

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE DOUTORADO EM GEOGRAFIA

**Dinâmica atmosférica e a caracterização dos tipos de tempo na Bacia  
Hidrográfica do Rio Araranguá**

MAURICI AMANTINO MONTEIRO

Orientadora: Profa. Dra. Sandra Maria de Arruda Furtado

Florianópolis – SC

2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE DOUTORADO EM GEOGRAFIA

**Dinâmica atmosférica e a caracterização dos tipos de tempo na Bacia  
Hidrográfica do Rio Araranguá**

MAURICI AMANTINO MONTEIRO

Orientadora: Profa. Dra. Sandra Maria de Arruda Furtado

Tese submetida ao Curso de Doutorado em Geografia, área de concentração em Utilização e Conservação de Recursos Naturais, do Departamento de Geociências do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina, em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do grau acadêmico de Doutor em Geografia.

Florianópolis – SC

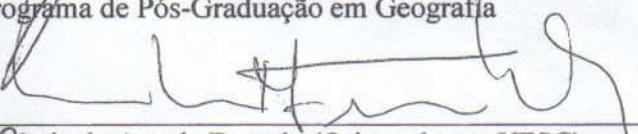
2007

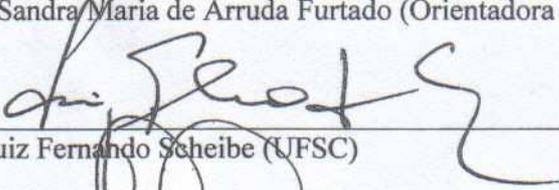
**Dinâmica atmosférica e a caracterização dos tipos de tempo na Bacia  
Hidrográfica do Rio Araranguá**

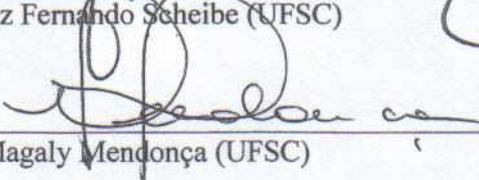
MAURICI AMANTINO MONTEIRO

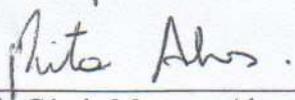
Tese submetida ao Curso de Doutorado em Geografia, área de concentração em Utilização e Conservação de Recursos Naturais, do Departamento de Geociências do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina, em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do grau acadêmico de Doutor em Geografia.

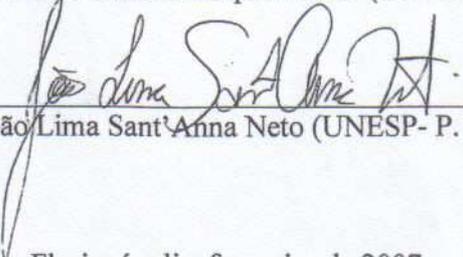
  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Carlos José Espindola  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Geografia

Presidente:   
\_\_\_\_\_  
Prof.ª. Dra. Sandra Maria de Arruda Furtado (Orientadora – UFSC)

Membro:   
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe (UFSC)

Membro:   
\_\_\_\_\_  
Prof.ª. Dra. Magaly Mendonça (UFSC)

Membro:   
\_\_\_\_\_  
Prof.ª. Dra. Rita de Cássia Marques Alves (UFRGS)

Membro:   
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. João Lima Sant'Anna Neto (UNESP- P. Prudente)

Florianópolis, fevereiro de 2007

À Marinete e Anderson

## Agradeço

À Deus pela força nos momentos difíceis.

À prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sandra Maria de Arruda Furtado, pela competente orientação e dedicação com que conduziu todo o trabalho.

Ao prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe, beneficiário do projeto CNPq n° 520933/99-0, pelo apoio na aquisição e instalação da estação meteorológica automática na Serra da Rocinha.

À prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Magaly Mendonça pela valiosa colaboração junto ao laboratório de Climatologia.

À coordenação e a secretária do curso de pós-graduação em Geografia pela competência administrativa.

Aos professores do Laboratório de Geoprocessamento Luiz Antonio Paulino e Joel Pellerin e ao geógrafo José Henrique Vilela pela confecção dos mapas.

Aos componentes da banca de qualificação, pelas orientações e a banca de defesa pelas contribuições a serem dadas.

Ao Dr. Hugo José Braga – chefe da EPAGRI/CIRAM – pelo fornecimento de dados meteorológicos.

Ao Geógrafo Vicente da Tractebel e a eng.<sup>a</sup> Vanderléia Schmitz da Epagri/Ciram pelo fornecimento de dados das estações de São José dos Ausentes e Bom Jardim da Serra. Pelos dados da ANA, agradeço a geógrafa Eugenia e a eng.<sup>a</sup> Michele da Epagri/Ciram.

Aos geógrafos Vera Lucia, Maria de Lourdes e Marcos Macagnan e a analista de sistemas Joelma Miszinski, todas da Epagri/Ciram pela organização de dados meteorológicos.

Ao Sr. Eliéser Aguiar pela autorização da instalação, em sua propriedade, da estação meteorológica automática na Serra da Rocinha.

Ao Dr. Hamilton Vieira, ao meteorologista Renato Victória e aos técnicos Roberto Carlos e Gustavo Ventura, da Epagri/Ciram pelo apoio na instalação e manutenção da estação da Serra da Rocinha.

À prefeitura Municipal de Timbé do Sul pelo apoio na instalação, manutenção e transmissão de dados da estação automática da Serra da Rocinha.

Aos colegas meteorologistas da Epagri/Ciram Laura Rodrigues, Clóvis Corrêa, Marcelo Martins, Marcelo Moraes, Daniel Calearo, Francine Gomes, Gilsânia Souza Cruz, Marilene de Lima e aos técnicos em meteorologia Anderson Monteiro, Rafael Censi Borges, Elaine Canonica e Maicon Alves pelos apoios, favores e aprendizagens...

## Resumo

O clima da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá (BHRA) é abordado tendo como base a dinâmica atmosférica associada ao tipo de tempo resultante. Para o entendimento do clima foram utilizados dados médios mensais de várias estações meteorológicas e hidrológicas da BHRA tanto da área de estudo como do seu entorno. Além das normais mensais optou-se também pela análise diária das condições de tempo, considerando a atuação dos sistemas atmosféricos que atuam no Sul do Brasil e a influência das escarpas da Serra Geral e do Atlântico. Os dados diários constam do total de nuvens, umidade relativa do ar, temperatura, condições de tempo, vento e precipitação das estações meteorológicas de Urussanga e São Joaquim, únicas a reportar diariamente essas condições. Para a verificação mais detalhada da distribuição da chuva foram utilizados dados de diversas estações hidrológicas. Além das condições de superfície foram analisadas informações de altitude das sondagens de Porto Alegre e Florianópolis como as inversões térmicas e o índice K que reproduz as condições de estabilidade atmosférica. Os dados diários, assim como o sistema atmosférico atuante, são referentes às verificações das 9 horas (12 UTC). No caso da precipitação são analisados os totais de 24 horas para todas as estações. Como cada sistema atmosférico atua distintamente na BHRA, as frentes frias são os mais importantes na distribuição de precipitação no sul catarinense, e as chuvas associadas a esses sistemas são bem distribuídas e mais intensas, especialmente nas proximidades das escarpas. De todos os outros sistemas instáveis à superfície, os cavados invertidos e as baixas pressões no Atlântico também são de forte representatividade no sul catarinense. Porém, considerando a quantidade total de precipitação ocorrida em todas as estações e os dias em que cada sistema instável atuou no período de dezembro de 2004 a junho de 2005, é verificado que a frente fria em Santa Catarina foi o que provocou mais chuva, seguido pela baixa no Paraguai. Por outro lado, os sistemas de altitude apresentaram quantidade de chuva pouco expressiva, sendo que o cavado em médios e altos níveis, é o que provocou menos chuva entre todos os sistemas.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, sistemas atmosféricos, condições de tempo e clima.

## Abstract

This study analyzes the climate of the Araranguá River Basin, based on the atmospheric dynamic associated to the resulting type of weather. To understand the climate, average monthly data were used from various meteorological and hydrological stations in this River Basin, as well as the area of study and its surroundings. In addition to the monthly norms, a daily analysis of the weather conditions, considering the action of atmospheric systems which act in Southern Brazil and the influence of the slopes of the Serra Geral mountain range and the Atlantic Ocean. The daily data include the combination of clouds, relative air humidity, temperature, weather conditions, wind and precipitation at the meteorological stations of Urussanga and São Joaquim, the only ones to report these conditions daily. For a more detailed verification of the rain distribution, data from various hydrological stations were used. In addition to the surface conditions, information from altitude were analysed from soundings at Porto Alegre and Florianópolis such as thermal inversions and the K index, which reproduces the conditions of atmospheric stability. The daily data, as well as the active atmospheric system, refer to the 9-hour verifications (12 UTC). In the case of precipitation, the 24-hour totals are analyzed for all the stations. While each atmospheric system acts distinctly on the river basin, the cold fronts are the most important in the distribution of rain in southern Santa Catarina State and the rains associated to these systems are well distributed and more intense, especially close to the mountain slopes. Of all the other systems that are unstable at the surface, the inverted depressions and the low pressure in the Atlantic are also of strong representivity in southern Santa Catarina. Nevertheless, considering the total quantity of precipitation occurring in all the stations and the days on which each unstable system acted in the period from December 2004 – June 2005, it is found that the cold front in Santa Catarina was what caused the most rain, followed by the Paraguay depression. On the other hand, the altitude systems present an unexpressive quantity of rain, with the depression at mid and high levels, is what caused the least rain among all the systems.

Key words: Araranguá River Basin, atmospheric systems, weather and climate conditions.

## Sumário

Resumo .....	5
Sumário .....	7
Anexos.....	9
Lista de Figuras .....	10
Lista de Tabelas.....	12
Introdução .....	14
1 Metodologia.....	24
1.1 Climatologia dinâmica na Geografia Brasileira .....	24
1.2 Procedimentos operacionais .....	33
1.2.1 Localização das estações meteorológicas e hidrológicas .....	37
1.3 Tratamento dos dados .....	42
2 Os sistemas atmosféricos atuantes na área da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá .....	46
2.1 Sistemas estáveis .....	47
2.2 Sistemas instáveis .....	57
2.2.1 Frente fria .....	57
2.2.2 Convecção .....	63
2.2.3 Baixa pressão à superfície .....	65
2.2.4 Baixa do Chaco.....	67
2.2.5 Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM) .....	69
2.2.6 Ciclone Extratropical.....	71
2.2.7 Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).....	73
2.2.8 Circulação Marítima.....	75
2.2.9 Cavados .....	79
2.2.9.1 Cavados Invertidos (CI) .....	80
2.2.9.2 Cavados em médios e altos níveis .....	82

2.2.10	Jatos .....	84
2.2.11	Vórtice Ciclônico em altos níveis (VCAN).....	88
2.3	Fenômenos que modificam a dinâmica atmosférica da Região Sul do Brasil.....	90
2.3.1	El Niño e La Niña.....	90
2.3.2	Bloqueios Atmosféricos .....	94
3	Variação dos elementos do clima .....	96
3.1	Temperatura.....	96
3.1.1	Efeito das escarpas da Serra Geral na temperatura.....	99
3.2	Umidade relativa do ar (UR) .....	105
3.3	Nebulosidade .....	110
3.4	Precipitação .....	116
3.4.1	Variação sazonal da precipitação .....	118
3.4.2	Análise da distribuição da precipitação de janeiro a dezembro de 2005 na BHRA 122	
3.5	Vento .....	126
4	Monitoramento e análise das condições diárias de tempo da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá .....	134
4.1	Análise da dinâmica atmosférica do período de janeiro de 2003 a junho de 2005 ....	138
4.1.1	Condições atmosféricas associadas às frentes frias.....	138
4.1.2	Condições atmosféricas associadas aos sistemas instáveis à superfície.....	144
4.1.3	Condições atmosféricas associadas aos sistemas instáveis em altitude. ....	154
4.1.4	Condições atmosféricas associadas aos sistemas estáveis à superfície. ....	161
4.1.5	Furacão Catarina.....	168
4.2	Considerações sobre mudanças no clima da BHRA .....	171
	Considerações Finais .....	175
	Referências .....	182

## **Anexos**

ANEXO A - FRENTE FRIAS .....	193
ANEXO B - SISTEMAS DE TEMPO INSTAVEL A SUPERFICIE .....	199
ANEXO C - SISTEMAS DE TEMPO INSTAVEL EM ALTITUDE.....	206
ANEXO D - SISTEMAS DE TEMPO ESTAVEL A SUPERFICIE.....	210
ANEXO E - FURACAO CATARINA.....	223

## Lista de Figuras

Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá .....	16
Figura 2 – Localização das estações meteorológicas e hidrológicas.....	38
Figura 3 – Instalação da estação meteorológica na Serra da Rocinha no dia 20 de dezembro de 2004, com cercamento provisório. ....	41
Figura 4 – Campo de vento das 12 UTC do dia 02 de agosto de 2005 no nível de 500hPa. (Reanálise do Modelo ETA).....	49
Figura 5 – Fluxo de ventos predominantes no sul catarinense.....	56
Figura 6 – Imagem do satélite GOES no infravermelho das 1630 UTC do dia 10 de dezembro de 2005, com uma frente fria no Atlântico, próximo ao litoral de Santa Catarina.....	58
Figura 7 – Imagem de satélite no canal infravermelho das 2139 UTC do dia 08 de janeiro de 2001 com vários núcleos convectivos na América do Sul. ....	65
Figura 8 – Carta sinótica das 13UTC do dia 14 de janeiro de 2005, com uma baixa pressão à superfície no Sul do Brasil. Plotagem e análise realizadas pelo autor. ....	66
Figura 9 – Carta sinótica das 16 UTC do dia 04 de fevereiro de 2004, com a Baixa do Chaco associada a uma frente fria no Atlântico, próximo ao litoral do Rio Grande do Sul.....	67
Figura 10 – Imagem de satélite no canal infravermelho das 10:09 UTC do dia 5 de maio de 2004 com um Complexo Convectivo sobre o Paraguai e Sul do Brasil.....	70
Figura 11 – Imagem de satélite das 12 UTC do dia 11 de agosto de 2005 com um ciclone extratropical no litoral sul do Brasil. ....	72
Figura 12 – Imagem de satélite das 1939UTC do dia 01 de Janeiro de 2003 com a presença da ZCAS sobre o Sudeste do Brasil. ....	75
Figura 13 – Imagem de satélite do dia 21 de novembro de 2006 as 1310UTC com muitas nuvens no litoral, Vale do Itajaí e maior parte do planalto de Santa Catarina e nas encostas sul da Serra Geral (Circulação Marítima). ....	76
Figura 14 – Cavado Invertido no Sul do Brasil entre o Oeste de Santa Catarina e o Rio Grande do Sul no dia 12/05/04 às 09 UTC (destaque). Plotada e analisada pelo autor.....	81
Figura 15 – Campo de vento das 12 UTC do dia 24 de janeiro de 2004 no nível de 500hPa. (Reanálise do Modelo ETA).....	83
Figura 16 – Imagem de satélite das 12 UTC do dia 24/01/2004 com intensa nebulosidade em Santa Catarina associada a um cavado em altitude. Fonte: NOAA/NESDIS .....	84
Figura 17 – Campo de vento das 12 UTC do dia 18 de maio de 2005 no nível de 200hPa. (Reanálise do Modelo ETA).....	86
Figura 18 – Imagem de satélite das 1130UTC do dia 18/05/05 com muitas nuvens (tons de cinza e amarelo na imagem) sobre o Sul do Brasil associadas ao Jato Subtropical. Fonte: CPTEC/INPE GOES-12 .....	87
Figura 19 – Campo de vento das 12 UTC do dia 09 de agosto de 2005 no nível de 500hPa. (Reanálise do Modelo ETA).....	89
Figura 20 – Jato Subtropical sobre Santa Catarina em anos de El Niño. ....	92
Figura 21 – Imagem de satélite, no canal infravermelho, das 1139 UTC do dia 02 de agosto de 2005 uma frente semi-estacionária ao sul do Uruguai em condições de bloqueio atmosférico. Fonte: CPTEC/INPE GOES-12.....	95
Figura 22 – Temperatura média mensal .....	97
Figura 23 – Média mensal da umidade relativa do ar.....	107
Figura 24 – Média mensal da umidade relativa das 09 horas.....	108
Figura 25 – Média mensal da umidade relativa das 15 horas.....	109
Figura 26 – Média mensal da umidade relativa das 21 horas.....	110
Figura 27 – Nebulosidade média mensal em décimos. ....	112

