

**COMPORTAMENTO DOS SISTEMAS FRONTAIS NO
ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL DURANTE OS
EPISÓDIOS ENOS**

BRUNO DIAS RODRIGUES

Orientadora: Prof. Dr^a. Rita de Cássia Marques Alves

Porto Alegre (RS), Outubro de 2015

BRUNO DIAS RODRIGUES

**Comportamento dos Sistemas Frontais no Estado do Rio Grande do Sul
durante os Episódios ENOS**

Dissertação submetida ao colegiado do Curso Pós-graduação em Sensoriamento Remoto como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Sensoriamento Remoto, área de concentração em Sensoriamento Remoto Aplicado a Meteorologia.

Orientadora: Rita de Cássia Marques Alves

Porto Alegre, RS, Brasil.

DEDICATÓRIA

A minha família

AGRADECIMENTOS

Primeiramente aos meus pais, Ester Berchon e Luiz Cleimar Rodrigues, pela dedicação que tiveram sempre em todos os momentos da minha vida para que eu vencesse todos os obstáculos. Agradeço também pela educação que me proporcionaram e pelas palavras de superação que me encorajaram diante das adversidades. Ao meu irmão, Tiago Rodrigues por me apoiar inúmeras vezes, sempre que precisei e ainda, a minha tia Rosa Lúcia por todo incentivo.

Ao apoio da minha Orientadora, professora e amiga Rita de Cássia Marques Alves, pela oportunidade concedida para realizar este trabalho e pelo seu comprometimento para comigo, por me incentivar e acreditar em mim.

Aos professores Dr. André Becker Nunes, Dr^a.Meiry Sakamoto e a Dr^a Eliana Klering pela disponibilidade em avaliar este trabalho e por ter aceito o convite de participar desta banca.

Aos meus amigos e colegas de Laboratório e Pós-Graduação, Ricardo Mollmann e Vilson Ávila, pelo convívio familiar que levarei sempre comigo, pelas discussões em prol do meu crescimento profissional e, não menos, pela ajuda, paciência e por me estenderem a mão diante de quaisquer circunstâncias.

Ao amigo e colega, Gabriel Munchown pela acolhida neste ambiente de trabalho e pelo auxílio em meio as minhas necessidades.

Aos colegas do LMQA, pela amizade que fiz e a secretaria do ppgsr por não medir esforços a tudo que precisei.

Aos colegas da Pós-Graduação, Diniz, Thiago Diniz, Luiz Fernando e Mauro Nóbrega por me auxiliarem com seus conhecimentos e pela amizade construída.

A Sheila Costa e Silva, pela sua fidelidade nas horas em que precisei me dedicar para este trabalho, pelas energias positivas e pela paciência para comigo. A CAPES, pelo auxílio financeiro que me permitiu elaborar este trabalho.

EPÍGRAFE

“Quem vence sem riscos triunfa sem glória. Quem vence sem glória triunfa sem lágrimas. Quem vence sem lágrimas triunfa sem humildade. Quem vence sem humildade triunfa sem valorizar seus pares e nem a labuta da jornada”.

Augusto Cury

RESUMO

Este estudo teve por finalidade investigar a frequência e intensidade dos Sistemas Frontais (SF) avaliando-os com os episódios ENOS (El Niño Oscilação Sul) para o período da Primavera (SON) de 2000 a 2010 sobre o Estado do Rio Grande do Sul (RS). As análises mostraram que os anos em que se tem a menor ocorrência de SF estão associados principalmente a eventos de La Niña Fraco e Neutralidade. Em contrapartida, um número maior de Sistemas Frontais foi verificado com relação aos episódios de El Niño Moderado e Neutralidade. Especificamente, no que se refere à questão mensal, percebeu-se que no mês de Outubro há uma maior influência dos Sistemas Frontais do que em Setembro e Novembro. Outro fator pertinente e evidenciado deu-se pelas comparações entre o período escolhido (no qual não ocorreram eventos fortes) e os episódios de ENOS Fortes. Notou-se, neste caso, que não ocorreram variações impactantes no número de Sistemas Frontais, embora se tenha o conhecimento dos efeitos e alterações existentes nos padrões de circulação atmosférica devido à atuação dos fenômenos de escala interanual. Ainda, tendo a necessidade de ampliar a gama de entendimento, foi realizada uma abordagem com relação ao comportamento da precipitação em seis sub-regiões do Estado, onde se observou de forma geral, um aumento da precipitação em praticamente todas as áreas do RS, quando comparado com a média Histórica. Com isso, ressaltou-se que os volumes mensais abaixo da média Histórica estão ligados a episódios de Neutralidade. Já a normalidade do regime de precipitação, mostrou-se interligado em média para todas as regiões ao evento de El Niño e por último, as precipitações acima da normal climatológica estão mais presentes em condições de El Niño, mais especificamente de intensidade Moderada. Dentre as sub-regiões analisadas, destacou-se a parte Oeste do Estado por ter apresentado uma maior intensidade nos volumes de precipitação. Outro fator importante analisado foram os valores percentuais das precipitações derivadas dos sistemas frontais. Levando-se em conta a média das avaliações, verificou-se que as sub-regiões Sul e Sudoeste do Rio Grande do Sul são as mais influenciadas pelas passagens dos Sistemas Frontais, enquanto os menores impactos na precipitação

podem ser notados nas regiões Central e Norte do Rio Grande do Sul. Além disso, realizou-se um estudo de caso para avaliar o comportamento dos Sistemas Frontais em episódios de ENOS diferentes, nos campos de pressão atmosférica e temperatura do ar. Logo, averigou-se que em um ano de Neutralidade, as passagens de SF sobre o Estado costumam ser mais prolongadas em sua duração de tempo, permanecendo mais dias, com algumas variações significativas nos campos meteorológicos observados. Enquanto para um ano referente à condição de El Niño Moderado, os Sistemas Frontais possuem, na maioria dos casos, uma duração de tempo menor, conseqüentemente com menores variações na temperatura e pressão.

Palavras chaves: ENOS, Sistemas Frontais, Precipitação.

ABSTRACT

This study aimed to investigate the frequency and intensity of the frontal systems (FS) evaluating them with respect to the episodes of El Niño – South Oscillation (ENSO) for the spring season (SON) from 2000 to 2010, over the state of Rio Grande do Sul (RS - Brazil). The analysis showed that the years having a smaller incidence of SF are mainly associated to events of weak La Nina and neutrality. In contrast, a larger number of frontal systems were observed with respect to episodes of moderate El Nino and neutrality. Specifically with relation to the monthly aspect, it was noticed that there is a major influence of the frontal systems in October than in September and November. Another inherent and evidenced factor was given by the comparisons between the selected period (with no occurrence of strong events) and the Strong ENSO episodes. In this case it was noticed that there has not occurred impacting variations in the number of frontal systems although the effects and changes of the atmospheric circulation patterns due to the action of the interannual scale phenomena are known. Further, to enlarge the range of understanding, it was made one approach relating to the precipitation behavior in six sub regions of the state where in general it was observed an increase in the precipitation almost in all areas of the RS when compared to the historic average. Thus, the monthly volumes below the historic average are linked to neutral episodes. Otherwise, the normal precipitation regime, on average, was proved to be interconnected for all regions to the event El Niño, and finally the rainfall above the climatology are more common in El Niño conditions, specifically with Moderate intensity. In this manner, considering the analyzed sub regions, the west part of the state has presented a higher intensity of precipitation volumes. Another important factor analyzed were the percentage values of rainfall derived from frontal systems. Taking into account the average of the evaluations, it was found that the South and southwest sub-region of Rio Grande do Sul is the most influenced by passages from the SF, while smaller impacts on precipitation can be noticed in the Central and North regions. In addition, it was realized a case study to evaluate the behavior of frontal systems in different episodes of ENSO, with respect to the fields of atmospheric pressure and air temperature.

Thus, it was found that in a year of neutrality, the frontal systems crossings on the state tend to be more prolonged, remaining more days, with some significant variations in the observed meteorological fields. While for a year related to the condition of Moderate El Nino the frontal systems have, in most cases, a shorter duration, thus with minor variations in temperature and pressure.

Key Words: ENSO, Frontal System, Precipitation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação da circulação em condições de EN.....	6
Figura 2 - Representação da circulação em condições de LN.....	6
Figura 3 – Região de atuação dos Índices Niño (Áreas do Oceano Pacífico Tropical conhecidas como Niños 1+2, 3, 3.4, 4. A região 3.4 abrange uma área de 5°N-5°S e 120°W-170W).....	7
Figura 4 – Principais sistemas atuantes na AS em baixos e altos níveis da troposfera.....	12
Figura 5a - Sistema Frontal Clássico no Hemisfério Sul.....	14
Figura 5b - Representação de um Sistema Frontal em uma carta Sinótica de Superfície no Hemisfério Sul.....	14
Figura 6 - Padrão esquemático da atuação dos sistemas Frontais com convecção tropical e suas posições latitudinais: a)40°-35°S; b)35°-25°S; c)25°-20°S; d)ao norte de 20°S.....	16
Figura 7 – Representação da posição dos Satélites GOES-10 e GOES-8.....	21
Figura 8 (a, b) – Presença de um SF sobre o RS no dia 12/10/2009 as 1500Z e 2100Z.....	21
Figura 9 – Representação das regiões homogêneas para o estado do Rio Grande do Sul com base no método de agrupamento utilizado por Marques (2005).	25
Figura 10 – Distribuição dos municípios com Estações Meteorológicas do INMET no RS.....	26
Figura 11 – Frequência Trimestral (SON) de Sistemas Frontais atuantes sobre o RS de 2000-10 para o período da Primavera (SON).....	32
Figura 12 - Pesquisas referentes ao período da Primavera em anos distintos e áreas diferentes.....	33

Figura 13 - Número de Sistemas Frontais atuantes sobre o RS de 2000-10 para o período da Primavera (SON).....	34
Figura 14 – Número médio de Sistemas Frontais atuantes sobre o RS de 2000-10 para o período da Primavera (SON).....	35
Figura 15 - Média mensal de Sistemas Frontais observada por alguns autores em suas pesquisas.....	35
Figura 16 – Número dos Sistemas Frontais em meses da Primavera (SON) em eventos de El Niño Forte e Moderado.....	36
Figura 17 – Número dos Sistemas Frontais em meses da Primavera (SON) em eventos de La Niña Forte e Moderado.....	37
Figura 18a – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Setembro nos municípios de Pelotas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar.....	40
Figura 18b – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Outubro nos municípios de Pelotas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar.....	40
Figura 18c – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Novembro nos municípios de Pelotas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar.....	41
Figura 19 – Média Histórica para os meses de SON nos municípios de Pelotas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar.....	41
Figura 20a – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Setembro nos municípios de Encruzilhada do Sul e Porto Alegre.....	44
Figura 20b – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Outubro nos municípios de Encruzilhada do Sul e Porto Alegre.....	44
Figura 20c – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Novembro nos municípios de Encruzilhada do Sul e Porto Alegre.....	45
Figura 21 – Média Histórica para os meses de SON nos municípios de Encruzilhada do Sul e Porto Alegre.....	45

Figura 22a – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Setembro nos municípios de Uruguaiiana, Bagé e Santana do Livramento.....	48
Figura 22b – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Outubro nos municípios de Uruguaiiana, Bagé e Santana do Livramento.....	48
Figura 22c – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Novembro nos municípios de Uruguaiiana, Bagé e Santana do Livramento.....	49
Figura 23 – Média Histórica nos anos de 2000-10 para os meses de SON nos municípios de Uruguaiiana, Bagé e Santana do Livramento.....	49
Figura 24a – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Setembro nos municípios de Cruz Alta, Santa Maria, Iraí e São Luiz Gonzaga.....	52
Figura 24b – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Outubro nos municípios de Cruz Alta, Santa Maria, Iraí e São Luiz Gonzaga.....	52
Figura 24c – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Novembro nos municípios de Cruz Alta, Santa Maria, Iraí e São Luiz Gonzaga.....	53
Figura 25 – Média Histórica para os meses de SON nos municípios de Cruz Alta, Santa Maria, Iraí e São Luiz Gonzaga.....	53
Figura 26 – Precipitação nos anos de 2000-10 para os meses SON no município de Passo Fundo.....	56
Figura 27 – Média Histórica para os meses de SON no município de Passo Fundo.....	56
Figura 28a – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Setembro nos municípios de Bento Gonçalves, Bom Jesus, Caxias do Sul, Lagoa Vermelha e Torres.....	59
Figura 28b – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Outubro nos municípios de Bento Gonçalves, Bom Jesus, Caxias do Sul, Lagoa Vermelha e Torres.....	59

Figura 28c – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Novembro nos municípios de Bento Gonçalves, Bom Jesus, Caxias do Sul, Lagoa Vermelha e Torres.....	60
Figura 29 – Média Histórica para os meses de SON nos municípios de Bento Gonçalves, Bom Jesus, Caxias do Sul, Lagoa Vermelha e Torres.....	60
Figura 30 – Porcentagem de eventos ENOS para a condição de precipitação abaixo da média.....	61
Figura 31 – Porcentagem de eventos ENOS para a condição de normalidade de precipitação média.....	62
Figura 32 – Porcentagem de eventos ENOS para a condição de precipitação acima da média.....	62
Figura 33 – Média das regiões relativas à porcentagem de eventos ENOS para as condições de precipitação abaixo, normal e acima da média.....	63
Figura 34 (a, b) – Imagem de Satélite do canal IR referente aos dias 04/10/2008, 12/10/2008 as 2100Z, 2100Z	64
Figura 34c – Imagem de Satélite do canal IR referente ao dia e 21/10/2008 as 2115Z.....	65
Figura 35 – Representação das variáveis meteorológicas Temperatura em °C (925hPa) e PNM (hPa) na região R1 compreendida pelos municípios de Santa Vitória do Palmar e Rio Grande	66
Figura 36 – Representação das variáveis meteorológicas Temperatura em °C (925hPa) e PNM (hPa) na região R3 compreendida pelos municípios de Bagé e Uruguaiana.....	66
Figura 37 (a, b, c) - Imagem de Satélite do canal IR referente aos dias 05/10/2009, 11/10/2009 e 14/11/2009 as 2100Z.....	67
Figura 38 – Comportamento da Temperatura e PNM no mês de Outubro de 2009 (EN Moderado) para a região R1 compreendida pelos municípios de Santa Vitória do Palmar e Rio Grande.....	69

Figura 39 – Comportamento da Temperatura e PNM no mês de Outubro de 2009 (EN Moderado) para a região R3 compreendida pelos municípios de Bagé e Uruguaiana.....69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da intensidade dos eventos ENOS.....	8
Tabela 2- Relação da intensidade de EN e LN nos anos apresentados.....	9
Tabela 3- Comportamento trimestral do ION.....	30
Tabela 4 - Intensidade do fenômeno ENOS para o trimestre SON 2000-10.....	31
Tabela 5 - Relação do comportamento da precipitação e os episódios ENOS para os anos de 2000-10, região R1.....	39
Tabela 6 - Relação do comportamento da precipitação e os episódios ENOS para os anos de 2000-10, região R2.....	43
Tabela 7- Relação do comportamento da precipitação e os episódios ENOS para os anos de 2000-10, região R3.....	47
Tabela 8 - Relação do comportamento da precipitação e os episódios ENOS para os anos de 2000-10, região R4.....	51
Tabela 9 - Relação do comportamento da precipitação e os episódios ENOS para os anos de 2000-10, região R5.....	55
Tabela 10 - Relação do comportamento da precipitação e os episódios ENOS para os anos de 2000-10, região R6.....	58

LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

AMJ – Abril-Maio-Junho

AS - América do Sul

BAG – Bagé

BCH – Baixa do Chaco

BG – Bento Gonçalves

BJ – Bom Jesus

CA – Cruz Alta

CCM – Complexos Convectivos de Mesoescala

CPC – Climate Prediction Center

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

CX - Caxias do Sul

EN – El Niño

ENOS - El Niño Oscilao Sul

ENZ – Encruzilhada do Sul

FF – Frente Fria

FQ – Frente Quente

GEOS-5 - Goddard Earth Observing System Model – Versão 5

GOES - Geostationary Operational Environmental Satellite

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ION – ndice Oceânico do Nio

IOS - Índice de Oscilação Sul

IR – Infrared

IRA - Iraí

JAS – Junho-Agosto-Setembro

JFM – Janeiro-Fevereiro-Março

JST - Jato Subtropical

LI - Linhas de Instabilidade

LN – La Niña

LV – Lagoa Vermelha

MARH - Método de Agrupamento de Regiões Homogêneas

MERRA - Modern Era-Retrospective Analysis for Research and Applications

NASA - National Aeronautics and Space Administration

NCAR - National Center for Atmospheric Research

NCEP - National Centers for Environmental Prediction

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration

OND – Outubro-Novembro-Dezembro

PEL – Pelotas

PF – Passo Fundo

PNM - Pressão ao Nível Médio do Mar

POA – Porto Alegre

RG – Rio Grande

RS - Rio Grande do Sul

R1 – Região 1

R2 – Região 2

R3 – Região 3

R4 – Região 4

R5 – Região 5

R6 – Região 6

SC – Santa Catarina

SCM – Sistemas Convectivos de Mesoescala

SF - Sistemas Frontais

SLG – São Luiz Gonzaga

SLV – Santana do Livramento

SM – Santa Maria

SON - Setembro-Outubro-Novembro

SVP – Santa Vitória do Palmar

TOR - Torres

TSM - Temperatura da Superfície do Mar

URU - Uruguaiana

ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS).....	4
2.2 Precipitação Associada aos Episódios ENOS no Rio Grande do Sul.....	9
2.3 Principais Sistemas Causadores de Precipitação no RS.....	11
2.4 Sistemas Frontais (SF).....	13
2.5 Estudos e avaliações relacionados aos Sistemas Frontais.....	16
2.6 Utilização de Imagens de Satélite.....	20
2.6.1 Escolha do Satélite GOES.....	20
2.6.2 Canal Infravermelho (IR).....	22
2.7 Utilização de dados de Reanálise MERRA.....	23
2.7.1 MERRA (Modern Era-Retrospective Analysis For Research And Applications).....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 Área de Estudo.....	24
3.2 Período de Estudo.....	27
3.3 Métodos.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
4.1 Número de Sistemas Frontais de 2000 a 2010.....	29
4.2 Intensidade da precipitação e comportamento dos episódios ENOS em diferentes regiões no RS.....	38
4.2.1 Região R1 - SON – 2000 a 2010.....	38
4.2.2 Região R2 - SON – 2000 a 2010.....	42
4.2.3 Região R3 - SON – 2000 a 2010.....	46
4.2.4 Região R4 - SON – 2000 a 2010.....	50
4.2.5 Região R5 - SON – 2000 a 2010.....	54
4.2.6 Região R6 - SON – 2000 a 2010.....	57
4.3 Identificação de SF e as avaliações do comportamento dos SF em episódios diferentes.....	64
4.3.1 Análise de eventos no mês de Outubro de 2008 (SON) – Neutralidade	64

4.3.2 Análise do mês de Outubro de 2009(SON) – EN Moderado.....	67
5. CONCLUSÃO.....	70
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
APÊNDICE A.....	78
APÊNDICE B.....	86

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que os diversos sistemas meteorológicos de tempo e clima sofrem influências significativas quando relacionados ao comportamento de fenômenos oceano-atmosféricos. Baseando-se nessa questão e, mais especificamente no que se refere às alterações relacionadas aos padrões de aquecimento e resfriamento das águas do Oceano Pacífico central, diversos estudos comprovam o quão impactante vem sendo a atuação de tais eventos com relação à frequência e intensidade dos sistemas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, bem como na parte Sudoeste da América do Sul (AS), conforme Grimm et al. (1998).

Para o caso do Estado do Rio Grande do Sul (RS), considera-se que ao longo dos anos, essa região sofra em termos da variabilidade de precipitação durante o período da Primavera. Torna-se assim, necessário aprofundar o conhecimento atrelado a este assunto, indiscutivelmente, pela passagem dos sistemas meteorológicos transientes os quais predominam sobre o Estado. Alterações no campo das circulações atmosféricas são de fato perceptíveis, podendo interferir muitas vezes nos aspectos locais. Do ponto de vista social, alguns setores podem ser mais afetadas com essas mudanças que ocorrem interanualmente, como é o caso da agricultura, que pode ter um acréscimo ou déficit na produção. Além disso, cabe ressaltar os possíveis riscos de eventos extremos, por exemplo, quando se tem inundações e situações que fogem dos padrões de normalidade.

Ao investigar a relação do El Niño Oscilação Sul (ENOS) e a precipitação, Diaz et al. (1998), constatou em sua análise que há uma correlação pertinente, averiguando que o ENOS é um fator o qual potencializa as forçantes atmosféricas nas regiões Sul e Sudeste, e conseqüentemente os principais sistemas de tempo, como por exemplo: os Sistemas Frontais (SF) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Tendo em vista que o ENOS interfere no comportamento dos sistemas e diante da necessidade de verificar as conexões envolvendo o fenômeno, alguns autores como Grimm et al. (1998) e Diaz et al.(1998) confirmaram que existe variação quanto à anomalia de precipitação. Fazendo referência a isso, esses autores levaram em conta dois fatores: as fases Negativa e Positiva da Oscilação Sul. Para o primeiro caso, relacionando ao El Niño (EN), têm-se primavera e inverno seguintes

ao início do evento, mais chuvosos. Enquanto a fase positiva, denominada La Niña (LN) produz um padrão oposto, apresentando, primaveras mais secas.

No que compete às avaliações dos Sistemas Frontais, determinados pesquisadores, dentre eles, Oliveira (1986) e Andrade e Cavalcanti (2004) elaboraram a climatologia sobre a AS para diferentes áreas de latitude e longitude, mostrando a configuração dos sistemas e seu comportamento temporal, em escala sazonal e interanual.

Embora em pesquisas passadas as observações dos SF tenham sido feitas a partir de técnicas de sensoriamento remoto, alguns fundamentos subjetivos foram aplicados para, de fato, comprovar a importância do estudo. Com isso, Lemos e Calbete (1996) observaram imagens de satélite e cartas sinóticas enquanto Cavalcanti e Kousky (2003) e Andrade (2005) utilizaram dados de reanálise do National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR), para analisar variáveis como temperatura, pressão e vento.

Assim, este trabalho tem por objetivo principal investigar a frequência e intensidade dos Sistemas Frontais na área correspondente a 27-35°S, na qual se localiza o Estado do Rio Grande do Sul (RS), a partir de imagens de satélite GOES na estação referente à Primavera (SON) durante os episódios ENOS para o período de 2000 a 2010. Além disso, utilizar um método para comprovar a passagem dos SF, analisando as variáveis Temperatura do ar e Vento Meridional em 925 hPa e Pressão ao Nível Médio do Mar (PNM), de acordo com os dados obtidos no MERRA (Modern Era-Retrospective Analysis for Research and Applications).

Quanto aos objetivos específicos, pretende-se:

- Analisar o comportamento da precipitação para as seis regiões sub-regiões do Rio Grande do Sul, tendo por base as normais climatológicas de precipitação e classificando os episódios ENOS para cada mês e ano.
- Determinar, nas regiões homogêneas, os valores percentuais de precipitação derivadas exclusivamente dos SF.
- Analisar o comportamento das variáveis Temperatura do Ar e Pressão Atmosférica

em episódios opostos do ENOS, de acordo com as sub-regiões estabelecidas no estudo, fazendo assim, um levantamento em geral para todo o RS.

Esta dissertação está organizada da seguinte forma: o capítulo 2 traz a Revisão Bibliográfica; o capítulo 3 descreve Material e Métodos utilizados; o capítulo 4 expõe os Resultados e Discussões; e por fim, o capítulo 5, são apresentadas as considerações finais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os temas apresentados nesta revisão bibliográfica dão ênfase a diversos tópicos de âmbito meteorológico. Desta forma, essa abordagem tem por finalidade apresentar diferentes estudos científicos relacionados ao comportamento climático do fenômeno de grande escala ENOS e do principal sistema meteorológico causador de precipitação no Estado do Rio Grande do Sul: os Sistemas Frontais, segundo Reboita et al.(2010).

2.1 Fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS)

Tendo por base diversos estudos nacionais e internacionais da literatura científica, considera-se o ENOS um fenômeno de grande escala, originado no Pacífico Equatorial, com características oceânico-atmosféricas, associadas às alterações dos padrões normais da TSM bem como dos ventos alísios na região correspondente ao oceano Pacífico Central. Visto tais considerações quanto a sua espacialidade, ou seja, sua região de atuação, cabe salientar que tal fenômeno influencia diretamente a variabilidade de tempo e clima de diversas regiões do mundo, sendo apontado como um mecanismo o qual atua para manter a estabilidade do clima global de longo prazo, quando se faz referência ao transporte de calor dos trópicos para latitudes mais altas.

De forma geral, diversos estudos relacionados ao ENOS foram abordados por diferentes pesquisadores mundialmente. Dentre eles, citam-se: Kousky et al.(1984), Ropelewski e Halpert (1987), Rao e Hada (1990), Grimm e Gomes (1996). Quanto a esse tipo de estudo na AS e, mais precisamente no Brasil, citam-se os seguintes autores: Kousky e Cavalcanti (1984), Karoly (1989), Cavalcanti e Gan (1992), Cavalcanti e Rao (1996), Berlato e Fontana (2003), dentre outros. Cabe ressaltar que tais estudos, fazem alusão à avaliação do comportamento de variáveis como precipitação, umidade e aos padrões de circulação atmosféricos associados à EN e LN, além dos pontos de vista associados à precipitação no Estado do RS. Isto posto, destacam-se alguns estudos a seguir.

Kousky (1984), analisando ENOS e a precipitação, encontrou um sinal de anomalia negativa nas regiões Nordeste e positiva no Sul do Brasil. Aliado a essa

constatação, explicou que as anomalias de precipitação sobre a AS estavam associadas ao deslocamento da célula de Walker, ao fortalecimento do Jato Subtropical e a um possível trem de ondas que se estende do Pacífico até o Sul da AS.

Ropelewski e Halpert (1987) confirmaram a existência de anomalia positiva de precipitação (assim como Kousky, 1984) associada à ocorrência do fenômeno ENOS baseando-se em observações.

Rao e Hada (1994) encontraram correlações satisfatórias entre as anomalias de precipitação e o IOS durante a primavera (SON).

Grimm (1992), através das indicações das funções de Green de um modelo barotrópico fundamentado na equação da vorticidade, evidenciou o fato de se ter anomalias positivas de precipitação durante ao Inverno, enquanto no período do verão observou anomalias negativas de precipitação.

Studzinski (1995) analisou em seu estudo, as precipitações no Sul e Sudeste do Brasil com as temperaturas dos oceanos Pacífico e Atlântico, concluindo que o ENOS possui papel crucial na variabilidade interanual das precipitações. Ao mesmo tempo, em relação à variabilidade das precipitações sazonais, verificou que ambos os oceanos são determinantes no verão, ressaltando que o oceano Pacífico influencia na estação do outono e inverno e o oceano Atlântico na estação da Primavera.

Visto isso, faz-se necessário conceituar as condições de EN (Figura 1) e LN (Figura 2). Define-se então que o primeiro deve-se ao aquecimento das águas simultaneamente à diminuição da pressão atmosférica no Pacífico Leste. Enquanto, o outro extremo é representado pela ocorrência do resfriamento das águas e um aumento na pressão atmosférica na região do Pacífico Leste (Berlato e Fontana, 2003).

