviométrica

4.3.1. Inverno

De acordo com os resultados obtidos (Figura 24), Santa Vitória do Palmar, Pelotas, Bagé, Encruzilhada do Sul, Santa Maria, Porto Alegre e Caxias do Sul tiveram seus máximos de precipitação pluvial nos meses de inverno e mínimos no outono. Estas áreas apresentaram precipitação pluviométrica total inferior a 450 mm (Figura 25).

A localidade de Caxias do Sul é uma exceção, pois apresentou precipitação pluviométrica total de 488 mm. Caxias do Sul está localizada na região serrana no Planalto das Araucárias, numa altitude de 785 m. Neste caso, ocorre o efeito barlavento, pois o sistema frontal ao encontrar a escarpa é forçado a subir, a temperatura declina por expansão adiabática, forçando a saturação, daí ocorrendo maior precipitação pluviométrica nesta área no inverno.

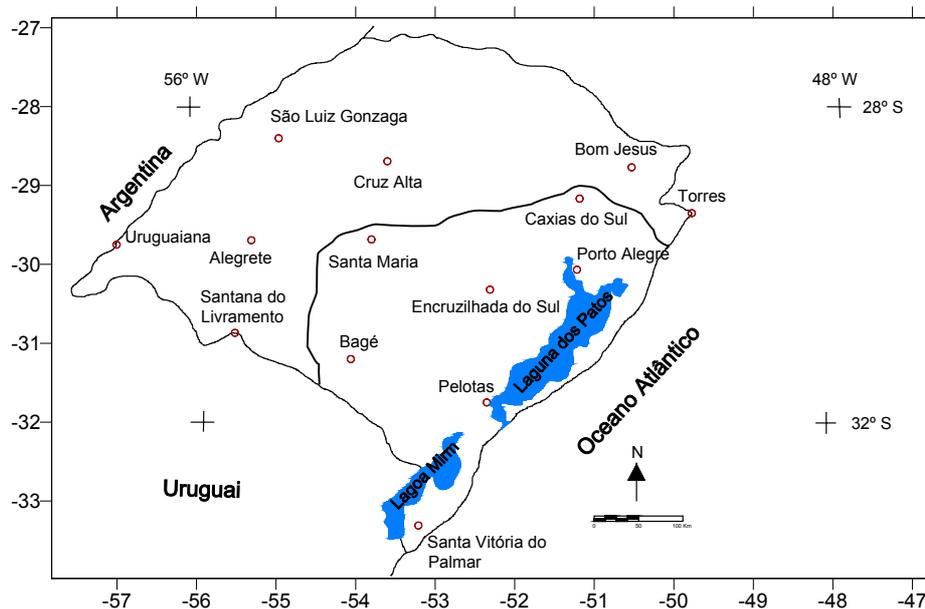


Figura 24 – Regionalização da precipitação pluvial na estação de inverno (1968-1998).

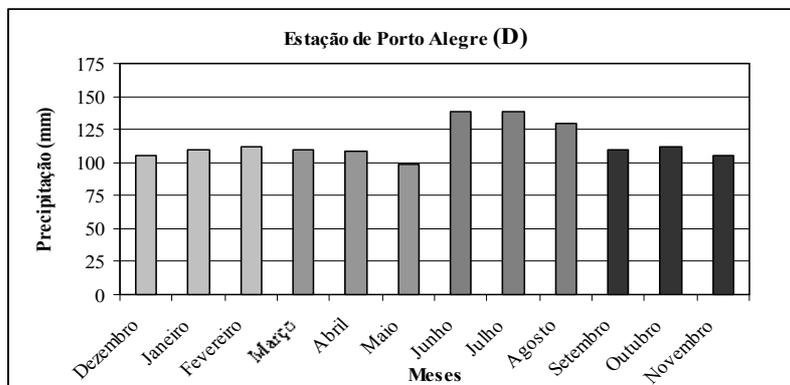
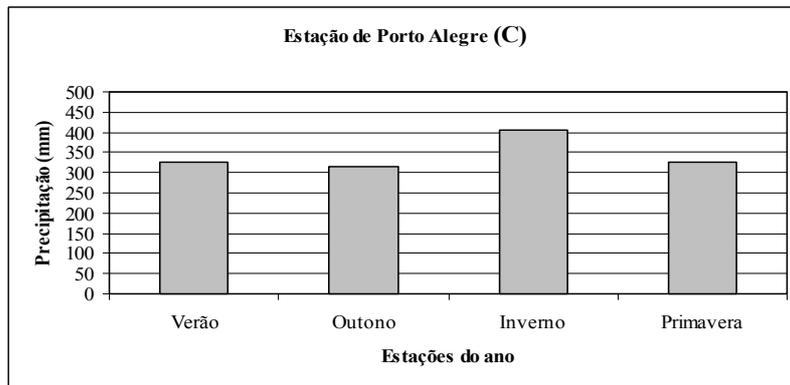
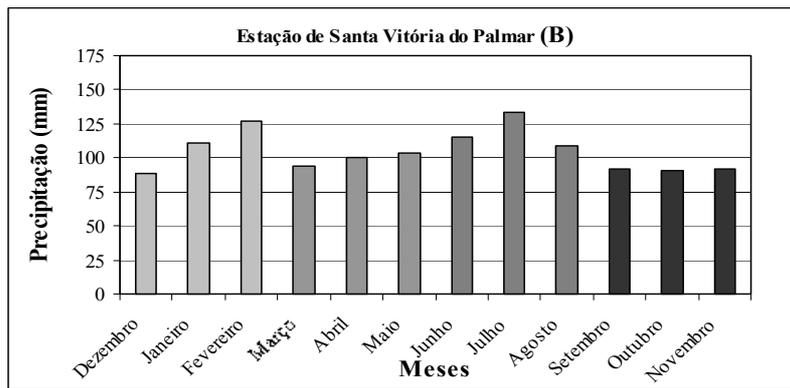
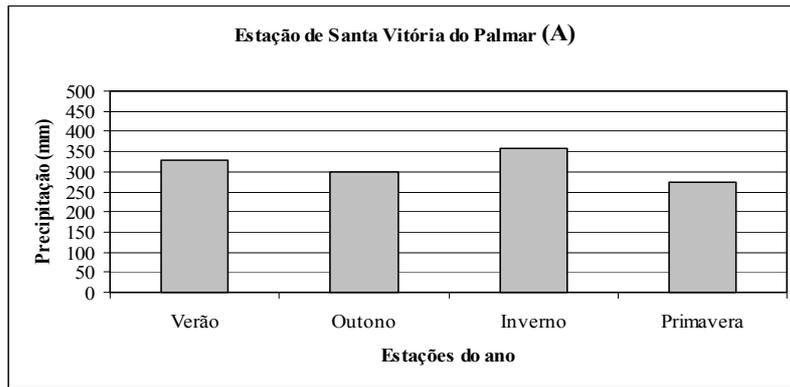


Figura 25 – Gráficos A, B, C e D de precipitação pluvial total sazonal e mensal (1967-1998).