Figura 28 – Média mensal de nebulosidade das 9 horas. ....	113
Figura 29 – Média mensal de nebulosidade das 15 horas. ....	114
Figura 30 – Média mensal de nebulosidade das 21 horas. ....	114
Figura 31 –Localização das estações envolvidas no transeto São José dos Ausentes – Sombrio. ....	124
Figura 32 – Carta sinótica das 12 UTC do dia 19 de setembro de 2004, com um cavado no sul de Santa Catarina (destaque), plotada e analisada pelo autor. ....	128
Figura 33 – Direção média dos ventos e calmaria observados às 9 horas. ....	130
Figura 34 – Direção média dos ventos e calmaria observados às 15 horas. ....	131
Figura 35 – Direção média dos ventos e calmaria observados às 21 horas. ....	132
Figura 36 – Distribuição espacial da precipitação relacionada à influência de frentes frias no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina de janeiro de 2003 a junho de 2005. Org. Joelma Miszinski. ....	142
Figura 37 – Distribuição espacial da precipitação relacionada à influência de frentes frias no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina de dezembro de 2004 a junho de 2005. Org. Joelma Miszinski. ....	143
Figura 38 – Localização das estações hidrológicas de Serrinha e Forquilha. ....	151
Figura 39 – Localização das estações hidrológicas de Praia Grande e Mãe dos Homens. ....	152
Figura 40 – Distribuição espacial da precipitação relacionada a influência dos sistemas instáveis em altitude de janeiro de 2003 a junho de 2005 ....	158
Figura 41 – Furacão Catarina. ....	169
Figura 42 – Mapa das áreas atingidas na planície costeira do sul catarinense, para 4 cenários de destruição. ....	170
Figura 43 – Distribuição da precipitação sob influência do Furacão Catarina. ....	171
Figura 44 – Tendência das temperaturas mínimas em Urussanga. ....	173
Figura 45 – Tendência das temperaturas máximas em Urussanga. ....	173
Figura 46 – Tendência da precipitação em Urussanga. ....	174

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Estações meteorológicas estudadas em Santa Catarina.....	39
Tabela 2 – Estações meteorológicas no Rio Grande do Sul.....	39
Tabela 3 – Estações hidrológicas no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina.....	40
Tabela 4 – Ocorrência diária de neve no inverno em Santa Catarina.....	51
Tabela 5 – Total mensal de observações de nevoeiro acumulado no período de 1955 a 2003 para as estações meteorológicas de Araranguá, Urussanga e São Joaquim. ....	54
Tabela 6 – Frequência diária de ocorrência de neve na primavera em Santa Catarina. ....	61
Tabela 7 – Precipitação Mensal dos anos de 1950 e 1951 em Araranguá e Urussanga.....	93
Tabela 8 – Temperatura média mensal das estações meteorológicas de Urussanga, Serra da Rocinha e São Joaquim para o período de janeiro de 2005 a março de 2006. ....	99
Tabela 9 – Anomalias de precipitação no sul catarinense e diferenças de temperatura entre Urussanga, Serra da Rocinha e São Joaquim, no período de janeiro de 2005 a março de 2006. ....	101
Tabela 10 – Temperatura Equivalente de Windchill ou “Sensação Térmica” .....	103
Tabela 11 – Índice de Desconforto Humano .....	104
Tabela 12 – Temperaturas máximas e mínimas absolutas da estação meteorológica de Araranguá, período 1928-2003.....	105
Tabela 13 – Comparação entre COMAER e INMET com relação à cobertura do céu por nuvens.....	110
Tabela 14 – Classificação de cobertura do céu.....	111
Tabela 15 – Precipitação média mensal (mm).....	117
Tabela 16 – Total sazonal de precipitação (mm).....	120
Tabela 17 – Distribuição diária da precipitação no sul catarinense .....	121
Tabela 18 – Precipitação total mensal/dias de chuva e média mensal nas estações de São José dos Ausentes, Serra da Rocinha*, Timbé do Sul e Sombrio de janeiro a junho de 2005.....	125
Tabela 19 – Direção predominante dos ventos.....	126
Tabela 20 – Velocidade média dos ventos (m/s) das estações de Araranguá, São Joaquim, Urussanga e Laguna, observada às 9, 15 e 21 horas no período de 1961 a 2004*.....	133
Tabela 21 – Posições e ocorrências dos sistemas atmosféricos que influenciaram nas condições do tempo na BHRA de janeiro de 2003 a junho de 2005 e após a instalação da estação da Serra da Rocinha (Dez/04 a Jun/05). ....	137
Tabela 22 – Condições médias de tempo (nebulosidade, umidade relativa do ar, temperatura, condições gerais de tempo e vento) de Urussanga e São Joaquim associadas às frentes frias no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina. ....	139
Tabela 23 – Condições de nebulosidade e umidade relativa do ar de Urussanga e São Joaquim associadas às frentes frias no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina.....	139
Tabela 24 – Condições atmosféricas do ar superior obtidas das sondagens de Porto Alegre (SBPA) e Florianópolis (SBFL) com frentes frias no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina. ....	141
Tabela 25 – Total de dias de chuva associados às frentes frias no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina de janeiro de 2003 a julho de 2005 (1) e a partir da ativação da estação meteorológica da Serra da Rocinha (dezembro de 2004 a julho de 2005) (2) .....	143
Tabela 26 – Condições médias de tempo (nebulosidade, umidade relativa do ar, temperatura, condições gerais de tempo e vento) de Urussanga e São Joaquim relativas à atuação dos sistemas instáveis à superfície. ....	145

Tabela 27 – Condições de nebulosidade e umidade relativa do ar de Urussanga e São Joaquim associadas aos sistemas de tempo instável à superfície.....	146
Tabela 28 – Condições atmosféricas do ar superior obtidas das sondagens de Porto Alegre (PA) - Florianópolis (FL) sob influência de sistemas de tempo instável à superfície.....	147
Tabela 29 – Distribuição espacial da precipitação relacionada à influência dos sistemas instáveis a superfície de janeiro de 2003 a junho de 2005 .....	148
Tabela 30 – Valores médios de precipitação em cada ocorrência relacionada aos sistemas instáveis à superfície de janeiro de 2003 a junho de 2005 .....	149
Tabela 31 – Total de dias de chuva associados a cada sistema instável à superfície no período de janeiro de 2003 a junho de 2005 .....	153
Tabela 32 – Total de precipitação e dias de chuva associados a cada sistema instável à superfície de dezembro de 2004 a julho de 2005 .....	154
Tabela 33 – Condições médias de tempo (nebulosidade, umidade relativa do ar, temperatura, condições gerais de tempo e vento) de Urussanga e São Joaquim relativas à atuação dos sistemas instáveis em médios e altos níveis da atmosfera. ....	156
Tabela 34 – Condições de nebulosidade e umidade relativa do ar de Urussanga e São Joaquim associadas aos sistemas de tempo instável em médios e altos níveis.....	156
Tabela 35 – Condições atmosféricas do ar superior obtidas das sondagens de Porto Alegre (PA) - Florianópolis (FL) sob influência de sistemas de tempo instável em altitude. ....	157
Tabela 36 – Total de dias de chuva associados a cada sistema instável em altitude de janeiro de 2003 a junho de 2005.....	159
Tabela 37 – Distribuição espacial da precipitação relacionada à influência dos sistemas instáveis em altitude de dezembro de 2004 a junho de 2005 .....	160
Tabela 38 – Total de dias de chuva associados a cada sistema instável em altitude de dezembro de 2004 a junho de 2005.....	161
Tabela 39 – Condições médias de tempo (nebulosidade, umidade relativa do ar, temperatura, condições gerais de tempo e vento) de Urussanga e São Joaquim associadas à atuação dos sistemas estáveis à superfície (Anticiclones).....	162
Tabela 40 – Condições de nebulosidade e umidade relativa do ar de Urussanga e São Joaquim associadas aos sistemas estáveis à superfície (Anticiclones). ....	164
Tabela 41 – Condições atmosféricas do ar superior obtidas das sondagens de Porto Alegre (PA) - Florianópolis (FL) sob influência de sistemas de tempo estável à superfície. ....	165
Tabela 42 – Distribuição espacial da precipitação relacionada à influência dos sistemas estáveis em superfície de janeiro de 2003 a junho de 2005.....	167
Tabela 43 – Distribuição espacial da precipitação relacionada à influência dos sistemas estáveis em superfície de dezembro de 2004 a junho de 2005.....	168
Tabela 44 – Média mensal/sazonal de frequência (Frq) e de precipitação (Prp) de cada sistema meteorológico no período de janeiro de 2003 a junho de 2005 .....	176
Tabela 45 – Total de precipitação no período de janeiro de 2003 a junho de 2005.....	179
Tabela 46 – Total de precipitação no período de dezembro de 2004 a junho de 2005 .....	179

## Introdução

O sul catarinense é uma área de grande interesse científico: delimitada no oeste pelas escarpas da Serra Geral e ao leste pelo oceano, possui sérios problemas de poluição, especialmente devido à mineração do carvão e conflitos pertinentes ao uso da água. O Departamento de Geociências e o Programa de Pós-graduação em Geografia, através dos laboratórios de Análise Ambiental e de Geoprocessamento tem atuado na área desde 1991, e de modo mais intenso a partir de 1995, com diversos projetos que resultaram em grande número de trabalhos acadêmicos.

Com referência à compreensão do clima do sul do Estado, entretanto poucos trabalhos tem sido desenvolvidos. Monteiro (1997) analisa a problemática da poluição atmosférica no entorno do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda no município de Capivari de Baixo, e estuda a dinâmica atmosférica na dispersão e concentração dos poluentes em especial o papel do vento.

Experiência profissional do autor em centros meteorológicos em órgãos como o Ministério da Aeronáutica e atualmente a EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A) permite concluir que a poluição atmosférica produzida pelas diversas fontes presentes no sul do estado como olarias, depósitos de carvão e a queima de carvão pela usina Jorge Lacerda esteja concentrada e circulando predominantemente nas proximidades das escarpas, requerendo estudos mais aprofundados pelo menos com relação ao comportamento da estabilidade atmosférica. Outra situação que chama a atenção é o comportamento das condições de tempo: às vezes, muito instável e que tem como forçante as escarpas da Serra Geral acaba resultando em chuvas intensas nas proximidades das encostas e em casos extremos, enchentes como a de Tubarão em 1974 e a de Timbé do Sul e Jacinto Machado em 1995.

As estiagens, também têm sido muito freqüentes no sul catarinense. Nesse caso, a situação da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá (BHRA) é preocupante devido ao uso da água. Na BHRA o cultivo de arroz irrigado, principal classe de uso da terra, ainda em expansão, em condições de estiagem os conflitos são inevitáveis. Em setembro, as chuvas são bastante intensas, inclusive com alguns municípios apresentando a maior quantidade mensal (MONTEIRO e FURTADO, 1995), porém neste setembro de 2006, choveu apenas em torno de 20% do normal. Devido ao plantio do arroz, o consumo de água aumentou fazendo com

que o nível da Barragem do rio São Bento chegasse a baixar três metros, conforme informação do engenheiro Paulo Roberto Costa, da CASAN. Além do consumo de água para o arroz que atualmente representa 80% da demanda, nos meses em que se realiza o cultivo, existe falta de água de boa qualidade para a maioria da população urbana nela residente.

A Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá (BHRA) é uma bacia costeira e está localizada quase no extremo sul do estado de Santa Catarina, entre as latitudes de 28° 40'S e 29° 10'S e as longitudes de 49° 20'W a 50° 00'W (figura 1). É integrante da 10ª região hidrográfica catarinense e drena territórios de 14 municípios: Araranguá, Criciúma, Ermo, Forquilha, Içara, Jacinto Machado, Maracajá, Meleiro, Morro Grande, Nova Veneza, Siderópolis, Timbé do Sul, Treviso e Turvo.

A BHRA é marcada pela presença de uma planície, com cerca de 50 km de largura, delimitada a leste pelo oceano Atlântico com o lado oeste definido pelas escarpas da Serra Geral, onde se situam a maior parte das nascentes que formam a bacia, em altitudes de 1200 a 1400 metros. Limita-se ao sul, com a bacia hidrográfica do rio Mampituba e, a norte, com as bacias hidrográficas dos rios Urussanga e Tubarão. Possui uma área de drenagem de 3022,04km<sup>2</sup> ou 302.204ha, conforme cálculos elaborados pelo Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geociências da UFSC.

O rio Araranguá, de regime estuarino, é formado pela junção dos rios Itoupava e Mãe Luzia. Apresenta a direção geral W-E e sinuosidades do tipo meandrante, com barras em pontal e meandros abandonados. O último trecho deste rio, junto à sua foz, desloca-se para nordeste, acompanhando a linha de costa por influência da deposição efetuada pela alta energia das ondas, conforme Duarte (1995). Entre os afluentes e formadores do rio Itoupava citam-se: da Pedra, Amola Faca, Turvo e Jundiá e os afluentes do Mãe Luzia, Guarapari, do Cedro, Manuel Alves, Sangão e Fiorita (SANTA CATARINA, 1997a)

A população total, segundo censo do IBGE de 2000, era de 363.573 habitantes, com cerca de 80% concentrados em áreas urbanas, principalmente em Criciúma, Araranguá e Içara.