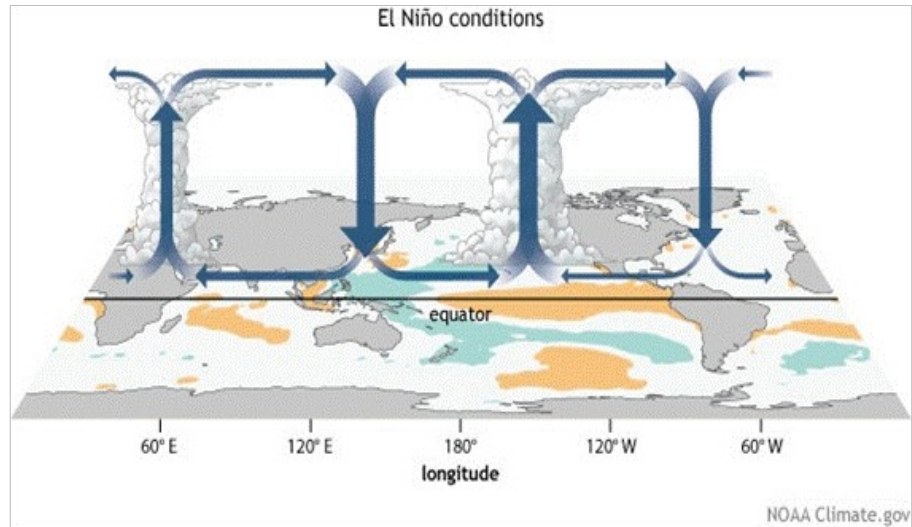


Figura 1 - Representação da circulação em condições de EN

Fonte: NOAA/NCEP/CPC

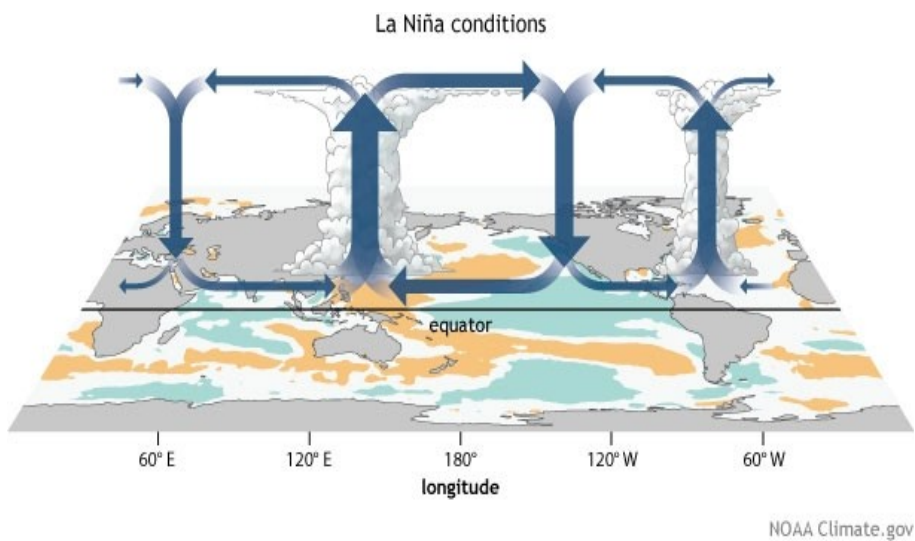


Figura 2 - Representação da circulação em condições de LN

Fonte: NOAA/NCEP/CPC.

Uma vez dado enfoque ao fenômeno ENOS, é preciso ter por conhecimento que o principal indicador para detectar episódios do fenômeno, é a TSM. Com base nessa variável, é feito o monitoramento do oceano Pacífico, através de regiões de Índice Niño (Figura 3). No entanto, destaca-se uma das regiões para se identificar os padrões de anomalia, sendo esta a região do Niño 3.4, a qual tem sua localização

próximo a costa oeste da AS, o que em coordenadas geográficas é representada pelos valores: 170° a 120°W longitude e de 5°N a 5°S de latitude. Salienta-se, ainda, que tal região possui um grau de importância maior pelo fato de apresentar altíssima correlação entre o IOS (Índice de Oscilação Sul) e a TSM, de acordo com Trenberth (1997). Logo, a principal medida de monitoramento, de avaliação e de previsão do ENOS é derivada da média das anomalias da TSM na região do Niño 3.4.

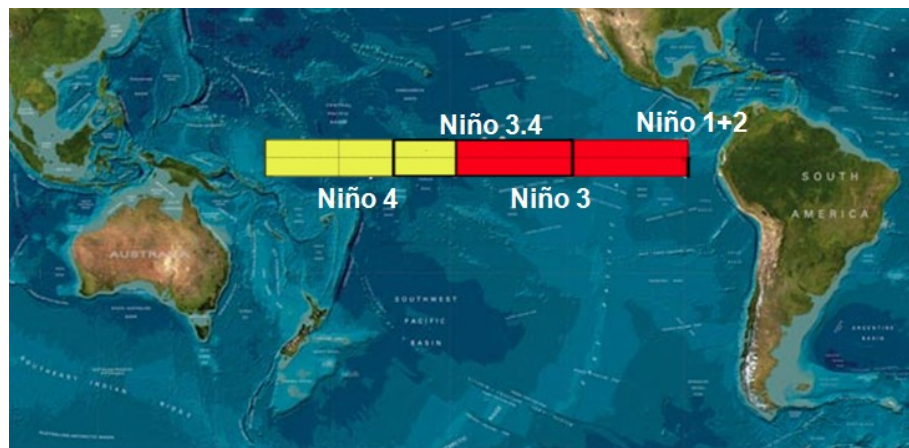


Figura 3 – Região de atuação dos Índices Niño (Áreas do Oceano Pacífico Tropical conhecidas como Niños 1+2, 3, 3.4, 4. A região 3.4 abrange uma área de 5°N-5°S e 120°W-170W)

Fonte: Adaptado NOAA/NCEP/CPC.

As definições operacionais do NOAA estabelecem a partir do ONI a classificação da intensidade tanto para EN quanto para LN (Tabela 1).

Tabela 1 – Classificação da intensidade dos eventos ENOS.

INTENSIDADE	EL NIÑO (+) / LA NIÑA (-)
FRACO	0,5 - 1
MODERADO	1 – 1,5
FORTE	=>1,5

Fonte: Adaptado NOAA.

Em se tratando da periodicidade, a transição entre EN e LN tende a ser mais rápida do que ao contrário. Para os episódios de EN, tem-se uma ocorrência a cada 3-5 anos e duração correspondente a 9-12 meses. Enquanto, para o caso de LN, o intervalo de ocorrência pode variar de 1-3 anos. No entanto, essa variabilidade se dá, evento a evento, de acordo com a intensidade de ambos os fenômenos. Frisa-se que a atuação do fenômeno inicia no começo do segundo semestre de um ano e termina no final do primeiro semestre do ano seguinte (Grimm et al., 2000; Berlato & Fontana, 2003; Berlato et al., 2005).

A relação dos eventos EN e LN é apresentada na Tabela 2, como forma de caracterizar a intensidade do fenômeno nos últimos anos.

Tabela 2 – Relação da intensidade de EN e LN nos anos apresentados.

EL NIÑO			LA NIÑA		
FRACO	MODERADO	FORTE	FRACO	MODERADO	FORTE
1952-53	1951-52	1957-58	1950-51	1955-56	1973-74
1953-54	1963-64	1965-66	1954-55	1970-71	1975-76
1958-59	1968-69	1972-73	1956-57	1998-99	1988-89
1969-70	1986-87	1982-83	1964-65	2007-08	1999-00
1976-77	1991-92	1987-88	1971-72		2010-11
2004-05	1994-95	1997-98	1974-75		
2006-07	2002-03		1983-84		
	2009-10		1995-96		
			2000-01		
			2005-06		
			2008-09		
			2011-12		

Fonte: Adaptado NOAA.

2.2 Precipitação Associada aos Episódios ENOS no Rio Grande do Sul

O regime de precipitação no RS, de acordo com as normais climatológicas, geralmente é caracterizado por volumes bem distribuídos na maioria das regiões e sub-regiões (Rao e Hada, 1990), exceto quando se tem fatores de escala global (macroescala) que possam modificar ou influenciar na dinâmica do comportamento

das chuvas.

Com a finalidade de investigar as possíveis anomalias na distribuição dos totais de precipitação durante os episódios ENOS, alguns autores apresentaram estudos para o Estado do Rio Grande do Sul.

Fontana e Berlato (1997) voltados para os estudos relacionados às análises agrometeorológicas utilizaram uma base de dados correspondente às séries históricas de 29 estações meteorológicas no período de 1913 a 1995. Nessa observação, caracterizaram a distribuição temporal e espacial da precipitação pluvial no Estado do RS em anos de LN e EN comparando com a média climatológica. Os resultados obtidos mostraram que em anos de EN ocorre precipitação acima da média em quase todos os meses do ano, com destaque principal na primavera e início do verão, especialmente em outubro e novembro do ano de início do fenômeno, existindo um repique no final de outono e início de inverno, especialmente, em maio e junho. Já nos anos de LN, os períodos são aproximadamente coincidentes com os períodos de EN, quando levados em conta, para este caso, a vulnerabilidade de déficit hídrico. Com isso, fazendo referência ao fenômeno EN, notaram que os valores numéricos observados tiveram um aumento de 40 a 70 mm na precipitação pluvial de outubro e novembro nas regiões Norte e Oeste do Estado, como destacado anteriormente. Para anos de LN, foi verificado uma redução na precipitação em torno de 80mm, em outubro e novembro.

Grimm e Santana (2000) avaliaram as fases extremas de ENOS e suas relações quanto à intensidade e frequência das chuvas no Sul do Brasil. Logo, foi observado que a estação mais suscetível a eventos de EN e LN é a Primavera. Quando considerado a fase de EN, percebeu-se um aumento da precipitação média em dias chuvosos e o aumento de número de dias chuvosos. Já em respeito à frequência no período de LN, há uma diminuição do número de dias chuvosos, exceto na faixa litorânea. Na estação quente (Verão), a diferença de precipitação durante os eventos EN e LN, é mais perceptível na parte Sudoeste do RS devido à variação da quantidade de precipitação média nos dias chuvosos. Nos anos considerados EN foi possível observar que na estação do inverno do ano seguinte ao início do evento, tem-se um impacto na quantidade de precipitação em dias chuvosos bem como no número de dias chuvosos. Frisa-se, assim, um maior

número de dias chuvosos em comparação com os volumes elevados de precipitação.

No que se refere ao déficit hídrico no Estado do Rio Grande do Sul, Puchalski (2000) avaliou que em anos correspondentes aos episódios de LN, há um aumento significativamente do risco de ocorrência de déficit no final da primavera e no início de verão, principalmente na metade sul do Estado. Já, para os anos de EN, as probabilidades de ocorrência de déficit hídrico diminuem drasticamente, desaparecendo em grandes áreas do norte e nordeste do Estado. Foi constatado ainda pelo autor, que o ENOS influencia quanto ao número de dias em que se têm registros de precipitação pluvial no RS. Para anos com atuação do EN, o autor percebeu um maior número de dias de precipitação enquanto nos anos correspondentes a LN foi verificado redução dos números de dia de precipitação.

2.3 Principais Sistemas Causadores de Precipitação no RS

O Estado do Rio Grande do Sul está localizado em latitudes médias, em torno de 27°S e 33°S, e a circulação atmosférica nessa região é fortemente influenciada pelos principais centros de pressão que atuam na AS tais como a Alta do Atlântico, Alta do Pacífico, Alta Móvel Polar e Baixa do Chaco (BCH). Por conseguinte, enquanto os centros de Alta Pressão permitem uma condição de tempo estável, os centros de Baixa Pressão fazem com que se tenha um padrão contrário a este, favorecendo as circulações que geram instabilidade e que conseqüentemente influenciam o volume de precipitação sobre a região (Nimer, 1989). A Figura 4 mostra os sistemas meteorológicos atuantes na AS em baixos e altos níveis da troposfera.

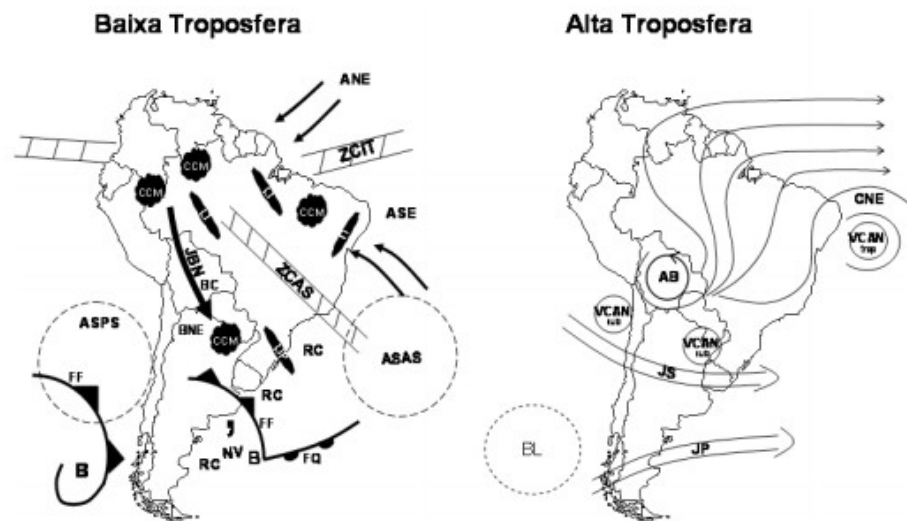


Figura 4 - Principais sistemas atuantes na AS em baixos e altos níveis da troposfera.

Fonte: Reboita, 2010, adaptado de Satyamurty et al.1998.

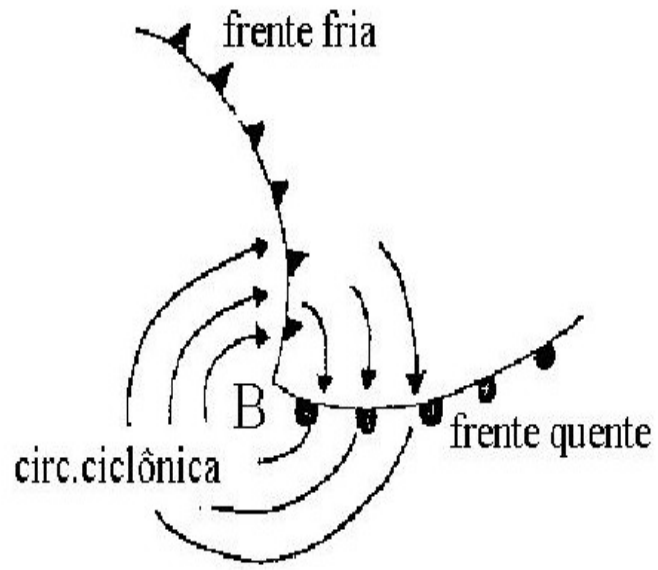
De acordo com o boletim Climanálise (1986) e Reboita et al. (2010), a precipitação na Região Sul está associada com os seguintes sistemas meteorológicos: 1) sistemas frontais que se deslocam do Pacífico, passam pela Argentina e seguem para o nordeste do Brasil (Kousky, 1979; Oliveira, 1986; Rodrigues et al., 2004; Andrade, 2005); 2) ciclones e frentes frias que se desenvolvem devido à presença de vórtices ciclônicos ou cavados em altos níveis sobre a costa oeste da América do Sul vindos do Pacífico (Miky Funatsu et al., 2004, Iwabe e Da Rocha, 2009), juntamente com as condições frontogenéticas e/ou ciclogénéticas (Satyamurty e Mattos, 1989; Reboita, 2008; Reboita et al., 2009); 3) Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) (Figueiredo e Scolar, 1996); 4) sistemas ciclônicos em níveis médios conhecidos como vírgula invertida (Bonatti e Rao, 1987; Hallak, 2000) e 5) bloqueios atmosféricos (Marques e Rao, 1999 e 2000; Nascimento e Ambrizzi, 2002). Além disso, há atuação de sistemas de circulação locais, como brisas (Braga e Krusche, 2000); bem como dos Jatos de Altos Níveis (Jato Subtropical e Polar) e a influência indireta da Zona de Convergência do Atlântico Sul (Kousky, 1988; Kodama, 1992; Quadro, 1994; Nogués-Peagle e Mo, 1997; Ferraz, 2004; Carvalho et al., 2004), uma vez que este sistema apesar de atuar climatologicamente sobre a região Sudeste do Brasil pode gerar movimentos subsidentes intensos no Sul (Casarin e Kousky, 1986).

Fundamentado nos conhecimentos prévios sobre os sistemas que causam precipitação no Rio Grande do Sul e devido à importância, os Sistemas Frontais, serão destacados no tópico a seguir.

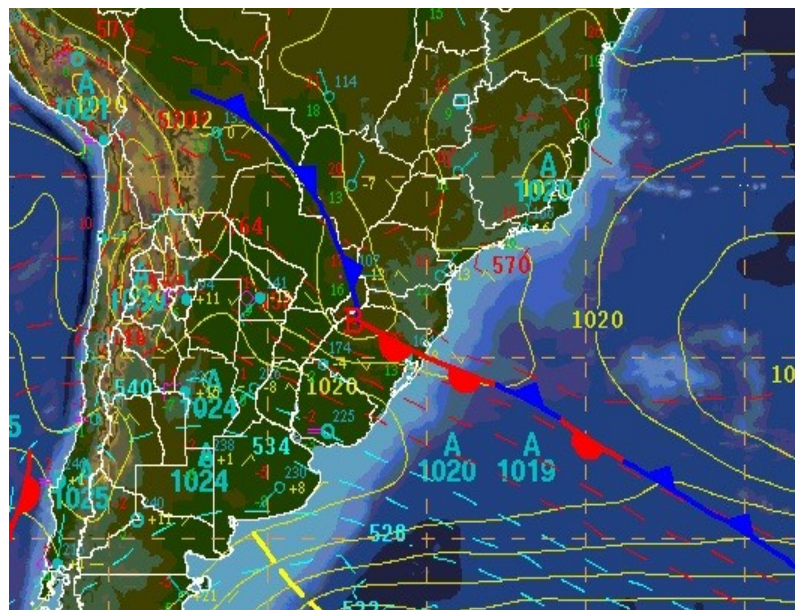
2.4 Sistemas Frontais (SF)

As frentes são definidas como a região de transição entre duas massas de ar com propriedades termodinâmicas distintas (Palmén e Newton, 1969). As regiões Sul e Sudeste do Brasil foram consideradas por Satyamurty e Mattos (1989) como frontogénicas, ou seja, regiões onde as frentes podem formar-se ou intensificar-se. No verão, as frentes frias, ao se formarem no sul do país, podem eventualmente associar-se a um sistema de Baixa pressão em superfície sobre o Paraguai, conhecido como a Baixa do Chaco e intensificarem-se. No inverno, nota-se um contraste térmico entre duas massas separadas pela zona frontal no interior do continente (Lemos e Calbete, 1996).

O encontro de duas frentes (quente e fria) é chamado de Sistema Frontal (SF). Um SF clássico é geralmente composto de: Frente Fria, Frente Quente e centro de baixa pressão na superfície chamado ciclone (Figura 5 a,b).



(a)



(b)

Figura 5 – (a) Esquema de sistema frontal clássico no Hemisfério Sul e (b) Representação de um Sistema Frontal em uma carta Sinótica de Superfície no Hemisfério Sul.

Fonte: IAG e CPTEC/INPE.

Já, de acordo com o modelo clássico da Escola Norueguesa, as frentes podem ser classificadas de quatro tipos: fria, quente, estacionária e oclusa. Uma frente é dita fria quando sua passagem por um determinado local da superfície terrestre provoca a substituição do ar relativamente quente que antes se fazia presente sobre uma determinada região por um ar mais frio. Assim, relativamente à massa de ar pré-frontal é quente e a massa de ar pós-frontal é fria, já a passagem de uma frente quente, por um determinado local da superfície, acarreta a substituição do ar relativamente dito como frio por um ar mais quente (Varejão, 2001).

Quando ocorre pouco avanço ou nenhum das massas de ar, considera-se a frente como estacionária. Para este caso, o movimento do ar não se dirige para a massa ar quente ou fria, mas paralelo à linha da frente. Por fim, a frente oclusa ocorre quando uma frente fria aproxima-se da frente quente (aproximação esta que ocorre devido a velocidade e inclinação da frente fria) fazendo com que o ar seja forçado a subir, afastando-se do solo.

Quanto a atuação dos SF, eles atuam todo o ano sobre o Brasil com uma maior ocorrência nas latitudes mais altas, como observado por Oliveira (1986) em seu estudo sobre as interações dos SF com a convecção da região Amazônica. Foi proposto pelo autor a divisão a partir de faixas de nebulosidade convectiva em quatro bandas latitudinais (Figura 6). Logo, encontrou, uma maior frequência entre a interação da convecção tropical e os SF entre 20°S e 35°S (bandas 2 e 3), área de análise do seu estudo.

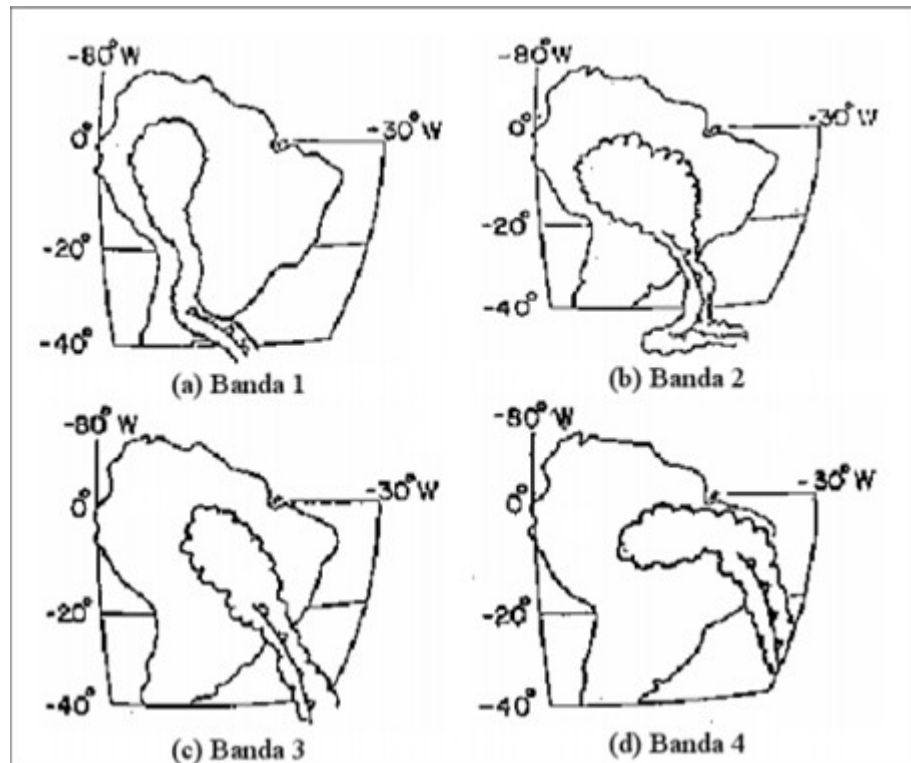


Figura 6 - Padrão esquemático da atuação dos sistemas Frontais com convecção tropical e suas posições latitudinais no Hemisfério Sul: a) 40°-35°S; b) 35°-25°S; c) 25°-20°S; d) ao norte de 20°S.

Fonte: Adaptado de Oliveira,(1986).

2.5 Estudos e avaliações relacionados aos Sistemas Frontais

Sabe-se que diversos métodos de identificação de SF podem ser utilizados tanto em baixos níveis da atmosfera como em níveis superiores. Em superfície, por exemplo, estudos como o de Kousky (1979), avaliaram o comportamento dos SF quanto às variáveis: vento, temperatura do bulbo úmido e pressão.

Uma metodologia fundamental e não menos importante na identificação de SF são as imagens de satélite. Oliveira (1986) e Satyamurty et al.(1998) determinaram faixas de latitude dentre as quais compreendem os limites de: 40 até 35°S, de 35 até 25°S, de 25°S a 20°S e de 20 a 05°S, com a finalidade de analisar a climatologia das penetrações dos sistemas frontais na AS a partir de imagens de satélite GOES, como mostrado na Figura 6. Nessa análise os autores observaram que existem penetrações dos SF em todas as faixas de latitude ao longo do ano, porém, a região

de latitude onde ocorre maior frequência de SF situa-se entre 40 e 35°S, com a ocorrência de nove eventos por mês. Além disso, foi encontrado que cerca de seis a sete sistemas frontais que atingem a região costeira do Sul do Brasil mensalmente, enquanto para a região Sudeste, obteve-se uma frequência de quatro a cinco SF por mês.

Lemos e Calbete (1996) realizaram a climatologia dos SF que ocorreram de 1987 a 1995 também com base nas imagens de satélite. Para esse estudo, no entanto, foram utilizadas bandas de latitude correspondentes a 35 a 25°S, 25 a 20°S e ao Norte de 20°S. Cabe ressaltar que para esse tipo de análise, levaram-se em consideração também as observações de cartas sinóticas. Os resultados obtidos por esses autores mostraram que a média mensal para o período estudado apresentou entre quatro, cinco e seis para os SF atuantes sobre o litoral Brasileiro.

Cavalcanti (1996) mostrou que durante os anos de 1990 a 1994 (período de EN) não houve deslocamento dos SF de Sul para Norte, tendo-se assim, um padrão anômalo. O autor ressaltou, inclusive, que associado aos SF, à atuação do JST bloqueava o avanço das frentes para latitudes mais baixas.

Federova e Carvalho (2000) avaliaram os processos sinóticos em anos de LN e EN para os casos de Zonas Frontais. Considerando as Frentes Frias (FF), os autores verificaram um maior número sobre o Sul do continente da América do Sul, Sul do Rio Grande do Sul e Uruguai. Com isso, foi notado um aumento das frentes frias (FF) sobre o Rio Grande do Sul nos meses de março, agosto e setembro no ano de La Niña em comparação com os meses de novembro a fevereiro. Para os meses de outubro, novembro e dezembro, fase na qual os fenômenos EN e LN são mais ativos, observaram que as frentes frias tiveram um padrão de frequência mais acentuado nos anos de EN do que nos anos de LN, com valores de respectivamente, 40-60% e 30%. Outro fator devidamente constatado foi a maior permanência de frentes frias sobre o Rio Grande do Sul em comparação com outras regiões. Cabe salientar que a duração de tais FF em ano de LN, foi de 1,1 a 2,6 dias enquanto em ano de EN, estes valores foram de 1,5 a 5 dias. Em se tratando do caso das Frentes Quentes (FQ), foi notado que, tanto em anos de EN ou LN, há uma maior predominância sobre o oceano Atlântico e no Sul da AS.

Justi da Silva e Silva Dias (2002) consideraram a variação da componente

meridional do vento para elaborar a climatologia de SF no período que vai de 1981 a 1998. Com isso, foi observada uma alta frequência de frentes que se posicionam em torno de 30°S bem como o giro predominante do vento quando associado a entrada de um SF sobre uma determinada região.

Cavalcanti e Kousky (2003), a partir de dados de reanálise do NCEP/NCAR, verificaram a média anual de passagem de SF para o período de 1979 a 2000, baseado nas variáveis: temperatura, pressão e vento. Logo, evidenciaram o período de inverno como o de maior frequência de SF. Entretanto, em referência ao comportamento mensal em termos médios, notaram que a área entre as latitudes de 25-30°S e 50-55°W apresentou um maior número de entrada de SF em Setembro e Outubro, variando aproximadamente em três SF.