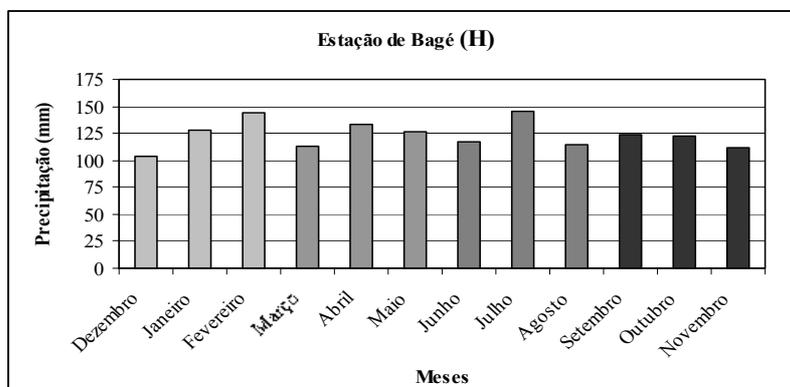
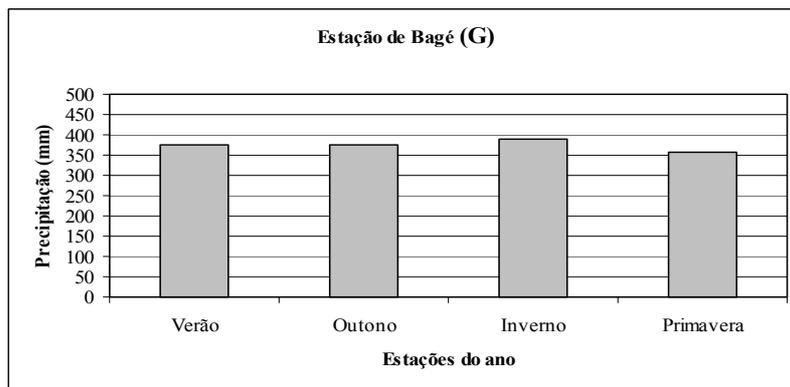
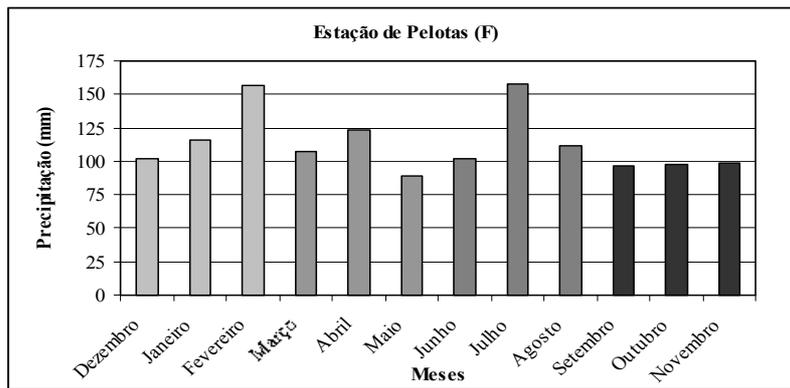
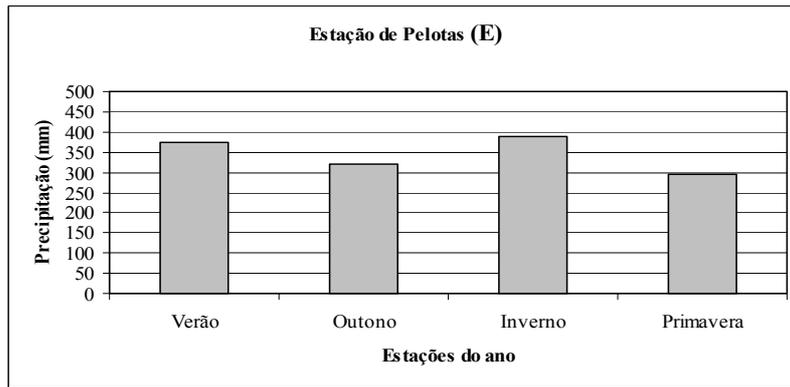


Figura 25 - Gráficos E, F, G e H de precipitação pluvial total sazonal e mensal (1967-1998). Continuação.

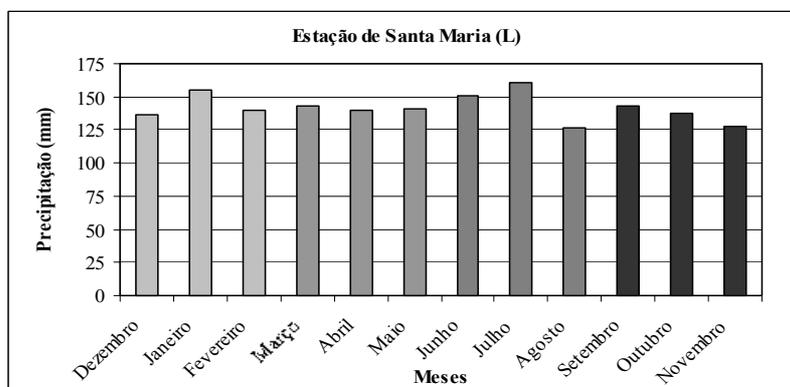
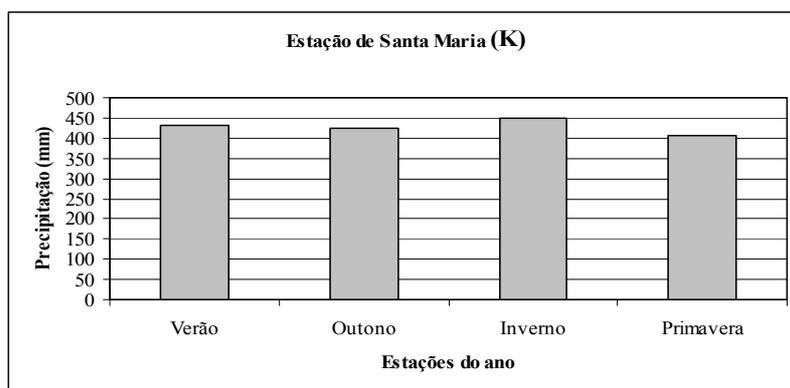
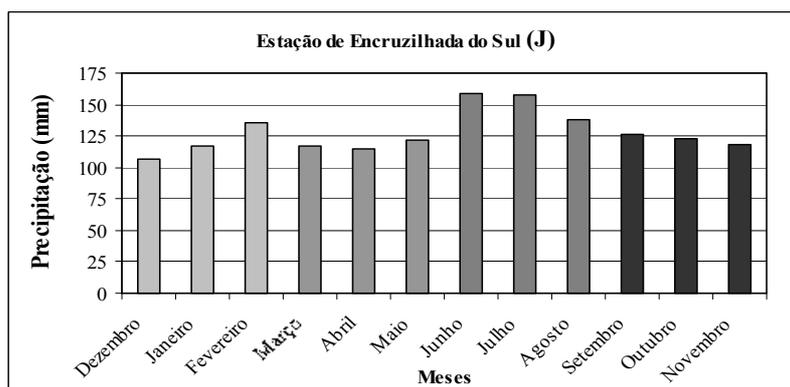
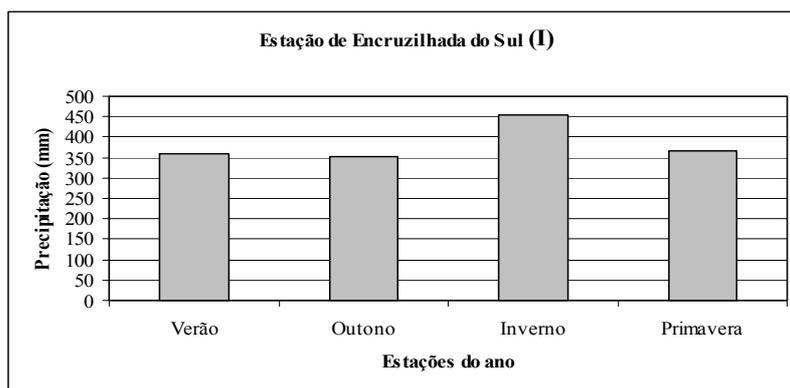


Figura 25 - Gráficos I, J, K e L de precipitação pluvial total sazonal e mensal (1967-1998). Continuação.

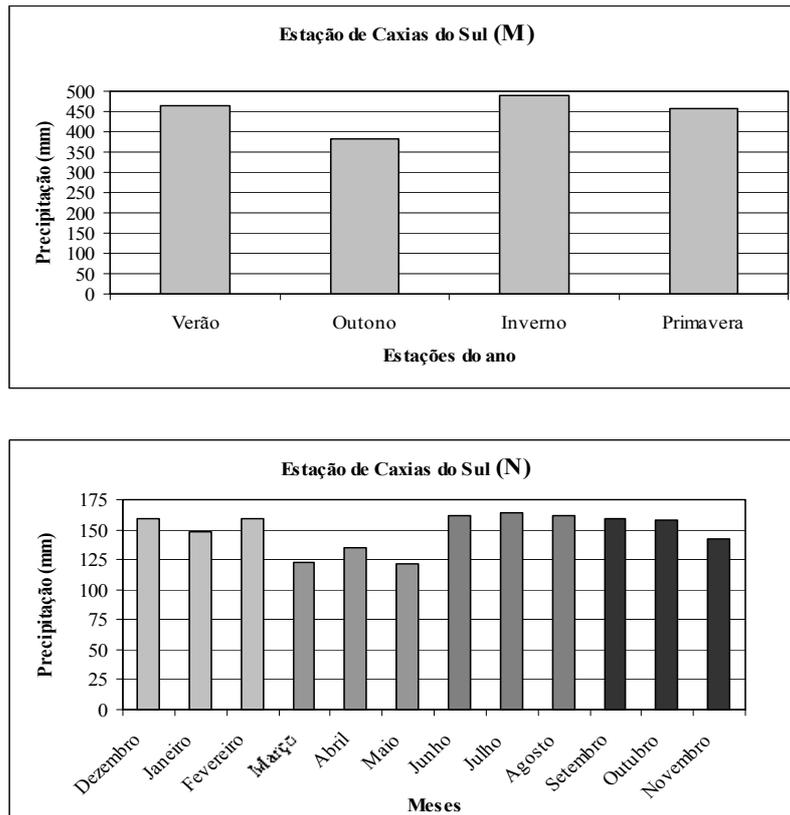


Figura 25 - Gráficos M e N de precipitação pluvial total sazonal e mensal (1967-1998).
Continuação.