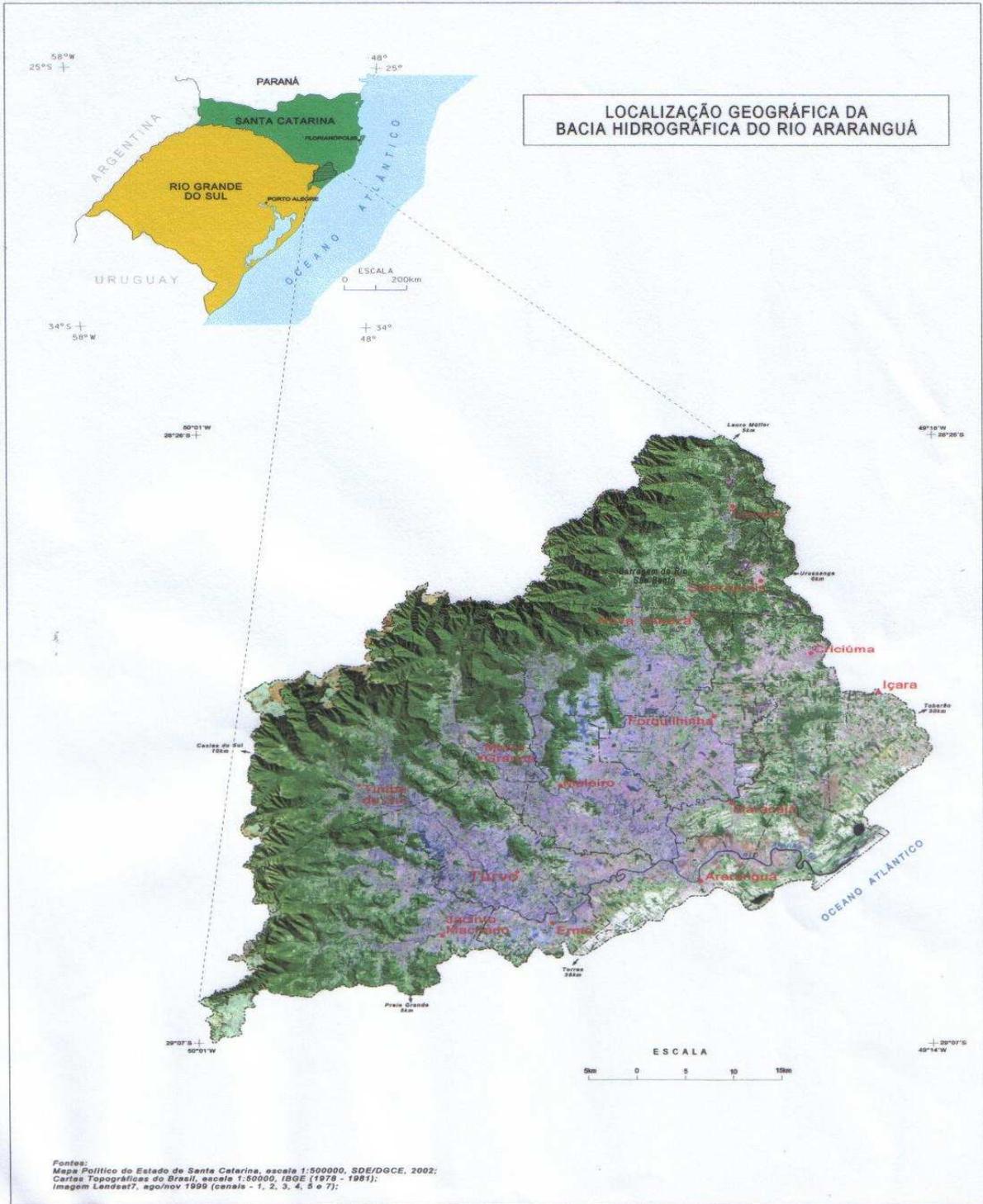


Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá

De acordo com Scheibe et al. (2003) a BHRA apresenta problemas ambientais relacionados com as três distintas áreas:

As encostas da Serra Geral são caracterizadas por terrenos íngremes – a Serra Geral –, exibindo na região da BHRA, escarpas com o “front” voltado para leste e sudeste e profundos “canyons” escavados nas rochas basáltico-areníticas (BORTOLUZZI et al., 1987).

De acordo com Duarte (1995), as escarpas da Serra Geral na BHRA são compostas predominantemente por rochas do Grupo São Bento, constituídas de arenitos eólicos da Formação Botucatu e de rochas ígneas da Formação Serra Geral. A Formação Serra Geral é constituída predominantemente por basaltos e diabásios, esses últimos em forma de diques e de soleiras de várias dimensões.

A leste da Serra Geral ocorre uma planície recoberta por sedimentos cenozóicos em forma de leques aluviais, depósitos de ambiente fluvial com forma de cone ou leque. Formados predominantemente por blocos e seixos de composição basáltica e desenvolvidos no sopé das escarpas, estendem-se e espalham-se para jusante, através de processos deposicionais, tectônicos e erosivos que foram e são os responsáveis pelas morfologias na área (DUARTE, 2001).

Na faixa abrangida pelas escarpas da Serra Geral, ocorre Floresta Ombrófila Densa ou Mata Atlântica (SANTA CATARINA, 1997b). Como salientam Scheibe et al. (2003), a preservação da floresta nas áreas das escarpas é de extrema importância, não só por sua rica biodiversidade, como também para proteção contra processos erosivos e para regulação dos rios, relativamente curtos.

A Bacia Carbonífera de Santa Catarina, situada no setor norte da BHRA, e em especial na sub-bacia do rio Mãe Luzia, tem como cidades ligadas à exploração do carvão Lauro Müller, Urussanga, Siderópolis e Criciúma (SCHEIBE, 2002), estas duas últimas na área da BHRA.

O carvão, apesar de ter exercido um papel importante no desenvolvimento da economia regional, trouxe e traz sérios prejuízos para o meio ambiente, através da poluição dos cursos d’água, da atmosfera, do desmatamento e da degradação dos solos agrícolas, minerados a céu aberto ou usados como depósitos de rejeitos.

Como salienta Scheibe (2002), as principais conseqüências ambientais da mineração do carvão em Santa Catarina estão ligadas aos métodos utilizados, bem como às próprias características das camadas de carvão: reduzida espessura, muitas intercalações de folhelhos, alto teor de cinzas, baixo poder calorífico e alto teor de enxofre, como pirita (Fe S<sub>2</sub>).

A disposição dos rejeitos sólidos e das águas efluentes da mineração e do beneficiamento do carvão resultou, segundo Göthe (1989), em uma degradação ambiental tão elevada que a Região Carbonífera do Estado de Santa Catarina foi, através do Decreto nº 85.206 de 25 de setembro de 1980, a 14ª área crítica nacional a ser instituída para efeito de controle da poluição e conservação da qualidade ambiental.

A Rizicultura Irrigada na BHRA ocupa predominantemente áreas dos municípios de Nova Veneza, Araranguá, Jacinto Machado, Meleiro, Morro Grande e Turvo (FURTADO et al., 2003).

O cultivo de arroz na área da bacia teve notável expansão a partir da implantação do Provárzeas em 1981, como acentuam Gaidizinski e Furtado (2005). Com a grande sistematização dos terrenos, o emprego de novos cultivares, forte mecanização e grandes quantidades de agrotóxicos e fertilizantes a área destinada à rizicultura irrigada expandiu, de acordo com as autoras, de 25.000 ha em 1980 para 42.700 ha em 2000.

A disponibilidade de água é fundamental para a rizicultura irrigada. A distribuição da água para a irrigação nos diferentes quadros é feita por meio de canais localizados nos pontos mais altos da lavoura e com declividade suficiente para proporcionar rápida inundação. A água também é utilizada no preparo do solo para a formação da lama e posterior renivelamento e alisamento do solo. Do bom preparo do solo, de acordo com Eberhardt e Bacha (2002), resulta uma lâmina de água uniforme, melhor controle de ervas invasoras, uniformidade da lavoura, menor ocorrência de acamamento e rápido estabelecimento das plântulas.

Assim, o arroz irrigado necessita de água durante todo o seu ciclo, para que o solo mantenha-se sempre saturado e coberto por um nível de água em torno de 10 cm (EPAGRI, 1992). Para isso necessita, segundo Voltolini et al. (2002), de 7.000 e 15.000m<sup>3</sup>/ha de água, dependendo do clima, do manejo do cultivo, das características físicas do solo, das dimensões e revestimento dos canais, do ciclo evolutivo do cultivar, da localização da fonte e da profundidade do lençol freático. Essa quantidade de água equivale, segundo os autores, ao consumo médio de 2 litros/segundo/hectare.

Na época de plantio de arroz irrigado no sul catarinense, outubro e novembro, até a colheita do cereal realizada geralmente em fevereiro e março, que dependendo da variedade, sensibilidade ao fotoperíodo e da temperatura (REICHARDT, 1990), varia de 90 a 150 dias, diversos conflitos ocorrem na área da bacia, muitos de forma agressiva com luta corporal,

atentado à vida com armas ou ferramentas de trabalho, como enxada, foice, pá, facão, e inclusive com arma de fogo, conforme relata Chemim (2002).

Kleveston (1997) ao analisar o consumo de água na bacia do Araranguá, constata que no período de março a setembro a demanda seria de  $14\text{m}^3/\text{s}$ , sendo  $1,65\text{m}^3/\text{s}$  para consumo humano,  $0,3\text{m}^3/\text{s}$  destinado ao uso industrial, e  $12\text{m}^3/\text{s}$  para a mineração; no período de outubro a fevereiro – embora ocorra uma maior precipitação – a demanda de água chegaria a alcançar  $57\text{m}^3/\text{s}$ , sendo  $43\text{m}^3/\text{s}$  destinados à atividade agrícola, com os demais usos permanecendo com valores iguais. Como decorrência, os conflitos pelo uso da água não se restringem à dicotomia rural x urbano, mas estão também presentes entre os rizicultores, que de acordo com a situação da propriedade em relação aos canais adutores, tem ofertas distintas de água na lavoura como levantado por Back (2001).

Outro fator que agrava os conflitos existentes na região é a degradação da qualidade da água pelo uso de agrotóxicos aplicados na rizicultura irrigada, para o controle das doenças, pragas e plantas invasoras. A água poluída é devolvida aos rios (HADLICH, 1997; GAIDIZINSKI, 2001) e pode causar sérios comprometimentos às águas superficiais e subterrâneas. Além do arroz, outros cultivos como o fumo e a banana, que embora plantados em áreas mais altas e muitas vezes distantes de rios, também contribuem com a poluição hídrica da região.

A problemática da BHRA com relação ao carvão e à rizicultura irrigada passa pelas condições de tempo que atuam no Sul do Brasil. A poluição aérea provocada pelo carvão depende das condições de ventos à superfície e da estabilidade atmosférica, que pode ser verificada através da altura da camada de inversão térmica e do índice K. Essa análise torna-se importante tendo em vista os problemas já existentes, e aqueles que podem ser acrescentados como a operação futura de uma nova termelétrica no município de Treviso. A geração dos poluentes gasosos como óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), óxidos de enxofre ( $\text{SO}_x$ ), monóxido de carbono (CO) e material particulado (MP) por esta usina contribuirá para aumentar ainda mais o índice de poluição aérea na região, principalmente nas áreas do entorno da usina.

Quanto à precipitação, apesar do volume aumentar em direção às encostas da Serra Geral, é preciso saber realmente o quanto chove e se há diferenças locais tendo em vista formações como canyons e orientação dos paredões.

Para entendimento das condições de poluição atmosférica e de distribuição de precipitação há necessidade de se verificar a atuação dos sistemas atmosféricos como as frentes frias, as baixas pressões, os cavados, os anticiclones.

Como a bacia está inserida na Região Sul do Brasil, possui uma dinâmica atmosférica bastante diversificada, devido, principalmente, às incursões de massas polares que favorecem a gênese de outros sistemas atmosféricos, sendo que o mais frequente é a frente fria. Este sistema possui atuação durante todo o ano, mesmo no verão quando apresenta pouca intensidade sobre o continente. Segundo Monteiro (1968), essa dinâmica ocorre justamente pela posição latitudinal da Região Sul do Brasil que gera descontinuidades frontais pelo choque entre os sistemas intertropicais e polares.

As condições de tempo, associadas aos diversos sistemas atmosféricos, que atuam na Região Sul do Brasil, acabam sendo modificadas, em parte, sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá devido à presença das escarpas da Serra Geral e da proximidade do Atlântico. Essas modificações resultam na formação de microclimas locais que precisam ser melhor entendidos à luz de uma classificação da gênese climática, que traga em seu seio a dinâmica das massas de ar e dos sistemas atmosféricos, portanto, através da Climatologia Dinâmica. A influência do relevo nos sistemas atmosféricos é assim descrita por Armani e Tarifa (2000):

“Um sistema atmosférico, ao passar por áreas cujo relevo possua significativa amplitude altimétrica com uma declividade média à alta, de modo a promover e/ou intensificar a compressão ou a descompressão adiabática, produzirá diferentes totais pluviais de acordo com a exposição (maior ou menor) do relevo (serras, vales) a este sistema. Por exemplo, as áreas a barlavento de uma determinada serra farão com que os ventos de um sistema atmosférico subam as vertentes, provocando a descompressão adiabática, que instabiliza a parcela de ar ascendente e induz um aumento na pluviosidade neste lado da serra (barlavento). A sotavento o processo é inverso. Os ventos descerão as vertentes e sofrerão compressão adiabática, que estabiliza a parcela de ar descendente e reduz os totais pluviométricos” (p.10)

Para o entendimento desses microclimas, pode-se utilizar médias mensais e até anuais dos elementos meteorológicos, porém a análise das condições diárias de tempo mostra muito mais detalhes, pois evidencia o comportamento de cada sistema atmosférico perante as características do local. A condição diária é defendida por Sant’anna Netto (2001) como:

“a única estratégia possível de conciliar a compreensão dos mecanismos atmosféricos com as possibilidades de entendimento do papel do clima como fenômeno geográfico e, portanto de interferência nas atividades humanas e na organização do espaço” ( p. 144).

A análise do comportamento da temperatura, da umidade relativa do ar, da nebulosidade, da precipitação e do vento através das médias mensais e diárias de cada microclima dará as características do clima da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá.

Como hipótese de trabalho acredita-se que: de todos os sistemas instáveis que ocorrem na área da BHRA, as frentes frias, quando em Santa Catarina, são as que produzem precipitação mais intensa e melhor distribuída, com maiores volumes próximos das escarpas.

Para testar esta hipótese necessita-se verificar a atuação dos diversos sistemas comuns no Sul do Brasil, e como estes organizam os parâmetros meteorológicos na BHRA.

Para atender este objetivo foram caracterizados os sistemas atmosféricos no Sul do Brasil, os elementos meteorológicos, especialmente a precipitação, e o monitoramento e análise das condições diárias de tempo.

A metodologia utilizada tem como a base a dinâmica atmosférica evidenciada em diversos estudos de climatologia geográfica, conforme descrição em Climatologia Dinâmica na Geografia Brasileira no capítulo 1, onde constam também os procedimentos operacionais adotados no presente trabalho.

A Climatologia Dinâmica é tratada a partir da sua gênese, quando os primeiros estudos tinham como abordagens fontes tradicionais formuladas por Hann. Nos anos de 1940 e 1950, a contribuição ao estudo da dinâmica atmosférica promovida pelos engenheiros-meteorologistas Ladislau Coussirat Araújo, Joaquim de Sampaio Ferraz, Adalberto Vajante Serra e Leandro Ratisbonna soma-se com os primeiros estudos de clima efetuados por geógrafos como Salomão Serebrenick, Fábio de Macedo Soares Guimarães, Ary França, Gilberto Osório de Andrade, Lysia Maria Cavalcanti Bernardes, M. Velloso Galvão e Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. A continuação dos estudos do clima brasileiro enfocando a circulação atmosférica regional coube ao geógrafo Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, que por mais de duas décadas aperfeiçoou técnicas de pesquisa como o ritmo climático. A metodologia aplicada por Monteiro é seguida por muitos geógrafos, especialmente no Sul e Sudeste do Brasil.

Com a formação de meteorologistas em diversas universidades do Brasil a partir da década de 1980, assim como a criação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do Centro de Previsão de Tempo e de Estudos Climáticos (CPTEC) houve um avanço significativo nas pesquisas e muitos sistemas que no passado eram considerados como frente fria, hoje já possuem outras denominações e, são observados de maneira distinta. Assim, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) foi denominada por Lima (s/d) como

“Assíntota de Convergência” e entre geógrafos como Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro como “Calha Induzida” (MONTEIRO, 1968).

O capítulo 2 trata dos sistemas atmosféricos que atuam no Sul do Brasil e divididos em estáveis e instáveis. Os sistemas estáveis são os anticlones polares e o Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul, respectivamente centros dinâmicos das massas de ar polares e tropicais. Cada massa de ar foi caracterizada pelo seu comportamento, especialmente o reflexo da sua estabilidade na formação de nevoeiro e concentração de poluentes atmosféricos. Os sistemas instáveis que ocorrem na Região Sul são as frentes frias, os vórtices ciclônicos em médios e altos níveis, os cavados em baixos, médios e altos níveis atmosféricos, as baixas de superfície, os complexos convectivos de meso-escala, a convecção tropical, a zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e os jatos em médios e altos níveis. Cada sistema foi caracterizado através de imagens de satélite e também de cartas sinóticas, além de se ressaltar os diversos tipos de tempo que ocorrem sobre sua influência.