Rodrigues (2004) verificou a climatologia das FF para o litoral de Santa Catarina baseado em dados de reanálise. O autor relatou em seus resultados um número médio de 12,6 frentes frias para a Primavera, o que, de fato, corresponde a 30% dos sistemas identificados na região durante o ano. Encontrou ainda, para cada mês da estação (SON), uma frequência frontal próxima aos 10% do total anual e as maiores médias mensais a cerca de quatro FF. Nas demais estações a média encontrada foi de 10 FF no trimestre (25% do total anual). Assim como neste estudo, Oliveira (1986), Lemos e Calbete (1996) e Justi da Silva e Silva Dias (2002) também verificaram a atuação das FF, no litoral de Santa Catarina em todas as épocas do ano, com um ligeiro aumento do número durante a Primavera. Estes autores encontraram em média, um número ligeiramente menor de FF nos meses do verão e do outono.

Andrade e Cavalcanti (2004) estudaram a climatologia dos SF e os padrões de comportamento para o verão na AS nos anos que vão de 1980 a 2002. Conseqüentemente foram classificadas onze áreas baseadas na sua identificação no sul da AS, e na posição alcançada dos SF sobre a AS. Cabe destacar que os resultados encontrados mostraram uma maior frequência sazonal de SF sobre o Sul e Sudeste do Brasil, durante o período da Primavera.

Dando seqüência ao trabalho sobre a climatologia e comportamento dos SF na AS para o período de 1980-2002, Andrade (2005) apresentou as frequências médias dos SF para as áreas de coordenadas 35-30°S, 57-52°W e 30-25°S, 53-48°W. Seus

resultados mostraram para a área na qual está situado o RS, respectivamente, seis, cinco e cinco SF, nos meses de setembro, outubro e novembro, correspondentes a Primavera, e que sazonalmente pode variar entre dezesseis e dezessete SF. Outrossim, para a área 4, o autor observou cinco SF para todos os meses da Primavera. Andrade (2005), ainda relacionou o número de SF de cada mês com os eventos de EN FORTE e LN FORTE chegando à conclusão de que nos anos de 82/83 foram observados para os meses SON: cinco, sete e seis no período de 82/83; e para 97/98: cinco, oito e quatro. No segundo semestre desses anos, constatou em média 5,4 SF em 82/83 e 6 para 97/98. Enquanto para 88/89, observou nos trimestre SON: seis, cinco e cinco; e para 98/99: sete, cinco e cinco. Logo, a média semestral dos eventos de SF atinge respectivamente, 4,8 e 5,3 SF, para 88/89 e 98,99. Do ponto de vista interanual, Andrade (2005) notou que as maiores penetrações dos SF sobre o RS ocorreram nos anos de 1984 e 1995. Visto tal consideração, faz-se primordial ressaltar que nos dois anos prevaleciam as condições de LN Fraco, já em termos de quantidade, citam-se 80 e 72 sistemas frontais, em 1984 e 1995, respectivamente.

Damatti e Rocha (2005) e Morais et al.(2010) verificaram para a cidade de São Paulo e região metropolitana maiores entradas de FF na Primavera. Em termos da quantidade média sazonal, Damatti e Rocha (2005) encontraram 10,7 FF na Primavera, 10,2 no Inverno, 8,4 no Verão e 8,0 no Outono.

2.6 Utilização de Imagens de Satélite

Sabe-se que com os avanços tecnológicos atuais, áreas como o sensoriamento remoto, vêm ganhando um enfoque significativo e um grande crescimento. Em consequência torna-se possível dar suporte aos estudos científicos, permitindo avaliações coerentes e observações mais seguras sobre conhecimento da atmosfera. Levando em consideração tal importância e com a finalidade de avaliar a frequência dos SF sobre o Estado do RS, foram utilizadas imagens do Canal Infravermelho dos satélites Geostationary Operational Environmental Satellite - GOES -8, GOES-10 e GOES-12.

2.6.1 Escolha do Satélite GOES

O primeiro satélite meteorológico foi lançado em 1960 e recebeu a denominação de TIROS (Television and Infrared Observation Satellite) e foi considerado uma inovação para a época. Esse satélite tinha sua órbita polar, possuía baixa resolução temporal e levava a bordo duas câmeras de televisão em miniatura. Com o passar dos anos, observou-se que existia um grande problema justamente quanto à questão da resolução espacial, inviabilizando a detecção de fenômenos meteorológicos. Logo, os satélites passaram a ser posicionados de forma geoestacionária, ou seja, em uma órbita em que o satélite permanece parado em relação à terra, apresentando um movimento síncrono apenas com o movimento de rotação da terra, estando em uma posição de aproximadamente 36000 km.

A NOAA é agência americana responsável por manter os satélites GOES desde o primeiro satélite da série que foi lançado em 1975. As imagens dos satélites dessa série são utilizadas nesta dissertação e são fornecidas, atualmente, a cada 15 minutos. O satélite GOES possui sensores em cinco canais espectrais, representados nas faixas do Visível (0,55-0,75 μ m), Infravermelho, onde se tem três faixas de canais espectrais (3,8-4,0 μ m; 10,2-11,2 μ m; 11,5-12,5 μ m) e Vapor d'Água (6,5-7,0 μ m). A resolução espacial é de 1 km no canal do Visível, 4 km no canal Infravermelho e 8 km no canal de Vapor d'água.

Pelo seu posicionamento, os satélites GOES-8 e GOES-10 mostram ângulos diferentes da superfície terrestre, especificamente nas regiões Norte e Sul da

América, oceano Atlântico, Oceano Pacífico e America do Norte. Tais satélites quando em órbita, tinham sua posição a 75°W de longitude no equador, para o caso do GOES-8(GOES-E) enquanto GOES-10(GOES-W) posicionava-se a 135°W de longitude e no equador (Figura 7). Ressalta-se ainda a utilização das imagens de satélite do GOES-12.

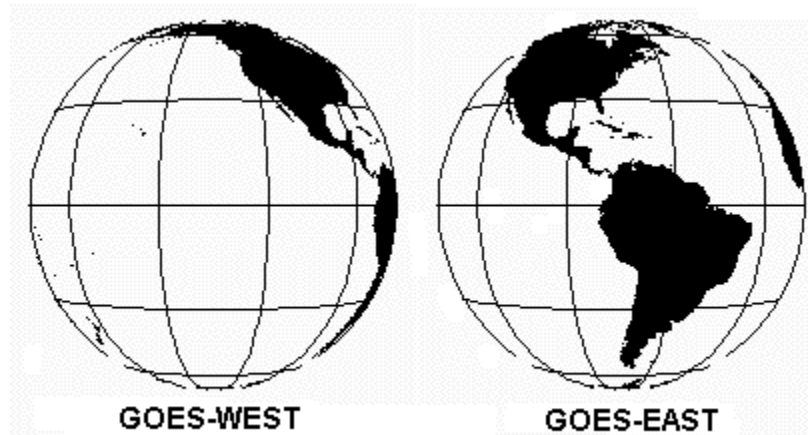


Figura 7 – Representação da posição dos Satélites GOES-10 e GOES-8.

Fonte: NOAA

As imagens obtidas para esse estudo são apresentadas na Figura 8(a, b).

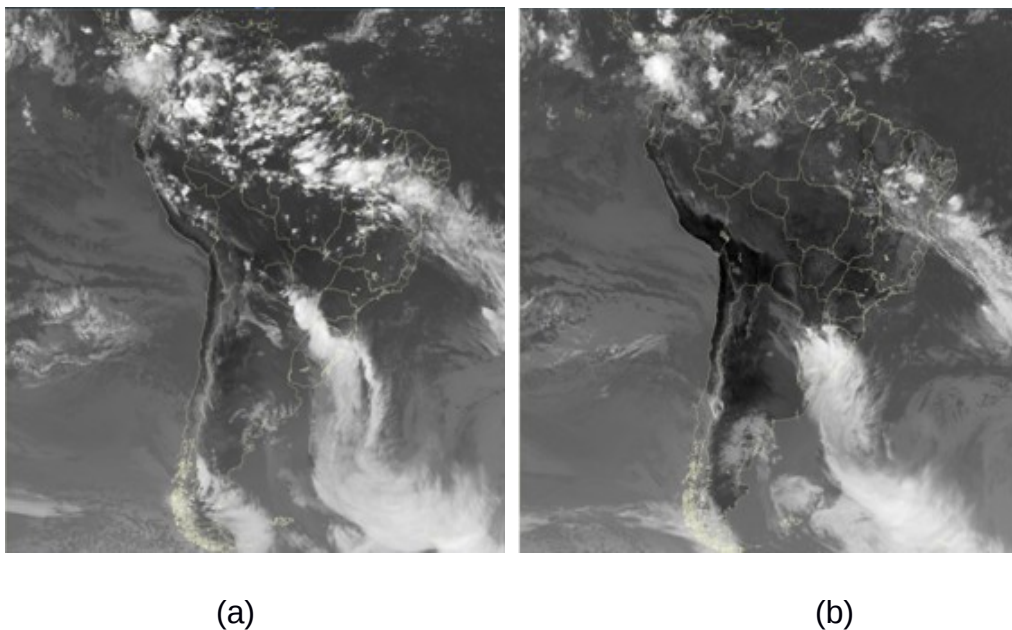


Figura 8(a, b) – Presença de um SF sobre o RS no dia 12/10/2009 às 1500Z e às 2100Z.

Fonte: CPTEC/INPE

2.6.2 Canal Infravermelho (IR)

O canal do IR através de sensores tem como finalidade medir a radiação de onda longa emitida pela superfície e pela atmosfera, assim, na presença de nuvens este canal fornece a temperatura do topo (Ferreira, 1979). Quanto mais quente a superfície, mais radiação infravermelha é emitida, e no caso das imagens de satélite utilizadas pelos meteorologistas, é feito um tratamento de modo que nuvens com topos frios e/ou com grande desenvolvimento vertical são mostradas com tonalidade branca enquanto que as nuvens baixas são relativamente mais quentes, e, portanto apresentam tonalidade cinza. O fato das imagens do canal IR estarem disponíveis durante o dia e durante a noite é uma de suas vantagens.

2.7 Utilização de dados de Reanálise MERRA

2.7.1 MERRA (Modern Era-Retrospective Analysis For Research And Applications)

O vasto campo de variáveis observacionais faz com que as reanálises sejam ideias para se investigar a variabilidade climática. As reanálises MERRA integram uma série de dados, produzindo, assim, uma síntese espacial e temporal mais precisa (Rienecker et al., 2011). Os estudos e aplicações do MERRA têm por finalidade auxiliar os projetos terrestres da National Aeronautics and Space Administration (NASA) através do sistema de assimilação Goddard Earth Observing System Model – Versão 5 (GEOS-5), considerado o estado da arte pela sua modernidade quando em menção ao panorama climático.

Os dados MERRA cobrem um período que vai de 1979 até dois meses antes do período presente em que se buscam os dados. Além disso, dispõe de dados de sensoriamento remoto, no qual o foco especial da assimilação atmosférica é o ciclo hidrológico. O sistema de dados de assimilação do GEOS-5 usados no MERRA serve para ajustar o estado do modelo tanto quanto os dados observados.

Em relação aos dados de saída, o MERRA assemelha-se a outros importantes produtos de reanálises mundiais e considera frequências de saída maiores do que 6 horas. Diagnósticos bidimensionais (fluxos de superfície, nível meteorológico individual, integrais verticais e estados terrestres) são produzidos em intervalos de 1 hora. Estes produtos de dados e as análises atmosféricas tridimensionais estão disponíveis na resolução espacial completa que corresponde a 0,5 graus de latitude x 0,6 graus longitude. Além de diagnósticos bidimensionais, existem os tridimensionais atmosféricos com saídas de 3 em 3 horas, dispondo de 42 níveis de pressão, porém com uma resolução um tanto mais “grosseira” de 1,25 graus.

Para este trabalho foram utilizados os dados do MERRA de Temperatura e Vento Meridional em 925hPa e Pressão ao Nível do Mar para identificação dos SF.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

Para determinar a região de estudo, levou-se em consideração dois fatores: o embasamento bibliográfico, tendo em vista a apresentação de diversas referências indicando possibilidade de diagnosticar áreas suscetíveis às possíveis mudanças interanuais e sazonais em anos ENOS, independente das características dos episódios ocorridos; e o método de identificação de regiões homogêneas para constatar volumes de precipitação mensais no período em análise como forma de verificar a intensidade da atuação dos SF em episódios ENOS.

Sendo assim, com base em Marques (2005), foi utilizado o Método de Agrupamento de Regiões Homogêneas (MARH), o qual é dividido a partir de seis regiões homogêneas de precipitação (Figura 9). Na sua aplicação no estudo base, foram utilizadas, 40 estações meteorológicas com a seguinte distribuição: a região R1 foi constituída por quatro estações meteorológicas, a R2 por sete estações, a R3 por seis estações, a R4 por sete estações, a R5 por cinco estações e a R6 por onze estações meteorológicas.

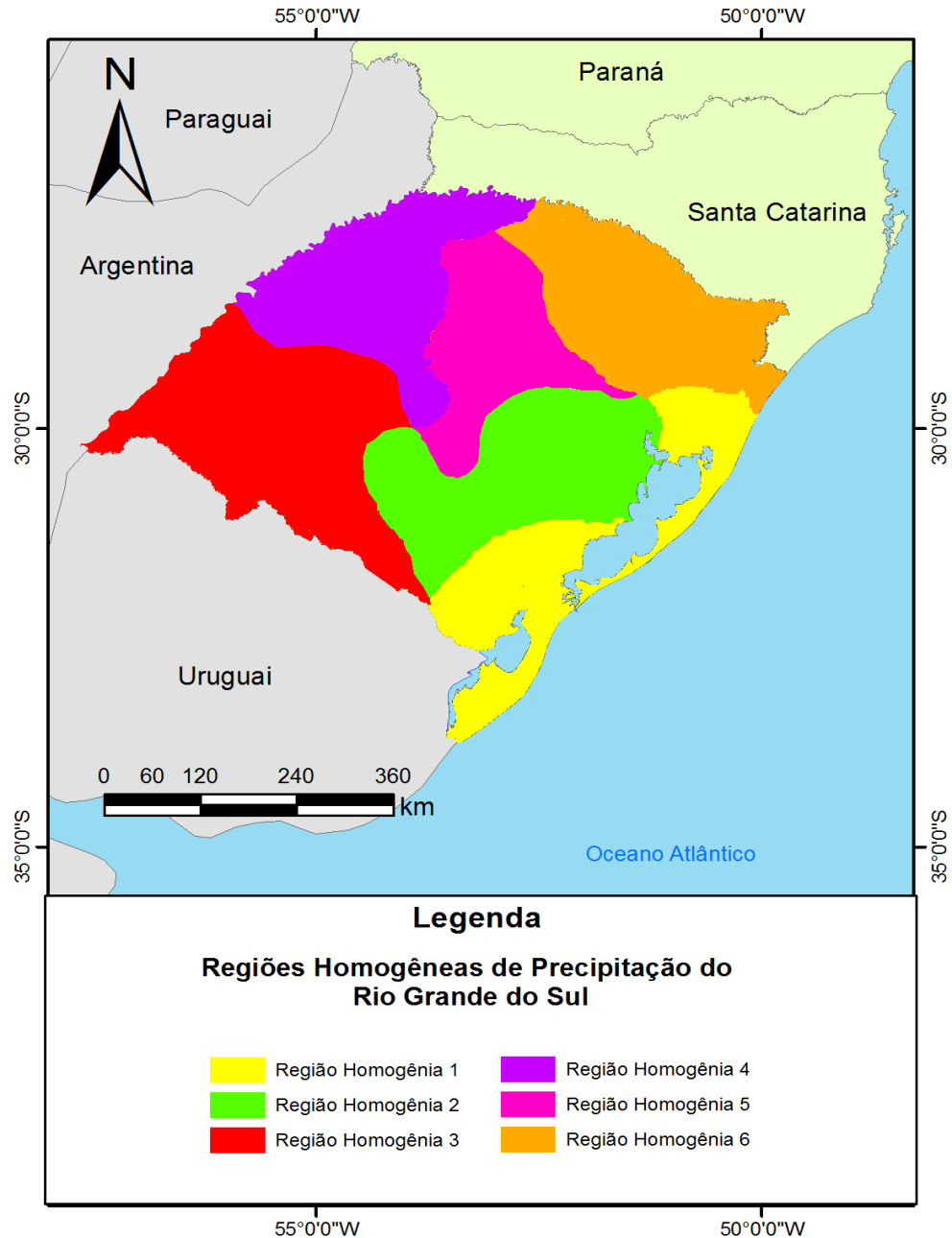


Figura 9 – Representação das regiões homogêneas para o estado do Rio Grande do Sul com base no método de agrupamento utilizado por Marques (2005).

Fonte: Adaptado de Marques (2005)

Para este estudo foram considerados os dados das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) identificadas pelo mapa a seguir nos municípios em que se encontram (Figura 10). Assim, para a elaboração dos gráficos de precipitação pluviométrica sazonal média dos episódios de El Niño e La Niña e

períodos Neutros para os anos de 2000 a 2010 consideraram-se os dados das 18 estações convencionais de superfície existentes no Estado do Rio Grande do Sul.

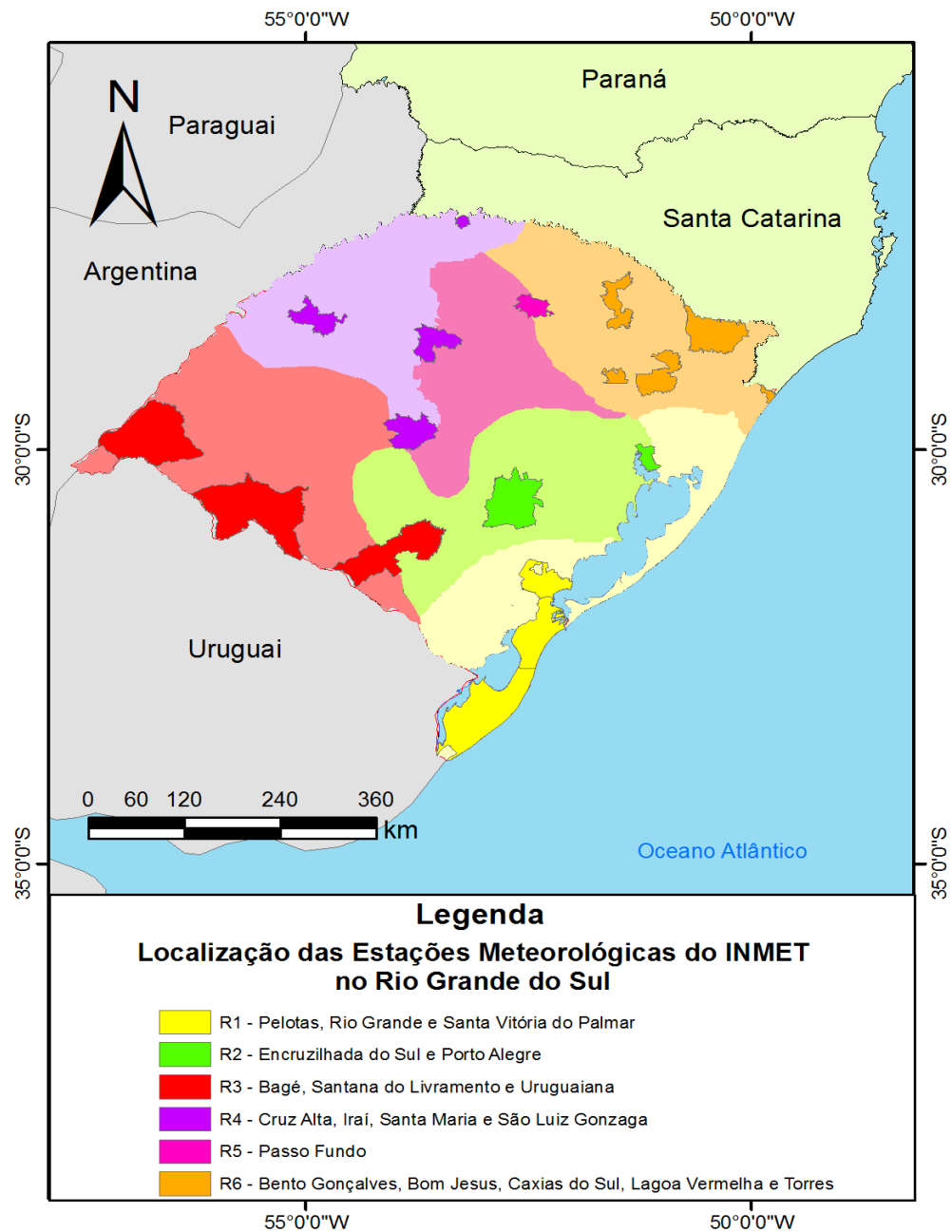


Figura 10– Distribuição dos municípios com Estações Meteorológicas do INMET no RS.

Fonte: INMET

3.2 Período de Estudo

O estudo considerou o período da Primavera, dos os anos de 2000 a 2010.

3.3 Métodos

Com o enfoque principal em diagnosticar a frequência e intensidade dos SF, utilizaram-se os seguintes procedimentos:

I – Análise das imagens dos satélites GOES-8, GOES-10 e GOES-12 para o período trimestral SON dos anos de 2000 a 2010.

II - Para comprovar a passagem de tais sistemas sobre a área em estudo, fez-se a análise subjetiva de todos os trimestres SON dos anos de 2000 a 2010, tomando como critério dados diários obtidas pelo MERRA das variáveis: Temperatura e Vento no nível de 925hPa e Pressão ao Nível do Mar (PNM). Foram setados pontos de coordenadas de latitude e longitude, de acordo com a localização das estações convencionais disponibilizadas pelo INMET, considerando que será verificada a intensidade de precipitação para cada região. De acordo com outros estudos, examinaram-se as três variáveis com os seguintes critérios: de um dia para o outro deve haver queda na Temperatura, Aumento da Pressão e alteração na componente Meridional do Vento.

Quanto ao critério de escolha das variáveis Pressão Atmosférica, Temperatura do Ar e Vento, levaram-se em consideração: a forte mudança de temperatura em uma distância relativamente curta; variações na direção do vento; presença de nuvens e precipitação. Nesse último caso, fazendo-se a verificação visual em Imagens de Satélite e avaliações de volumes de precipitação medidas em estação meteorológica.

III - Tendo vista a necessidade de explicitar o comportamento de tais variáveis para todas as seis regiões mensalmente, durante a estação da Primavera (SON), separaram-se os meses para o período de 2000 a 2010. A seguir, baseando-se nos valores das normais climatológicas do INMET, foram classificados os anos, como: abaixo da Média Histórica, Normal e acima da Média Histórica; e os episódios ENOS que ocorreram, de acordo com a precipitação total mensal de cada município e a

intensidade do evento.

IV - Além disso, foram selecionados os dias em que se observou a atuação dos SF e dois dias após ele, com a finalidade de avaliar os registros pluviométricos e posteriormente detectar valores médios percentuais da presença dos SF sobre tais regiões em análise. Isso se deu a partir dos dias em que ocorreram precipitações devido aos SF, logo foram feitos somatórios dos três dias, sendo estes relacionados com o volume total de precipitação mensal, encontrando assim os valores percentuais.

V - Foram efetuadas avaliações do comportamento dos SF em episódios diferentes. Levaram-se em conta, dados obtidos pelo MERRA em superfície, nos campos de temperatura e pressão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Número de Sistemas Frontais de 2000 a 2010

Inicialmente, como se teve por objetivo avaliar a frequência dos SF em episódios variados de ENOS sobre a região do RS, foram destacadas as fases do fenômeno conforme observado no período de 2000 a 2010. Foi visto anteriormente que o comportamento do ENOS é dependente da TSM, sendo conseqüentemente avaliado a partir dos padrões de anomalia da TSM. Foi usado o Índice de Oscilação Niño (ION) que considera os dados da região do Niño 3.4. Esse índice, por sua vez, é acompanhado através de um monitoramento, passando as informações quanto à variação da TSM nas águas do Pacífico para os diferentes tipos de fases, sejam elas de aquecimento, resfriamento e/ou neutralidade, que é a situação para a qual não há variação.

A Tabela 3 a seguir, mostra o comportamento trimestral do ION dos anos que vão de 1950-2015.

Tabela 3 - Comportamento trimestral do ION.

Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1950	-1.4	-1.2	-1.1	-1.2	-1.1	-0.9	-0.6	-0.6	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8
1951	-0.8	-0.6	-0.2	0.2	0.2	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	0.7	0.6
1952	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3
1953	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.7
1954	0.7	0.4	0.0	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5
1955	-0.6	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.6	-1.0	-1.4	-1.6	-1.4
1956	-0.9	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4
1957	-0.3	0.0	0.3	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.1	1.2	1.3	1.6
1958	1.7	1.5	1.2	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6
1959	0.6	0.5	0.4	0.2	0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
1960	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	-0.1	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0
1961	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2
1962	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4
1963	-0.4	-0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.7	1.0	1.1	1.2	1.2	1.1
1964	1.0	0.6	0.1	-0.3	-0.6	-0.6	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
1965	-0.5	-0.3	-0.1	0.1	0.4	0.7	1.0	1.3	1.6	1.7	1.8	1.5
1966	1.3	1.0	0.9	0.6	0.3	0.2	0.2	0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.3
1967	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.2	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.5
1968	-0.7	-0.8	-0.7	-0.5	-0.1	0.2	0.5	0.4	0.3	0.4	0.6	0.8
1969	0.9	1.0	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.5	0.8	0.8	0.8	0.7
1970	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-1.2
1971	-1.3	-1.3	-1.1	-0.9	-0.8	-0.7	-0.8	-0.7	-0.8	-0.8	-0.9	-0.8
1972	-0.7	-0.4	0.0	0.3	0.6	0.8	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0	1.9
1973	1.7	1.2	0.6	0.0	-0.4	-0.8	-1.0	-1.2	-1.4	-1.7	-1.9	-1.9
1974	-1.7	-1.5	-1.2	-1.0	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.4	-0.6	-0.7	-0.6
1975	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6	-0.7	-0.8	-1.0	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6
1976	-1.5	-1.1	-0.7	-0.4	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8
1977	0.7	0.6	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8	0.8
1978	0.7	0.4	0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0.0
1979	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5	0.6
1980	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0
1981	-0.2	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	0.0
1982	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.5	1.9	2.1	2.1
1983	2.1	1.8	1.5	1.2	1.0	0.7	0.3	0.0	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8
1984	-0.5	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3	-0.6	-0.9	-1.1
1985	-0.9	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3
1986	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.2	0.4	0.7	0.9	1.0	1.1
1987	1.1	1.2	1.1	1.0	0.9	1.1	1.4	1.6	1.6	1.4	1.2	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.3	-0.8	-1.2	-1.2	-1.1	-1.2	-1.4	-1.7	-1.8
1989	-1.6	-1.4	-1.1	-0.9	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1
1990	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.4	0.3	0.2	0.2	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	1.2	1.4
1992	1.6	1.5	1.4	1.2	1.0	0.8	0.5	0.2	0.0	-0.1	-0.1	0.0
1993	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.6	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.9	1.0
1995	0.9	0.7	0.5	0.3	0.2	0.0	-0.2	-0.5	-0.7	-0.9	-1.0	-0.9
1996	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.6	1.0	1.4	1.7	2.0	2.2	2.3	2.3
1998	2.1	1.8	1.4	1.0	0.5	-0.1	-0.7	-1.0	-1.2	-1.2	-1.3	-1.4
1999	-1.4	-1.2	-1.0	-0.9	-0.9	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.2	-1.4	-1.6
2000	-1.6	-1.4	-1.1	-0.9	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8
2001	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3
2002	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.1
2003	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4
2004	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.4	-0.7
2006	-0.7	-0.6	-0.4	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	0.9	1.0
2007	0.7	0.3	0.0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.6	-0.8	-1.1	-1.2	-1.3
2008	-1.4	-1.3	-1.1	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.5	-0.7
2009	-0.8	-0.7	-0.4	-0.1	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7	1.0	1.2	1.3
2010	1.3	1.1	0.8	0.5	0.0	-0.4	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.3	-1.4
2011	-1.3	-1.1	-0.8	-0.6	-0.3	-0.2	-0.3	-0.5	-0.7	-0.9	-0.9	-0.8
2012	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	-0.2
2013	-0.4	-0.5	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.5	-0.6	-0.4	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.6	0.6
2015	0.5	0.4	0.5	0.7								

Fonte: Adaptado NOAA.