No inverno, o Rio Grande do Sul situado no extremo sul do país, é influenciado com maior intensidade pela massa de ar Polar proveniente do continente Antártico. Esta massa de ar é a responsável pelas ondas de frio, podendo causar geada e neve, fenômenos típicos da estação. Durante o inverno, o deslocamento das massas polares é mais continental.

O que caracteriza o Rio Grande do Sul quanto à circulação atmosférica é que é uma região frontogênica, ou seja, os sistemas frontais podem se formar ou podem se intensificar. Esta circunstância, segundo NIMER (1989), torna o Estado sujeito às sucessivas entradas frontais que alcançam a extraordinária regularidade de uma invasão por semana. Durante o inverno, os avanços dos sistemas frontais são mais vigorosos, podendo até alcançar latitudes bem mais baixas. Os sistemas frontais ocorrem com mais frequência e com maior velocidade de deslocamento, causando nebulosidade principalmente no litoral. Isto acontece devido à impossibilidade do ar quente e úmido ser renovado durante o curto intervalo de tempo entre os sistemas frontais, onde a nova frente irá encontrar o ar relativamente frio deixado pela precedente (LEMOS e CALBETE, 1998).

Os sistemas frontais são os principais sistemas produtores de tempo responsáveis por precipitação pluviométrica no inverno no Rio Grande do Sul (Figura 26). Nesta estação do ano, a frente fria em superfície se apresenta com uma orientação mais noroeste/sudeste.

A maior frequência de passagens dos sistemas frontais acontece no período de inverno, por esta razão que as estações meteorológicas situadas próximas do litoral e no centro-sul, apresentam máxima taxa de precipitação pluvial neste período.

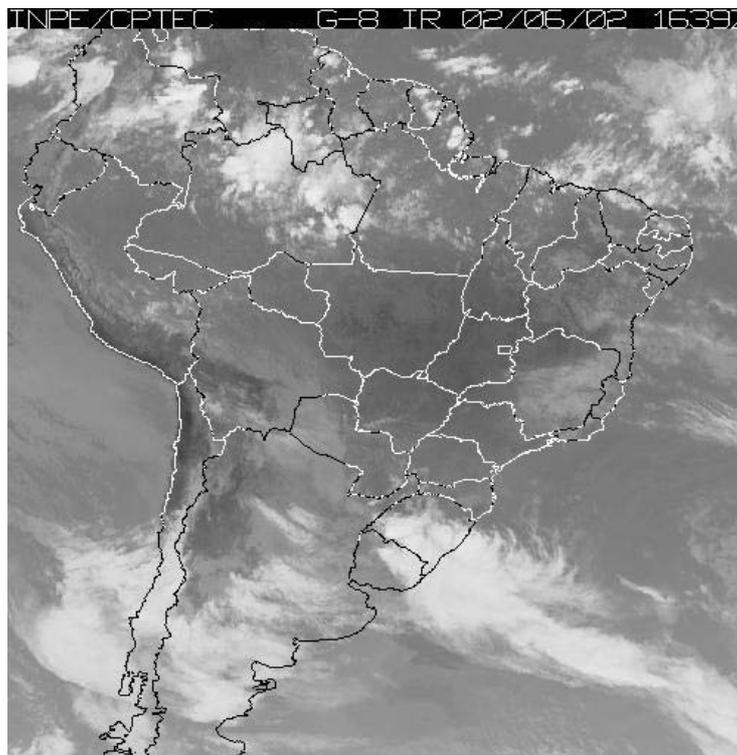


Figura 26 – Frente fria passando no Rio Grande do Sul, situação típica de inverno.

4.3.2. Primavera

De acordo com os resultados da figura 27, setembro e outubro, caracterizam-se como os meses mais chuvosos para as localidades de São Luiz Gonzaga e Cruz Alta, apresentando precipitação pluviométrica total de 517 mm e 491 mm, respectivamente (Figura 28). E o outono é a estação menos chuvosa.

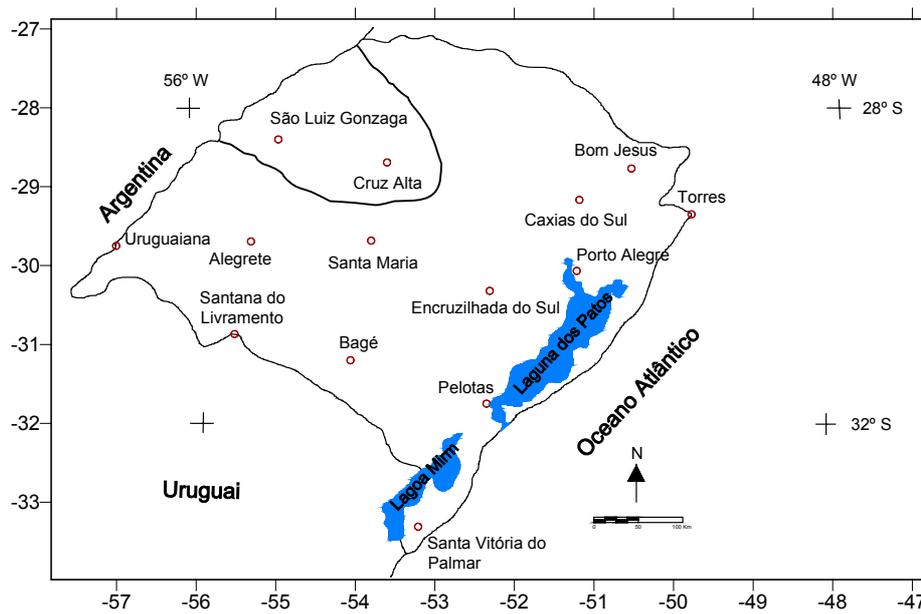


Figura 27 – Regionalização da precipitação pluvial na estação de primavera (1968-1998).

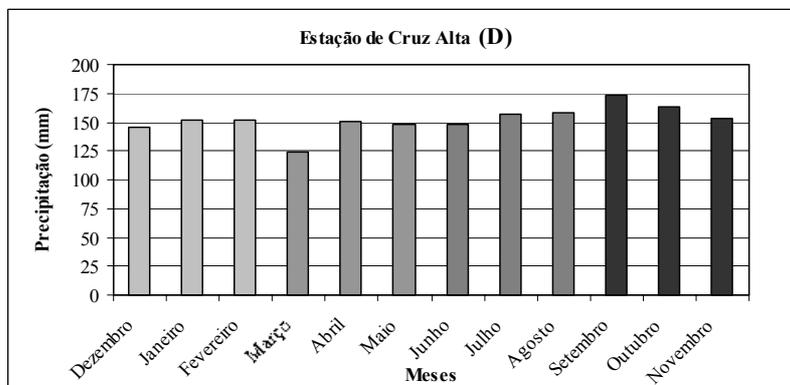
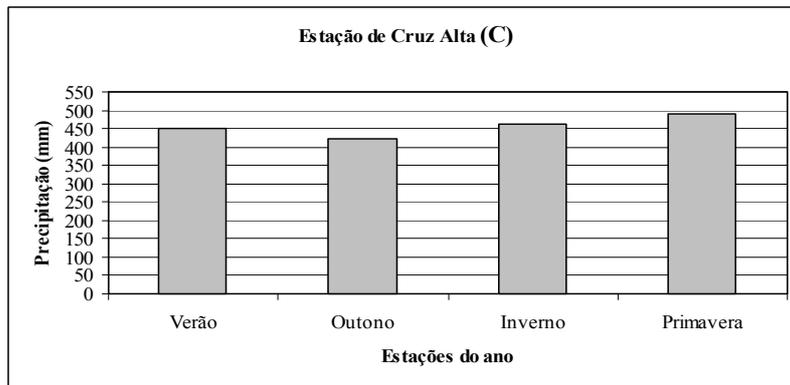
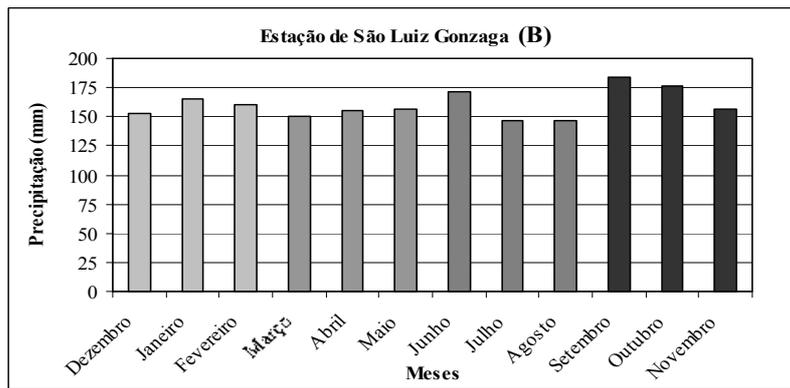
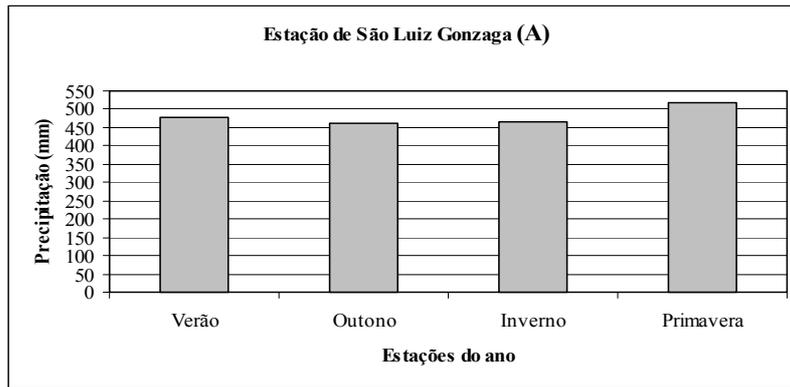