Como a área da BHRA sofre influência dos sistemas que atuam no Sul do Brasil e o relevo tem participação significativa no comportamento dos elementos do clima optou-se por um recorte que abrange uma área maior, conforme a figura 2.

A compreensão do comportamento dos elementos: temperatura, umidade relativa do ar, nebulosidade e precipitação foi feita através da disposição gráfica dos dados médios mensais para a verificação do regime climático, presente no capítulo 3. Para o vento foram analisadas as direções predominantes nas três observações: 9, 15 e 21 horas. Foi dada ênfase à temperatura e em especial à precipitação no sentido de verificar a influência da escarpa da Serra Geral, utilizando também dados da estação meteorológica na Serra da Rocinha, no município de Timbé do Sul.

A verificação da atuação dos sistemas atmosféricos foi realizada através do levantamento diário das condições atmosféricas de superfície e de altitude de diversas estações, no período de janeiro de 2003 a junho de 2005, e que constitui o capítulo 4°. Os dados de nebulosidade, umidade relativa, temperatura, condições gerais de tempo e vento foram obtidos de Urussanga e de São Joaquim, as duas únicas estações meteorológicas em operação no sul catarinense. A precipitação foi obtida dessas duas estações e de mais 12 estações hidrológicas presentes na bacia e no seu entorno. Para as condições de estabilidade foram obtidos dados de inversões térmicas e de índice K das sondagens aerológicas de Porto Alegre e de Florianópolis.

Para verificação do efeito do relevo na temperatura e na precipitação foi também considerado o período de 22 de dezembro de 2004 a 30 de junho de 2005, devido a entrada em operação da estação meteorológica da Serra da Rocinha.

## 1 Metodologia

### 1.1 Climatologia dinâmica na Geografia Brasileira

A Climatologia Dinâmica na Geografia Brasileira surgiu com a criação dos cursos superiores de Geografia na década de 1930, em São Paulo e no Rio de Janeiro. Logo em seguida, entre os anos de 1940 e 1950, aparecem as primeiras obras tratando do assunto. Mas, entre alguns geógrafos envolvidos com o tema, Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro se destacou nesta linha da pesquisa geográfica ao preconizar o estudo do clima abordando o ritmo climático e a dinâmica atmosférica. Com essa nova abordagem o estudo do clima de um lugar passou a ser definido pela sucessão de vários tipos de tempo, portanto dinâmico, e não como o estado médio da atmosfera sem considerar a dinâmica dos sistemas, que o torna estático. Naturalmente que a formulação dessa abordagem feita por Monteiro levou um certo tempo já que na época das primeiras pesquisas sobre o assunto havia muitas dificuldades tanto teóricas quanto de ferramentas importantes, como imagens de satélites.

Os primeiros estudos brasileiros de clima foram feitos utilizando somente abordagens generalizadoras baseadas em valores totais, médias anuais e mensais dos parâmetros meteorológicos, sem levar em consideração a dinâmica atmosférica. Essas abordagens tiveram como fonte precursora a tradicional e clássica definição formulada por Julius Hann (1839-1921), segundo o qual o clima seria “o conjunto dos elementos meteorológicos que caracterizam o estado médio da atmosfera em um lugar determinado”. Essa síntese do “estado médio” da atmosfera, caracterizado a nível local, corresponde à classificação desenvolvida pelo meteorologista e climatologista Wladimir Köppen (1846-1940).

Köppen associou valores médios de temperatura e precipitação ao mapa de vegetação mundial desenvolvido pelo fisiologista francês Alphonse de Candolle. A classificação climatológica de Köppen consiste, genericamente, na divisão do clima do mundo em cinco grandes grupos. Cada tipo de clima ficou definido de acordo com valores fixos de temperatura e de precipitação calculados conforme as médias anuais ou mensais. Esta classificação compreende um grupo de letras para enquadrar os grandes grupos climáticos, os subgrupos dentro destes e, posteriormente, subdivisões para designar características especiais de temperatura e precipitação nas distintas estações do ano.

Emmanuel de Martonne, geógrafo francês, também partiu da definição de Hann, mas propôs uma classificação dos climas da Terra introduzindo uma ótica diferente da de Köppen. De Martonne sugere o entendimento do comportamento de cada elemento do clima separadamente para depois ver como eles se combinam a nível regional.

A partir da década de 20, graças às teorias sobre a ciclogênese e as frentes frias desenvolvidas na chamada escola escandinava – através dos meteorologistas noruegueses Bergeron, Bjerknes, Solberg –, além da teoria sobre a circulação geral da atmosfera desenvolvida por Rossby, houve um avanço significativo na meteorologia sinótica e na abordagem dinâmica das condições de tempo.

Essas teorias e ainda as técnicas de análise do vento, denominadas linhas de corrente, criadas por Bjerknes, foram muito utilizadas pelos previsores de tempo como base para confecção das cartas sinóticas de superfície e de altitude.

Com melhor entendimento da circulação atmosférica, surgem, na década de 30 e 40, os primeiros estudos brasileiros sobre a dinâmica atmosférica do Brasil e da América do Sul, com as obras dos engenheiros-meteorologistas Ladislau Coussirat Araújo, Joaquim de Sampaio Ferraz, Adalberto Vajante Serra e Leandro Ratisbonna, estes últimos, autores de importantes estudos sobre as massas de ar e o regime de chuvas na América do Sul.

Adalberto Serra pertencia ao Ministério da Agricultura e, através de experiências adquiridas cotidianamente na interpretação das cartas sinóticas de tempo e, com análise de dados meteorológicos de superfície e de sondagens aerológicas efetuadas na América do Sul durante a 2ª Guerra Mundial, conseguiu compreender a dinâmica atmosférica da América do Sul. Através desse conhecimento, Serra, às vezes ao lado de Leandro Ratisbonna, escreveu importantes obras que vieram a dar suporte para o desenvolvimento da Climatologia Dinâmica no Brasil. Entre as inúmeras obras destacam-se pelo menos três: “Massas de Ar na América do Sul” (SERRA & RATISBONNA, 1942); “As Ondas de Frio da Bacia Amazônica” (SERRA & RATISBONNA, 1945) e “Circulação Superior” (SERRA, 1954).

A obra “Massas de Ar na América do Sul” trata da origem das massas de ar, suas características de estabilidade, e as frentes resultantes da descontinuidade entre duas massas com densidades diferentes. Em “As Ondas de Frio da Bacia Amazônica” comentam sobre a dinâmica das frentes frias sobre a região Sul do Brasil e a trajetória dos anticiclones polares, responsáveis pela queda de temperatura no inverno sulino e inclusive da friagem amazônica. Na obra “Circulação Superior”, Serra define os diferentes fluxos de ar que se originam a partir dos sistemas de alta e baixa pressão em altitude, no decorrer do ano.

Com a criação do curso superior de Geografia na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, em São Paulo, fundado em 1934, e no ano seguinte no Rio de Janeiro, surgiram os primeiros estudos climatológicos regionais que levaram em consideração o homem.

Entre os anos 40 e 50, tornou-se significativa a presença de geógrafos em estudos climatológicos, principalmente os integrantes do quadro do IBGE e das universidades de São Paulo e do Rio de Janeiro. Como não existiam, neste período, cursos de graduação em Meteorologia, cabia às instituições oficiais federais e estaduais cuidar dos assuntos ligados ao tempo e ao clima: coleta e armazenamento de dados; instalação e manutenção das estações meteorológicas de superfície e de altitude. Essas tarefas eram desenvolvidas por um quadro de funcionários composto por geógrafos, físicos, matemáticos, arquitetos e engenheiros, formalmente designados “meteorologistas”.

Embora já existisse certa influência de Adalberto Serra, os trabalhos desenvolvidos sobre o clima brasileiro por geógrafos nos anos 40 e 50, acabavam aplicando a classificação de Köppen pela facilidade de representação cartográfica dos tipos climáticos, e também pela dificuldade de certos geógrafos, como analisa Monteiro (1991), de assimilação dos conteúdos devido às limitações da formação acadêmica, de um lado, e à falta de propósito didático dos trabalhos técnicos.

Os primeiros estudos de clima efetuados por geógrafos foram os trabalhos de Salomão Serebrenick (SEREBRENICK, 1942) e de Fábio de Macedo Soares Guimarães (GUIMARÃES, 1945), que tinham um cunho mais didático. As produções científicas visando climas mais localizados foram feitas por Ary França, na bacia paulista (FRANÇA, 1946); Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, no Centro-Oeste brasileiro (MONTEIRO, 1951); Gilberto Osório de Andrade sobre Recife (ANDRADE, 1952); Lysia Maria Cavalcanti Bernardes, com trabalhos sobre o clima da bacia do São Francisco e propostas climatológicas para os Estados do Espírito Santo e do Rio de Janeiro (BERNARDES, 1951a, 1951b e 1952, respectivamente) e M. Velloso Galvão sobre o clima da Amazônia (GALVÃO, 1959).

Todos estes trabalhos, mas especialmente o de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, então pesquisador da Divisão de Geografia do Conselho Nacional de Geografia e professor de Geografia Física na disciplina de climatologia da antiga Faculdade Catarinense de Filosofia, passam a inspirar-se na obra de Maximilien Sorre, encontrando fundamento metodológico para o conceito de clima.

Max. Sorre, em seu tratado “Les Fondements de La Géographie Humaine”, Tomo 1º “Les Fondements Biologiques”, definiu o clima como “o ambiente atmosférico constituído

pela série de estados da atmosfera sobre um lugar, em sua sucessão habitual”. Esses estados atmosféricos do conceito sorreano são tipos de tempo meteorológicos com suas complexidades, associações e dinâmica característica, e seu comportamento sazonal sobre determinado lugar é essencial na definição do clima local. Embora o “tempo”, unidade de análise dos fenômenos climáticos, não se apresente com características semelhantes a todo o momento e a cada lugar, o ritmo sazonal desses tipos de tempo constitui uma dinâmica singular a cada estação do ano. O clima de um lugar é definido pela sucessão de vários tipos de tempo. Sorre tratou o clima do ponto de vista da biologia humana e apresentou cinco regras ou princípios gerais para a abordagem da climatologia:

- 1<sup>a</sup>) Os valores numéricos que serão utilizados pelas diversas escalas são valores críticos para as principais funções orgânicas;
- 2<sup>a</sup>) Uma definição climatológica deve abranger a totalidade dos elementos do clima susceptíveis de agir sobre os organismos;
- 3<sup>a</sup>) Os elementos climáticos devem ser considerados em suas interações;
- 4<sup>a</sup>) Qualquer classificação climática deve acompanhar de perto a realidade viva;
- 5<sup>a</sup>) O fator tempo (duração) é essencial na definição dos climas.

Assim, as novas perspectivas que foram abertas a partir dos postulados de Max. Sorre possibilitou toda uma revisão conceitual, como acentua Sant’Anna Neto (2001) que foram assumidas por Pierre Pédélaborde na França na década de 50 (1957, 1959) e por Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, no Brasil na década de 60. Os autores, de modo distinto, contribuíram para o estabelecimento de um novo paradigma em que, as noções de gênese, dinâmica e ritmo são fundamentos para a compreensão do clima.

A diferença básica da linha de análise de Pédélaborde, em relação à proposta de Monteiro, segundo Ribeiro (2000), está no fato de que o primeiro incorporou os “*tipos de tempo*” considerando-os em termos de somatórios e transformando-os como um meio para chegar as caracterizações climáticas. Para isso, Pédélaborde, segundo Ribeiro 1982, expôs as bases do chamado método geográfico da climatologia física:

- 1 – a pesquisa das características gerais da circulação atmosférica da região, como os fluxos de W;
- 2 – a descrição dos tipos de tempo considerando fatores geográficos regionais e a circulação planetária;
- 3 – a definição de clima a partir da variabilidade dos tipos de tempo e da dinâmica das massas de ar;

4 – a pesquisa dos fácies regionais e locais do clima em função do relevo.

A idéia sorreana de série e sucessão deu ao estudo do clima brasileiro, através de Monteiro (1976), um novo paradigma. O ritmo representado pela sucessão habitual dos tipos de tempo, passa a substituir a média dos parâmetros climáticos dissociada da dinâmica atmosférica e exige um acompanhamento diário ou até mesmo horário das condições atmosféricas no local a ser estudado. Portanto, diferentemente de Pédélaborde, Monteiro enfatiza o mecanismo *seqüencial* dos tipos de tempo.

Essa nova abordagem climatológica de análise rítmica estabelecida por Monteiro foi uma ruptura em relação à tradicional e clássica definição de clima formulada por Hann. Mas para avançar dentro dessa nova abordagem foi preciso muito esforço por parte de Monteiro e demais geógrafos envolvidos com a climatologia dinâmica, para entender alguns termos técnicos usados pela meteorologia e para a interpretação das cartas sinóticas, na época, única representação das condições atmosféricas reinantes em determinada região. Não havia imagens de satélites meteorológicos, ferramenta importante na visualização dos tipos de nuvens. A era da meteorologia por satélite iniciou-se efetivamente em 1º de abril de 1960, com o lançamento do TIROS-1 (Television and Infrared Observation Satellite 1, USA), projetado especialmente para observações meteorológicas.

Nas análises geográficas do clima, Monteiro utilizava como ferramenta de apoio às cartas sinóticas de tempo, elaboradas principalmente pelo serviço de meteorologia do Ministério da Agricultura, e as obras de Adalberto Serra, contendo as características da circulação atmosférica, das massas de ar, e das frentes; as regras de Sorre forneceram as bases para Monteiro desenvolver a climatologia dinâmica com propósitos geográficos.

Por mais de vinte anos, Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro contribuiu para a manutenção e o avanço da climatologia geográfica brasileira considerando a dinâmica das massas de ar e as condições de tempo a elas associadas. Seguindo metodologicamente o paradigma sorreano, Monteiro pautou seus numerosos trabalhos de pesquisa climatológica na perseguição do ritmo climático. No estudo sobre o clima do Centro-Oeste brasileiro (MONTEIRO, 1951), o autor ainda utiliza a classificação de Köppen em parte do trabalho, mas em outra já analisa o comportamento de alguns parâmetros meteorológicos do ponto de vista da dinâmica atmosférica.

Como professor da Faculdade Catarinense de Filosofia, Monteiro escreveu um capítulo sobre o clima da Região Sul do Brasil (MONTEIRO, 1963). Neste, o autor, influenciado por Serra, analisa na primeira parte, a dinâmica atmosférica na América do Sul e

as bases da explicação genética do clima regional, focalizando os centros de ação positivos (anticiclones) e negativos (ciclones) das massas de ar; descreve as massas de ar que atuam sobre a América do Sul no decorrer do ano e a dinâmica das frentes com seus tipos de tempos característicos. Na segunda parte, trata da circulação regional, comentando a seqüência dos tipos de tempo no decorrer do ano, na Região Sul. Neste, Monteiro começa a detalhar cada vez mais a atuação dos sistemas atmosféricos, sazonalmente. Toma como exemplo o avanço de uma massa de ar polar desde a Patagônia e a evolução nas condições de tempo que ocorrem na Região Sul do Brasil, antes, durante e após sua atuação. Na terceira parte, Monteiro faz uma análise geográfica dos elementos do clima, ou seja, a influência dos fatores geográficos na circulação regional e as relações entre o clima regional e os climas locais. A análise foi realizada com base em resultados colhidos de outros autores e das médias dos parâmetros meteorológicos. Ao fazer a análise geográfica dos parâmetros meteorológicos, Monteiro já tendia a trabalhar com o ritmo, mostrando inconveniência na utilização das “médias normais” sem considerar a dinâmica atmosférica.