Com base na Tabela 3, formula-se a Tabela 4 para destacar os casos em

análise, de acordo com os valores do ION, representando assim, o episódio correspondente ao ano verificado para o trimestre SON.

De forma geral, constatou-se que para os onze anos em análise (Tabela 4), foram observados quatro anos de EN, quatro anos de Neutralidade e três anos de LN. Logo, percebeu-se que nos primeiros anos de 2000-2005, existe a um episódio de EN ou LN seguido de um episódio de Neutralidade. Já a partir de 2006, é verificado apenas um evento de Neutralidade no ano de 2008. Quanto aos intervalos dos acontecimentos de um evento de EN até outro e de um evento de LN até outro, obteve-se em média de 2-3 anos para o primeiro e de 3 anos para o segundo.

Tabela 4- Intensidade do fenômeno ENOS para o trimestre SON 2000-10.

ANO	EPISÓDIO ENOS (SON)
2000	LN Fraco
2001	Neutro
2002	EN Moderado
2003	Neutro
2004	EN Fraco
2005	Neutro
2006	EN Fraco
2007	LN Moderado
2008	Neutro
2009	EN Moderado
2010	LN Moderado

Fonte: Adaptado NOAA.

Conhecendo-se os episódios ENOS, verificou-se a frequência de passagens dos SF sobre o RS (Figura 11). Em termos de avaliações interanuais para o trimestre SON, os anos em que apresentaram o menor número de SF presentes sobre o Estado foram 2005 e 2000, sendo eles correspondentes aos eventos de Neutralidade e LN Fraco. Em contrapartida os anos de 2001 e 2009, mostraram-se com um número maior de SF e equivalem aos episódios de Neutralidade e EN Moderado. A partir dessa variação do número trimestral de SF anualmente de 2000 a 2010, encontrou-se em média a entrada de 13 SF para o Estado do RS.

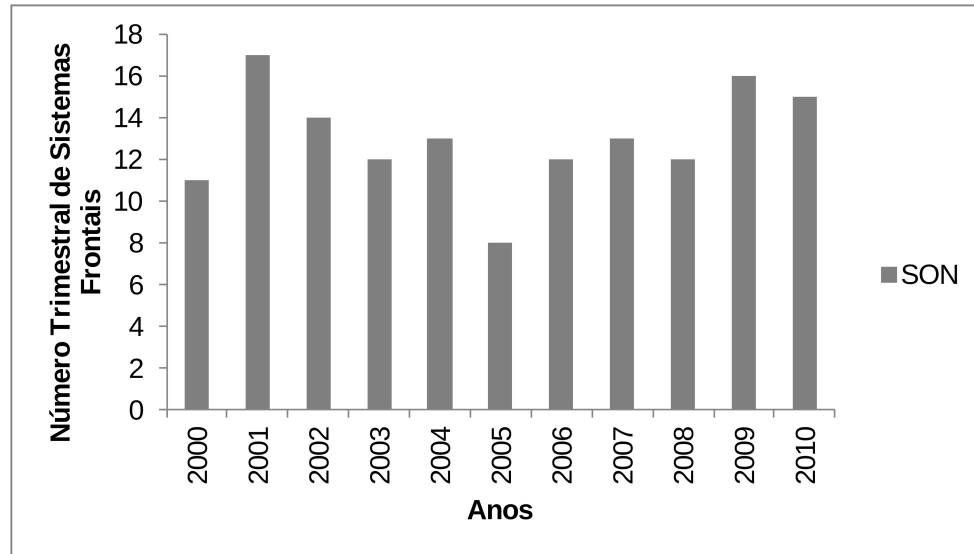


Figura 11 – Frequência Trimestral (SON) de Sistemas Frontais atuantes sobre o RS de 2000-10 para o período da Primavera (SON).

Embora as análises tenham sido realizadas em diferentes regiões do Brasil para o período da primavera e em anos distintos, na figura 12 observou-se que os valores referentes à frequência do comportamento médio dos SF e FF apresentam similaridade de forma geral. Logo, quando se analisou os resultados apresentados nos estudos de Justi da Silva e Silva Dias (2002) e Andrade (2005), para a área do Rio Grande do Sul, foi verificado que nestes dois casos houve mais entradas de SF.

Com relação aos valores observados neste trabalho, estes possuem uma semelhança com os encontrados por Rodrigues (2004), porém diferem dos valores obtidos no estudo de Dameto e Rocha (2005), obviamente por se tratar de uma área em que se tem uma frequência menor de SF menor do que no RS.

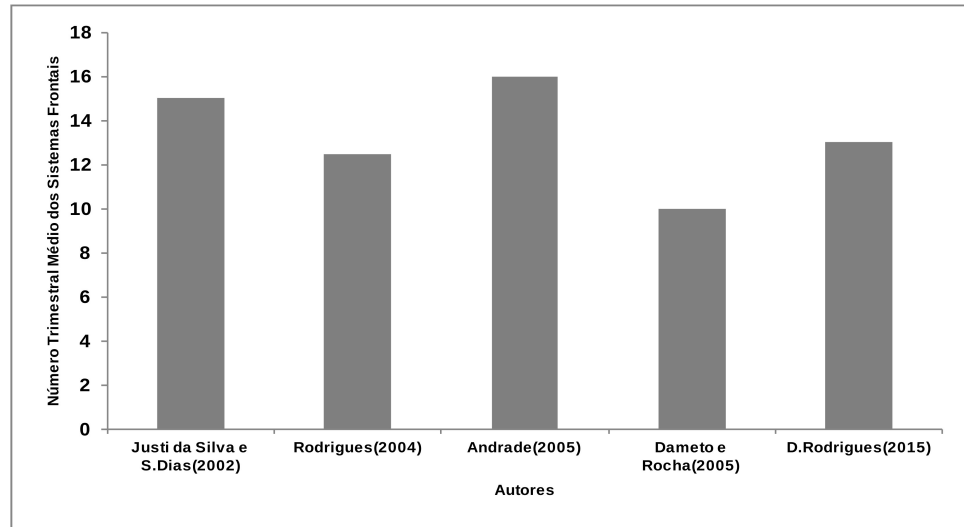


Figura 12 – Pesquisas referentes ao período da Primavera em anos distintos e áreas diferentes.

Avaliando-se mês a mês para cada ano (Figura 13), notou-se que o mês em que ocorreu um maior deslocamento de SF sobre o RS, foi no mês de Outubro, embora apresente uma diminuição dos sistemas sobre o Estado nos anos de 2000 e 2005. No mês de Setembro dos anos 2000, 2003 e 2005 a quantidade de SF foi menor e não chegou a quatro SF. Porém entre os anos de 2006 a 2010, verificou-se um padrão constante, enquanto para os outros meses, existiram algumas variações para mais ou para menos. Fazendo-se a leitura referente ao mês de Novembro percebeu-se que nos anos iniciais estudados a frequência de SF foi bastante uniforme, no entanto entre os anos de 2005 a 2008, houve uma diminuição de 1 a 2 SF, o que de fato, volta a ter um acréscimo nos dois anos após 2008.

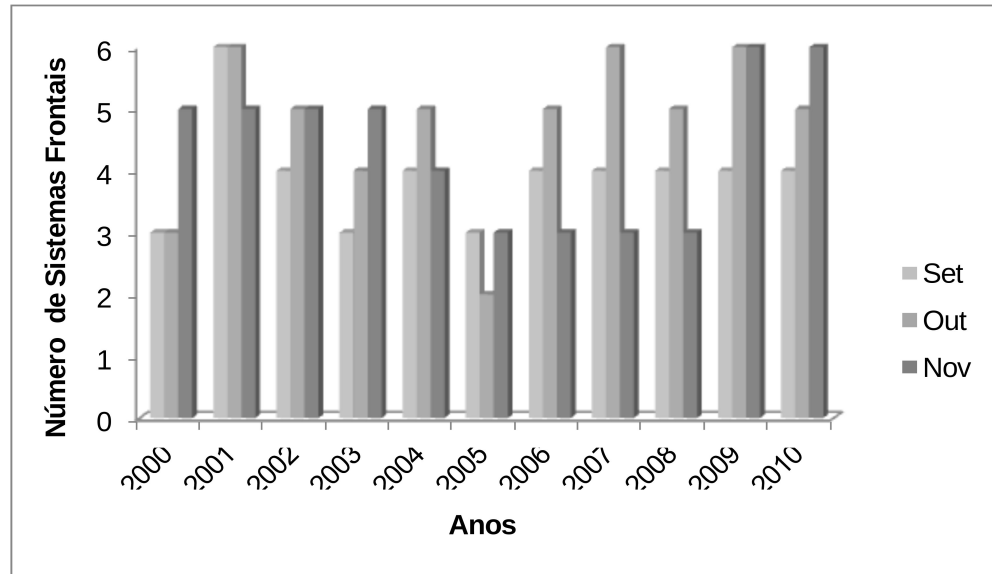


Figura 13 – Número de Sistemas Frontais atuantes sobre o RS de 2000-10 para o período da Primavera (SON).

De acordo com a Figura 14, a média de SF variou de 4 a 5 sistemas, sendo maior no mês de Outubro. Estes resultados concordam com aqueles obtidos por Lemos e Calbete (2002) que verificaram em torno de quatro a seis SF para o RS no período correspondido entre 1987-1995. No entanto, o resultado aqui obtido na análise mensal difere em termos de quantitativo com o observado por Oliveira em seu artigo de 1986. Em suas observações, o autor destacou que cerca de seis a sete SF penetravam a região costeira do RS. Enquanto para o Sudeste do Brasil, encontrou entre quatro e cinco SF. Por outro lado, Cavalcanti e Kousky (2003), encontraram um menor número de entrada de SF, com aproximadamente três SF dentre os anos de 1979 a 2000. Uma observação comum aos dois trabalhos citados é que os autores verificarem um maior número de SF nos meses de Setembro e, principalmente, Outubro, como constatado neste trabalho.

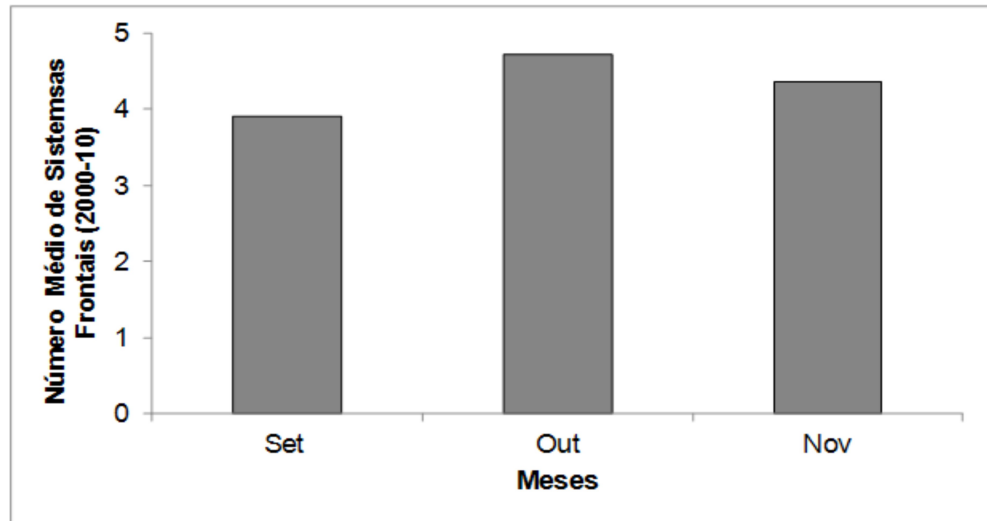


Figura 14 – Número médio de Sistemas Frontais atuantes sobre o RS de 2000-10 para o período da Primavera (SON).

A Figura 15 traça os valores médios mensais dos SF em alguns estudos para o período da Primavera. Cabe lembrar que as técnicas utilizadas são diferentes, assim como, os anos analisados.

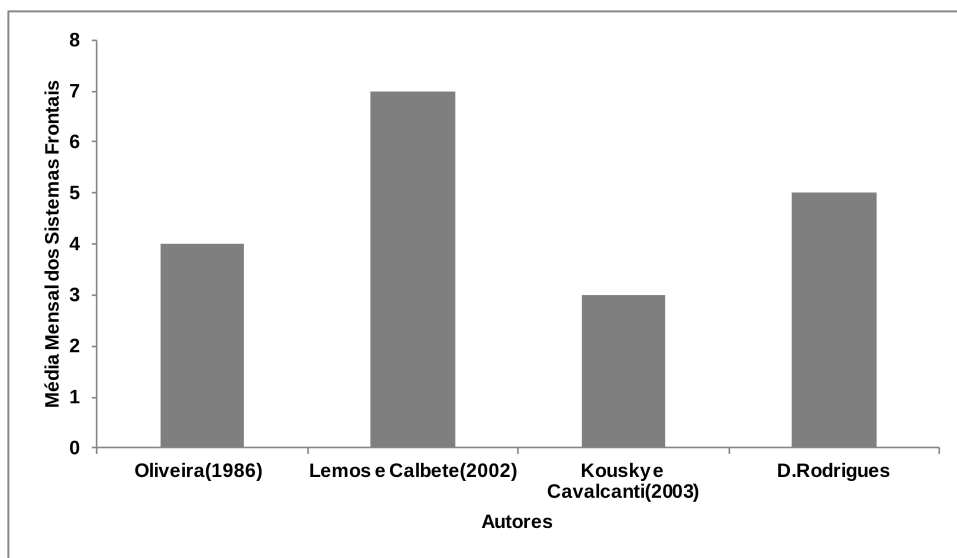


Figura 15 – Média mensal de Sistemas Frontais observada por alguns autores em suas pesquisas.

No estudo da climatologia dos SF para América do Sul, entre 1980 a 2002, Andrade (2005), fez referência a avaliação dos SF quanto a episódios fortes de EN e LN. Logo, neste estudo, foram feitas comparações com o observado por Andrade (2005) para o Estado do RS em relação aos episódios de EN e LN Moderados.

Os resultados obtidos por Andrade (2005) mostraram o número das passagens de SF para as condições de EN Forte nos anos de 1982/83 e 1997/98 nos meses da Primavera. Enquanto nesta dissertação, foram selecionados os anos de 2009/10, considerado como de EN Moderado e 2010/11 referente à LN Moderado para a mesma estação do ano.

Avaliando os casos de EN (Figura 16), constatou-se que o mês de Setembro apresentou uma entrada de SF menor do que os períodos anteriores considerados como eventos Fortes. Para Outubro, obteve-se de um a dois SF a menos. Em contrapartida, o mês referente à Novembro, mostrou-se similar quanto à entrada dos SF no episódio de 82/83 e uma leve superioridade para o episódio de 97/98, quando visto a penetração de dois SF a mais para essa região.

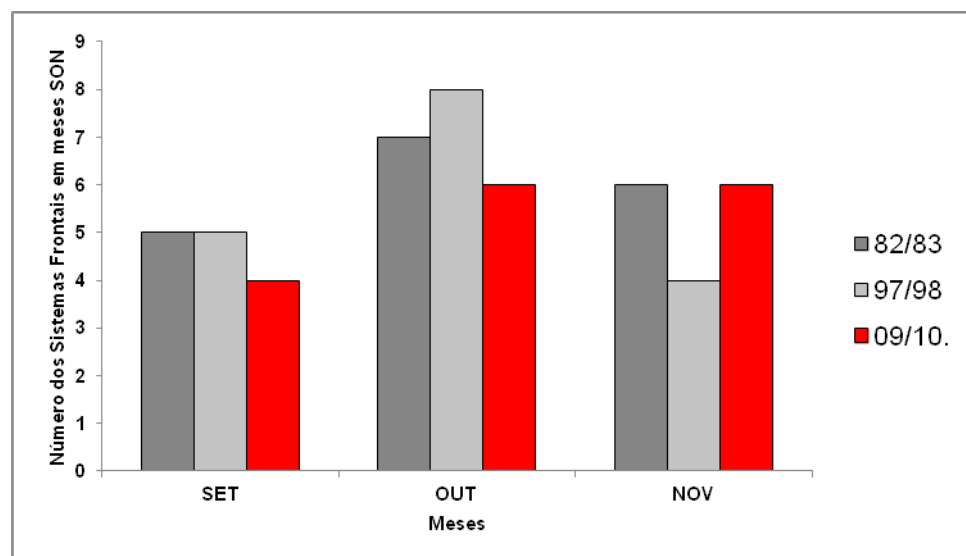


Figura 16 – Número dos Sistemas Frontais em meses da Primavera (SON) em eventos de El Niño Forte e Moderado.

Já para os episódios de LN Forte e para o evento de LN Moderado foram escolhidos os anos de 1988/89, 1998/99 e 2010/2011. A Figura 18 mostra o

comportamento dos SF nos meses da Primavera para os anos citados. Em Setembro verificou-se entre dois e três SF diante de um evento de LN Moderado. Quanto ao mês de Outubro, percebeu-se um padrão de similaridade nos três episódios observados. Finalmente para Novembro, a condição de LN Moderado supera os outros anos em que se tiveram eventos de LN Forte. Cabe destacar que tanto para o gráfico apresentado na Figura 16 como para Figura 17, o mês de Novembro possui uma tendência de igualdade ou superioridade quanto às passagens de SF em comparado com eventos Fortes.

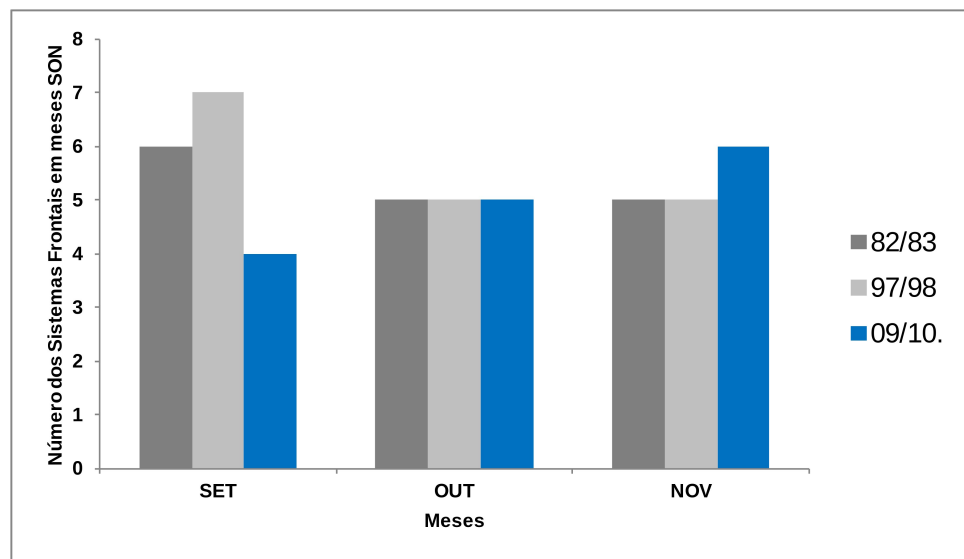


Figura 17 – Número dos Sistemas Frontais em meses da Primavera (SON) em eventos de La Niña Forte e Moderado.

4.2 Intensidade da precipitação e comportamento dos episódios ENOS em diferentes regiões no RS

4.2.1 Região R1 - SON – 2000 a 2010

De acordo com a Tabela 5 e as Figuras 18 e 19, nota-se para a região R1, que a condição de Neutralidade presente nos três meses da Primavera, pode ser um fator que explica a diminuição das precipitações nessa área. Outro padrão verificado para essa situação de volumes inferiores de precipitação foi o LN Moderado. Por conseguinte, avaliando-se uma condição de normalidade de precipitação, pode-se dizer que os padrões de LN Fraco e EN Moderado, estão ligados a essa categoria. Por fim, os eventos que são destacados de um maior volume total mensal de chuva, relacionam-se a padrões de Neutralidade e EN Moderado.

Todavia, com relação às distribuições mensais e anuais dos episódios, vale ressaltar alguns pontos principais. À medida que passam os meses, em um determinado ano, vão sendo alteradas as categorias de precipitação, podendo ser notado um comportamento diferente para o fenômeno em análise. Por exemplo, nos anos de 2004 e 2006, considerados de EN Fraco, observam-se volumes de precipitação abaixo da normal climatológica durante o mês de Setembro, porém nos meses seguintes há uma intensificação quanto ao volume de precipitação, ocorrendo mudança de categoria para normal ou acima da média. Enquanto, o padrão de LN Moderado, observado no ano de 2010, tem no primeiro mês uma condição normal e posteriormente, verifica-se uma diminuição das chuvas, nos meses de Outubro e Novembro.

Tomando-se o volume total mensal de cada estação meteorológica e considerando a atuação dos SF sobre a região R1 nos dias selecionados, pode-se dizer que os SF são responsáveis em média, por 66 a 79% das chuvas no mês de Setembro. Com relação aos meses de Outubro e Novembro são notados valores que correspondem respectivamente de 68 a 70% e 61 a 73%.

Tabela 5- Relação do comportamento da precipitação e os episódios ENOS para os anos de 2000-10, região R1.

Mês	Abaixo da M.H	Normal da M.H	Acima da M.H
Setembro	2004-EN fraco	2000-LN fraco	2005-neutro
	2006-EN fraco	2002-EN mod.	2009-EN mod.
	2007-LN mod.	2003-neutro	
	2008-neutro	2010-LN mod.	
Outubro	2003-neutro	2001-neutro	2000-LN fraco
	2008-neutro	2005-neutro	2002-EN mod.
	2010-LN mod.	2006-EN fraco	2004-EN fraco
		2007-LN mod.	2009-EN mod.
Novembro	2008-neutro	2000-LN fraco	2003-neutro
	2010-LN mod.	2002-EN mod.	2004-EN fraco
			2005-neutro
			2006-EN fraco
			2007-LN mod.
		2009-EN mod.	

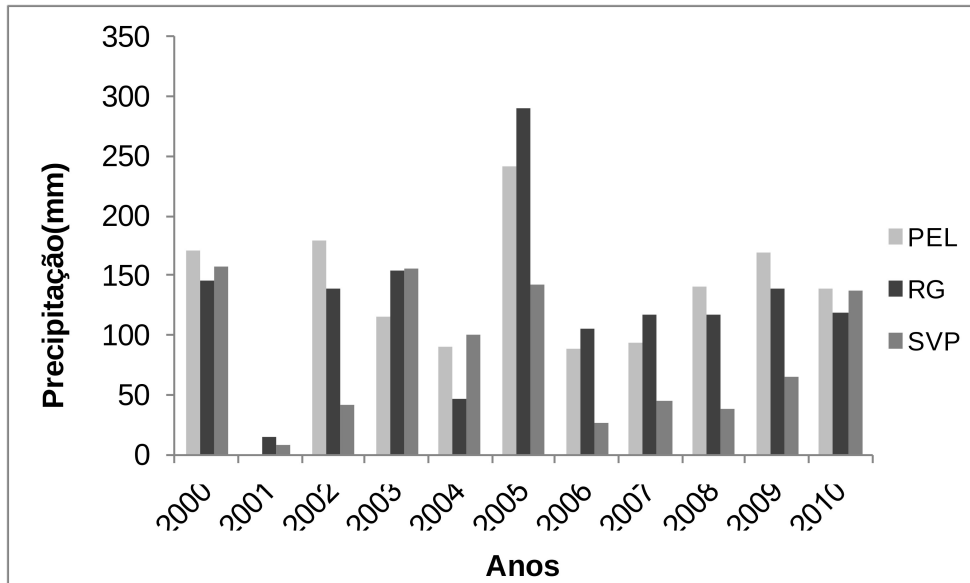


Figura 18a – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Setembro nos municípios de Pelotas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar.

Fonte: INMET

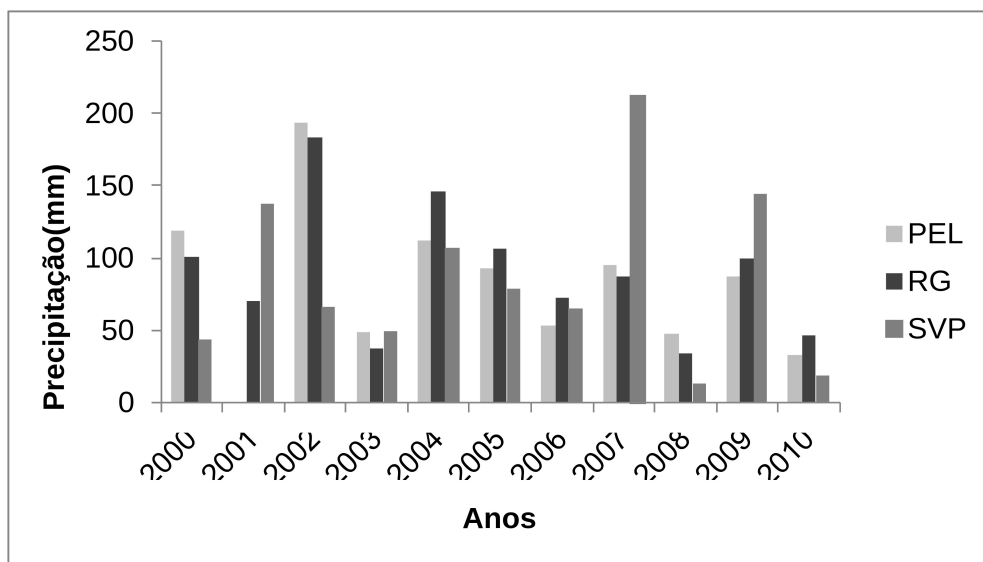


Figura 18b – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Outubro nos municípios de Pelotas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar.

Fonte: INMET

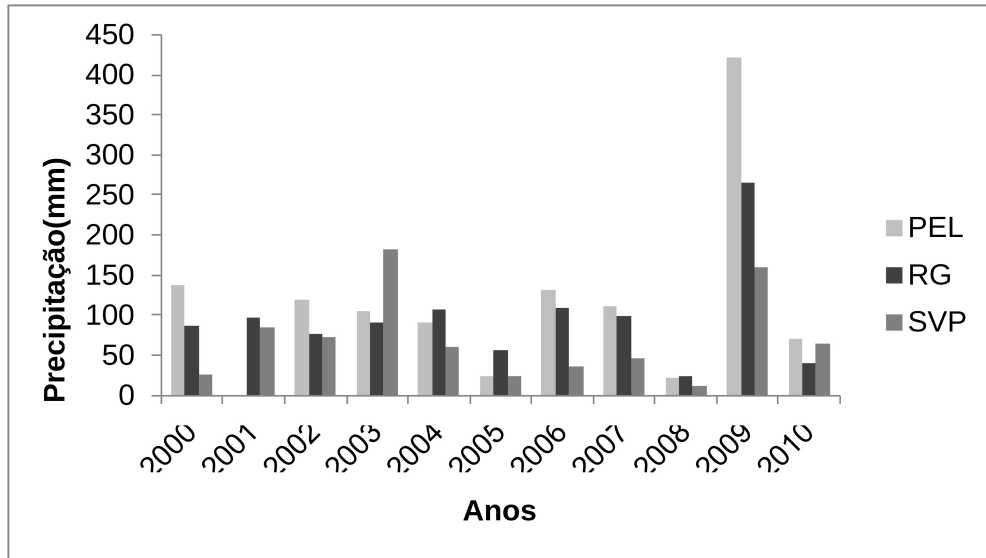


Figura 18c – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Novembro nos municípios de Pelotas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar.