Figura 28 – Gráficos A, B, C e D de precipitação pluvial total sazonal e mensal (1967-1998).

Na primavera não se observa uma quebra rápida do mecanismo de circulação do inverno, nesta época tem-se uma certa continuidade, mas diminuição e intensidade das massas polares. Contudo, ainda pode ocorrer incursão de massas de ar frio nos meses de setembro e outubro, causando declínio da temperatura, ocorrências de geadas, podendo, em situações extremas, ser observada precipitação de neve nas áreas serranas.

Na primavera, o Rio Grande do Sul é regularmente invadido por ventos de noroeste e sudoeste, devido as freqüentes formações de Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's). Os CCM's são sistemas que se formam no período noturno sobre o norte da Argentina e sul do Paraguai e deslocam-se rapidamente atingindo o noroeste do Estado com intensa precipitação pluvial. Conforme VELASCO e FRITSCH (1987), os CCM's são responsáveis por situações de tempo severo, com presença de fortes ventos, inundações e por vezes granizos.

Os CCM's são responsáveis por significativa parcela da precipitação pluviométrica, na primavera, que ocorre no noroeste do Rio Grande do Sul (Figura 29).

Os CCM's são mais comuns nos meses de setembro e outubro, a maior freqüência de formação dos CCM's acontece na primavera, isto acarreta em São Luiz Gonzaga e Cruz Alta, índices pluviométricos mais elevados neste período. Provavelmente, a distribuição espacial das chuvas nestas áreas, ocorre em função da dinâmica atmosférica. Possivelmente por estarem situadas no planalto o ativamento da turbulência do ar sobre estas áreas também concorre para maior produção de chuvas.

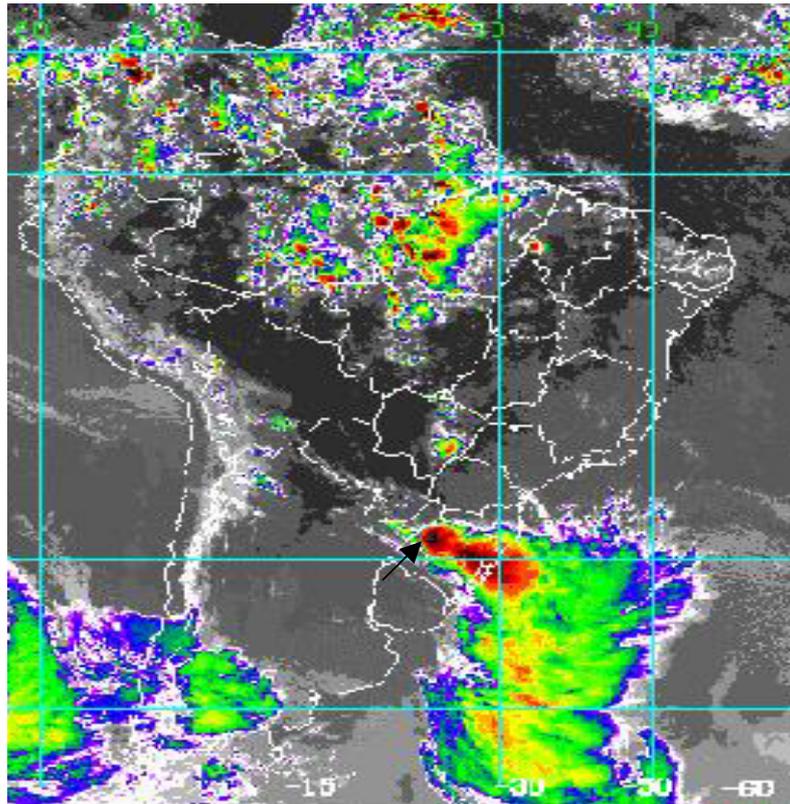


Figura 29 – Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM'S). A seta indica a posição do Complexo (Cumulonimbus). Imagem obtida do Satélite Goes-8 - INPE/DSA – 04/09/2001, 4:00Z.

4.3.3. Verão

De acordo com os resultados obtidos (Figura 30), o município de Bom Jesus (localizado numa altitude de 1047 m) e Torres tiveram seus máximos de precipitação pluvial nos meses de verão. Estas áreas apresentaram totais médios de 486 mm e 415 mm, respectivamente (Figura 31). E o outono e inverno são os menos chuvosos.

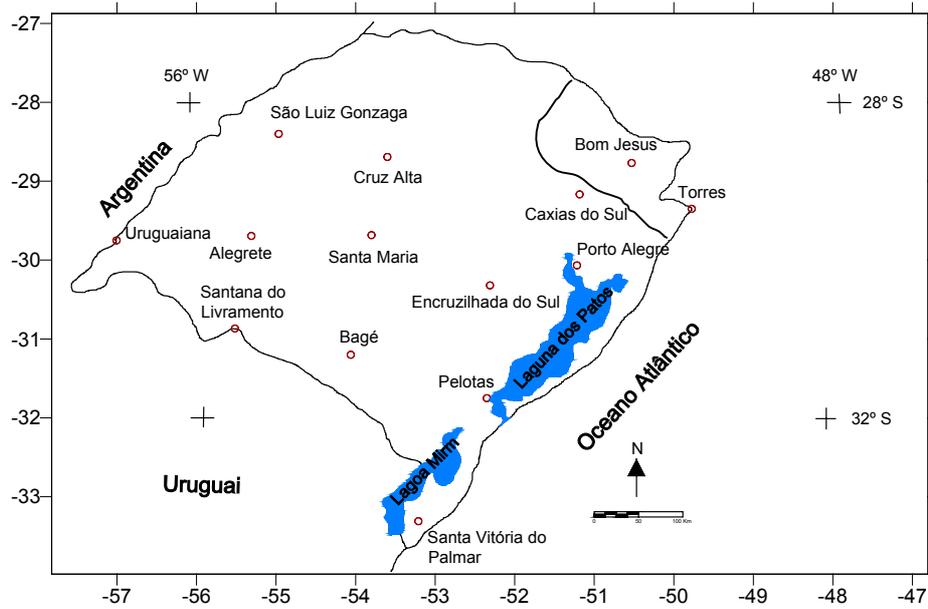


Figura 30 – Regionalização da precipitação pluvial na estação de verão (1968-1998).

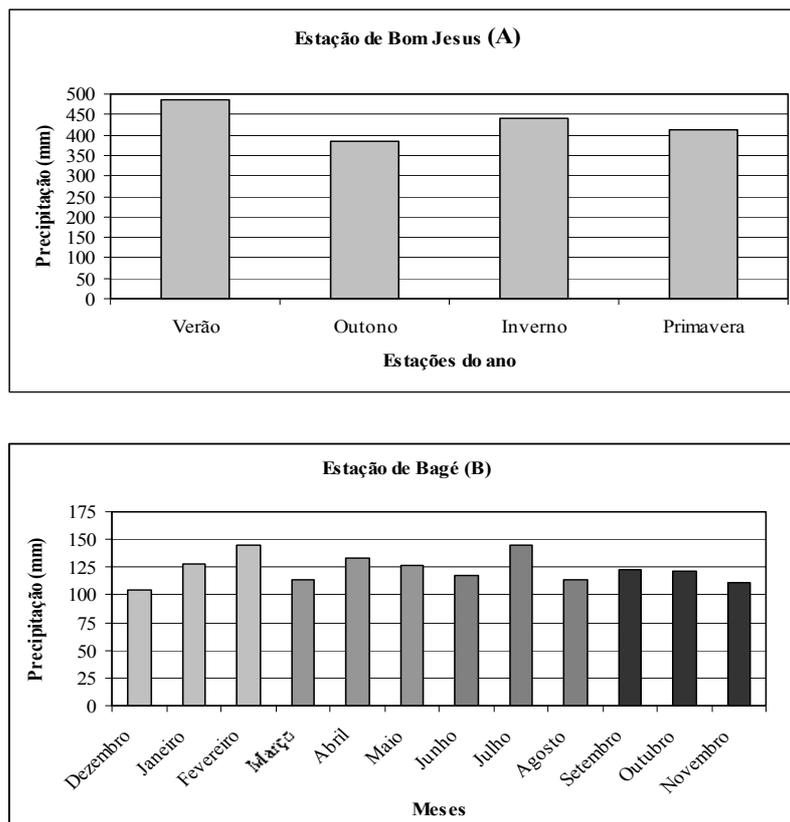


Figura 31 – Gráficos A e B de precipitação pluvial total sazonal e mensal (1967-1998).