Após ter produzido as obras sobre os climas das regiões Centro-Oeste e Sul, lança algumas considerações metodológicas a propósito do estudo efetuado sobre o clima da Região Sul em “Da necessidade de um Caráter Genético à Classificação Climática” (MONTEIRO, 1962) e através desta, renuncia às normas tradicionais de utilização de valores médios para a classificação climática.

“Prendendo-se aos valores médios mensais dos principais elementos, esta classificação não tem o menor significado na diversificação dos climas locais dentro do quadro regional. Conhecendo-se a gênese da circulação e o ritmo de sucessão dos tipos de tempo torna-se inadmissível aceitar que Santos tem o mesmo tipo de clima que Belém do Pará. É sabido que causas diferentes conduzem a resultados semelhantes” (p. 40).

A renúncia à classificação tradicional, exigindo uma revisão profunda das análises climatológicas, é justificada e concomitante com um momento de progresso no campo da Geomorfologia na definição dos “sistemas morfoclimáticos”, e na exigência da Biogeografia, em estudos que envolvessem valores extremos dos parâmetros meteorológicos com a finalidade de compreender o comportamento dos vegetais. Em substituição aos valores médios mensais, Monteiro sugere a utilização da análise rítmica diária, utilizando seqüências de cartas sinóticas para fins de acompanhamento da freqüência da atuação das massas de ar, importante no aperfeiçoamento da classificação genética dos climas em termos regionais e locais.

Monteiro, ainda publicou trabalhos importantes na década de 60: propôs um esquema teórico sobre o ciclo vital de uma onda de frio (MONTEIRO, 1962), aplicado à análise do Brasil Meridional e do Sudeste. O esquema foi uma tentativa, de caráter didático, de explicar o mecanismo habitual na circulação atmosférica regional e as irregularidades que modificam e perturbam a dinâmica normal.

Em 1963, publicou “Sobre a análise geográfica de seqüências de cartas de tempo” (MONTEIRO, 1963b). Neste artigo, enfatiza a importância, para o geógrafo, da análise das cartas de tempo ou sinóticas, como ferramenta que permite a explicação para que se chegue à síntese de compreensão geográfica do clima.

Em outro artigo, “Sobre um índice de participação das Massas de Ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática”, Monteiro (1964) procura demonstrar a importância das massas de ar na delimitação dos climas zonais. Segundo o autor, o estudo da frequência de atuação das massas de ar associada à influência dos fatores geográficos, pode oferecer subsídios à compreensão do ritmo climático, auxiliando à delimitação dos climas regionais.

A primeira obra abordando o ritmo climático com estratégia operacional própria foi “A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo”, concluída, segundo Monteiro em 1964 e publicada dez anos após (MONTEIRO, 1973).

A partir de 1968, Monteiro passa a atuar como orientador na área de Geografia Física do Curso de Pós Graduação da USP e nas pesquisas no Laboratório de Climatologia do antigo Instituto de Geografia. Os trabalhos de pesquisa individuais, e os em parceria com seus orientandos, agora centrados no Estado de São Paulo, continuavam visando à dinâmica atmosférica regional como temática central para a análise rítmica, mas sempre utilizada como meio de associação a variáveis geográficas, igualmente dinâmicas, nos níveis ecológico e humano.

Após diversas obras direcionadas à aplicação do ritmo climático na sucessão habitual dos tipos de tempo, publica o artigo “Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho” (MONTEIRO, 1971), consolidando definitivamente o processo de construção do novo paradigma na análise climática. Neste artigo, Monteiro ressalta a importância do ritmo climático considerando a sucessão diária dos tipos para entender a dinâmica responsável pelos episódios de verões mais secos e outros mais chuvosos no Estado de São Paulo e na Região Sudeste, através de estudos realizados por estagiários e orientandos da pós-graduação.

A partir de 1975, Monteiro passou a concentrar seus esforços na investigação do clima urbano e nos estudos ambientais: propôs um quadro de referência teórica para alimentar um programa de pesquisa sob a perspectiva da Teoria Geral dos Sistemas (MONTEIRO, 1976) e na obra “A Questão Ambiental no Brasil - 1960/1980”, transparece sua postura ecológica na análise do meio tropical, apresentando a Amazônia como um caso singular (MONTEIRO, 1981).

O professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro atribuiu à nova geração de geógrafos, a responsabilidade na continuação da pesquisa climática utilizando a análise rítmica. Mas, esta análise associada à circulação atmosférica regional fica mais restrita na Região Sudeste, especialmente em São Paulo.

Em 1991, Monteiro publica o livro “Clima e Excepcionalismo” onde avalia sua trajetória ao longo de mais de duas décadas na pesquisa da climatologia geográfica: enfatizou o “ritmo” como seqüência habitual dos tipos de tempo, mas reconheceu a dificuldade de realizar maior número de pesquisas, quanto em estender as investigações para outras regiões brasileiras.

Sua metodologia para o estudo do clima no âmbito da Geografia brasileira fez com que surgissem diversos seguidores, especialmente nas Regiões Sudeste e Sul. Muitos dos ex-alunos do professor Dr. Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, são docentes das universidades brasileiras, atuando como orientadores de trabalhos direcionados à climatologia geográfica.

O método proposto nesta pesquisa para a verificação dos sistemas atmosféricos e seus tipos de tempo, apesar de aproximar-se do ritmo climático aplicado por Monteiro (1971), baseia-se, também, em Pédélaborde (1957) que, ao estudar os tipos de tempo da Bacia Parisiense produziu uma descrição sumária e sistêmica conceituada por Zavatini (1996) como “catálogo de tipos de tempo” que, para esta pesquisa foi denominado de monitoramento e análise das condições atmosféricas diárias.

Embora a produção climatológica na Geografia brasileira apresente diversas linhas de pesquisa, é verificado, em inúmeros trabalhos, a preocupação maior do geógrafo com a problemática urbana, no sentido do conforto térmico (ilhas de calor), poluição atmosférica e principalmente com a distribuição da precipitação ao longo do ano, enfatizando os episódios de enchentes e de secas; estudam as condições locais, sendo que alguns pesquisadores abordam a influência de sistemas sinóticos, como, por exemplo, a participação de determinadas massas de ar no comportamento do clima urbano. Outros pesquisadores apenas

discutem sobre a conduta de determinado(s) elemento(s) climático(s), sem levar em consideração a atuação de sistemas meteorológicos que interagem e regulam o comportamento desse(s) elemento(s) na área urbana. Essas pesquisas se caracterizam por desenvolverem uma abordagem principalmente meteorológica da atmosfera urbana, tratando-a, sobretudo, de uma forma estatística e descritiva, como analisa Mendonça (1996). Ainda de acordo com o referido autor, várias críticas a este enfoque foram levantadas, principalmente aos climatólogos, notadamente pela necessidade da identificação dos fatores particulares responsáveis pela formação do clima urbano.

Um fenômeno que preocupa a comunidade científica atual é o “aquecimento global”, o qual tem sido bastante pesquisado na Geografia, sendo verificado o comportamento da temperatura e da precipitação em diversas cidades brasileiras, através de análise de regressão e classificações climatológicas tradicionais como a de Köppen e do balanço hídrico proposto por Thorntwaite & Mather (1955). Neste tipo de pesquisa não há preocupação com a dinâmica dos sistemas atmosféricos regionais, apenas com os fenômenos de escala global: El Niño e La Niña.

A utilização do balanço hídrico proposto por Thorntwaite & Mather (1955), também tem sido uma ferramenta muito utilizada em trabalhos de pesquisa para caracterizar as condições climáticas locais com fins agrícolas. São poucos os pesquisadores que aplicam a classificação genética do clima, ou seja, a atuação das massas de ar, mesmo em associação com o balanço hídrico. Nesse caso, o comportamento hídrico do solo poderia ser mais bem explicado através da participação dos sistemas atmosféricos produtores de chuva.

A saúde pública também tem preocupado alguns geógrafos, principalmente com relação a doenças como a Leptospirose, a Dengue, a Malária e a Diarréia. Nesses casos, têm sido realizadas correlações entre incidência de casos e condições climáticas locais e momentâneas. Também alguns trabalhos de pesquisa com percepção ambiental, relacionam condições de tempo e clima a respostas psico-fisiológicas.

Apesar do amplo campo de ação nas pesquisas geográficas com propósitos climáticos, a maioria dos trabalhos concentra-se no centro-sul brasileiro, e mesmo assim não apresentam abordagens metodológicas semelhantes.

A Região Sudeste continuou sendo a mais beneficiada com a pesquisa geográfica levando em consideração a dinâmica atmosférica e o ritmo climático. O estado de São Paulo é o que apresenta o maior número de pesquisas, refletindo o longo período em que o Dr. Carlos

Augusto de Figueiredo Monteiro atuou no Laboratório de Climatologia da USP, formando inúmeros alunos.

Apesar do avanço metodológico realizado por Monteiro na Climatologia Geográfica e seguido por muitos geógrafos, pouco ou quase nada foi discutido a respeito da influência da circulação superior nos resultados das pesquisas, especialmente àquelas ligadas as condições de estabilidade atmosférica. Através dos sistemas de superfície ocorre muitas vezes dificuldade de caracterização do sistema atuante por estar associado à circulação de altitude. Não se deve esquecer a lição de Adalberto Serra que naquela época já estava preocupado com a dinâmica do ar superior ao publicar a obra “Circulação Superior” (SERRA, 1954). É preciso, portanto, recorrer às sondagens aerológicas feitas diariamente em vários aeroportos do país, e que estão disponíveis na Internet e aprender apenas a decodificá-las.

## **1.2 Procedimentos operacionais**

A metodologia de análise climatológica empregada nesta pesquisa leva em conta a relação tempo-espaço dos elementos climáticos. As variações temporais e espaciais da precipitação, da temperatura, da umidade relativa do ar, da nebulosidade e do vento são analisadas à luz da atuação dos diversos sistemas atmosféricos e seus respectivos tipos de tempo que ocorrem no sul catarinense; ou seja, com ênfase no “método sintético das massas de ar e dos tipos de tempo”, preconizado pelo professor Pierre Pédelaborde (1957, 1959).

A preocupação é entender como os elementos climáticos, especialmente a precipitação, associada a diversos sistemas atmosféricos, se comporta no espaço e no tempo. No tempo, a análise climatológica obedece a escala diária, mensal e sazonal.

Inicialmente, o comportamento temporal e espacial dos elementos climáticos temperatura, umidade relativa do ar e nebulosidade de oito localidades, representadas pelas estações meteorológicas, foi verificado do ponto de vista da climatologia analítico-separativa, para definir o regime sazonal e mensal da BHRA. Com esse mesmo objetivo são analisadas a direção e a velocidade do vento, porém, de apenas quatro localidades detentoras dessa informação.

Com relação à climatologia analítico-separativa Monteiro (1968) comenta que:

“A análise separada dos elementos do clima, malgrado as deficiências e limitações da rede de observações meteorológicas do país, servirá, até certo ponto, para avaliar a influência dos fatores geográficos locais

sobre as correntes gerais da circulação e estabelecer a relação entre os climas locais e o clima regional” (p.116).

O recorte temporal para a verificação do regime climático da BHRA corresponde ao período de 1961 a 1990 para as estações do INMET. Esses dados estão publicados no Manual de Observações Meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia de 1999 (DIOME. DO.09.022). As demais estações apresentam períodos de análise variados tendo em vista que a maior parte já está desativada, com os dados obtidos na Epagri/Ciram. Embora ocorra essa deficiência, essas estações meteorológicas possuem mais de 40 anos de dados, o que significa para nossa finalidade “dados qualitativos e quantitativos” tendo em vista que se pretende verificar o comportamento destes em relação à dinâmica atmosférica e ao efeito do relevo.

Como as estações meteorológicas na área abrangida pelo estudo são em pequeno número (tabelas 1 e 2), seria impossível definir o regime e o ritmo da precipitação na BHRA. Para isso foram utilizados dados de 13 estações hidrológicas (tabela 3). Através do regime é verificado o comportamento sazonal e mensal da precipitação e do monitoramento são estudadas as variações diárias dos elementos climáticos associados à circulação regional e aos sistemas atmosféricos atuantes na Região Sul do Brasil.

A preocupação em tratar a precipitação do ponto de vista do regime e do monitoramento diário está na obtenção de dados de diversas estações hidrológicas pertencentes à Agência Nacional de Águas (ANA) e ainda por esta variável ser um elemento climático imprescindível à vida e muito importante para a bacia, tendo em vista o grande volume consumido no cultivo de arroz irrigado. Conti (1975), ressalta a importância do estudo da precipitação numa visão geográfica da necessidade humana:

“O estudo da chuva é particularmente atraente em razão da dependência em que nos encontramos desse fenômeno meteorológico, quer na rotina da vida cotidiana, quer no equacionamento de problemas econômicos de maior amplitude como o da produção agrícola, da geração de energia elétrica, etc” (p. 9).

A análise do monitoramento diário utiliza, essencialmente, dados diários de superfície e cartas sinóticas de tempo. Mas, nem sempre as condições de tempo reinantes são oriundas de sistemas atmosféricos à superfície, o que leva, muitas vezes, a uma interpretação errônea de um determinado fenômeno atmosférico. É preciso entender o sistema atmosférico que está atuando em altitude como os Jatos Subtropicais que são caracterizados por ventos fortes em altitudes. Uma das ferramentas que pode ser utilizada e que auxilia na compreensão do sistema em altitude é a sondagem aerológica. A sondagem traz informação de direção e

intensidade de ventos em altitude, comportamento da temperatura e umidade relativa do ar com a altitude e parâmetros como o índice K, importante na avaliação do comportamento da estabilidade. Assim como na carta sinótica de superfície são verificadas diversas informações de muitas localidades, para caracterizar um sistema atmosférico em altitude é preciso analisar algumas sondagens de distintos locais. Um Jato Subtropical sobre o Sul do Brasil pode ser identificado através da direção e intensidade dos ventos nas sondagens de Porto Alegre, Foz do Iguaçu, Florianópolis e Curitiba, únicas localidades do Sul que possuem estações meteorológicas de altitude.

O estudo do clima da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá (BHRA) levará em consideração a sua característica peculiar que é o relevo: uma estreita planície entre o Atlântico e as encostas da Serra Geral.

As encostas da Serra Geral têm sua importância na gênese da chuva orográfica, ou seja, aquela que ocorre em regiões com relevo acidentado e próxima a áreas sujeitas a evaporação, as quais funcionam como fontes de umidade para a atmosfera adjacente. Esse tipo de chuva ocorre em forma de pancadas, geralmente moderadas a fortes, provenientes de nuvens do tipo Cumulus e Cumulonimbus que se desenvolvem no lado barlavento, onde o ar úmido condensa com mais facilidade.

Estudos efetuados em áreas de encostas têm identificado aumento significativo de precipitação no lado barlavento, ou seja, do lado em que os ventos úmidos ascendem às encostas. Na BHRA já houve algumas tentativas para identificar esse fato e o objetivo deste trabalho é verificar o quanto chove diariamente nas encostas da Serra Geral na localidade da Serra da Rocinha, município de Timbé do Sul, tendo em vista que o maior volume de água que chega aos rios bacia para uso do arroz irrigado e para outros fins é oriundo das chuvas que ocorrem nas escarpas.