Fonte: INMET

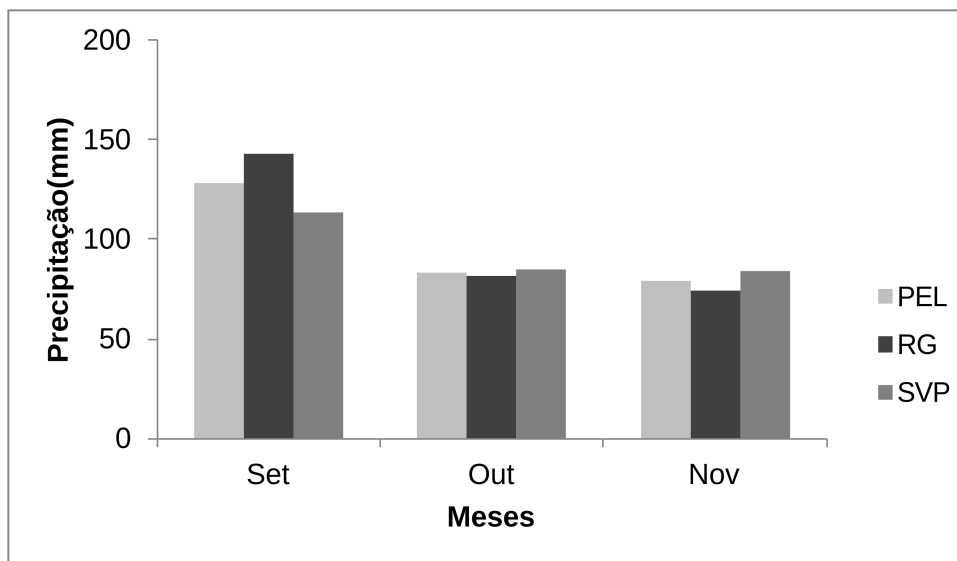


Figura 19 – Média Histórica para os meses de SON nos municípios de Pelotas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar.

Fonte: INMET

4.2.2 Região R2 - SON – 2000 a 2010

A partir da observação dos regimes de precipitação da região R2 para os meses de SON, destacados nas Figuras 20 e, de acordo com a Média Histórica (Figura 21), faz-se importante considerar que os volumes de precipitação na maioria dos anos atingem valores acima da normal climatológica (Tabela 6) para os três meses da Primavera. Analisando-se de forma mais detalhada, tem-se que a condição de Neutralidade e LN Moderado, são os fatores que implicam em menores volumes de precipitação, como observado no ano de 2008. Quando se faz referência a valores dentro da normal de precipitação, não é visto nenhum episódio em destaque. Um fator que pode explicar tal comportamento deve-se a variação dos fenômenos, ou seja, o fato de se ter episódios intercalados. Os volumes de chuva acentuados são observados em diferentes eventos. Esses eventos prevalecem notoriamente em LN Fraco e ainda mais, na condição de EN Moderado, com destaque para o ano de 2009.

Vale destacar o mês de Outubro, que nos anos de 2004, 2006 e 2007, apresentou discrepâncias entre os municípios. Constataram-se, volumes maiores na estação meteorológica de Encruzilhada do Sul e volumes menores na estação meteorológica de Porto Alegre. Por outro lado, no mês de Novembro, observou-se o inverso.

Levando-se em conta os volumes de precipitação oriundos dos dias em que se fizeram presentes os SF, foram constatados que eles são responsáveis no mês de Setembro entre 62 a 71% da precipitação. Enquanto para Outubro e Novembro, tem-se em torno de 62-64% e 51-69% das chuvas relacionadas aos SF, respectivamente.

Tabela 6 - Relação do comportamento da precipitação e os episódios ENOS para os anos de 2000-10, região R2.

Mês	Abaixo da M.H	Normal da M.H	Acima da M.H
Setembro		2001-neutro	2006-EN fraco
			2000-LN fraco
		2003-neutro	
			2002-EN mod.
			2004-EN fraco
			2005-neutro
			2007-EN mod.
			2008-neutro
			2009-EN mod.
Outubro			2010-LN mod.
		2001-neutro	
			2000-LN fraco
		2010-LN mod.	
			2002-EN mod.
			2003-neutro
			2005-neutro
			2008-neutro
			2009-EN mod.
Novembro			
		2005-neutro	
			2001-neutro
		2008-neutro	
			2002-EN mod.
		2010-LN mod.	
		2003-neutro	
		2006-EN fraco	
		2007-EN mod.	

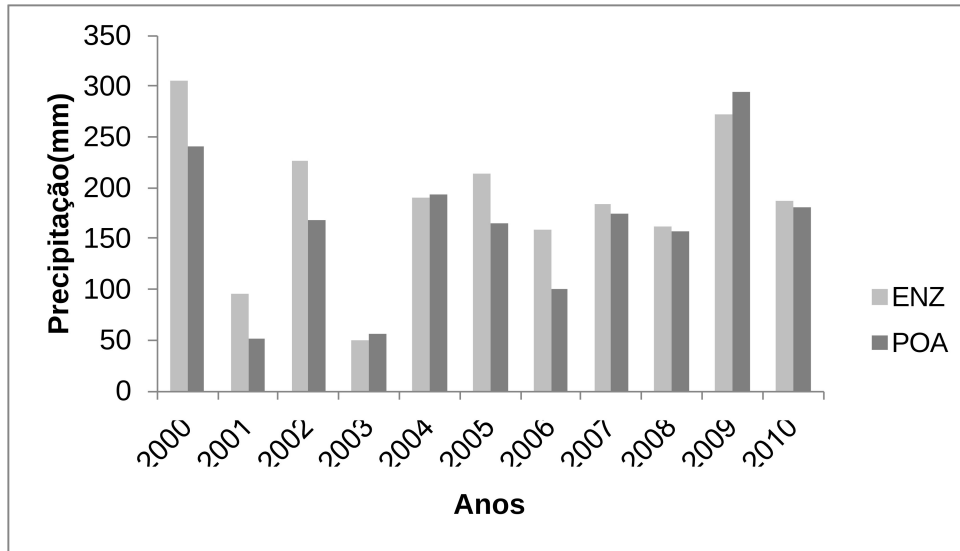


Figura 20a – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Setembro nos municípios de Encruzilhada do Sul e Porto Alegre.

Fonte: INMET

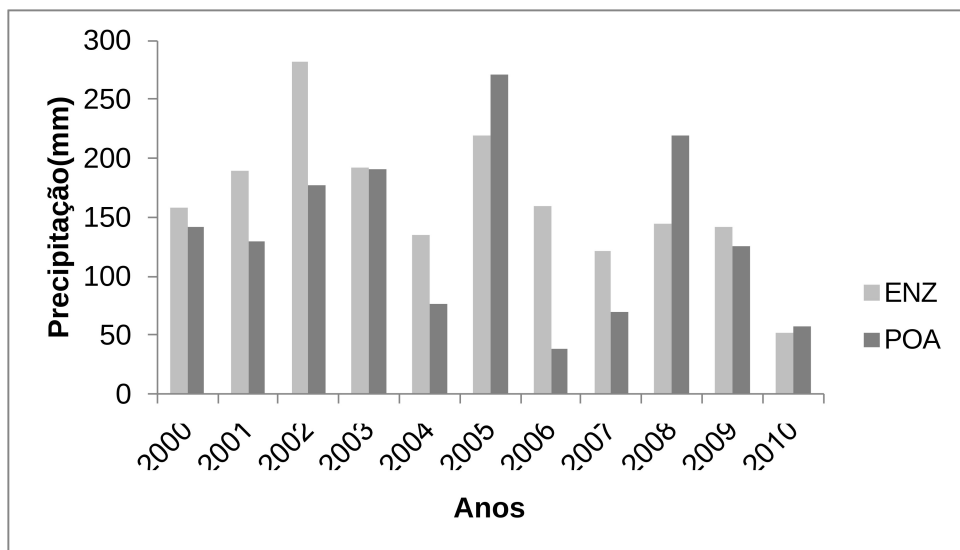


Figura 20b – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Outubro nos municípios de Encruzilhada do Sul e Porto Alegre.

Fonte: INMET

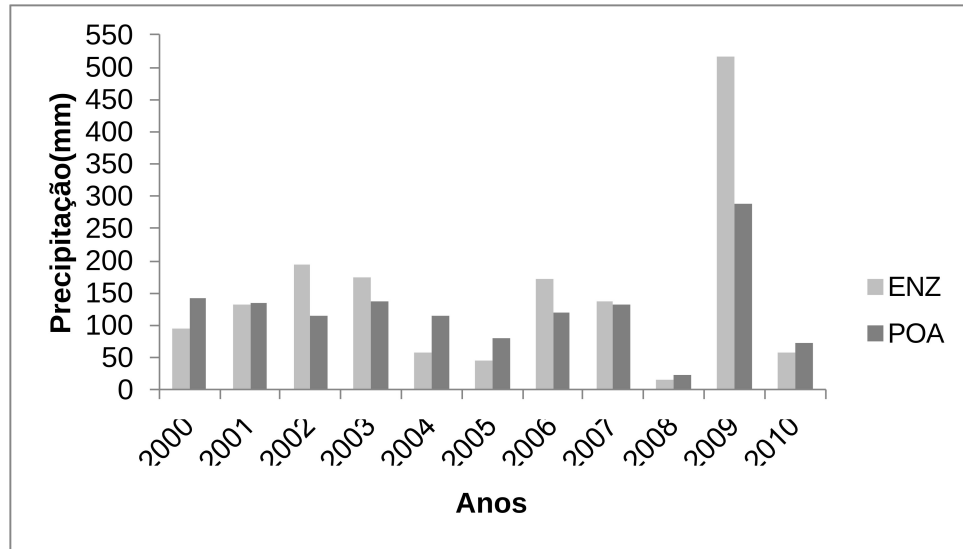


Figura 20c – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Novembro nos municípios de Encruzilhada do Sul e Porto Alegre.

Fonte: INMET

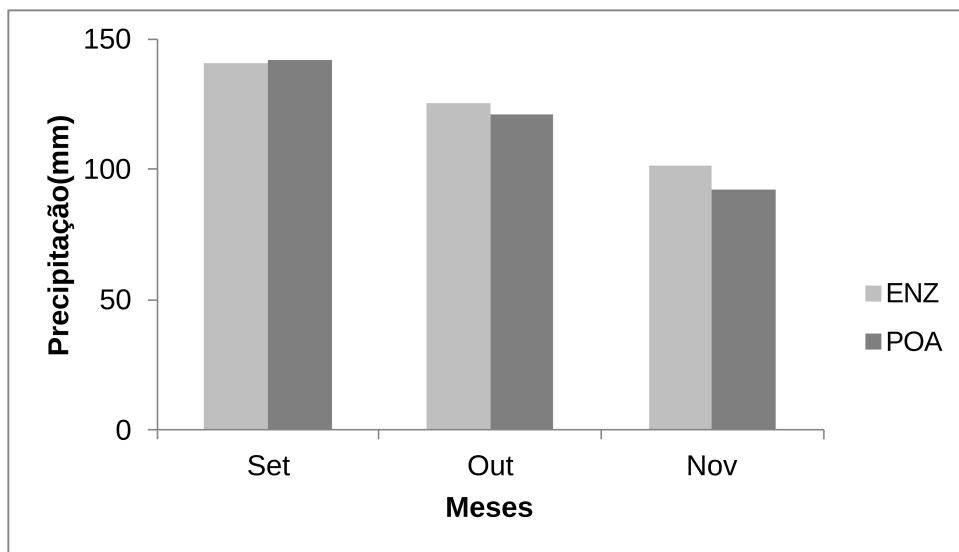


Figura 21 – Média Histórica para os meses de SON nos municípios de Encruzilhada do Sul e Porto Alegre.

Fonte: INMET

4.2.3 Região R3 - SON – 2000 a 2010

Analisando a Tabela 7 e as Figuras 22 e 23 que se referem aos meses relacionados no estudo e enfatizando aos episódios, nota-se que os valores abaixo da Normal Histórica, estão relacionados a um padrão de Neutralidade, assim como observado na região R2. Alguns episódios de EN Fraco e LN Moderado podem também ser observados. Os volumes em torno da média são pouco evidenciados. Por outro lado, anos com precipitação acima da normal climatológica estiveram associados a padrões de EN Moderado, LN Fraco e EN Fraco.

Destaca-se o ano de 2009 como aquele em com totais mensais acumulados mais significativos. Em Novembro, por exemplo, os totais de precipitação superaram os 500 mm. Em contrapartida, os valores apresentados no mesmo mês, em 2010, não passaram de 40 mm.

O percentual de precipitação devido aos SF na região R3 foi de 74 a 78% no mês de Setembro; em Outubro, de 73 a 80%; e em Novembro, de 78 a 82%.

Tabela 7 - Relação do comportamento da precipitação e os episódios ENOS para os anos de 2000-10, região R3.

Mês	Abaixo da M.H	Normal da M.H	Acima da M.H
Setembro	2001-neutro	2005-neutro	2000-LN fraco
	2003-neutro		2002-EN mod.
	2006-EN fraco		2004-EN fraco
	2007-EN mod.		2009-EN mod.
	2008-neutro		2010-LN mod.
Outubro	2010-LN mod.	2009-EN mod.	2000-LN fraco
	2005-neutro		2002-EN mod.
	2006-EN fraco		2003-neutro
			2004-EN fraco
			2007-EN mod.
Novembro			2008-neutro
	2005-neutro		2000-LN fraco
	2007-EN mod.		2001-neutro
	2008-neutro		2002-EN mod.
	2010-LN mod.		2003-neutro
		2004-EN fraco	
		2006-EN fraco	
		2009-EN mod.	

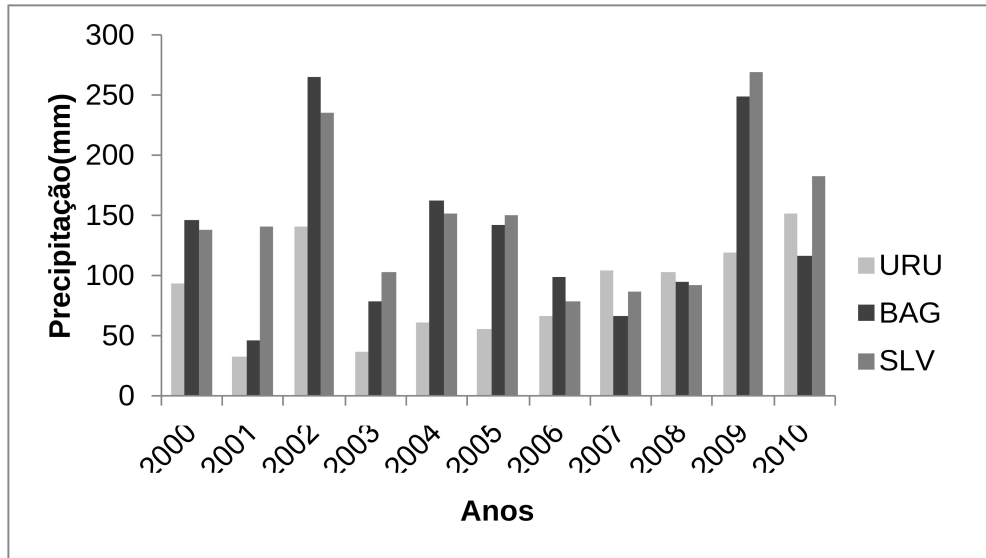


Figura 22a – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Setembro nos municípios de Uruguaiana, Bagé e Santana do Livramento.

Fonte: INMET

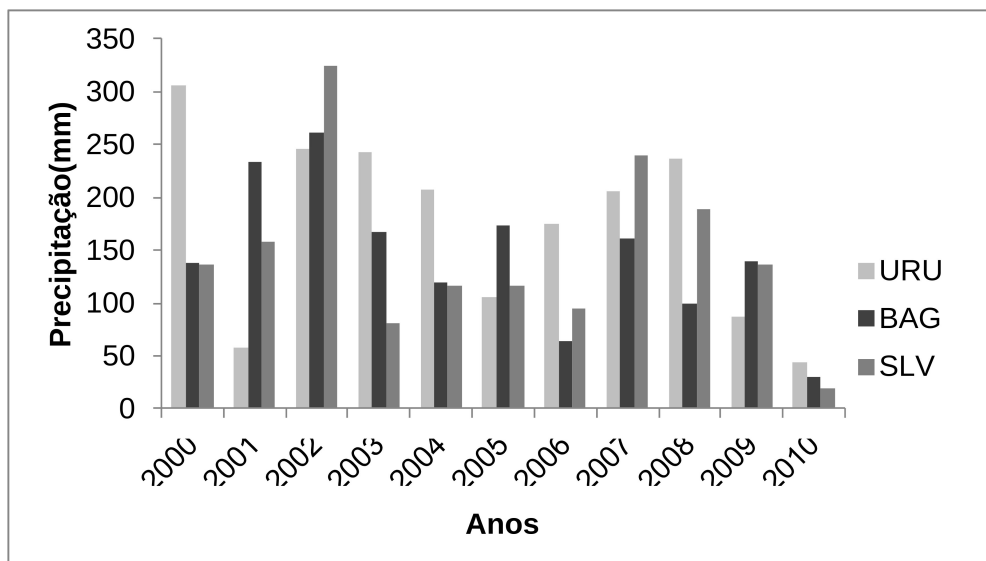


Figura 22b – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Outubro nos municípios de Uruguaiana, Bagé e Santana do Livramento.

Fonte: INMET

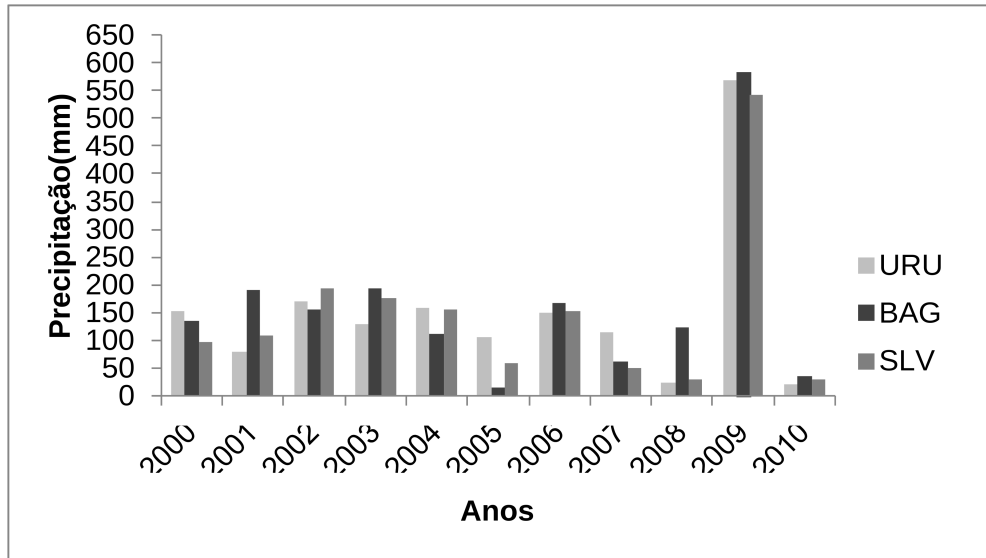


Figura 22c – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Novembro nos municípios de Uruguaiana, Bagé e Santana do Livramento.

Fonte: INMET

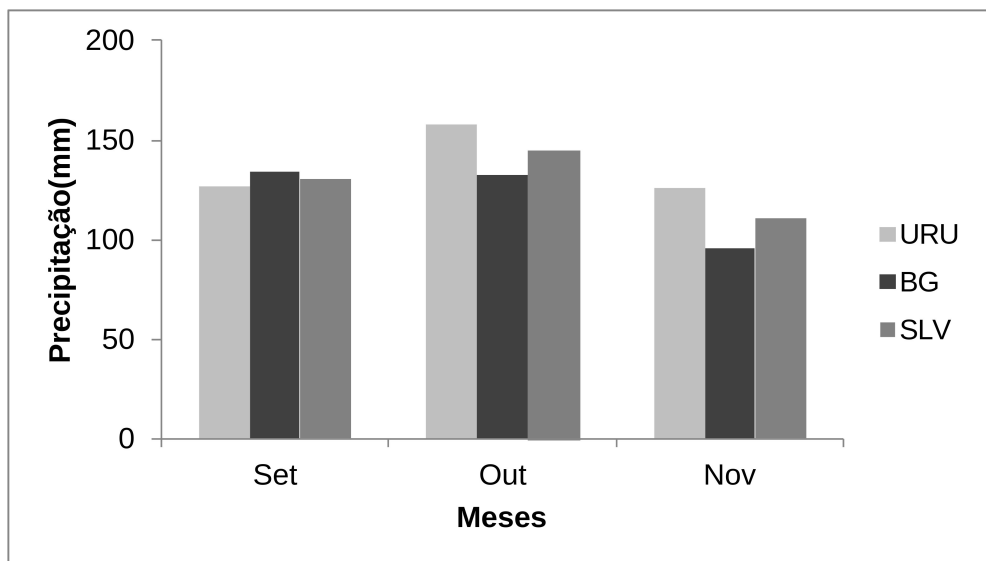


Figura 23 – Média Histórica para os meses de SON nos municípios de Uruguaiana, Bagé e Santana do Livramento.

Fonte: INMET

4.2.4 Região R4 - SON – 2000 a 2010

Considerando a Tabela 8 e as Figuras 24 e 25, que abrangem localidades das partes Central, Norte e Noroeste do Estado, foram verificados eventos que apontam um comportamento dos volumes de precipitação abaixo da média Histórica associados à condição de Neutralidade em todos os meses, embora não sejam em anos iguais, como é o caso de 2001 e 2008. No que se refere à normalidade dos volumes de precipitação, é possível dizer que houve variações, mesmo assim, evidencia-se a condição de EN Fraco. Já para os maiores volumes totais mensais de precipitação destacam-se principalmente os episódios EN Moderado.

Alguns anos, como 2004 e 2008 no mês de Setembro, apresentaram dois municípios, com valores abaixo da média e dois municípios na condição de normalidade. Nesses anos, a estação meteorológica de São Luiz Gonzaga registrou volumes totais mensais abaixo do normal enquanto os dados da estação de Iraí indicaram uma situação de neutralidade.

Cabe salientar ainda, que os volumes totais mensais de precipitação, mostraram-se mais altos no mês de Outubro de 2005 e 2008. Convém observar que em Setembro de 2005, o volume de chuva ficou na categoria normal e em Novembro de 2008 foram verificados valores abaixo da média Histórica. Associado a tal questão ressalva-se que o ano de 2005 registrou a menor entrada de SF, apresentando um total sazonal de oito casos.

Quanto aos volumes de precipitação registrados para a região R4, foram verificados que os SF são responsáveis para os meses de Setembro, Outubro e Novembro, respectivamente, por 64-76%; 57-72%; e 63-75% do total mensal de precipitação.

Tabela 8- Relação do comportamento da precipitação e os episódios ENOS para os anos de 2000-10, região R4.

Mês	Abaixo da M.H	Normal da M.H	Acima da M.H
Setembro	2001-neutro	2005-neutro	2000-LN fraco
	2003-neutro	2006-EN fraco	2002-EN mod.
	2007-EN mod.		2007-EN mod.
			2009-EN mod.
Outubro			2010-LN mod.
	2010-LN mod.	2004-EN fraco	2000-LN fraca
		2009-EN mod.	2002-EN mod.
			2003-neutro
			2005-neutro
			2006-EN fraco
			2007-EN mod.
Novembro			2008-neutro
	2001-neutro	2000-LN fraco	2002-EN mod.
	2008-neutro	2007-EN mod.	2003-neutro
	2010-LN mod.		2006-EN fraco
		2009-EN mod.	

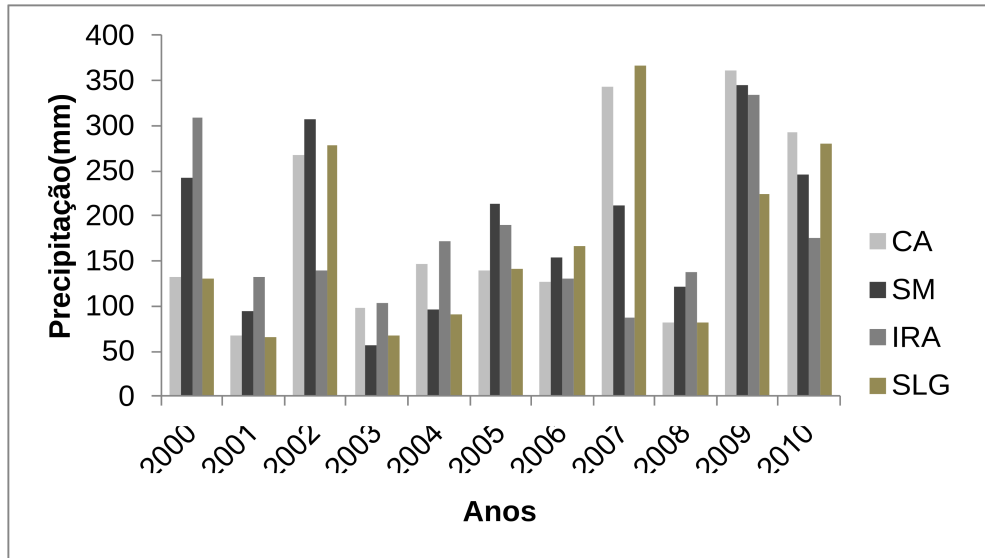


Figura 24a – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Setembro nos municípios de Cruz Alta, Santa Maria, Iraí e São Luiz Gonzaga.

Fonte: INMET

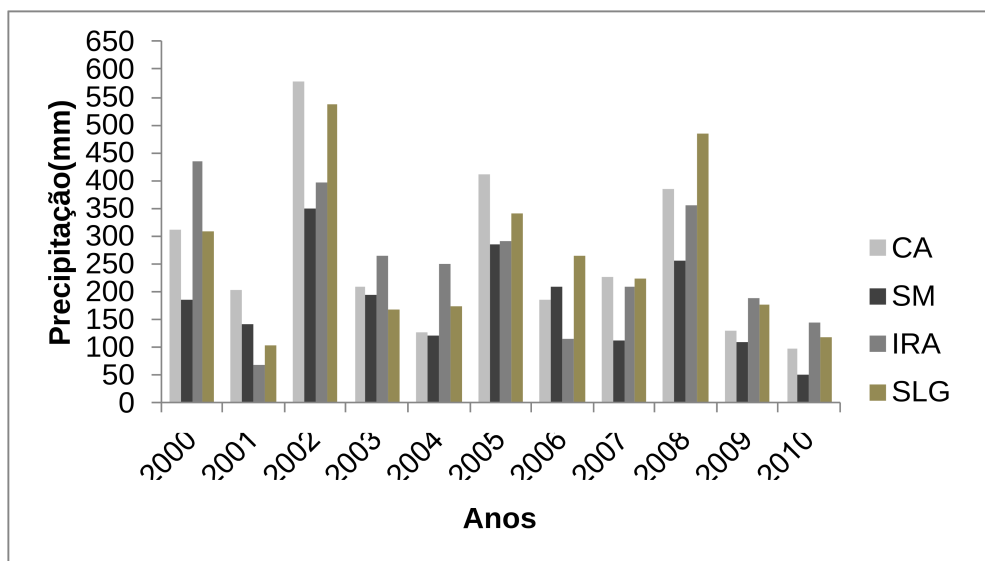


Figura 24b – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Outubro nos municípios de Cruz Alta, Santa Maria, Iraí e São Luiz Gonzaga.