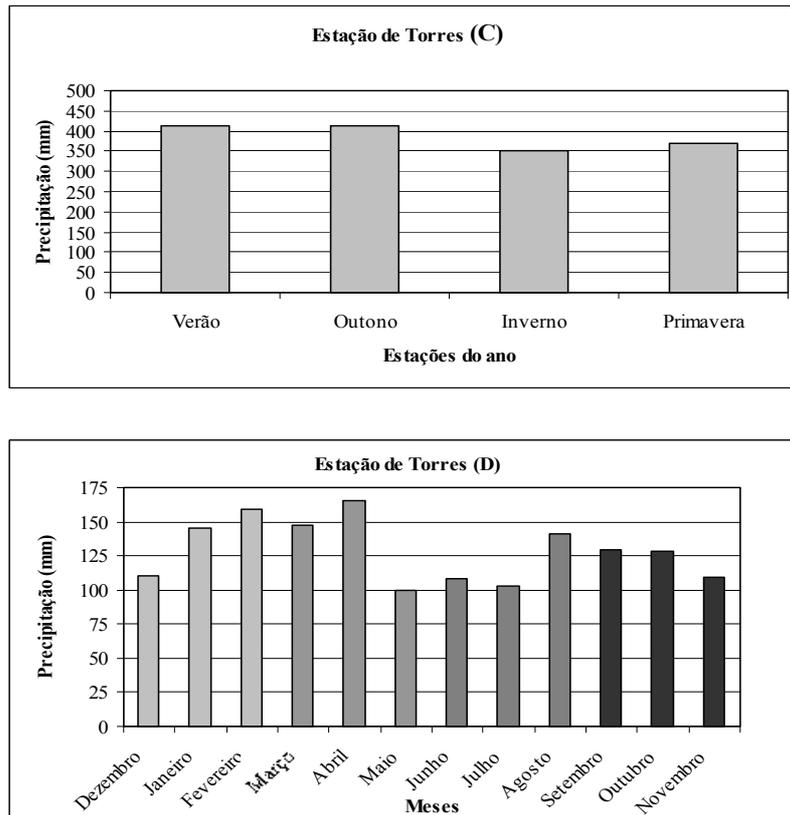


Figura 31 – Gráficos C e D de precipitação pluvial total sazonal e mensal (1967-1998).
Continuação.

No verão os centros de ação já apresentam novas disposições e o mecanismo da circulação regional segue um ritmo diferente. Nesta estação do ano, a massa de ar Tropical Atlântica, de característica quente e úmida têm maior atuação. Durante o verão esta massa desloca-se mais para o sul, atuando com maior intensidade no norte Estado. A ação da massa de ar Polar, nesta época, se reduz e as ondas de frio são fracas.

Devido à alta intensidade do calor no verão, associada aos altos índices de umidade, as chuvas geralmente são convectivas, formando nuvens do tipo cumulonimbus. Estas podem se desenvolver verticalmente em condições específicas de calor acentuado e quantidade de umidade que resultam em fortes pancadas de chuvas geralmente acompanhadas de trovões que podem durar uma ou poucas horas, principalmente no período da tarde devido ao calor. As chuvas convectivas ocorrem em consequência do diferente aquecimento basal da atmosfera em contato com uma superfície heterogênea podendo ser restritas à escala local ou proveniente da advecção de uma massa de ar (TAVARES, 1981).

A formação de chuvas no nordeste do Estado também pode estar associada à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (Figura 32). As ZCAS são áreas de

instabilidade que orientam-se de noroeste para sudeste. Este sistema atmosférico forma uma banda de nebulosidade e chuvas, desde o sul do Amazonas, passando pela Região Central do Brasil, chegando até o norte do Estado do Rio Grande do Sul.

A umidade que proporciona a ocorrência de chuvas no norte gaúcho é influenciada pela posição da ZCAS, citada por MONTEIRO e FURTADO (1995) como assíntota de convergência. O centro-sul do Rio Grande do Sul, apresenta chuvas convectivas menos freqüentes devido a atuação da massa Tropical Continental

Em Bom Jesus e Torres ocorrem as chuvas convectivas associadas a ZCAS, as quais conforme descrito acima, recebem nesta época do ano atuação da massa Tropical, onde o aquecimento basal e acentuação de instabilidade da massa de ar provocadas pelo efeito orográfico da Serra Geral, respondem pela acentuação da pluviosidade. A quantidade de precipitação pluviométrica nestas áreas está associada aos sistemas de tempo que atuam no verão, recebendo mais influência dos regimes tropicais.

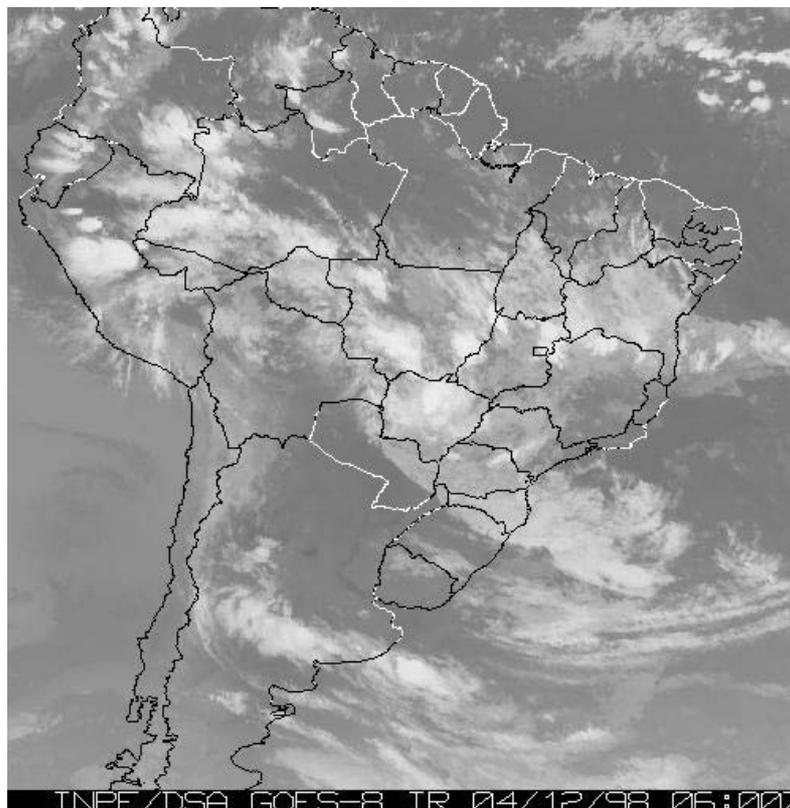


Figura 32 – Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

4.3.4. Outono

Os resultados (Figura 33) mostram que as estações meteorológicas localizadas em Uruguiana, Alegrete e Santana do Livramento tiveram uma acentuação da pluviosidade no outono, com precipitação pluviométrica total de 464 mm, 470 mm e 410 mm, respectivamente (Figura 34). O inverno é a estação menos chuvosa.