Além da discussão envolvendo elementos climáticos, sistemas atmosféricos e relevo, existe a problemática do carvão na BHRA. O carvão catarinense ocupa uma área considerável da BHRA, e devido a sua baixa qualidade houve a formação de muitos depósitos de rejeitos com material piritoso em áreas próximas a rios e riachos e em locais alagadiços. A deposição inadequada dos rejeitos e o próprio contato da pirita com o ar atmosférico resultaram em uma séria degradação e poluição ambiental da região; degradação que está presente na água, no solo e no ar, como acentuam Göthe (1989) e Scheibe (2002).

A contaminação do ar pode ser entendida a partir do estudo da estabilidade atmosférica, já que a concentração e dispersão de poluentes aéreos estão relacionadas

diretamente com as condições atmosféricas. A estabilidade é ocasionada pela subsidência do ar que resulta na formação da inversão térmica. Esta funciona como um verdadeiro “tampão” inibindo a dispersão da poluição na vertical e concentrando os poluentes a baixos níveis atmosféricos. A situação de estagnação do ar somente desaparece quando o ar torna-se instável. Nesse caso, a inversão térmica desaparece ou afasta-se para níveis mais elevados da Troposfera, favorecendo a dispersão com a altitude. Essa situação de estabilidade pode ser verificada através do comportamento das bases e dos topos das inversões térmicas das sondagens aerológicas realizadas nos aeroportos de Porto Alegre e Florianópolis.

O estudo do comportamento da inversão térmica<sup>1</sup> e também do índice K<sup>2</sup>, além de indicarem o comportamento das massas de ar e seus tipos de tempo quanto à poluição atmosférica, auxiliam na verificação da intensidade dos sistemas que trazem chuva para a bacia, especialmente aqueles que podem provocar temporais isolados como foi o caso do dia 23 de dezembro de 1995, quando ocorreram deslizamentos, abrangendo parte das vertentes da Serra Geral em que se situam as cabeceiras dos rios Pinheirinho e Figueira (PELLERIN et al., 1997).

---

<sup>1</sup> Normalmente dentro da Troposfera a temperatura diminui 0.65°C para cada 100 metros. Isso é chamado de gradiente térmico positivo. Caso ocorra um gradiente térmico negativo, a temperatura aumenta com a altitude. Esse fenômeno é chamado inversão térmica.

<sup>2</sup> Índice de estabilidade atmosférica que varia de valores negativos, quando o ar está muito seco até valores superiores a 40, quando a atmosfera está muito instável.

### 1.2.1 Localização das estações meteorológicas e hidrológicas

Para uma boa compreensão da dinâmica atmosférica tanto local, quanto regional e até global, há necessidade de dados meteorológicos confiáveis, com período razoável de observação de pelo menos 30 anos. Em um país com a dimensão territorial do Brasil, os poucos recursos destinados a esse fim foram nas últimas décadas direcionados para algumas regiões em detrimento de outras, e que traz grandes prejuízos para os estudos de clima.

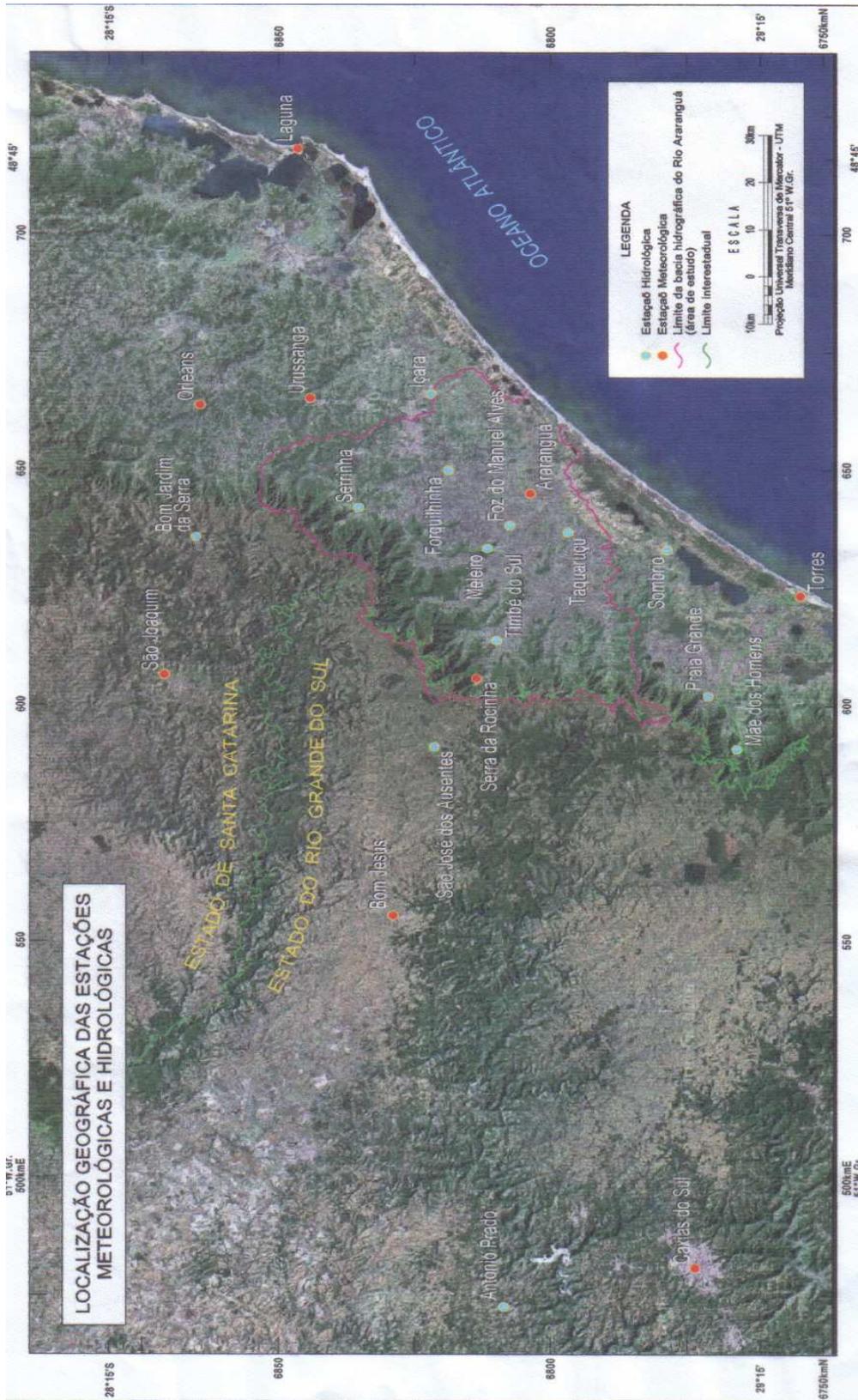
Vianello e Alves (1991), já chamavam a atenção para o problema pois torna-se imperiosa a adoção de uma política séria, que proporcione ao país uma cobertura observacional mais eficaz; entretanto, o que vem ocorrendo é uma tendência ainda maior em diminuir o número das estações meteorológicas no Brasil. Em Santa Catarina, o engenheiro agrônomo Hugo José Braga (1985) já reclamava na década de 80 da diminuição do número de estações do INMET. O geógrafo João Zavatini (1996) ao tratar do desenvolvimento, progresso e perspectiva da Climatologia Brasileira, expôs a questão do sucateamento da rede meteorológica brasileira com as estações parando de funcionar e os dados se perdendo.

No sul catarinense a situação não é diferente. Existiam cinco estações meteorológicas: Laguna que funcionou de 1925 a 1986; Orleans, de 1929 a 1984; Turvo, de 1980 a 1991; Araranguá, de 1928 até agosto de 2003; a estação de Urussanga, criada em 1925 é a única que continua a funcionar, e que para a grande maioria dos trabalhos é representativa do clima do sul catarinense.

Mas para analisar o clima da BHRA não bastam as estações do sul catarinense. Optou-se por um recorte que abrangesse estações meteorológicas e hidrológicas (figura 2) que englobassem a área da BHRA e em altitudes diferenciadas.

Com a finalidade de trabalhar com Climatologia Dinâmica e tendo em vista a deficiência no número de estações meteorológicas na Bacia do Araranguá, de maneira a retratar a influência do relevo e da dinâmica atmosférica nos diversos elementos climatológicos, principalmente na precipitação, foram utilizados dados das cinco estações do sul do estado (tabela 1).

Destas apenas a de São Joaquim e a de Urussanga, estão em operação e pertencem ao INMET em convenio com a EPAGRI; as demais pertenciam ao INMET e eram operadas por este órgão. Destas somente a de São Joaquim é sinótica, pois realiza observações em horários padronizados internacionalmente (Tempo Médio de Greenwich), elaborando um código denominado SINOP que retrata as condições de tempo no momento da observação e daquelas que ocorreram durante as últimas 6 horas, para apoio à previsão do tempo.



Produzido no Laboratório de Geoprocessamento GCMCFH/UFSC, nov-2008.

Fonte: Imagem de fundo: IMAGE DIGITAL GLOBE (capturada em out-2000).  
Localização das estações hidrologicas: Agência Nacional de Águas-ANA  
Localização das estações meteorológicas: EPAGRI e INMET

Figura 2 – Localização das estações meteorológicas e hidrológicas

Figura 2 – Localização das estações meteorológicas e hidrológicas

Tabela 1 – Estações meteorológicas estudadas em Santa Catarina

Estação	Nº Sinótico	Posição Geográfica	Altitude (metros)	Período de operação
Araranguá	-	28° 53' S e 49° 31' W	12,0	1928 – 2003
Laguna	-	28° 29' S e 48° 48' W	30,8	1925 – 1986
Orleans	-	28° 20' S e 49° 20' W	155,8	1929 – 1984
São Joaquim	83920	28° 17' S e 49° 55' W	1402,0	1955 -
Urussanga	-	28° 31' S e 49° 19' W	48,0	1925 -

As estações meteorológicas localizadas no Estado do Rio Grande do Sul e utilizados como fonte de dados para esta pesquisa pertencem ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e são sinóticas. Os dados disponíveis são do período de 1961 a 1990, conforme a tabela 2.

Tabela 2 – Estações meteorológicas no Rio Grande do Sul

Estação	Nº Sinótico	Posição Geográfica	Altitude (metros)	Período de operação
Bom Jesus	83919	28° 40' S e 50° 26' W	1047,5	1961 - 1990
Caxias do Sul	83942	29° 10' S e 51° 12' W	759,6	1961 - 1990
Torres	83948	29° 20' S e 49° 44' W	30,6	1961 - 1990

Devido ao pequeno número de estações, na área da bacia somente a de Araranguá, foram analisados também os dados de precipitação, o único elemento meteorológico determinado, para 13 estações hidrológicas pertencentes à Agência Nacional de Águas (ANA), conforme a tabela 3.

Tabela 3 – Estações hidrológicas no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina

Estação	Estado	Posição Geográfica	Altitude	Período de operação
Antonio Prado	RS	28° 51' S e 051° 17' W	630	1964 -
São José dos Ausentes	RS	28° 44' S e 050° 04' W	1150	1964 -
Bom Jardim da Serra	SC	28° 20' S e 049° 37' W	1200	1969 -
Forquilha	SC	28° 45' S e 049° 28' W	40	1945 -
Foz do Manuel Alves	SC	28° 51' S e 049° 35' W	15	1977 -
Içara	SC	28° 43' S e 049° 18' W	50	1977 -
Mãe dos Homens	SC	29° 14' S e 050° 04' W	200	1983 -
Meleiro	SC	28° 49' S e 049° 38' W	80	1942 -
Praia Grande	SC	29° 11' S e 049° 57' W	60	1976 -
Serrinha	SC	28° 36' S e 049° 33' W	128	1986 -
Sombrio	SC	29° 07' S e 049° 38' W	16	1976 -
Taquaruçu	SC	28° 57' S e 049° 36' W	10	1945 -
Timbé do Sul	SC	28° 50' S e 049° 50' W	115	1976 -

Além destas estações e com a finalidade de verificar o efeito das escarpas da Serra Geral foi instalada e entrou em operação no dia 21 de dezembro de 2004 uma estação meteorológica automática com sensores de temperatura e precipitação (figura 3). Essa estação foi adquirida pelo Laboratório de Análise Ambiental (LAAM), do Departamento de Geociências da UFSC (com verba do CNPq, projeto nº 520933/99-0 coordenado pelo professor Luiz Fernando Scheibe) e está localizada na propriedade do Sr. Eliéser Aguiar, nas coordenadas 28° 48' S e 49° 55' W, a uma altitude de 680 metros, aproximadamente no meio da escarpa da Serra da Rocinha, no município de Timbé do Sul.



Figura 3 – Instalação da estação meteorológica na Serra da Rocinha no dia 20 de dezembro de 2004, com cercamento provisório.

Foram analisados os regimes da temperatura, da umidade relativa do ar e da nebulosidade para as médias climáticas das estações meteorológicas de Araranguá, Bom Jesus, Caxias do Sul, Laguna, Orleans, São Joaquim, Torres e Urussanga. Para o estudo do vento foram utilizadas as informações das estações de Araranguá, Laguna, Orleans, São Joaquim e Urussanga. O regime pluviométrico foi obtido com dados das estações meteorológicas e hidrológicas.

Para a realização desta pesquisa obteve-se dados das estações meteorológicas do INMET e da EPAGRI. Para ampliar o banco de dados e melhorar a interpretação do clima da BHRA, buscou-se o registro mensal da precipitação das estações hidrológicas pertencentes à Agência Nacional das Águas – ANA, através do sítio [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br). Para analisar o ritmo diário da precipitação, as informações foram obtidas na mesma fonte, completadas com os registros da estação automática instalada. Os dados referentes às sondagens aerológicas diárias foram obtidos em <http://weather.uwyo.edu>.

A escolha do período para análise, dentre toda a série histórica de dados, foi feita em busca de um segmento temporal que contemplasse o menor número de falhas e um maior número de dados reais de toda a série. Optou-se pelas normais climatológicas da série de 1961 a 1990, que são trinta anos de dados mensais e que fazem parte do último período padronizado pelo INMET. Os dados obtidos no banco de dados da EPAGRI não obedecem ao mesmo período tendo em vista a desativação de algumas estações.

Para o monitoramento diário foram analisados os das estações de São Joaquim e de Urussanga, da estação automática instalada na Serra da Rocinha em Timbé do Sul, da precipitação das estações hidrológicas, e das condições de estabilidade atmosférica através da altura da base e topo da camada de inversão térmica e do índice K. O período de análise foi de janeiro de 2003 a junho de 2005.

### **1.3 Tratamento dos dados**

Através das cartas sinóticas e das imagens de satélite, dados bibliográficos e na experiência do autor são descritos os sistemas atmosféricos que atuam na Região Sul. Cabe ressaltar que o autor trabalhou durante vários anos em centros meteorológicos pertencentes à Força Aérea Brasileira (Manaus-AM; Santa Maria-RS e Florianópolis-SC) e atualmente desenvolve atividades de pesquisa e previsão de tempo e clima do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia (CIRAM), órgão pertencente a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A (EPAGRI).

As informações meteorológicas contidas na carta sinótica são constituídas de direção e intensidade do vento, pressão atmosférica, temperatura do ar e do ponto de orvalho e total de nuvens provenientes de alguns aeroportos e obtidas pela Internet através do endereço [www.redemet.aer.mil.br](http://www.redemet.aer.mil.br).

Levou-se em consideração os sistemas que se manifestam em superfície como frentes frias, baixas e altas pressões, cavados invertidos, assim como os que atuam em médios e altos níveis como os vórtices ciclônicos e cavados em médios e altos níveis da atmosfera.