Fonte: INMET

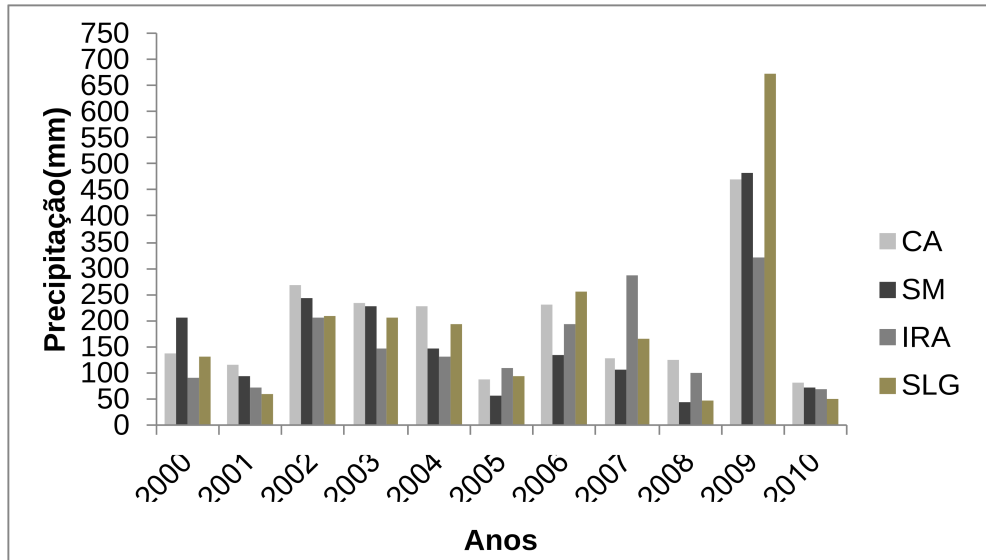


Figura 24c – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Novembro nos municípios de Cruz Alta, Santa Maria, Iraí e São Luiz Gonzaga.

Fonte: INMET

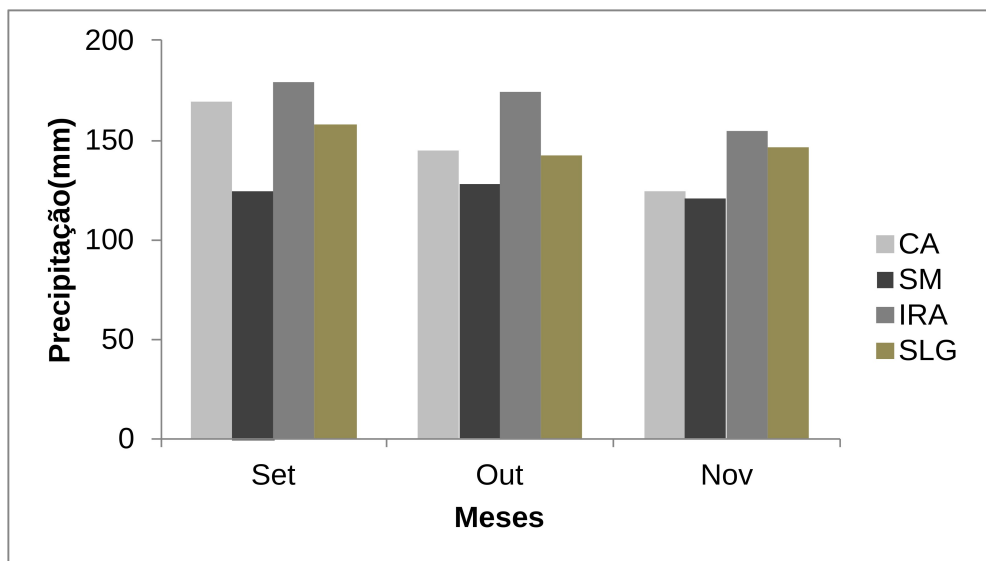


Figura 25 – Média Histórica para os meses de SON nos municípios de Cruz Alta, Santa Maria, Iraí e São Luiz Gonzaga.

Fonte: INMET

4.2.5 Região R5 - SON – 2000 a 2010

Conforme mostram a Tabela 9 e as Figuras 26 e 27, os valores de precipitação total mensal para a região R5 apresentaram-se abaixo da média histórica, associados, principalmente, a condições de LN Moderado e Neutro. Em Novembro de 2004 e 2005, meses relacionados à EN Fraco e LN Neutro, a precipitação manteve-se em torno da normal climatológica. Assim como para as demais regiões, diversos anos apresentaram volumes de chuva acima da normal histórica, com condição mais frequente associado ao padrão de EN Moderado.

Tomando-se os dados da única estação meteorológica analisada na região R5 verificou-se que do volume total mensal, a precipitação associada aos SF foi responsável por 65%, 56% e 79%, respectivamente, nos meses de Setembro, Outubro e Novembro.

Tabela 9- Relação do comportamento da precipitação e os episódios ENOS para os anos de 2000-10, região R5.

Mês	Abaixo da M.H	Normal da M.H	Acima da M.H
Setembro	2000-LN fraco		2002-EN mod.
	2001-neutro		2004-EN fraco
	2003-neutro		2007-EN mod.
	2005-neutro		2009-EN mod.
	2006-EN fraco		2010-LN mod.
Outubro	2006-EN fraco		2000-LN fraco
	2009-EN mod.		2001-neutro
	2010-LN mod.		2002-EN mod.
			2003-neutro
			2004-EN fraco
			2005-neutro
			2007-EN mod.
		2008-neutro	
Novembro	2001-neutro	2004-EN fraco	2000-LN fraco
	2010-LN mod.	2005-neutro	2002-EN mod.
			2003-neutro
			2006-EN fraco
			2007-EN mod.
			2008-neutro
			2009-EN mod.

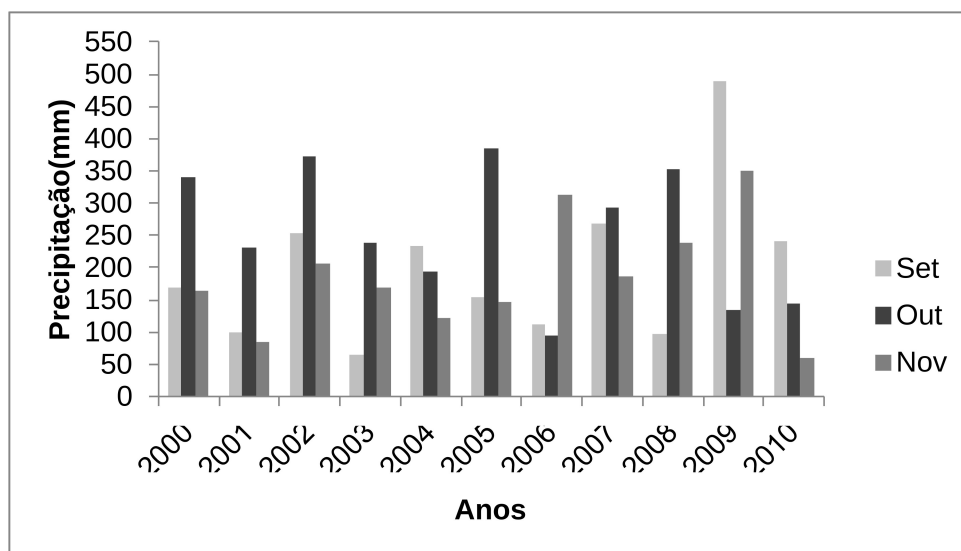


Figura 26 – Precipitação nos anos de 2000-10 para os meses SON no município de Passo Fundo.

Fonte: INMET

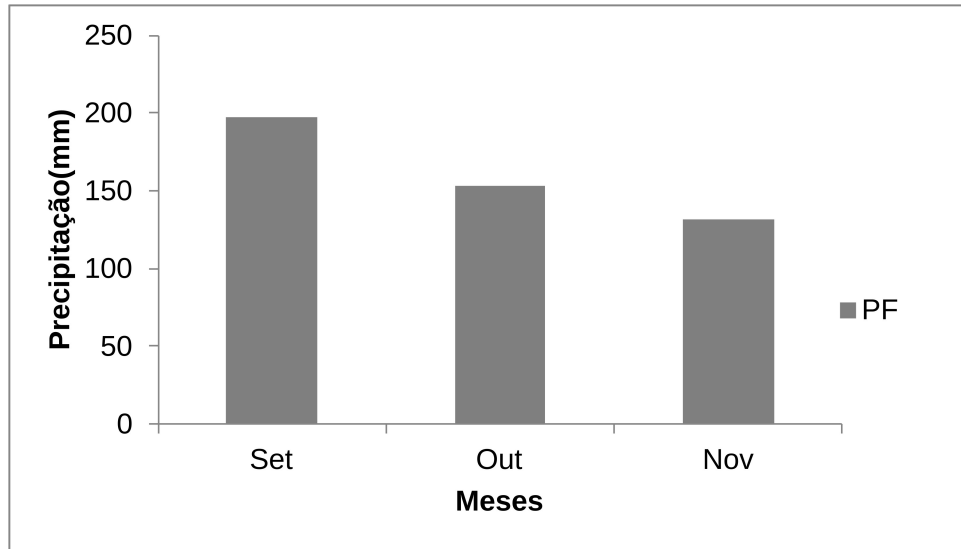


Figura 27 – Média Histórica para os meses de SON no município de Passo Fundo.

Fonte: INMET

4.2.6 Região R6 - SON – 2000 a 2010

Para a região R6 que abrange cinco municípios, de acordo com a Tabela 10 e as Figuras 28 e 29, percebe-se um padrão EN Fraco e Neutro relacionado a valores de precipitação abaixo da normal climatológica, principalmente, no ano de 2006. Associado a padrão de EN Fraco, foi observado volume de precipitação em torno da média. Por outro lado, precipitação total mensal acima da média histórica, foi observado em condição, principalmente, de EN Moderado, seguido da condição de LN Fraco.

Cabe salientar que para essa região, os volumes de precipitação se mostraram altos para os anos de 2005 e 2009. Em 2005, no mês de Outubro, os volumes totais mensais atingiram cerca de 300 mm em cada estação meteorológica analisada. Já no ano de 2009, no mês de Setembro, foi possível constatar valores entre 400 e 500 mm.

Como obtido nas outras regiões, a precipitação mensal na região R6, devido a atuação dos SF representou, no mês de Setembro 48-59% do volume acumulado; em Outubro, de 39-58% e em Novembro de 37-66%.

Tabela 10 - Relação do comportamento da precipitação e os episódios ENOS para os anos de 2000-10, região R6.

Mês	Abaixo da M.H	Normal da M.H	Acima da M.H
Setembro	2001-neutro	2002-EN mod.	2000-LN fraca
	2003-neutro	2004-EN fraco	2007-EN mod.
	2006-EN fraco	2005-neutro	2009-EN mod.
Outubro		2008-neutro	2010-LN mod.
	2006-EN fraco	2004-EN fraco	2000-LN fraca
	2007-EN mod.	2009-EN mod.	2001-neutro
	2010-LN mod.		2002-EN mod.
			2003-neutro
			2005-neutro
Novembro			2008-neutro
	2005-neutro	2000-LN fraca	2001-neutro
	2008-neutro	2010-LN mod.	2002-EN mod.
			2003-neutro
			2004-EN fraco
			2006-EN fraco
			2007-EN mod.
			2009-EN mod.

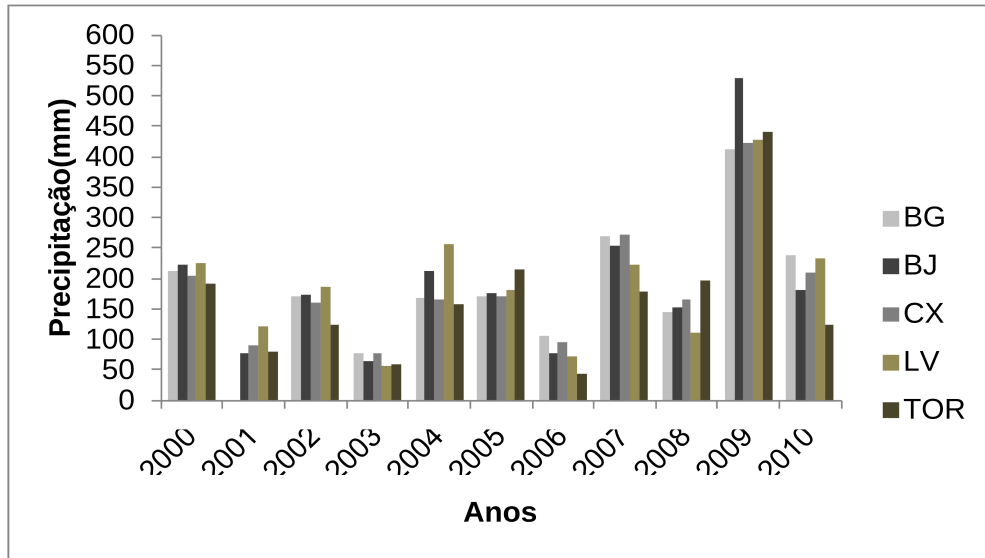


Figura 28a – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Setembro nos municípios de Bento Gonçalves, Bom Jesus, Caxias do Sul, Lagoa Vermelha e Torres.

Fonte: INMET

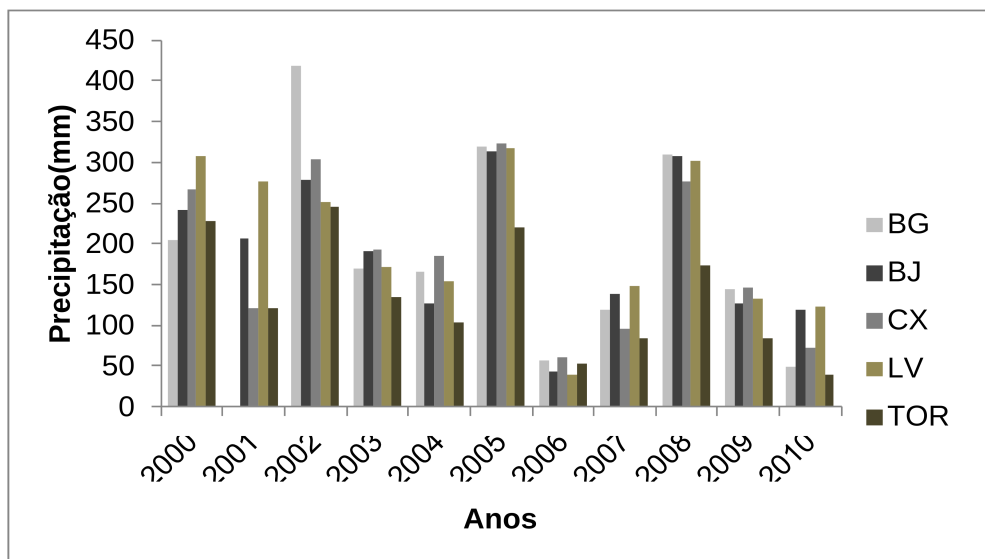


Figura 28b – Precipitação sobre a região nos anos de 2000-10 para o período o mês de Outubro nos municípios de Bento Gonçalves, Bom Jesus, Caxias do Sul, Lagoa Vermelha e Torres.

Fonte: INMET

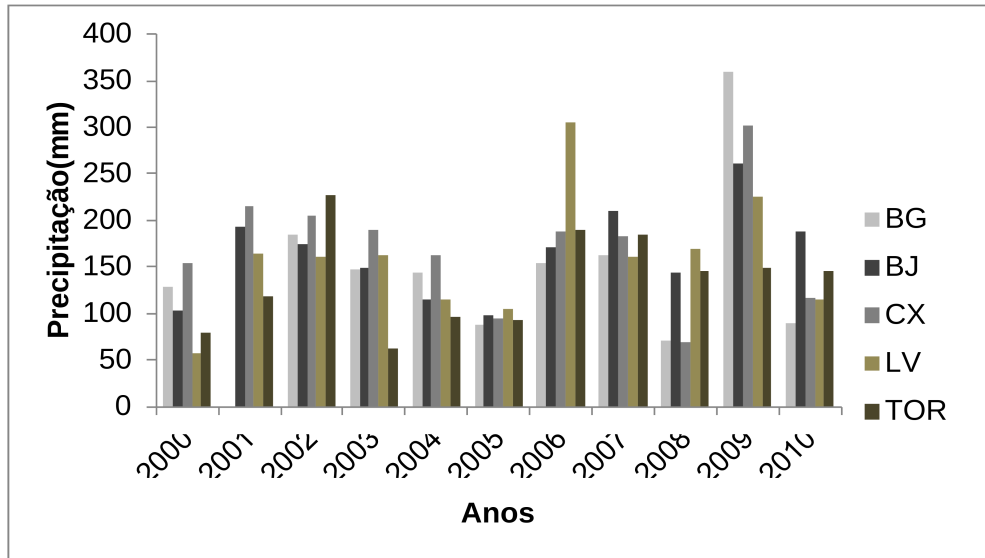


Figura 28c – Precipitação nos anos de 2000-10 para o mês de Novembro nos municípios de Bento Gonçalves, Bom Jesus, Caxias do Sul, Lagoa Vermelha e Torres.

Fonte: INMET

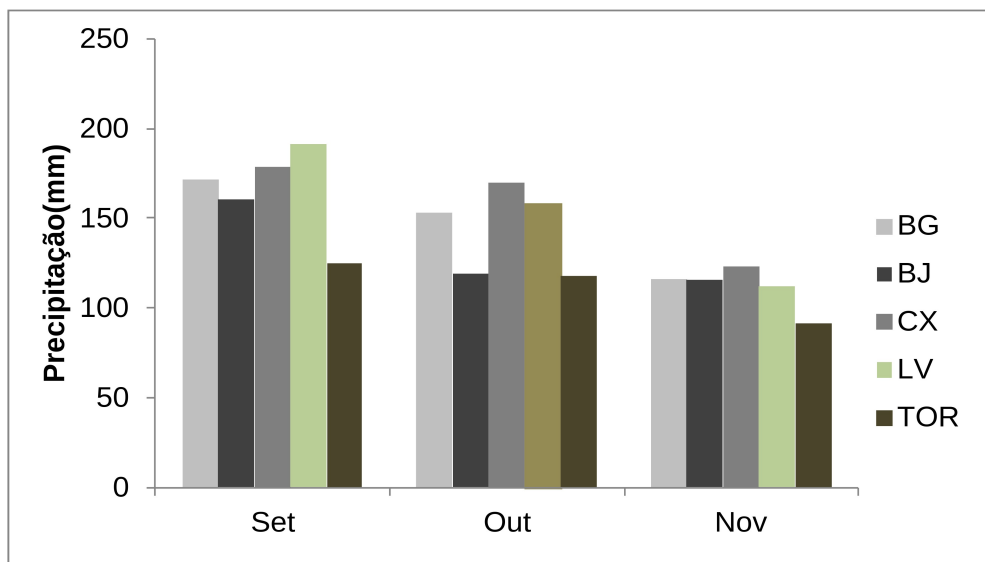


Figura 29 – Média Histórica para os meses de SON nos municípios de Bento Gonçalves, Bom Jesus, Caxias do Sul, Lagoa Vermelha e Torres.

Fonte: INMET

Os gráficos das figuras 30, 31 e 32 servem para associar a intensidade de precipitação (a partir das classes definidas como abaixo da média histórica, normal e acima da média histórica) com os episódios ENOS, nas seis sub-regiões do RS.

A representação observada na figura 30, mostra na maioria dos casos, que uma condição abaixo da média de precipitação está interligada a um padrão de Neutralidade, seguido do padrão de LN e EN.

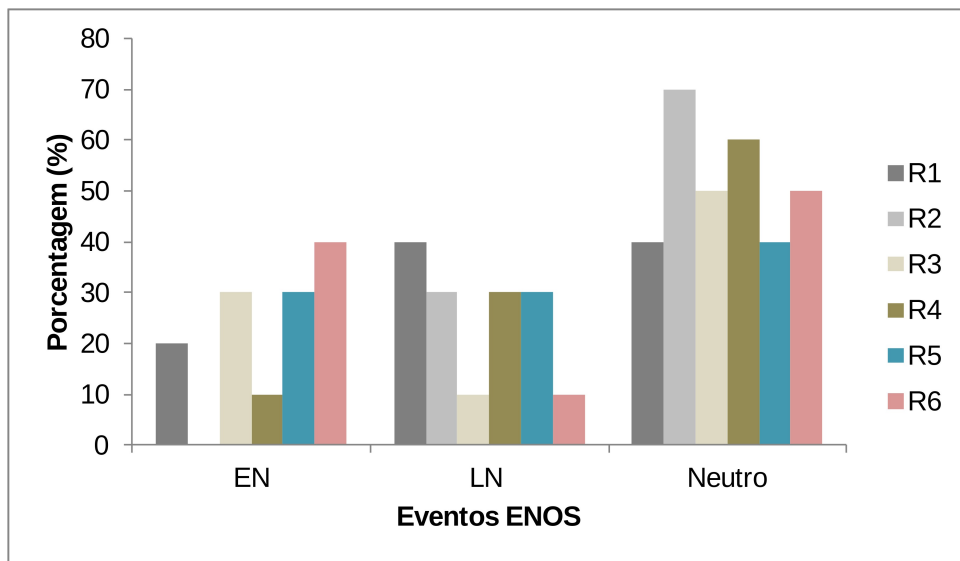


Figura 30 – Porcentagem de eventos ENOS para a condição de precipitação abaixo da média.

A figura 31 apresenta volumes de precipitação dentro de uma condição de normalidade, ou seja, em anos com precipitação normal, os eventos se mostraram interligados majoritariamente a eventos de EN.

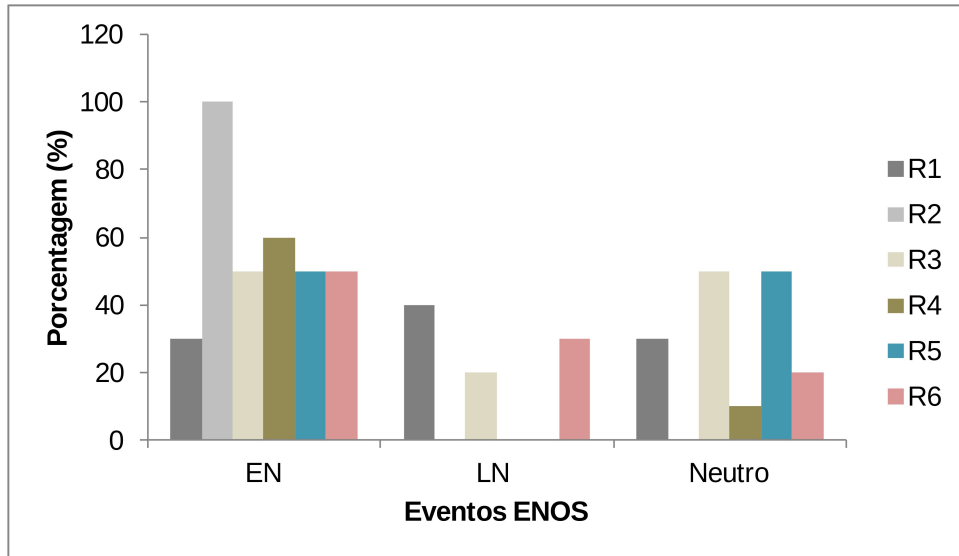


Figura 31 – Porcentagem de eventos ENOS para a condição de normalidade de precipitação média.

Com base na figura 32, na qual se tem uma condição referente a volumes de precipitação acima da normal histórica, sendo esta relacionada a episódios ENOS, destacou-se que assim como na classe de precipitação normal, os eventos de EN estão associados a precipitações maiores em praticamente todos os casos.

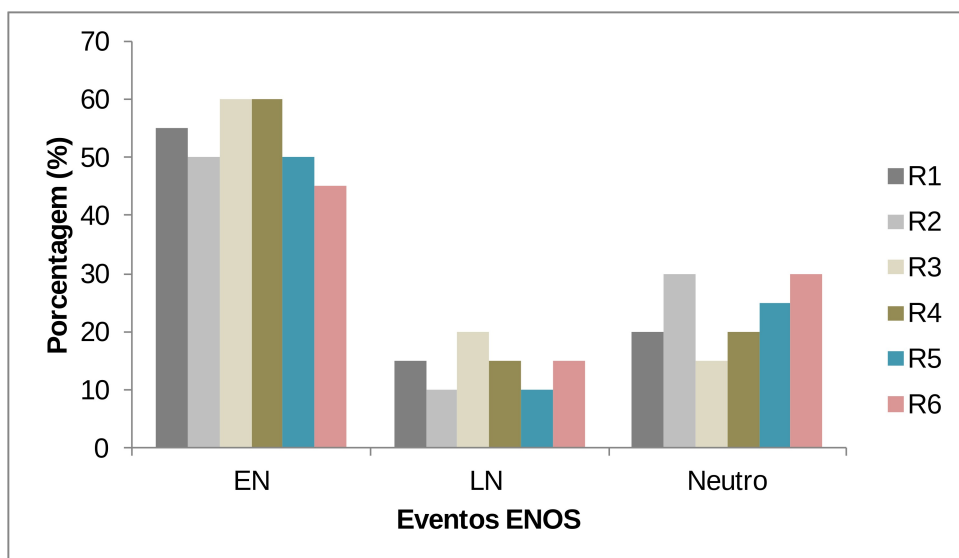


Figura 32 – Porcentagem de eventos ENOS para a condição de precipitação acima da média.

A figura 33 resume as informações das figuras 30, 31 e 32.

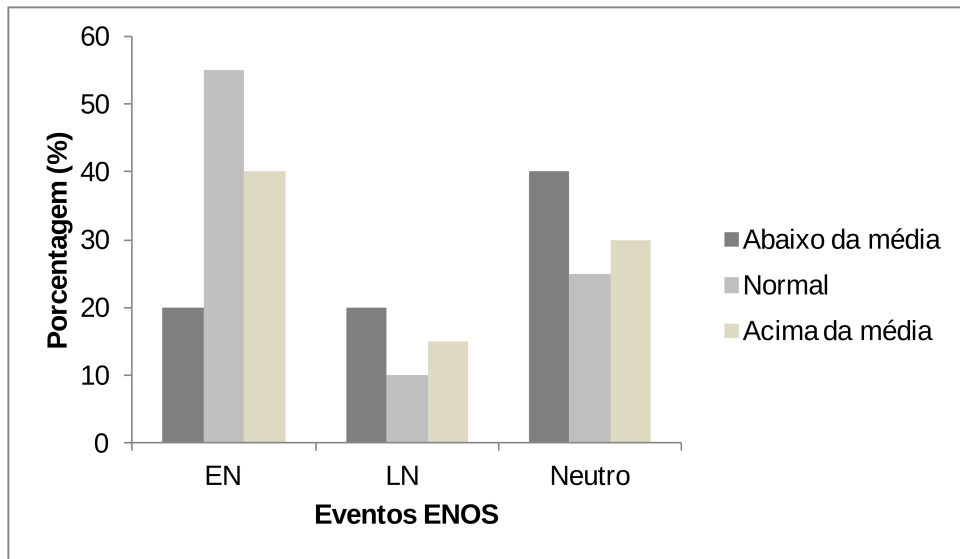


Figura 33 – Média das regiões relativas à porcentagem de eventos ENOS para as condições de precipitação abaixo, normal e acima da média.

4.3 Identificação de SF e as avaliações do comportamento dos SF em episódios diferentes

Os casos foram selecionados considerando a intensidade da precipitação e o padrão dos eventos ENOS nas seis regiões referenciadas através do método de agrupamento.