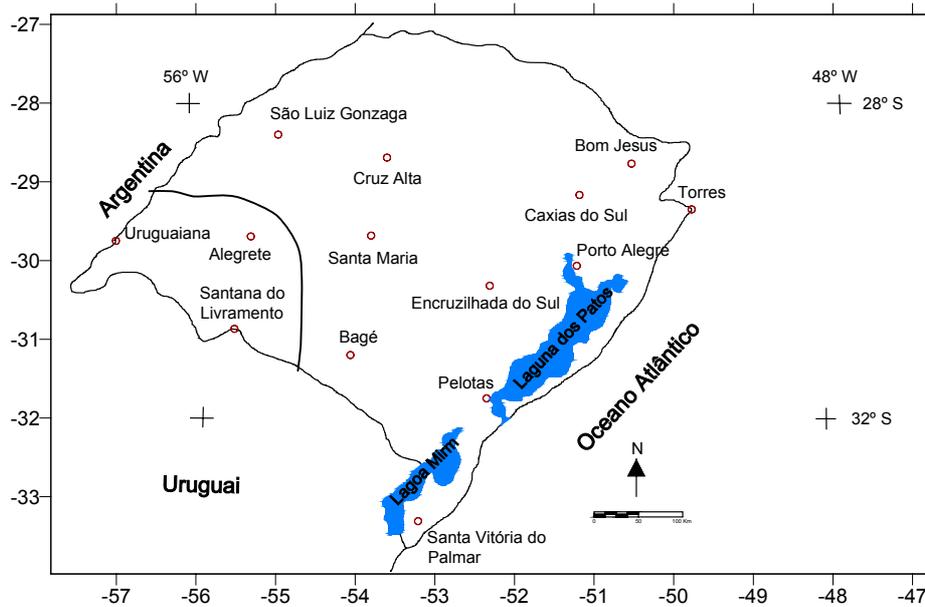


Figura 33 – Regionalização da precipitação pluvial na estação de outono (1968-1998).

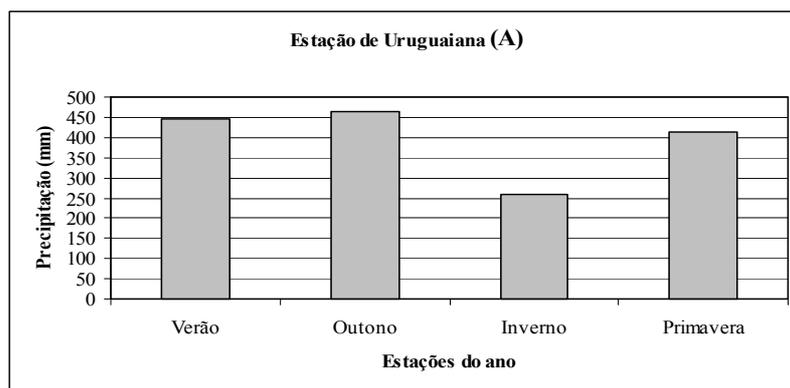


Figura 34 – Gráfico A de precipitação pluvial total sazonal e mensal (1967-1998).

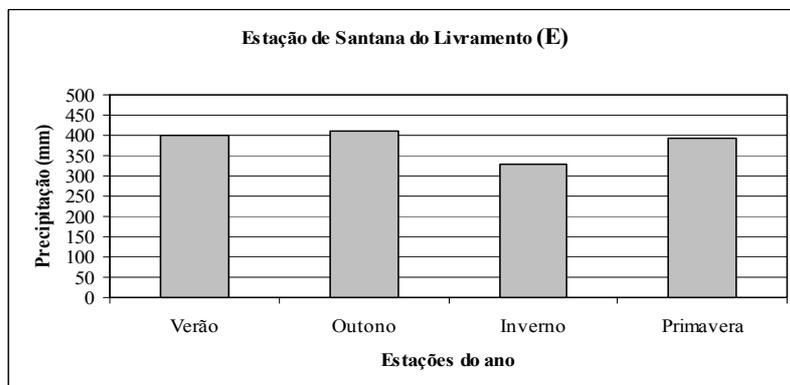
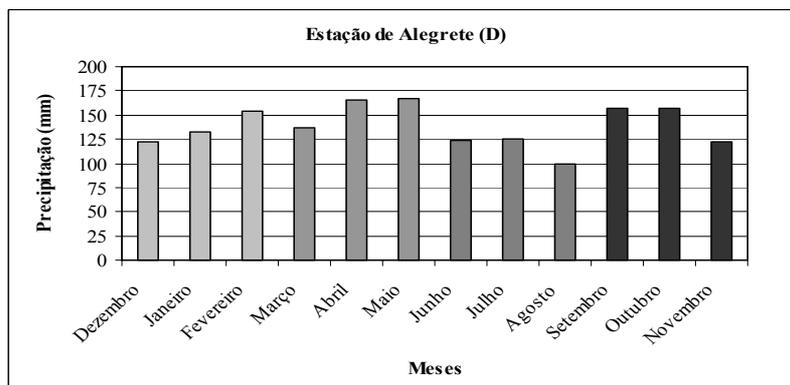
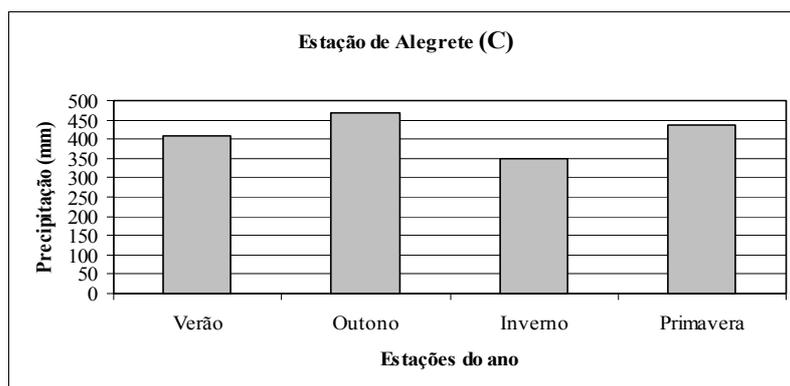
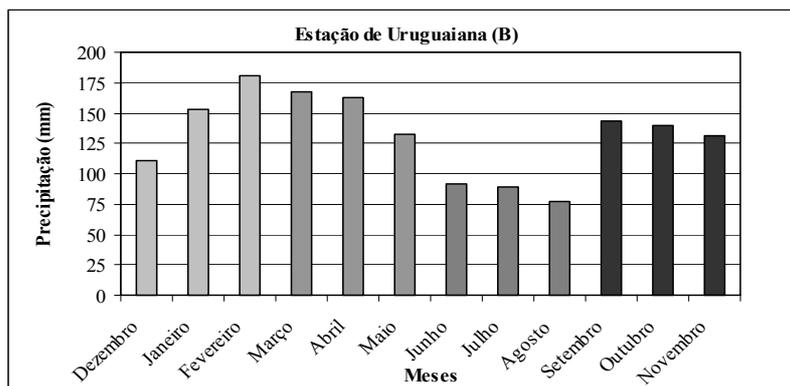


Figura 34 – Gráficos B, C, D e E de precipitação pluvial total sazonal e mensal (1967-1998). Continuação.

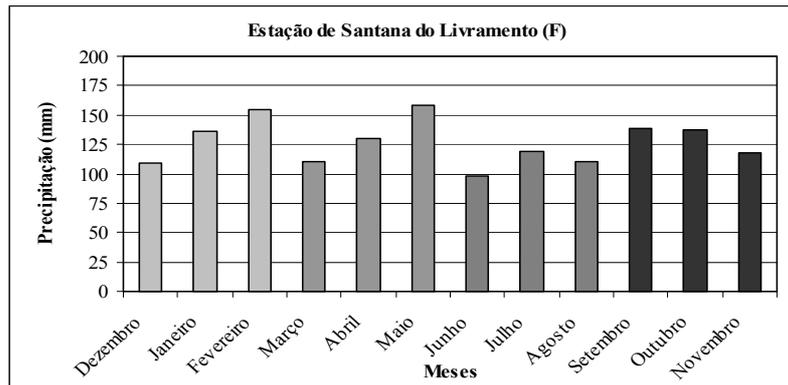


Figura 34 – Gráfico F de precipitação pluvial total sazonal e mensal (1967-1998).
Continuação.

O outono é um período com características transicionais como a primavera. Os tipos de tempo que atuam durante o início do outono, apresentam-se ora com características de verão, ora com características de inverno. Nesta estação as massas Tropicais Continentais, tornam-se mais ativas quando ocorrem os bloqueios atmosféricos, fazendo com que as frentes polares, fiquem estacionadas no Rio Uruguai e sul do Rio Grande do Sul. No outono são observadas as primeiras entradas de massas polares, que provocam queda de temperatura, anunciando a chegada do inverno.

O outono é um período em que os bloqueios atmosféricos são mais freqüentes (Figura 30). De acordo com REX (1950), bloqueio é uma situação em que a propagação para leste é bloqueada pelo desenvolvimento de um anticiclone quase estacionário de grande amplitude. Quando esta alta se estabelece, torna-se persistente e impede a propagação dos sistemas frontais. A região onde a alta de bloqueio atua é caracterizada por céu livre de nebulosidade e a temperatura se mantém acima da normal. Segundo TITARELLI (1972), esta situação caracteriza os veranicos de maio, períodos relativamente quentes que afetam o sul do país.