Posteriormente foi analisado o comportamento dos elementos do clima: precipitação, temperatura, umidade relativa, nebulosidade e vento das estações de Araranguá, Laguna, Orleans, São Joaquim e Urussanga em Santa Catarina; Bom Jesus, Caxias do Sul e Torres no Rio Grande do Sul.

A análise foi realizada com dados médios mensais da precipitação, da temperatura, da umidade relativa do ar e do total de nuvens em diagramas lineares de distribuição mensal, elaborados através do Programa Microsoft Excel, para avaliação da variabilidade sazonal e mensal dos referidos elementos. A direção e a intensidade do vento foi organizada também em diagramas no Excel com informações somente das estações meteorológicas de Araranguá, Laguna, São Joaquim e Urussanga. Como são realizadas três observações diárias, 9, 15 e 21 horas, foram construídos diagramas, considerando a totalidade das observações para cada horário, em cada estação meteorológica.

O efeito do relevo no comportamento da temperatura e da precipitação foi base para a interpretação. Para a temperatura foram utilizados os dados médios mensais de Urussanga, São Joaquim e da estação meteorológica da Serra da Rocinha do período de janeiro de 2005 a março de 2006. Para a precipitação, foi realizado um transecto ligando a estação de São José dos Ausentes, no planalto com a Serra da Rocinha e esta com Timbé do Sul e Sombrio já na zona costeira, para dados de 2005.

E por último, foram analisados dados diários das condições de tempo associadas a cada sistema atmosférico que estava atuando na BHRA às 9 horas de cada dia. Para a definição de cada sistema atmosférico foram verificadas cartas sinóticas das 12 UTC plotadas e analisadas no setor de meteorologia da EPAGRI/CIRAM, além de outras ferramentas como imagens de satélites. Ressalta-se que essas condições deveriam ser verificadas durante o ano de 2003, porém devido às condições de irregularidade na dinâmica atmosférica no Sul do Brasil naquele ano e ainda em 2004, a pesquisa se estendeu até junho de 2005 para que a atuação de cada sistema atmosférico na BHRA pudesse ser melhor entendido.

O volume de dados foi muito grande; foram 910 dias monitorados com condições atmosféricas verificadas nas sondagens (inversão térmica e índice K) de Porto Alegre e Florianópolis; temperatura, nebulosidade, umidade, precipitação, condições de tempo e vento de Urussanga e São Joaquim, além de dados de precipitação de todas as estações hidrológicas. Por isso houve necessidade de agrupar os sistemas atmosféricos que apresentam características semelhantes. Assim, no primeiro grupo foram abordadas as frentes frias que estavam no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina. Não foram consideradas as frentes frias no Paraná porque, nesses casos, já existem outros sistemas atuando em Santa Catarina, especialmente as altas pressões. Seguindo os sistemas instáveis, foram agrupados aqueles que se manifestam à superfície como os cavados invertidos, ciclones extratropicais, complexos convectivos de mesoescala e as baixas quando no Paraguai, no Rio Grande do Sul, em Santa

Catarina e no Atlântico. Ressalta-se que as baixas no Atlântico foram verificadas aquelas que não se configuraram como ciclone extratropical e que estavam no sul.

O terceiro grupo foi caracterizado pelos sistemas instáveis em altitude representados pelos jatos subtropicais, cavados e vórtices ciclônicos.

O quarto grupo foi constituído pelos sistemas de tempo estáveis à superfície: os anticiclones polares migratórios e o semifixo do Atlântico Sul (ASAS). Com relação aos anticiclones polares foram consideradas duas trajetórias: uma marítima e outra continental, desde a Argentina até Santa Catarina. Apesar do anticiclone polar ser um sistema de tempo estável, dependendo da trajetória e posição, apresenta “tipos de tempo” distintos em Santa Catarina. Por isso, foram analisados quando na Argentina, no Uruguai, no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina. A partir de Santa Catarina em deslocamento para menores latitudes os anticiclones polares já estão em fase de tropicalização, portanto descaracterizados e o ASAS passa a ser dominante.

Os dados da maioria dos sistemas atmosféricos foram dispostos em tabelas na seguinte seqüência:

1) Condições médias de tempo (nebulosidade, umidade relativa do ar, temperatura, condições gerais de tempo e vento) de Urussanga e de São Joaquim. Para melhor detalhar cada sistema atmosférico foram verificadas as condições de nebulosidade e umidade em cada dia de atuação de cada sistema em Urussanga e em São Joaquim.

2) Condições atmosféricas do ar superior (inversão à superfície, ausência de inversão, base e topo das inversões e índice de instabilidade (K) significativo) foram obtidas das sondagens de Porto Alegre e de Florianópolis. A altura da base e do topo da camada de inversão térmica foi considerada entre a superfície e 1500 metros. A verificação do comportamento da estabilidade atmosférica (índice K) foi feita a partir da classificação contida em COMAER (2000), onde valores inferiores a 20, significam tempo estável sem formação de nuvens cumuliformes do tipo cumulonimbus (Cb); resultados entre 20 e 25, Cb's isolados; de 25 a 30, Cb's muito esparsos; de 30 a 35, Cb's esparsos; e acima de 35, Cb's numerosos. Portanto, quanto maior for o índice, mais instável encontra-se a atmosfera.

O índice K, resultante da equação  $(T_{850} - T_{500}) + T_{d850} - (T_{700} - T_{d700})$ , indica o comportamento da estabilidade atmosférica, onde T, é a temperatura do ar referente a um determinado nível da atmosfera; T<sub>d</sub>, a temperatura do ponto de orvalho referente a um determinado nível da atmosfera; 850, 700 e 500 são os níveis padrões da atmosfera, expressos em unidade de pressão (Hectopascal=hPa) e equivalem a aproximadamente 1500, 3000 e 5500 metros de altitude. O resultado varia de índices negativos, quando o ar está com baixa

quantidade de vapor d'água, até um pouco acima de 40, que aponta para uma parcela de ar muito instável, com fortes trovoadas. Portanto, com índices negativos e positivos até 20, a atmosfera estará estável inibindo a ocorrência de chuva associada à trovoadas, mas por outro lado, favorecerá a concentração de poluentes aéreos. Índices K superiores a 25 indicam que a atmosfera encontra-se instável, favorecendo a ocorrência de chuva com trovoadas e também dispersão dos poluentes para níveis mais altos da atmosfera.

3) Distribuição espacial da precipitação relacionada à influência dos sistemas no período de janeiro de 2003 a junho de 2005 e no período de dezembro de 2004 a junho de 2005.

A obtenção dos dados do ar superior (inversão e índice K), das sondagens realizadas nos aeroportos Salgado Filho, em Porto Alegre e Hercílio Luz, em Florianópolis, aliados aos de superfície das diversas estações meteorológicas e hidrológicas fornecem subsídio ao entendimento do sistema atmosférico atuante, conferindo à análise rítmica maior riqueza de informações.

## 2 Os sistemas atmosféricos atuantes na área da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá

O clima de uma determinada região é formado pela dinâmica dos sistemas atmosféricos com seus respectivos tipos de tempo e pela influência de fatores como a latitude, a altitude, o relevo, o solo, a cobertura vegetal, a continentalidade e a maritimidade. Porém não basta entender a interação entre esses fatores para a compreensão do clima. Como acentua Nimer (1989) “O conhecimento das influências dos fatores estáticos ou geográficos que atuam sobre o clima de determinada região, por mais completo que seja não é suficiente para a compreensão de seu clima. Este não pode ser entendido e analisado sem o concurso do mecanismo atmosférico, seu fator genético por excelência...” (p.200). Segundo Monteiro (1968), “A preocupação de ordem genética será, em suma, a de caracterizar os tipos de tempo que, regulados pela circulação atmosférica regional e influenciados pelos fatores geográficos, se sucedem habitualmente na Região Sul” (p.115). Incluem-se nessa dinâmica “os tipos de tempo que produzem fenômenos extremos, de grande importância geográfica, que ficam completamente desaparecidos nos valores ‘médios’ dos dados locais das normais climatológicas” (MONTEIRO, 1968:116).

Este capítulo trata dos sistemas atmosféricos produtores de tipos de tempo que atuam sobre o Sul do Brasil e que de maneira direta ou indireta contribuem na formação do clima.

Os sistemas atmosféricos apresentam-se com características bastante distintas, uns estáveis, outros instáveis. Contudo, cabe salientar que os diferentes sistemas atmosféricos não atuam isoladamente; há sempre certa interação entre eles, o que em alguns casos, pode até mascarar as características principais daquele que está predominando. Um exemplo é quando um sistema de alta pressão (centro de ação de massa de ar frio) está atuando sobre o Sul do Brasil em pleno inverno. É esperado, de acordo com as características das massas frias, tempo estável com poucas nuvens, temperaturas baixas, com formação de geadas e baixa umidade relativa do ar; entretanto, apesar das temperaturas baixas, o tempo pode ficar instável e até chuvoso. Nestes casos, é comum se verificar a presença de jato em médios e altos níveis; ventos fortes de oeste, ou seja, o sistema de alta pressão vai da superfície a poucos quilômetros de altitude e o jato a partir de 5km de altitude. Um outro caso de instabilidade pode ocorrer quando um cavado invertido na superfície se desenvolve logo à frente da alta pressão. O cavado é uma área alongada de baixa pressão e quase sempre favorece a formação de muitas nuvens e chuva.

É com esta abordagem que serão tratados os distintos sistemas atmosféricos que atuam na Região Sul do Brasil, procurando ressaltar os diversos tipos de tempo que ocorrem sob influência de um determinado sistema atmosférico e que têm, muitas vezes, interferências de outro.

## 2.1 Sistemas estáveis

Os sistemas estáveis são representados pelas altas pressões atmosféricas ou anticiclones e se caracterizam pela subsidência. Como o ar descendente é comprimido e aquecido, torna-se difícil a formação de nuvens e de precipitação, ou seja os anticiclones geram tempo bom.

Os anticiclones são os centros de ação de massas de ar, abrangem milhares de quilômetros quadrados e possuem como característica fundamental a uniformidade de temperatura, umidade e pressão atmosférica, pelo menos nas camadas mais próximas à superfície. Devido à uniformidade e abrangência uma massa de ar frio com o anticiclone polar sobre o Uruguai pode se manifestar por todo Sul do Brasil, centro-sul do Paraguai e a maior parte da Argentina.

Entretanto, modificações, pelo menos em escala local, podem ser causadas pelo relevo, como por exemplo a constatação de menores temperaturas em locais com maiores altitudes.

Na Região Sul do Brasil, além da Massa Polar (mP) responsável pelas temperaturas baixas, também atuam duas massas de ar quente, uma com baixo teor de umidade, denominada Massa Tropical Continental (mTc), e uma outra mais úmida, mais costeira, a Massa Tropical Atlântica (mTa).

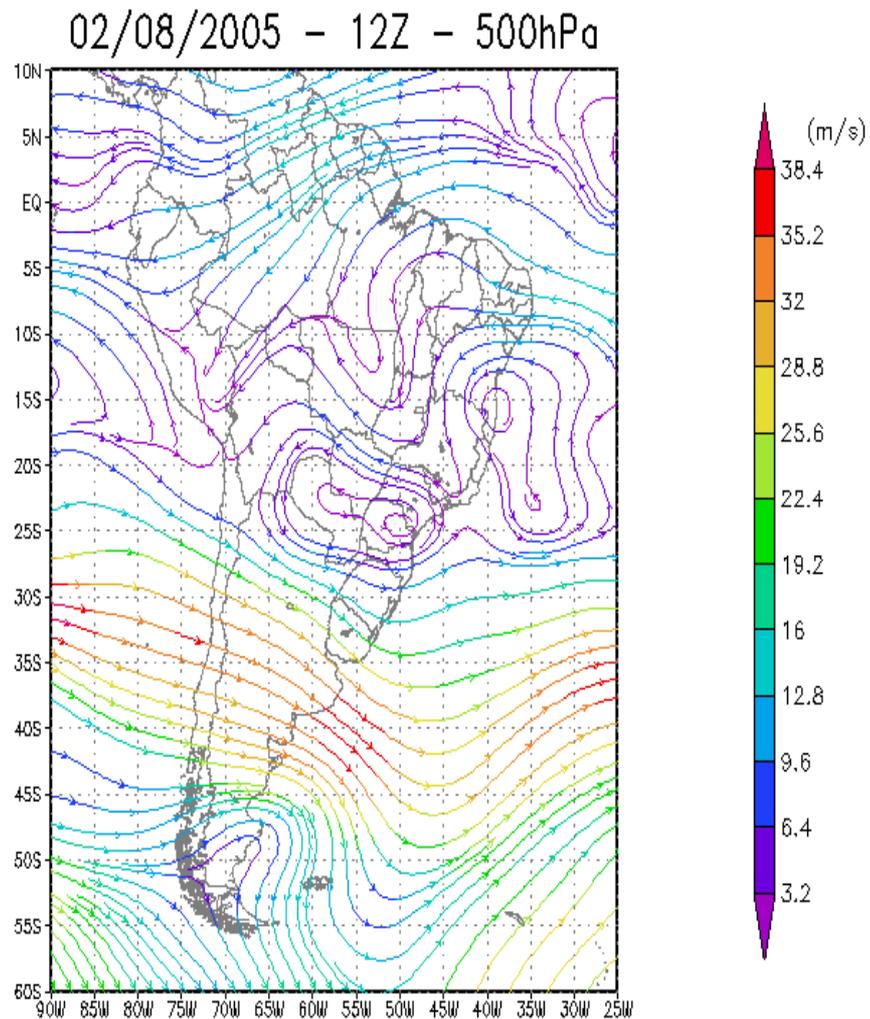
**A Massa Tropical Continental** é uma massa de ar quente e seca que atua principalmente no Centro-Oeste do Brasil, responsável pelos baixos totais de precipitação e de umidade do ar daquela região do outono ao início da primavera. No Sul do Brasil é de ocorrência bem menos notável e mais restrita ao verão (MONTEIRO, 1968).

A mTc, diferentemente da mTa e das polares, não possui anticiclone à superfície; ao contrário, por vezes, ocorre convergência e surge uma baixa pressão, especialmente quando ocorre frontogênese (formação de frente) sobre o Uruguai. Essa baixa pressão é denominada de *baixa do Chaco, baixa continental e baixa do interior*.

A mTc passa a se caracterizar a partir do momento em que o ar quente que se eleva na baixa pressão se resfria, e logo, nos primeiros níveis da atmosfera, geralmente acima de 850hPa (aproximadamente 1500 metros de altitude) desenvolve uma alta pressão. Essa alta pressão persiste em altitude e, muitas vezes, chega até o nível de 200hPa, (equivalente a 12.000 metros de altitude). Portanto, como é muito espessa, inibe o ingresso de umidade de outras regiões para a sua área de maior atuação que é o Paraguai, norte da Argentina, sudoeste do Paraná, oeste catarinense e centro-oeste do Rio Grande do Sul.

A maior frequência da mTc na Região Sul, principalmente em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul ocorre nos meses de janeiro e fevereiro. Como toda umidade que vem do Atlântico e do continente, especialmente da Amazônia, é canalizada para a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) instalada sobre a Região Sudeste: a umidade se mantém baixa por vários dias e a mTc passa a dominar as condições de tempo na região. Segundo Silva Dias e Marengo (2002), existe relação entre longos períodos com enchentes de verão no Sudeste e veranicos no Sul do Brasil. O forte calor com valores acima de 30°C, mesmo nas regiões topograficamente mais altas como a “Serra Gaúcha” e o Planalto Sul Catarinense, é característico dessa massa. Quanto mais tempo a mTc permanecer influenciando as condições de tempo, mais altas tornam-se as temperaturas, sendo que as máximas, geralmente, ocorrem no dia anterior à passagem de uma frente fria por Santa Catarina, empurrando a massa quente para menores latitudes. Além do forte calor, a baixa umidade do ar associada ao número de horas de brilho solar leva à ocorrência de pequenas estiagens que são mais frequentes no mês de dezembro, conforme assinala Herrmann (2001).