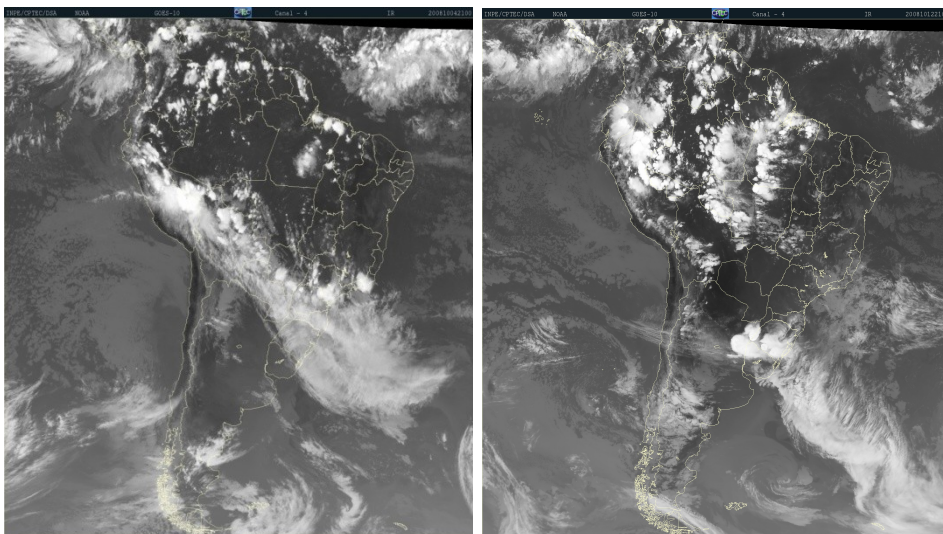
Os anos de 2008 e 2009 (meses de setembro, outubro e novembro - SON) foram selecionados por apresentarem o volume de precipitação mais baixo e mais alto, respectivamente. Em 2008 observou-se o padrão de Neutralidade e em 2009, prevaleceu a condição de EN Moderado de acordo com as anomalias de TSM do oceano Pacífico.

Seguindo a metodologia, foram feitas análises das imagens de satélite e análises subjetivas das variáveis: Temperatura e Pressão descritas no item 3.3.

4.3.1 Análise de eventos no mês de Outubro de 2008 (SON) – Neutralidade

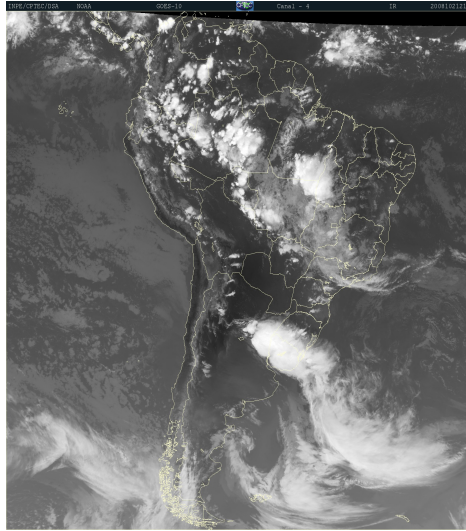
Dias 04/10/2008, 12/10/2008, 21/10/2008

As imagens de satélite do canal Infravermelho dos dias 04, 12 e 21/10/2008 (Figura 34) permitem identificar a presença de Sistemas Frontais sobre o Estado do Rio Grande do Sul.



(a)

(b)



(c)

Figura 34 – Imagem de Satélite do canal IR referente aos dias: (a) 04/10/2008 (2100Z); (b) 12/10/2008 (2100Z) e (c) 21/10/2008 (2115Z).

Fonte: CPTEC/INPE

Comportamento das variáveis: Temperatura e Pressão para as regiões R1-R6 e análise geral para Outubro de 2008.

Dentre as datas escolhidas e considerando os dias de análise (Figura 35 e 36), verificou-se que durante a atuação dos SF houve variações no campo da Temperatura em todas as regiões, porém não muito significativas em termos de valores. Ao longo das avaliações foram observadas quedas na Temperatura em torno de 2 a 8°C na entrada do SF e durante sua permanência em todo o Estado. Já quando analisada a PNM, percebeu-se ao longo dos casos escolhidos que houve um aumento entre 1 a 9 hPa. Esses padrões de variação ocorrem pelo critério de frentes, ou seja, quando se tem queda da Temperatura na data do evento de SF e posteriormente a passagem desse SF, haja um aumento no campo de pressão atmosférica e outras mudanças nas condições de tempo (Petterssen, 1956). O comportamento observado nas regiões R1 e R3 também foram identificados em todas as demais regiões.

No ano de 2008, caracterizado pelo padrão de Neutralidade, notou-se que os SF que ocorreram em outubro de 2008, tiveram sua permanência sobre o Estado

pelos municípios de Santa Vitória do Palmar (SVP) e Rio Grande (RG). Salienta-se o fato de que as setas presentes nas Figuras 35 e 36 indicam a entrada do SF sobre RS.

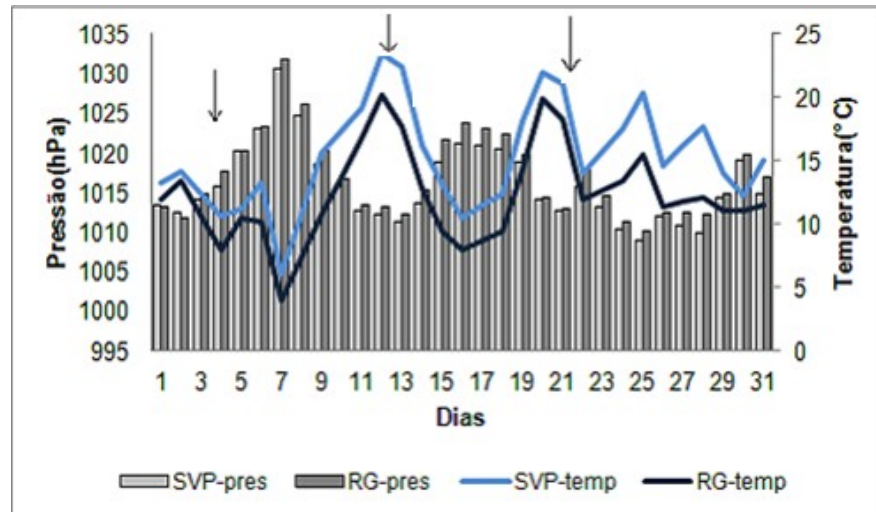


Figura 35 – Representação das variáveis meteorológicas Temperatura (temp) em °C (925hPa) e Pressão ao Nível Médio do Mar (pres) (hPa) na região R1, compreendida pelos municípios de Santa Vitória do Palmar (SVP) e Rio Grande (RG).

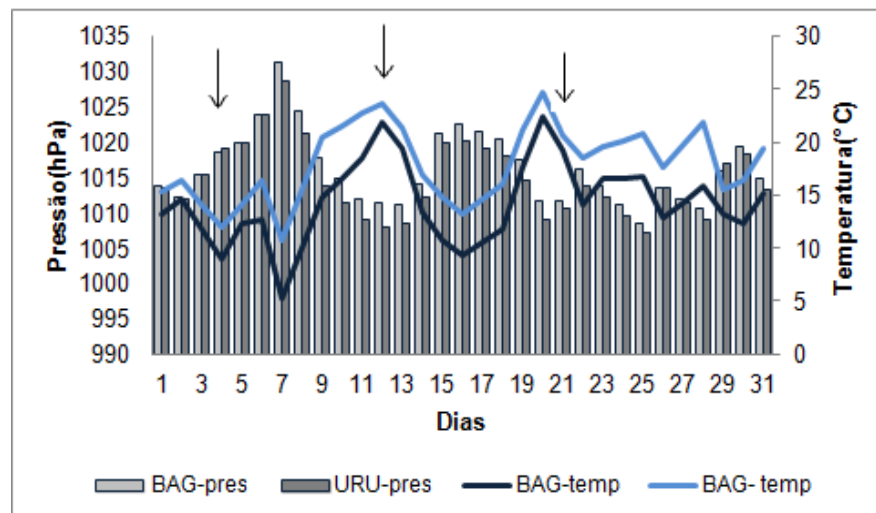
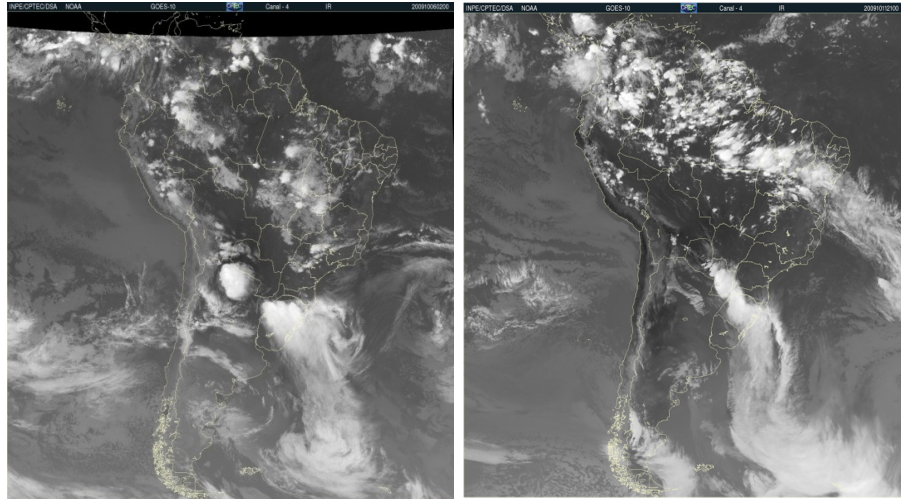


Figura 36 – Representação das variáveis meteorológicas Temperatura (temp) em °C (925hPa) e PNM (pres)(hPa) na região R3 compreendida pelos municípios de Bagé (BAG) e Uruguaiana (URU).

4.3.2 Análise do mês de Outubro de 2009(SON) – EN Moderado

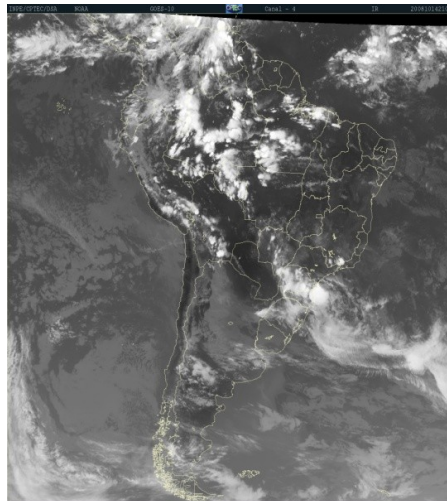
Dias 05/10/2009, 11/10/2009, 14/10/2009

Para os dias abaixo que foram destacados nas imagens de satélite no canal Infravermelho, percebeu-se sobre o Estado do RS a presença de SF.



(a)

(b)



(c)

Figura 37 – Imagem de Satélite do canal IR referente aos dias: (a) 05/10/2009 (2100Z); (b) 11/10/2009 (2100Z) e 14/10/2009 (2100Z).

Fonte: CPTEC/INPE.

Comportamento das variáveis: Temperatura e Pressão para as regiões R1-R6 e análise geral para Outubro de 2009

As Figuras 38 e 39 ilustram o comportamento da Temperatura e Pressão nos três eventos analisados em Outubro de 2009. De acordo com essas figuras, no dia 05 de Outubro de 2009, observou-se um decréscimo maior na Temperatura, em torno de 8 a 10°C, enquanto o campo de PNM mostrou aumentos significativos, em média de 8 a 20 hPa. Nos dias 11 e 14/10/2009, a variação nos campos foram menos significativos, com registro de queda da Temperatura, entre 1 a 5°C e aumento da PNM, entre 1 e 5 hPa.

No ano de 2009 foram observados diversos dias em que ocorreram variações entre a Temperatura e a PNM devido à entrada de SF, como dito anteriormente, definido a partir do critério de frentes. Entretanto, essas variações não se mostraram tão significativas, a não ser no dia 05/10/2009. Na tabela presente no Apêndice B, mostra-se um levantamento observado em relação aos SF nos meses da primavera. Com isso, para o mês de outubro de 2009, houve um maior número de penetrações de SF na região em estudo do que o verificado no mesmo mês em 2008.

Em relação aos SF no mês de outubro de 2009, estes variaram o seu tempo de atuação. Enquanto para o primeiro caso, teve-se uma duração de 2,5 dias, para o segundo dia, verificou-se a presença do SF no RS durante 1,5 dia e por último, durante um dia. As setas presentes nas Figuras 38 e 39 indicam a entrada do SF sobre RS.

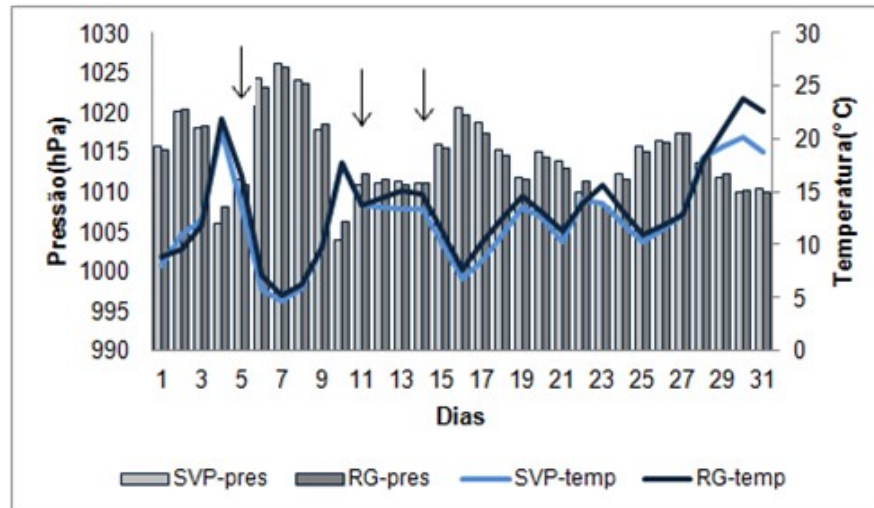


Figura 38 – Comportamento da Temperatura e PNM no mês de Outubro de 2009 (EN MODERADO) para a região R1 compreendida pelos municípios de Santa Vitória do Palmar e Rio Grande.

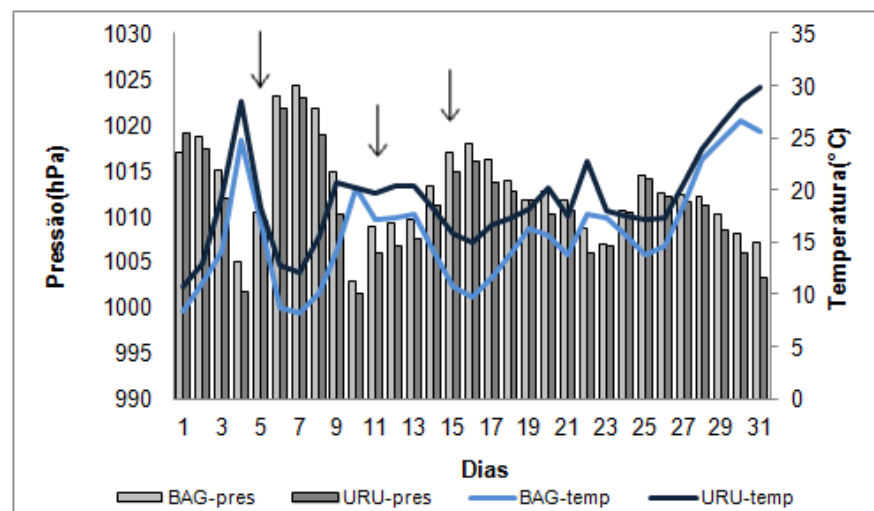


Figura 39 – Comportamento da Temperatura e PNM no mês de Outubro de 2009 (EN MODERADO) para a região R3 compreendida pelos municípios de Bagé e Uruguaiana.

5. CONCLUSÃO

Tendo em vista os resultados obtidos, faz-se primordial concluir e salientar a importância dos estudos de fenômenos oceano-atmosfera e dos sistemas meteorológicos de tempo quando analisados sobre uma região como o Estado do RS. Tal fato se deve, uma vez que essa área é referenciada pelos pesquisadores por sua vulnerabilidade, seja no âmbito econômico, seja, mais precisamente, relacionado às variações climáticas sazonais e interanuais.

Na análise realizada neste trabalho, focada no período da Primavera, foi constatada que a menor frequência de SF no RS se dá nos eventos relacionados, primeiramente, aos episódios LN Fraco, seguidos de padrões de Neutralidade. Em contrapartida, foi observado que a maior ocorrência de SF está associada a episódios de EN Moderado e ainda do padrão de Neutralidade.

Conforme discutido, não se verificaram diferenças acentuadas em comparação aos resultados de outros estudos para essa mesma região para a estação da Primavera, já que os números de SF trimestrais e os números mensais pertinentes a esta área em análise apresentam similaridade. Verificou-se maior passagem de sistemas frontais no mês de Outubro, embora tenha sido observado, em Setembro, um volume de precipitação mensal maior em todas as sub-regiões.

É indiscutível que a influência dos sistemas de grande escala traz consequências quanto à intensidade dos regimes de precipitação para todas as regiões do Estado. Nos meses de SON, nas seis sub-regiões observou-se que os volumes mensais de precipitação abaixo da normal climatológica estão relacionados a situações, principalmente, de Neutralidade. Precipitações mensais normais, por sua vez, estão, geralmente associados com os episódios de EN Fraco. Enquanto em situações com precipitações acima da média histórica, verificou-se uma relação com padrões de EN Moderado no Oceano Pacífico.

Considera-se, de fato, que a intensidade de precipitação causada pelos SF mostrou-se com maior impacto sobre a região R3, que corresponde à faixa Oeste do RS. Menores volumes de precipitação foram observados na região R4 (região Central e Noroeste do RS), menos influenciada pela penetração dos SF.

Sobre as influências dos SF na precipitação em termos percentuais, salienta-

se, que em média para os três meses da Primavera, as sub-regiões com valores que derivam significativamente de tais influências são: R1 e R3 (Sul do RS), enquanto os menores valores percentuais são vistos na sub-região R6 (Região da Serra), embora esta área apresente acumulados mensais altos.

Cabe ressaltar que o método subjetivo baseado nos dados MERRA conseguiu representar e caracterizar o perfil dos SF a partir da visualização das **três** principais variáveis meteorológicas fornecendo subsídios para, com confiabilidade, apoiar as constatações.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, K.L.; Cavalcanti, I.F.A. **Climatologia dos Sistemas Frontais e padrões de comportamento para o Verão na América do Sul**. 13p.. Anais: SBMET, Fortaleza-CE 2004. 1 CD-ROM (INPE-12090-PRE/7436), 2004.

Andrade, K.L. **Climatologia e Comportamento Dos Sistemas Frontais Sobre a América Do Sul, 2005**.185p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005.

Berlato, M.A.; Fontana, D.C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre: UFRGS, 110p. 2003..

Berlato, M.A. et al. **Associação entre El Niño oscilação Sul e a produtividade de milho no Estado do Rio Grande do Sul**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, p.423-432, 2005.

Bjerknes, J. On the structure of moving cyclones. **Geofysiske Publikationer**, v.1, n.2, p.1-8, 1919.

Bonatti, J. P.; Rao, V. B. **Moist baroclinic instability of North Pacific and South American intermediate-scale disturbances**. Journal of the Atmospheric Sciences, v. 44, p. 2657-2667, 1987.

Braga, M F S; Krusche, N. **Padrão de Ventos em Rio Grande, RS, no período de 1992 a 1995**. Revista Atlântica, Rio Grande, v. 22, p. 27-40, 2000.

Carvalho, L. M. V; Jones, C.; Liebmann, B. **The South Atlantic convergence zone: Intensity, form, persistence, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall**. Journal of Climate, v. 17, p. 88–108, 2004.

Casarin, D. P.; Kousky, V.E. **Anomalias de precipitação no sul do Brasil e variações na circulação atmosférica**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 1, p. 83-90, 1986.

Cavalcanti, I.F.A. e Gan, M.A. **Anomalous precipitation in Southern Brazil and ENSO events**. Workshop sobre o fenômeno ENOS e a variabilidade climática nas escalas sazonal a interanual:Impactos socioeconômicos, previsão e aplicações ao processo de tomada de decisão. Florianópolis, 1992.

Cavalcanti, I. F. A. e V. B. Rao, 1996. **Varição nas características de umidade nos anos de El Niño e La Niña de 1987 e 1988**. VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Campos do Jordão (SP.), 6-13 Novembro, 1996.

Cavalcanti, I. F. A.; Kousky, V. E. **Climatology of South American cold fronts. International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography**, 101 7., Wellington, New Zealand, 2003. Proceedings... New Zealand: American Meteorological Society, 2003. 1 CD-ROM.

Climanálise. **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. São José dos Campos: INPE, 1992-2002.

CPTEC, **Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos**. <http://cptec.inpe.br/>, acessado em maio de 2015.

Dametto, G., Da Rocha, R. P. **Características Climáticas dos Sistemas Frontais na Cidade de São Paulo**. Relatório FAPESP, 2005.

Diaz, A.F. et al. **Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic Oceans**. *Journal of Climate*, v.11, p.251-271, 1998.

Federova, N.; Carvalho, M.H. **Processos sinóticos em anos de La Niña e de El Niño. Parte II: Zonas Frontais**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.15, n.2, p. 57-72, 2000.

Federova, N., Levit, V., Carvalho, M. H. **Eventos de precipitação na cidade de Pelotas – RS associados a processos e sistemas sinóticos**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.22, p. 134-159, 2007.

Ferraz, S. E. T. **Variabilidade Intrasazonal da Precipitação sobre o Sudeste Brasileiro**. Tese de Doutorado em Meteorologia, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, IAG-USP, 2004.

Ferreira, N. J. e Fortune, M. A. **Introdução à Interpretação de Imagens de Satélites, Curso Intensivo sobre Satélites Meteorológicos e Interpretação de Imagens**.1980, INPE, São José dos Campos, SP, 12 de novembro a 8 de dezembro de 1979.

Figueiredo, J. C.; Scola, J. **O Tempo de Vida Médio dos Sistemas Convectivos de Mesoescala na América do Sul**. In: Congresso Brasileiro De Meteorologia, Anais. Campos de Jordão, SP, p. 984-986, 1996.

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.

Grimm, A.M.; **Influência remota de fontes tropicais anômalas de calor**. Tese de Doutorado. Instituto Astronômico e Geofísico/USP. São Paulo, 216 p, 1992.

Grimm, A. M. e Gomes, J., **Análise da sensibilidade do método para identificação de anomalias de precipitação relacionadas ao fenômeno El Niño/Oscilação Sul**. Anais do IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, Sociedade Brasileira de Meteorologia,1996.

Grimm, A.; Ferraz, S.E.T; Gomes, J. **Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with ElNiño and Lã Niña events**. *Journal of Climate*, Boston, v.11, p.2863-2880. Nov, 1998.

Grimm, A.; Barros, V.E; Doyle, M.E. **Climate Variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña Events**. J. Climate, 13p., 35–58, 2000.

Grimm, A. M.; Sant’anna, C. L. da S. **Influência de Fases Extremas da Oscilação Sul Sobre a Intensidade e Freqüência das Chuvas no Sul do Brasil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11, Rio de Janeiro, Anais...Rio de Janeiro: SBMet, 2000. 1 CD-ROM, 1992.

Hallak, R. **Aspectos dinâmicos e simulação numérica da formação e evolução de um vórtice de ar frio**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, IAG–USP, 2000.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia, www.inmet.gov.br; acessado em março de 2015.

Iwabe, C. M. N.; da Rocha, R. P. **An event of stratospheric air intrusion and its associated secondary surface cyclogenesis over the South Atlantic Ocean**. Journal of Geophysical Research, v. 114, D09101, doi:10.1029/2008JD011119, 2009.

Justi Da Silva, M.G.A.; Silva Dias, M.A.F. **A freqüência de fenômenos meteorológicos na América do Sul: uma climatologia**. Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11., Foz do Iguaçu, 2002. Anais... Foz do Iguaçu: SBMET, 2002. 1 CD-ROM.

Karoly, D. K. ,. **Southern Hemisphere circulation features associated with El Niño- Souther Oscillation Events**. Journal of Climate, Nov. :1239-1252, 1989.

Kodama, Y.-M. **Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu frontal zone, the SPCZ, and the SACZ), Part I: Characteristics of subtropical frontal zones**. Journal of the Meteorological Society of Japan, v.70, p.813–835, 1992.

Kousky, V. E. **Frontal Influences on Northeast Brazil**. Monthly Weather Review,v.107, p. 1140-1153, 1979.

Kousky, V. E.; Cavalcanti, I. F. A. **Eventos Oscilação do Sul - El Niño: características, evolução e anomalias de precipitação**. Ciência e Cultura, 36(11), p.11888-11899, 1984.

Kousky, V. E. **Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector**. Revista Brasileira de Meteorologia, n. 3, p. 217-231, 1988.

Lemos, C.F.; Calbete, N. O. **Sistemas frontais que atuaram no litoral de 1987-1995**. Climanálise, Edição comemorativa 10 anos, 1996. (INPE-10717-PRE/6178).

Marques, R.F.C.; Rao; V.B. **A diagnosis of a long-lasting blocking event over the Southeast Pacific Ocean**.Monthly Weather Review, vol. 127, p. 1761-1776, 1999.

Marques, R.F.C.; Rao; V.B. **Interannual variations of blocking in the Southern Hemisphere and their energetics**. Journal Geophysical Research, vol. 105, p. 4625-4636, 2000.

Marques, J. R. **Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul e sua relação com indicadores oceânicos**. 2005. 209p. Tese (Doutorado-Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MERRA, **Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications**, <http://gmao.gsfc.nasa.gov/merra/> . Acessado em junho de 2015.

Miky Funatsu, B., Gan, M. A.; Caetano, E. **A case study of orographic cyclogenesis over South America**. *Atmósfera*, v. 17, n. 2, p. 91-113, 2004.

Morais, M. A., Castro, W. A. C., Tundisi, J. G. **Climatologia de Frentes Frias sobre a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), e sua Influência na Limnologia dos 12 Reservatórios de Abastecimento de Água**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2010.

Nascimento, E. L.; Ambrizzi, T. **The Influence of Atmospheric Blocking on the Rossby Wave Propagation in Southern Hemisphere Winter Flows**. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, v. 80, n. 2, p. 139-159, 2002.

Nimer, E. **Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE**. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2. ed., 421p. 1989.

NOAA, **National Oceanic and Atmospheric Administration**. <http://www.noaa.gov/>. Acessado em março de 2015.

Nogués-paegle, J.; Berbery, E.H. **Low-level Jets over the Americas**. *Exchanges – Selected Research Papers*. Nº16, Jun/2000.

Oliveira, A. S. **Interações entre sistemas frontais na América do Sul e convecção na Amazônia**. 1986. 134p. (INPE-4008-TDL/239). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1986.

Pálmen, E.; Newton, C.W. **Atmospheric circulation systems**. Their structure and physical interpretation. New York: Academic Press, 603p, 1969.

Petterssen, S. **Weather Analysis and Forecasting**. New York: McGraw-Hill, v. 1, 498p, 1956.

Puchalski, L. A. **Efeito associado ao El niño e La Niña na temperatura média, precipitação pluvial e no déficit hídrico no Rio Grande do Sul**. 2000. 100f. Dissertação (Mestrado Agrometeorologia) – Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

Quadro, M.F.L. **Estudo de episódios de zonas de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1994. 97p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994.

Rao, V. B.; Hada, K. **Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with the southern oscillation.** Theoretical and applied climatology, v.42(2), p. 81-92, 1990.

Rao, V.B., Hada, K.; **Annual variation of rainfall over Brazil and atmospheric circulation over South America.** Anais do VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1994: Volume 2, 81-84, 1994.