A influência de um bloqueio no Rio Grande do Sul depende da posição do anticiclone semi-fixo. Quando este estiver mais para oeste, vindo do Oceano Pacífico, ocorrem chuvas intensas no Estado. Estudo realizado por CASARIN (1983), mostra que a freqüência máxima de bloqueios no Rio Grande do Sul ocorre no outono e o mínimo ocorre no inverno e na primavera.

O máximo de pluviosidade em Uruguaiana, Alegrete e Santana do Livramento, está associado ao fato de que nesta época do ano, os sistemas frontais iniciam um deslocamento mais continental e estas estações situadas mais ao sul são as primeiras a

serem invadidas pelas frentes frias. Nestas áreas além dos sistemas frontais chegarem primeiro, ficam bloqueados pela atuação da massa Tropical ao norte, oscilando mais freqüentemente entre o rio da Prata (norte do Uruguai) e o sul do Rio Grande do Sul. O que resulta na ocorrência de chuvas contínuas que chegam a durar, em algumas vezes, mais de uma semana, favorecendo volumes significativas de chuva.

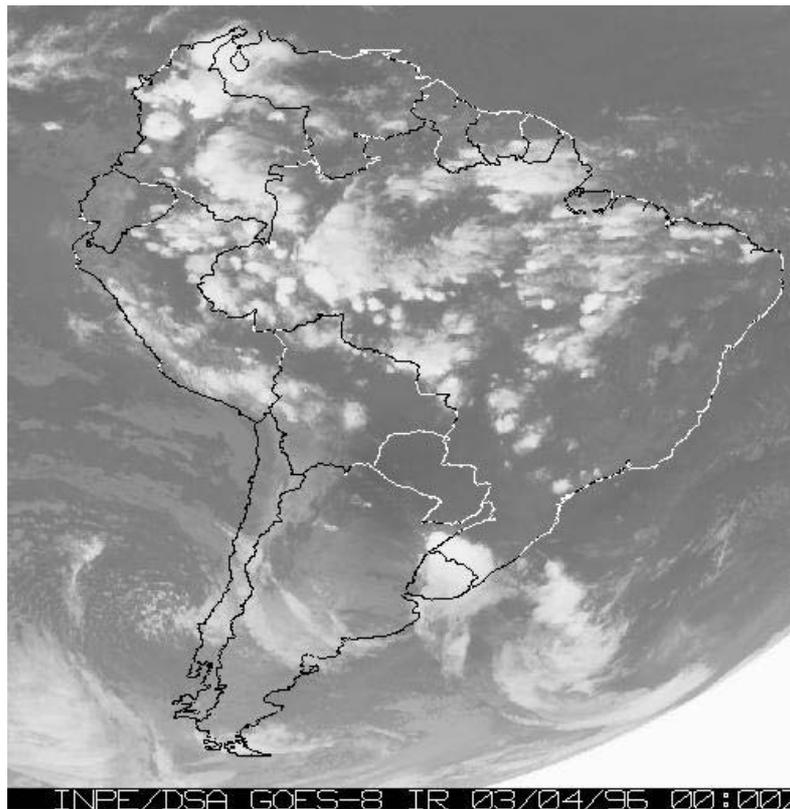


Figura 35 – Situação de bloqueio atmosférico no Rio Grande do Sul.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de uma análise de médias de valores totais de precipitação pluviométrica, os objetivos almejados deste trabalho foram alcançados de forma satisfatória.

A pluviosidade nas estações meteorológicas amostradas varia em escalas de tempo interanuais, anuais e sazonais.

Na escala de tempo interanual observou-se uma forte influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) nos valores máximos e mínimos de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. O El Niño ocorreu em 53% e La Niña ocorreu em 22% dos anos no período 1967-1998. O ENOS influencia também na intensidade dos sistemas atmosféricos de mesoescala que atuam no Estado.

Nos anos caracterizados pelo El Niño, os totais anuais médios do Rio Grande do Sul estiveram em torno ou acima de 1500 mm anuais. Os maiores totais foram registrados em anos de El Niño forte 1982/1983 e 1997/1998, totais de 1750 mm e acima de 2000 mm, respectivamente. No mesmo período (1967-1998) 47% dos anos, foram considerados normais ou de La Niña e apresentaram totais pluviométricos inferiores ou pouco superiores a 1500 mm, exceto nos anos de 1980, 1984 e 1990 (normais) e 1996 (La Niña).

Na escala de tempo anual duas regiões principais podem ser identificadas em relação aos valores totais. No norte do Estado chove mais que no sul. Os sistemas atmosféricos que atuam associados com a orografia, explica a maior pluviosidade no norte do Estado. Nesta região atuam no verão sistemas de origem tropical, enquanto o sistema frontal tende a ficar estacionário ou desviar para o oceano na altura de Porto Alegre. Deste modo observa-se que na região norte do Estado o clima apresenta características de subtropical úmido das costas orientais, enquanto a porção sul aproxima-se das características do subtropical mediterrâneo.

Estudando a variabilidade sazonal, foram observados no Rio Grande do Sul quatro sub-regiões com valores de pluviosidade total semelhantes. Durante o inverno,

chove mais na sub-região do litoral e no centro-sul, sendo responsável pela pluviosidade o sistema atmosférico frontal.

Durante a primavera, chove mais na sub-região noroeste do Rio Grande do Sul, onde dominam os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's).

No verão chove mais na sub-região nordeste do Estado atingida por chuvas convectivas associadas às Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

No outono chove mais na sub-região sudoeste do Estado e o sistema dinâmico mais influente é o bloqueio atmosférico.

Poucas informações sobre a influência do relevo nos valores totais de precipitação pluviométrica puderam ser inferidas neste trabalho. O relevo do Rio Grande do Sul caracterizado por superfícies e formas simples não parece determinar grandes diferenciações na variabilidade anual da precipitação pluvial, a não ser em função da altitude. Essa influencia ficou mais evidente nas estações de Caxias do Sul e Cruz Alta no inverno e na estação de Bom Jesus também no verão, uma vez que situadas ao norte apresentam totais pluviais superiores àquelas situadas ao sul, com baixas altitudes. Nestas estações a altitude é responsável pela intensificação das precipitações frontais e também convectivas, no caso de Bom Jesus.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para possibilitar maiores conclusões sobre interações entre pluviosidade, relevo e sistemas atmosféricos é necessário:

- Mais dados pluviométricos de estações meteorológicas que não foram disponibilizados e analisados neste trabalho;
- Dados altimétricos detalhados do relevo do Rio Grande do Sul;
- Depois de disponibilizados os dados acima, fazer análise estatística multivariada básica e completa destes dados. Isto possibilitará achar relações da precipitação pluvial com diversas outras variáveis estatísticas, como o relevo.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, F. F. M. O planalto basáltico da bacia do Paraná. *Boletim Paulista de Geografia*, São Paulo (24), p. 3-34, outubro 1956.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; GONÇALVES, H. M. Relação entre o rendimento de grãos da soja e variáveis meteorológicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 27, n. 5, p. 695-702, 1992.

BONO, L.; SCHAFER, G.; AVILA, A. M. H. Classificação da precipitação pluvial anual do Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 8, 1993, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Imprensa Universitária, 1993, p. 15.

BRANDÃO, A. M. P. M.; LUCENA, A. J. Tendência do clima no Centro-Sul das normais climatológicas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. MUDANÇAS GLOBAIS E ESPECIFICIDADES CLIMÁTICAS REGIONAIS E LOCAIS: AVANÇOS E DESAFIOS DA CLIMATOLOGIA CONTEMPORÂNEA, 5, 2002, Curitiba. [CD ROM].

CARVALHO, P. F. Reconhecimento geológico no Estado do Rio Grande do Sul. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico*, Rio de Janeiro, v: 66, p. 1-72, 1952.

CASARIN, D. P. *Um estudo obsevacional sobre os sistemas de bloqueio no Hemisfério Sul*. Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2638 - TDL/114, 1983.

CAVALCANTI, I. F. *Casos de intensa precipitação nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil no período de inverno de 1979 a 1983*. Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 3743, RPE/498, 1985.

CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. Geocologia: o clima, os solos e a biota In: ROSS, J. et. al. *Geografia do Brasil*. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1995. 546p. P. 69-207.

CONTI, J. B. Climatologia geográfica e educação ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. CLIMA E AMBIENTE (SUSTENTABILIDADE, RISCOS, IMPACTOS), 4, 2000, Rio de Janeiro. [CD ROM].

CUNHA, G. R. La Niña e a agricultura no sul do Brasil, (s/d). Acesso em: 08/06/2003.

Disponível em:

<<http://www.cnpt.embrapa.br/agromet.htm>>.