Reboita, M. S. **Ciclones Extratropicais sobre o Atlântico Sul: Simulação Climática e Experimentos de Sensibilidade.** Tese de Doutorado em Meteorologia, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG–USP, 359 pg., 2008.

Reboita, M. S.; Ambrizzi, T.; Da Rocha, R. P. **Relationship between the Southern Annular Mode and Southern Hemisphere Atmospheric Systems.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 24, n. 1, p. 48-55, 2009.

Reboita, M.S; Gan, M.A; Rocha, R.M e Ambrizzi, T. **Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica.** 2010. Revista Brasileira de Meteorologia, v.25, n.2, 185 - 204, 2010.

Rienecker, M.M., M.J. Suarez, R. Gelaro, R. Todling, J. Bacmeister, E. Liu, M.G. Bosilovich, S.D. Schubert, L. Takacs, G.-K. Kim, S. Bloom, J. Chen, D. Collins, A. Conaty, A. da Silva, et al. (2011), **MERRA: NASA's Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications.** J. Climate, **24**, 3624-3648, doi:10.1175/JCLI-D-11-00015.1.

Rodrigues, M. L. G; Franco, D; Sugahara, S. **Climatologia de frentes frias no litoral de Santa Catarina.** Revista Brasileira de Geofísica, v.22, n. 2, p.135-151, 2004.

Ropelewski, C. H. e Halpert, S. **Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation.** Monthly Weather Review, 115p. 1606-1626, 1987.

Satyamurty, P; Mattos L. F. **Climatological Lower Tropospheric Frontogenesis in the Midlatitudes Due to Horizontal Deformation and Divergence.** Monthly Weather Review, v. 117, n. 6, p. 1355-1364, 1989.

Satyamurty P, Mattos LF, Nobre CA & SILVA DIAS PL. Tropics - South America. In : **Meteorology of the Southern Hemisphere**, Ed. Kauly, D. J. and Vincent, D. G., Meteorological Monograph. American Meteorological Society, Boston, 119-139, 1998.

Silva, M.V. **Análise sazonal do regime hídrico do Rio Grande do Sul no período de 1977 a 2006: impacto de sistemas meteorológicos no regime hídrico do Estado em 2006.** 2010.120p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal de Pelotas-RS.

Studzinski, C. D. **Um estudo da precipitação na Região Sul do Brasil e sua Relação com os Oceanos Pacífico e Atlântico Tropical Sul.** São José dos Campos. INPE. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, 87p., 1995.

Trenberth, K. E. The Definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, n. 11, p.2771-2777, 1997.

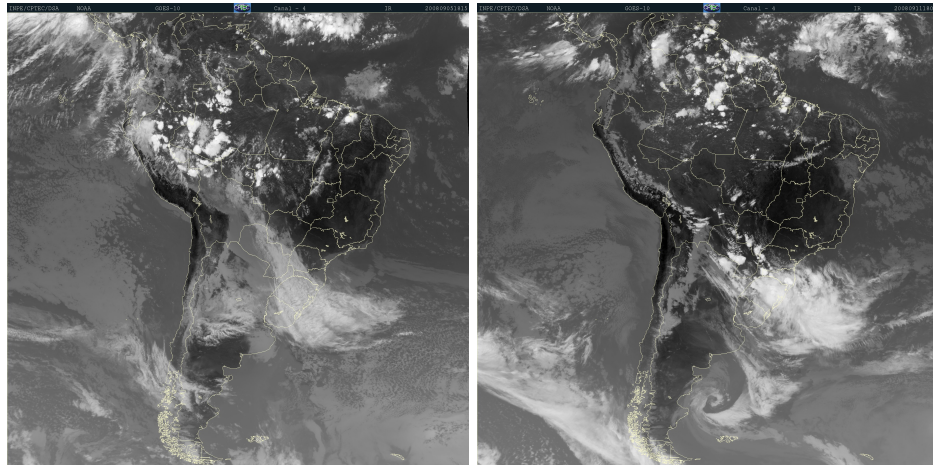
Varejão-Silva, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. PAX Gráfica e Editora Ltda, 2ªEdição, 532 p, 2001.

APÊNDICE A

Foram escolhidos os anos de 2008 e 2009 para mostrar a aplicação da metodologia presente no trabalho.

- Setembro de 2008

A - Referente à observação visual das imagens de Satélite (quatro eventos).

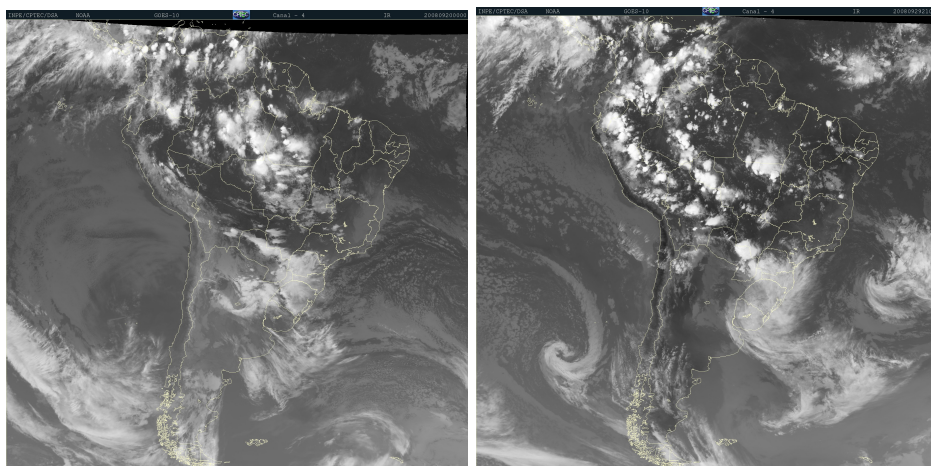


(a)

(b)

Figuras 1 a-b – Imagens de Satélite GOES-8 referentes aos dias 05/09/08 e 11/09/08, respectivamente as 1815Z e as 1800Z.

Fonte: CPTEC/INPE



(a)

(b)

Figuras 2 a-b – Imagens de Satélite GOES-8 referentes aos dias 20/09/08 e 29/09/08, respectivamente as 0000Z e as 1800Z. Fonte: CPTEC/INPE

B - Referente à aplicação do método subjetivo. (Foi escolhida uma região, das seis em análise como forma de demonstração).

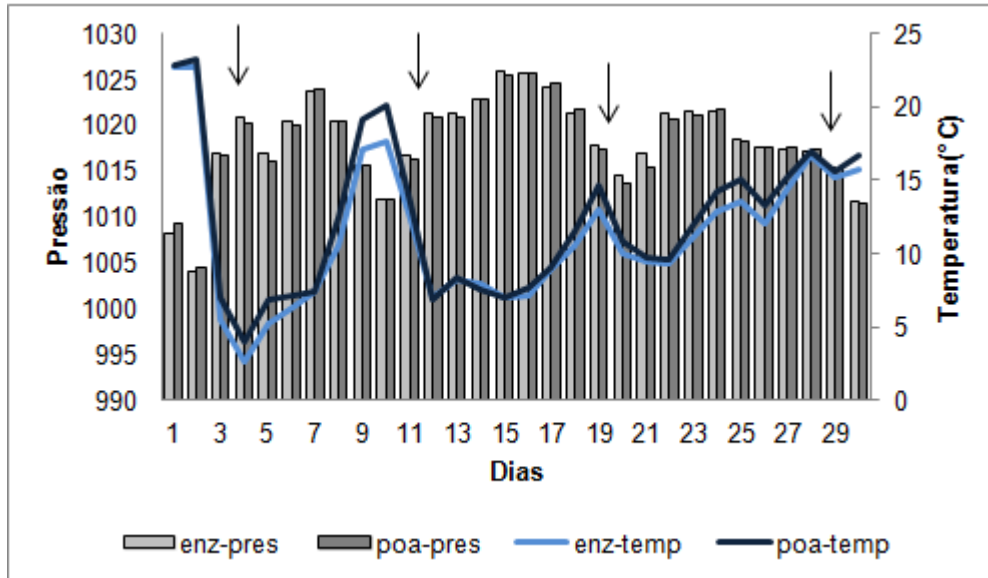


Figura 3 - Comportamento da Temperatura (925hPa) e PNM no mês de Setembro de 2008 para a região R2. As setas indicam o dia de entrada dos sistemas frontais identificados sobre o RS.

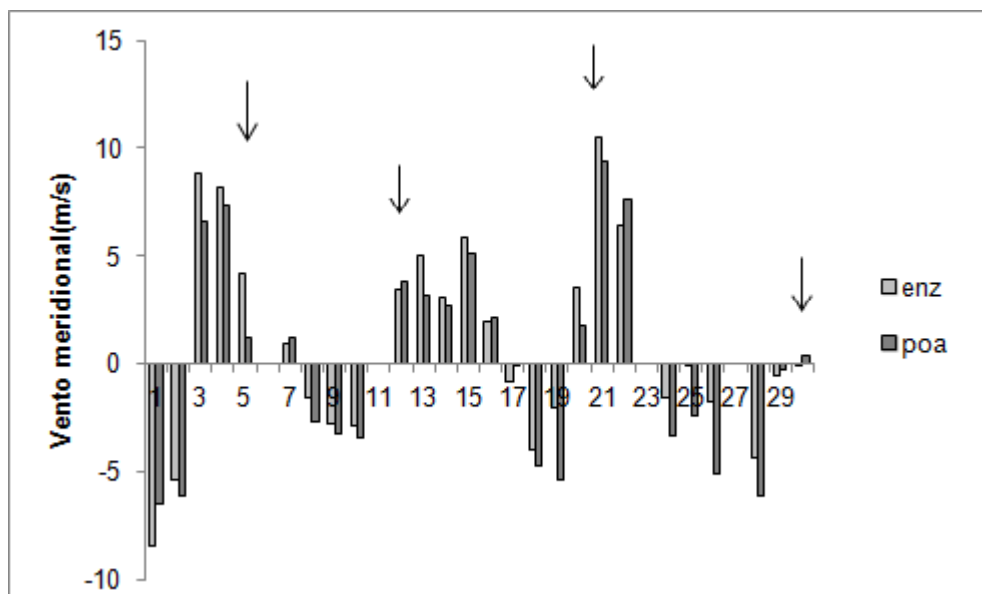
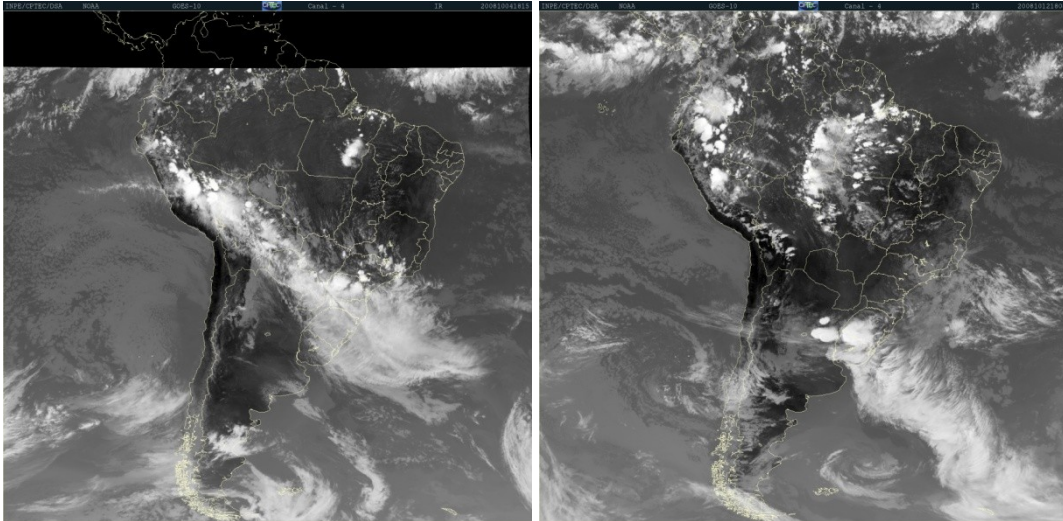


Figura 4 - Comportamento do Vento Meridional (925hPa) no mês de Setembro de 2008 para a região R2. As setas indicam o dia de entrada dos sistemas frontais identificados sobre o RS.

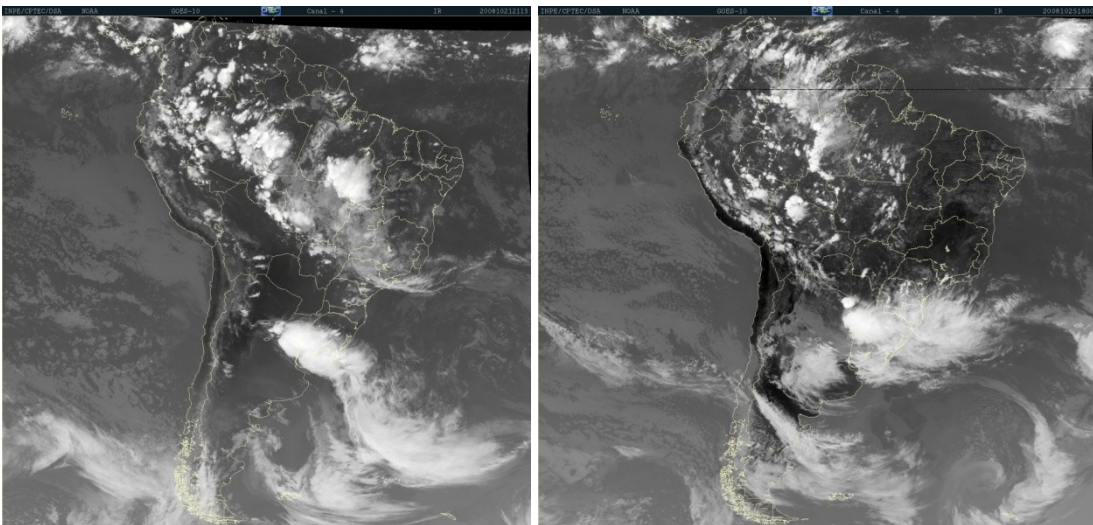
- Outubro de 2008

A - Referente à observação visual das imagens de Satélite (quatro eventos).



Figuras 5 a-b – Imagens de Satélite GOES-8 referentes aos dias 04/10/08 e 12/10/08, respectivamente as 1815Z e as 1800Z.

Fonte: CPTEC/INPE



Figuras 6 a-b – Imagens de Satélite GOES-8 referentes aos dias 21/10/08 e 25/10/08, respectivamente as 2115Z e as 1800Z.

Fonte: CPTEC/INPE

B - Referente à aplicação do método subjetivo. (Foi escolhida uma região, das seis em análise como forma de demonstração).

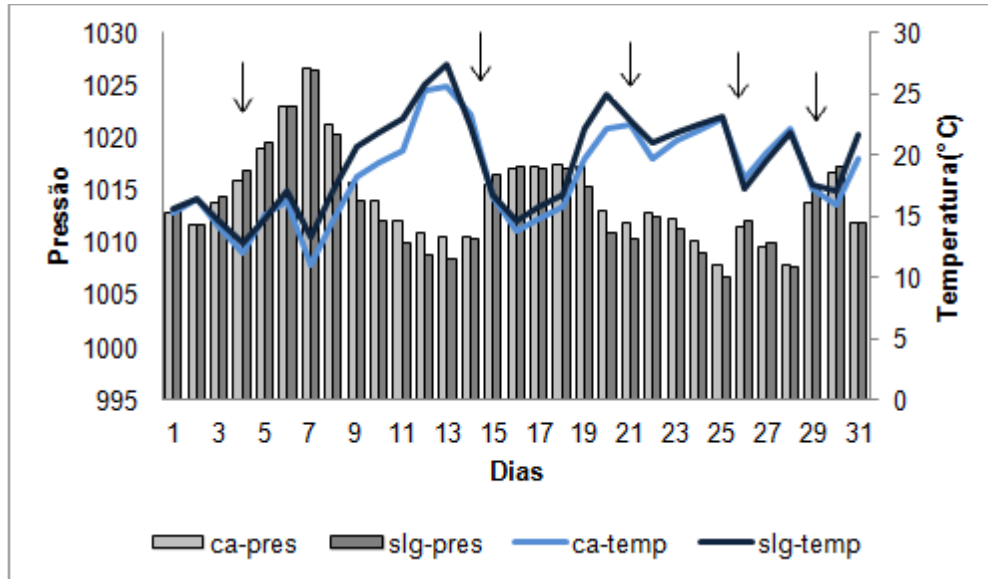


Figura 7 - Comportamento da Temperatura (925hPa) e PNM no mês de Outubro de 2008 para a região R4. As setas indicam o dia de entrada dos sistemas frontais identificados sobre o RS.

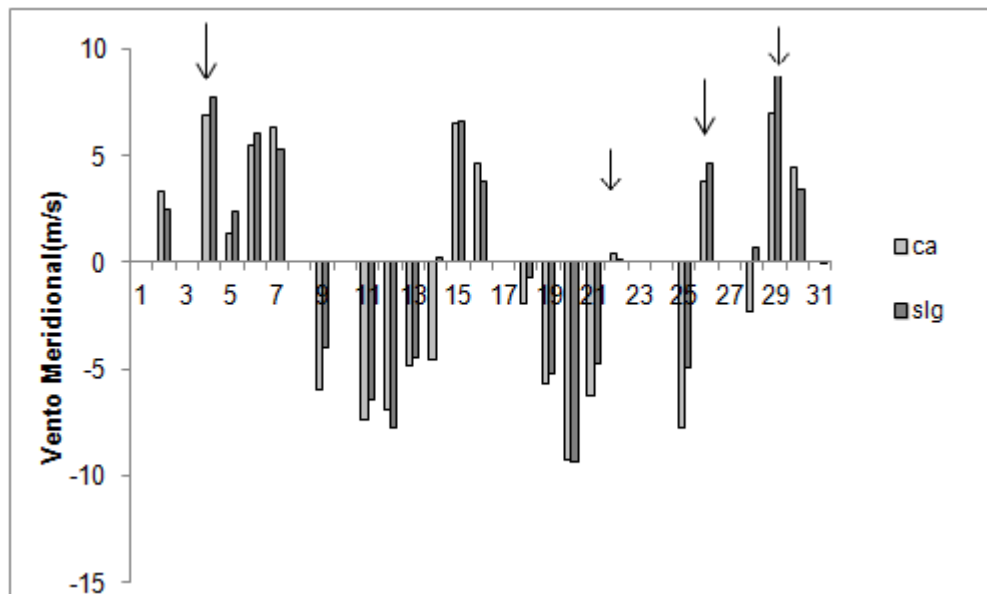
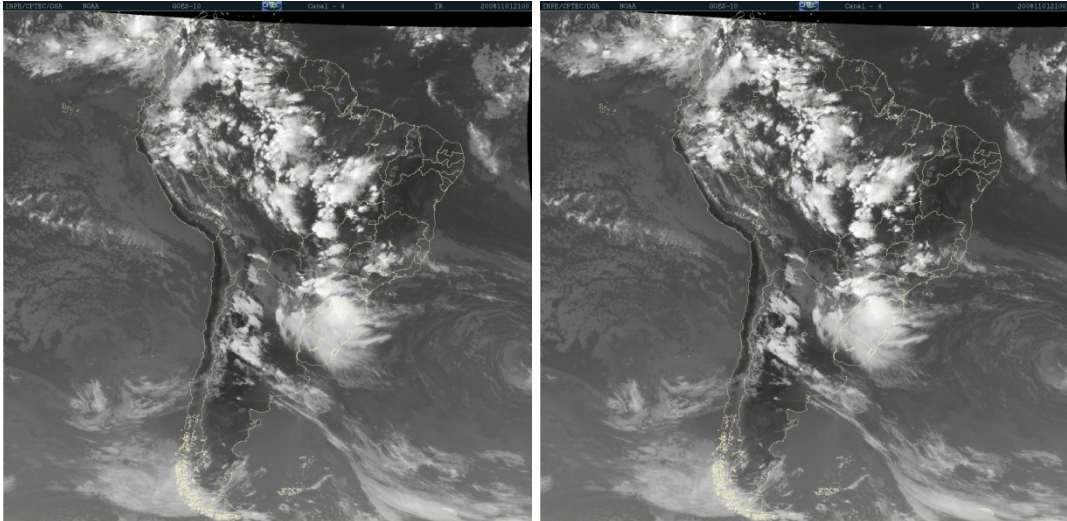


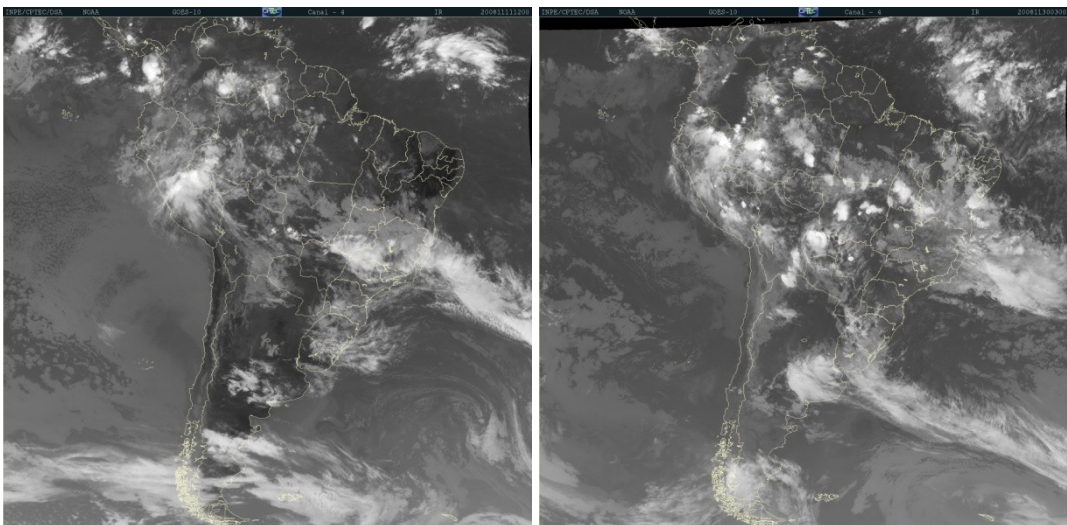
Figura 8- Comportamento do Vento Meridional (925hPa) no mês de Outubro de 2008 para a região R4. As setas indicam o dia de entrada dos sistemas frontais identificados sobre o RS.

- Novembro de 2008



Figuras 9 a-b – Imagens de Satélite GOES-8 referentes aos dias 01/11/08 e 05/11/08, respectivamente as 2100Z e as 0930Z.

Fonte: CPTEC/INPE



Figuras 10 a-b – Imagens de Satélite GOES-8 referentes aos dias 11/11/08 e 29/11/08, respectivamente as 1200Z e as 0300Z.

Fonte: CPTEC/INPE

B - Referente à aplicação do método subjetivo. (Foi escolhida uma região, das

seis em análise como forma de demonstração).

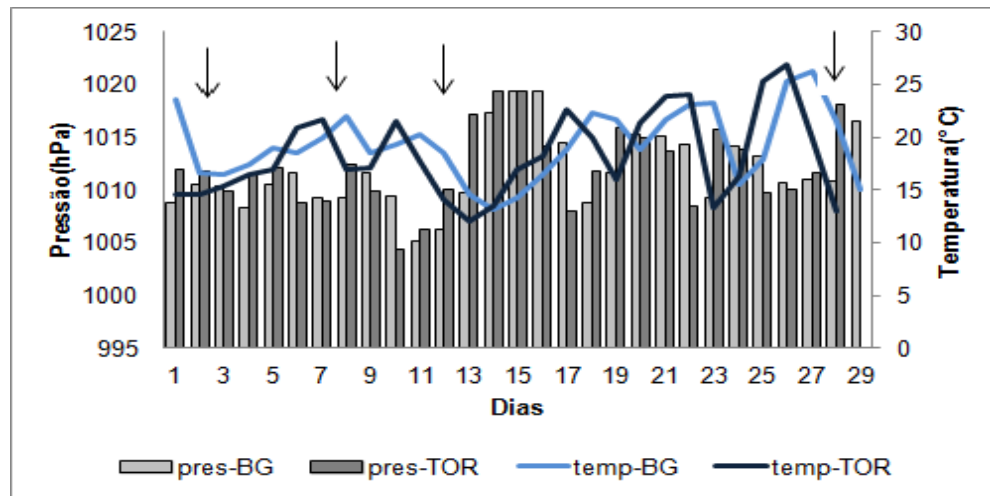


Figura 11 - Comportamento da Temperatura (925hPa) e PNM no mês de Novembro de 2008 para a região R4. As setas indicam o dia de entrada dos sistemas frontais identificados sobre o RS.

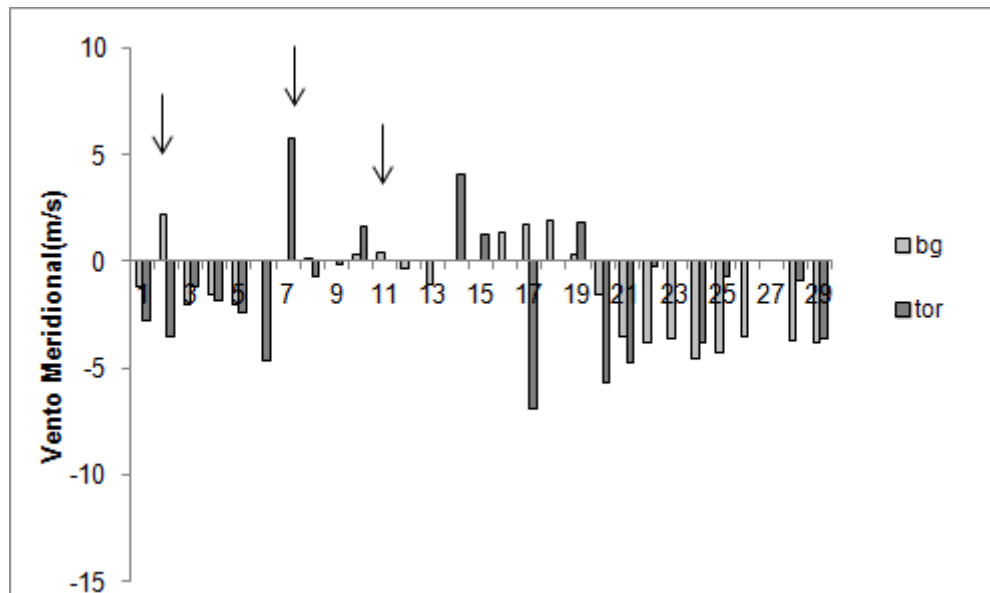


Figura 8- Comportamento do Vento Meridional (925hPa) no mês de Novembro de 2008 para a região R6. As setas indicam o dia de entrada dos sistemas frontais identificados sobre o RS.

APÊNDICE B

A Tabela abaixo refere-se aos dias em que foram observados os Sistemas Frontais para o período de estudo.

Tabela 1 – Dias de atuação de Sistemas Frontais de 2000-10 para os meses SON.

	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO
2000	11, 18, 21	09,16,22	01,07,12,24,27
2001	03,07,12,24,27,29	02,07,10,20,26	06,10,13,21,21
2002	06,11,18,29	02,07,11,16,21	03,09,17,19,24
2003	07,19,23,28	05,08,18,26	12,18,24,27,30
2004	02,09,19,28	08,12,16,23,25,30	03,10,16,24
2005	04,10,24,29	03,14,24	04,18,24
2006	01,08,19,27	04,05,14,27,29	03,06,16
2007	06,11,14,18	01,06,09,25,27,30	08,13,23
2008	06,11,14,18	04,12,21,25,29	01,05,11,29
2009	01,07,17,22	01,05,11,14,21,24,30	03,05,14,19,24,29
2010	01,11,13,28	06,14,17,22,29	04,09,19,21,23,28