DELANEY, P. J. V. Fisiografia e geologia de superfície da planície costeira do Rio Grande do Sul. *Publicação Especial da Escola de Geologia*, Porto Alegre, v. 6, p. 1-105, 1965.

DIAS, M. S. Sistema de mesoescala e previsão de tempo a curto prazo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 2, 1987.

DIAS, P. L. S.; MARENGO, J. A. Águas atmosféricas. In: REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. *Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo, 2002, p. 65-116.

DIAZ, A.; STUDZINSKI, C. D.; MECHOSO, C. R. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and Southern Brazil and sea surface temperature the Pacific and Atlantic Oceans. *Journal of Climate*, v. 11, n. 2, p. 251-271, 1998.

FERNADES, K. A.; SATYAMURTY, P. Cavados invertidos na Região Central da América do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 8 e CONGRESSO LATINO-AMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGIA, 2, 1994, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte, 1994, v. 2.

FONZAR, B. C. A circulação atmosférica na América do Sul. Os grandes sistemas planetários e subsistemas regionais que atingem o continente: localização e trajetórias. *Caderno de Geociências*, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, v. 11, p. 11-33, 1994.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 127-132, 1997.

GAN, M. A.; RAO, V. B. Surface cyclogenesis over South America. *Mon. Weather Rev.*, 119, 1991.

GAN, M. A. Vórtices ciclônicos de altos níveis. Sistemas e ciclones extratropicais. *IV Curso de Interpretação de Imagens e Análise Meteorológica*, Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995.

GRIMM, A. M.; TELEGINSKI, S. E.; COSTA, S. M. S.; FERLIZI, P. G.; GOMES, J. Anomalias de precipitação no sul do Brasil em eventos de El Niño. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9, OS BENEFÍCIOS DAS MODERNAS TÉCNICAS DE PREVISÃO DE TEMPO E CLIMA PARA AS ATIVIDADES SÓCIO-ECONÔMICAS, 1996, Campos do Jordão. *Anais...* Campos do Jordão, 1996, v. 2, p. 1098-1102.

GUEDES, R. L. *Condições de grande escala associadas a sistemas convectivos de mesoescala sobre a Região Central da América do Sul*. São Paulo, 1985. Dissertação de Mestrado – Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo.

HALPERT, M. S.; BELL, G. D.; KOUSKY, V. E.; ROPELEWSKI, C. Climate assessment for 1995. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 77, n. 5, 1996.

HERRMANN, M. L. P.; ROSA, R. O. Relevô. In: FURLANETTO, D. A. et. al. *Geografia do Brasil: Região Sul*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1990. V. 2, 420p. P. 55-84.

HOFFMANN, G. R.; AREND, L. M.; SILVEIRA, J. C. B.; BELLOMO, H. R.; NUNES, J. L. M. *Rio Grande do Sul: Aspectos da Geografia*. 4ª edição, Martins Livreiro, Porto Alegre, 1997, 104p.

INAZAWA, E. E. *Modelagem numérica da interação entre jatos subtropical e sistemas frontais em baixos níveis nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil*. São Paulo, 1997, 71p. Dissertação de Mestrado - Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo.

JUSTUS, J. O.; MACHADO, M. L. A.; FRANCO, M. S. M. Geomorfologia. In: *Levantamento de Recursos Naturais: Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1986. V. 33, 791p. P. 313-404.

LEMOS, C. F., CALBETE, N. O. Período de tempo que os sistemas frontais atuaram entre a cidade de Porto Alegre e Rio de Janeiro (período 1988-1993). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. BRASÍLIA, 10, 1998, Distrito Federal. *Anais...* Distrito Federal, 1998.

MENDONÇA, M. *A dinâmica têmporo-espaial do clima subtropical na região conurbada de Florianópolis / SC*. São Paulo, 2002, 343p. Tese de Doutorado - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

MONTEIRO, C. A. *Geografia Regional do Brasil – Região Sul*. Série Biblioteca Brasileira, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, tomo 1, cap. 3, p. 117-169, 1963.

MONTEIRO, C. A. *A frente polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada Sul-Oriental do Brasil*. São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1969, 68p.

MONTEIRO, C. A.; MARKUS, E.; GOMES, K. M. F. Comparação da pluviosidade nos Estados de São Paulo e Rio Grande do Sul nos invernos de 1957 e 1963. *Climatologia (3)*. IG-USP, 10p., 1971.

MONTEIRO, M. A.; FURTADO, S. M. O clima do trecho Florianópolis – Porto Alegre: uma abordagem dinâmica. *Revista do Departamento de Geociências – GEOSUL*, Florianópolis, n. 19/20, p. 117-133, 1995.

MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. *Revista do Departamento de Geociências – GEOSUL*, Florianópolis, v. 16, n. 31, p. 69-78, 2001.

NERY, T. J. *Estudio climático de la precipitación del Brasil Meridional asociados com extremos extrarregionales*. Buenos Aires- Argentina, 1996. Tese de Doutorado.

NETTO, A. C. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. C. *Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2ª edição, 1995.472p. Cap. 3, p. 93-148.

NERY, J. T.; MARTINS, M. L. O. F.; VARGAS, M. W. Variabilidade interanual da precipitação do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 12, n. 1, p. 49-62, 1997.

NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. 2ª edição, Rio de Janeiro, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989, 422p.

NIMER, E. Clima. In: FURLANETTO, D. A. et. al. *Geografia do Brasil: Região Sul*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1990. V. 2, 420p. P. 151-187.

OLIVEIRA, A. S. *Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia*. São José dos Campos, 1986, 134p. Dissertação de Mestrado - Instituto de Pesquisas Espaciais.

Organisation Météorologique Mondiate (O. M. M.). *Vocabulaire Météorologique* . Gêneve, Edition Provisoire, 1959.

RAO, V. B.; HADA, K. Characteristic of rainfall over Brazil: annual variations and connections with the southern oscillation. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 42, p. 81-91, 1990.

REX, D. F. Bloing action in the middle troposphere and it's effect upon regional climate. *Tellus*, Parte I, Parte II, v. 2, 1950.

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

SARTORI, M. G. B.; KEGLER, L. L.; ALMEIDA, A. P.; MISSIO, L. R. Análise temporal da pluviometria na região de Santa Maria no período de 1913 a 2000. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. MUDANÇAS GLOBAIS E ESPECIFICIDADES CLIMÁTICAS REGIONAIS E LOCAIS: AVANÇOS E DESAFIOS DA CLIMATOLOGIA CONTEMPORÂNEA, 5, 2002, Curitiba. [CD ROM].

SERRA, A. Anos secos e chuvosos no Rio Grande do Sul. *Boletim Geográfico*, Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, n. 212, ano 28, 1969.

SEVERO, D. L. *Estudo de casos de chuvas intensas em Santa Catarina*. São José dos Campos, 1994, 90p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

SEVERO, D. L., GAN, M. A., FERREIRA, N. J. Estudo de um caso de chuvas intensas associado a enchentes na Região do Vale do Itajaí, em Santa Catarina. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 8, 1994, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte, 1994. P. 561-564, 1994.

SILVA, P. R.; AZEVEDO, P. V.; CEBALLOS, R. C. Incidência de El Niño – Oscilação Sul sobre a precipitação no Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 7, 1992, São Paulo. *Anais...* São Paulo, 1992.

STUDZINSKI, C. D. *Um estudo da precipitação na Região Sul do Brasil e sua relação com os oceanos Pacífico e Atlântico Tropical e Sul*. São José dos Campos, 1995, 87p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

TAVARES, A. C. A análise da distribuição das precipitações associadas às calhas induzidas no Estado de São Paulo. Publicação do Instituto de Geografia (IGOG) da Universidade de São Paulo. *Série Climatologia*, São Paulo, n. 12, 1981.

TERACINES, E. B. Impactos econômicos do El Niño 97/98 na produção agrícola brasileira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. CLIMA E AMBIENTE (SUSTENTABILIDADE, RISCOS, IMPACTOS),.4, 2000, Rio de Janeiro. [CD ROM].

TITARELLI, A. H. V. A onda de frio de abril de 1971 e sua repercussão no Espaço Geográfico Brasileiro. Publicação do Instituto de Geografia (IGEOG) da Universidade de São Paulo. *Série Climatologia*, São Paulo, n. 04, 1972.

VALVERDE, O. Planalto Meridional do Brasil. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE GEOGRAFIA, 18, 1957, Rio de Janeiro. Guia de excursão n. 09, Conselho Nacional de Geografia, 1957, 340p.

VELASCO, I.; FRITSCH, J. M. Mesoscale convective complexes in the Americas. *Journal Geophysical Research*,. 92, D8, p. 9591-9613, 1987.