Porém a mTc pode atuar em outras estações do ano. Um exemplo ocorreu no Sul do Brasil em agosto de 2005, onde o ar seco inibiu a formação de nuvens nos três estados do Sul. A figura 4, reanálise do modelo numérico de previsão regional – ETA, mostra que uma alta pressão (ventos divergentes no sentido anti-horário) encontrava-se sobre Santa Catarina e Paraná em 500hPa, aproximadamente 5500m de altitude.



Epagri/Ciram

Figura 4 – Campo de vento das 12 UTC do dia 02 de agosto de 2005 no nível de 500hPa. (Reanálise do Modelo ETA)

**A Massa Tropical Atlântica** tem como centro de ação o Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (ASAS). Este sistema atmosférico possui seu centro de ação nas proximidades do Trópico de Capricórnio, sobre o oceano Atlântico. No entorno de seu centro o ar fica muito estável, devido à subsidência do ar. Na zona costeira da Região Sul do Brasil, a subsidência é menos intensa e a camada de inversão térmica apresenta-se mais alta, que segundo Nimer (1989) fica acima de 1500 metros, mas mesmo assim atua na estabilidade do clima.

Monteiro (1968), ao descrever a dinâmica das massas de ar, comenta que:

“A Massa Tropical Atlântica, pela ação persistente do anticiclone oceânico, tem ação muito relevante no decorrer de todo o ano. [...] Seus efeitos sobre a região variam segundo a época do ano se bem que, de modo geral, a subsidência superior do centro de ação favoreça a estabilidade do tempo. No verão, a massa torna-se inferiormente instável pelo aquecimento basal que sofre ao contato com o continente e que é agravado, de início, pelo efeito orográfico do sistema atlântico. Durante o inverno, o resfriamento basal aumenta a estabilidade superior contribuindo mais para a ocorrência de bom tempo” (p.122).

A maior estabilidade deste anticiclone no inverno, chega muitas vezes a impedir a entrada de frentes frias no Sul do Brasil como acentuam Bastos e Ferreira (2000).

No verão, com o ASAS mais enfraquecido, a convecção tropical passa a se formar na zona costeira, especialmente no período da tarde devido ao forte calor e pelo nível de inversão térmica em maiores altitudes, ou, muitas vezes, inexistente.

**A Massa Polar (mP)** é determinada pelo anticiclone polar, de característica migratória e que se organiza sobre o Atlântico, nas latitudes da Patagônia. As condições de tempo na Região Sul são fortemente influenciadas pela trajetória deste anticiclone.

Quando a trajetória é mais continental, o anticiclone cruza os Andes ou se organiza entre as latitudes de 25° e 35°S, determinando ar seco no Sul do Brasil. A ausência de vapor d'água na atmosfera inibe a formação de nuvens e favorece a ocorrência de grande amplitude térmica o que resulta em temperaturas muito baixas na madrugada, com formação de geadas nas áreas mais altas, e em elevação no decorrer da manhã até aproximadamente às 14 horas quando ocorre a máxima do dia. Esse tipo de tempo dura em torno de 72 a 96 horas, quando então, o ASAS passa a influenciar as condições de tempo.

Segundo Souza (2002), a ocorrência de neve é mais freqüente sob domínio do anticiclone polar com trajetória mais continentalizada; em Santa Catarina ocorre principalmente em julho e agosto, apresentando um maior número de dias no Planalto Sul, conforme a tabela 4.

Tabela 4 – Ocorrência diária de neve no inverno em Santa Catarina.

Localidade	Frequência Diária			
	Período	Junho	Julho	Agosto
Campo Erê (Oeste)	1987 - 2004	0	1	0
Chapecó (Oeste)	1973 - 2004	0	6	1
Ponte Serrada (Oeste)	1986 - 2004	0	4	1
S. Miguel do Oeste (Oeste)	1988 - 2004	0	1	1
Xanxerê (Oeste)	1986 - 2003	0	2	0
Caçador (Meio-Oeste)	1961 - 2004	1	7	4
Campos Novos (Meio-Oeste)	1938 - 2004	3	17	6
Videira (Meio-Oeste)	1970 - 2004	0	2	2
Lages (Planalto-Sul)	1933 - 2004	4	14	10
São Joaquim (Planalto-Sul)	1955 - 2004	25	54	37
Matos Costa (Planalto-Norte)	1991 - 2004	1	2	2
Porto União (Planalto-Norte)	1941 - 1989	0	2	2

Fonte: Banco de dados da EPAGRI/CIRAM. Org. pelo autor

Os municípios de Lages, Urupema, Urubici, São Joaquim e Bom Jardim da Serra no Planalto Sul Catarinense, são as áreas em que mais neva no Brasil, de acordo com Souza (1997); pelo menos uma vez por ano a ocorrência do fenômeno é suficiente para cobrir todas as superfícies expostas e, a cada seis anos aproximadamente, a neve forma camadas de, no mínimo, 30 cm. Nas áreas mais elevadas do Meio-Oeste, próximas da Serra do Espigão, podem ocorrer, segundo Souza (1997), pelo menos um episódio de neve por ano.

Menores possibilidades de ocorrência de neve, ainda de acordo com o mesmo autor, estão no Oeste e no sul de Santa Catarina mesmo quando nas encostas da Serra Geral.

Quando a trajetória do anticiclone polar é marítima, ou seja, quando se desloca sobre o Atlântico a leste do Uruguai e do Rio Grande do Sul provoca aumento de nuvens e favorece quase sempre a ocorrência de chuva isolada em toda a zona costeira da Região Sul devido a circulação marítima. Com ventos de sudeste a leste, o tempo fica mais instável com presença de muitas nuvens e chuvas mais frequentes no leste do Rio Grande do Sul e zona costeira do sul catarinense, especialmente entre Porto Alegre e Laguna. Já, quando o anticiclone está próximo ao litoral de Santa Catarina ou do Paraná, e os ventos passam a soprar de nordeste,

ou ainda, quando já está configurado como ASAS, a maior nebulosidade e condições de chuva ocorrem com mais persistência entre Florianópolis e a zona costeira do norte paranaense.

Porém, de modo geral, a presença dos anticiclones favorece a estabilidade atmosférica, a ocorrência de inversões térmicas e a conseqüente estagnação do ar na superfície.

Estudos realizados por Monteiro (1997) correlacionando condições atmosféricas, SO<sub>2</sub>, e material particulado no entorno do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda no município de Capivari-de-Baixo, no sul catarinense, revelam que a concentração de poluentes aéreos não depende exclusivamente da carga de operação da Termelétrica, ou seja, da quantidade de carvão queimado, mas sim das condições de estabilidade atmosférica. Com o ar estável há concentração de poluentes; as mais significativas ocorrem em situação pré-frontal, ou seja, quando a frente fria ou outro sistema de tempo instável encontra-se entre o Rio Grande do Sul e o Uruguai e o ASAS domina a região, com ventos predominantes de nordeste e temperaturas altas. Essa maior concentração de poluentes deve-se à subsidência de parte do ar que ascende na superfície frontal e retorna para áreas adjacentes à frente fria. Situações semelhantes podem se formar também em outros sistemas instáveis.

Na Troposfera, camada mais baixa da atmosfera, o normal é a temperatura diminuir com a altitude em uma média de 0,65°C para cada 100 metros. Se em uma parcela de ar, o declínio for superior a esse valor médio, o ar fica instável, e favorece a formação de nebulosidade convectiva com dispersão de poluentes aéreos. Por outro lado, se a temperatura aumentar com a altitude, ocorre inversão térmica, fenômeno que atua como um verdadeiro “tampão”, inibindo a dispersão de poluentes com a altitude. Nesse caso, o ar poluído fica estagnado próximo à superfície e só é dispersado com a passagem de frente fria ou outro sistema de baixa pressão atmosférica.

Em condições de tempo estável, a concentração de SO<sub>2</sub> tende a se agravar durante a noite, quando a estabilidade do ar aumenta devido ao resfriamento noturno. A camada de inversão térmica chega muito próxima à superfície e a poluição fica concentrada nos primeiros metros da atmosfera, se manifestando através de forte odor, conforme relatado em Scheibe (2002):

“Passando por Criciúma, Siderópolis, Lauro Müller e outras áreas de mineração, especialmente na madrugada, nota-se frequentemente o forte cheiro de gases de enxofre, resultantes da combustão espontânea dos rejeitos piritosos, em contato com o ar” (p. 59).

Quando há formação de nevoeiro, fenômeno atmosférico característico de ar estável, e ausência de vento, o ar torna-se ainda mais tóxico.

Mouvier (1997) comenta que:

“Nesse caso, o dióxido de enxofre se dissolve nas gotículas de água, e a oxidação é então mais rápida que na fase gasosa. A água fica carregada de ácido sulfúrico, e o ar oferece muito risco para respiração, podendo causar distúrbios respiratórios graves nas pessoas mais vulneráveis” (p.33).

De acordo com dados de nevoeiros obtidos nas estações meteorológicas de Araranguá, Urussanga e São Joaquim através do banco de dados da EPAGRI/CIRAM constata-se que este fenômeno pode ocorrer durante o ano inteiro, porém com maior frequência entre os meses de maio a agosto. Em Araranguá, o mês de maior ocorrência é julho; em Urussanga, junho; e, em São Joaquim, maio. Pelas observações realizadas diariamente, o nevoeiro aparece com mais frequência às 09 horas, ou seja, deve-se formar na madrugada e persistir até as primeiras horas da manhã. Nesse período do dia, o nevoeiro de radiação, formado pela perda radiativa noturna em noites de céu claro ou de poucas nuvens, é o mais comum. Na observação das 15 horas o tipo de nevoeiro que predomina é o frontal e são poucos os casos. Esse tipo de nevoeiro se forma dentro da massa úmida associada à passagem de frentes sobre a região. Normalmente surge junto a chuva fraca ou chuveiro quando já existe resfriamento do ar por influência de massa que está deslocando a frente fria. Às 21 horas, é verificado aumento do número de dias, com mais frequência também no outono-inverno (tabela 5). Neste horário, o nevoeiro de radiação já começa a se formar, especialmente nos dias frios; entretanto o nevoeiro frontal é muito persistente no período da noite devido a elevada umidade do ar.

Além de fatores dinâmicos – frente fria e ar estável com céu claro ou com poucas nuvens –, fatores locais também contribuem para a formação do nevoeiro. Assim, em São Joaquim, a altitude favorece o resfriamento do ar tornando-o saturado (umidade relativa = 100% e vapor d'água = 4%). Por outro lado, Araranguá apresenta mais ocorrência do fenômeno às 09 horas, em relação a Urussanga. Isso se deve a maior umidade verificada na estação pela proximidade com o rio Araranguá.

Tabela 5 – Total mensal de observações de nevoeiro acumulado no período de 1955 a 2003 para as estações meteorológicas de Araranguá, Urussanga e São Joaquim.

Araranguá												
Mês	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9 horas	26	44	54	79	149	140	178	127	70	23	22	19
15 horas	0	0	1	0	0	6	4	0	3	2	3	2
21 horas	0	0	1	1	20	26	34	12	3	2	2	0
Urussanga												
Mês	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9 horas	1	1	6	7	12	11	10	17	11	6	3	1
15 horas	5	0	0	3	4	12	3	4	2	0	1	0
21 horas	4	0	3	0	7	8	8	10	6	0	11	0
São Joaquim												
Mês	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9 horas	51	67	69	92	151	138	119	80	89	67	50	49
15 horas	3	5	3	26	32	29	36	26	23	18	12	6
21 horas	21	11	15	33	38	48	32	32	38	29	23	10

Fonte: Banco de dados da EPAGRI/CIRAM.

A Região Sul do Brasil apresenta uma dinâmica atmosférica bastante significativa com passagens de sistemas atmosféricos instáveis, como frentes frias, pelo menos uma vez por semana. Nesse caso, o ar poluído tende a ser dispersado tanto na vertical – pela convecção produzida pelos sistemas, devido à diferença de densidade entre as massas de ar envolvidas –, ou pelo vento na horizontal, especialmente o de direção sul, por ser mais intenso. Mas para que ocorra uma dispersão satisfatória dos poluentes aéreos é preciso, segundo Monteiro (1997), que a instabilidade seja considerável com formação de trovoadas e chuva, ou pelo menos formação de nuvens convectivas do tipo cumulus. Quando essa dinâmica atmosférica é interrompida, a situação pode ficar crítica na Bacia Carbonífera Catarinense, principalmente quando os sistemas atmosféricos que produzem tempo instável ficam bloqueados ao sul da área, sobre o Rio Grande do Sul e/ou Uruguai, como enfatizam Monteiro e Furtado (1998). Nesse caso, a estabilidade atmosférica persiste enquanto durar o bloqueio atmosférico, que pode ser de até um mês, segundo Fuentes (1997), e as condições de tempo ficam sob domínio do ASAS que causam inversão térmica e concentração de poluentes aéreos (Monteiro, 1997; Bastos e Ferreira, 2000).

Além da estabilidade atmosférica provocada pelos anticiclones, um outro fator muito importante e singular que pode contribuir com a concentração de poluentes atmosféricos no sul catarinense são os ventos. Em Laguna, Tubarão e Içara, os ventos predominam de nordeste; mais ao sul, Araranguá possui predominância de sudeste e sudoeste; Turvo, situado mais próximo das escarpas (observações são incompletas e apenas referentes a 1994 a 2001) tem ventos predominantes de leste e sudeste. Mais ao norte, ainda próximo às escarpas, em Urussanga a orientação preferencial é sudeste e para Orleans, sul (figura 5). Esse fluxo forma um “U” e configura uma convergência, em que a poluição produzida pelo CTJL e outras fontes poluidoras vizinhas pode ser distribuída por todo sul catarinense, mesmo porque, a poluição pode permanecer no ar durante uma semana ou mais e mesmo com ventos fracos ser transportada por mais de 1600km (AMBIENTETERRA<sup>3</sup>).

Cabe salientar que a direção dos ventos de Içara foi obtida na estação eólica pertencente à CELESC, localizada na praia do Rincão em 28° 51’S e 049° 16’W na altitude de 2 metros, no período de 1999 a 2002. Em Tubarão, os dados de ventos foram colhidos por Santos (1992), junto ao Gabinete de Planejamento da Prefeitura. Os demais foram obtidos de estações meteorológicas.

Além do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda está prevista a construção de uma nova termelétrica no município de Treviso, localizado na BHRA. A Usina Termelétrica Sul-Catarinense – USITESC, como será denominada, deverá usar como combustível carvão bruto e antigos rejeitos do beneficiamento do carvão (RIMA, s/d).

Como o município de Treviso fica nas proximidades da Serra Geral, as condições de dispersão de poluentes não deverão ser satisfatórias pelos seguintes motivos:

1) Durante a noite as áreas de maior altitude se resfriam mais rapidamente em relação às mais baixas. Isso cria uma brisa que desce as encostas da Serra Geral em direção à planície. São ventos fracos que geralmente se manifestam na madrugada e persistem até as primeiras horas da manhã, quando diminui o gradiente de temperatura entre áreas com altitudes diferentes.

Conforme já visto anteriormente, o afundamento do ar provoca estabilidade, o que deverá resultar em máxima concentração de poluentes aéreos entre a madrugada e o início da manhã na área de entorno da nova termelétrica.

<sup>3</sup> <http://www.ambienteterra.com.br>. Acessado em 20/09/2003

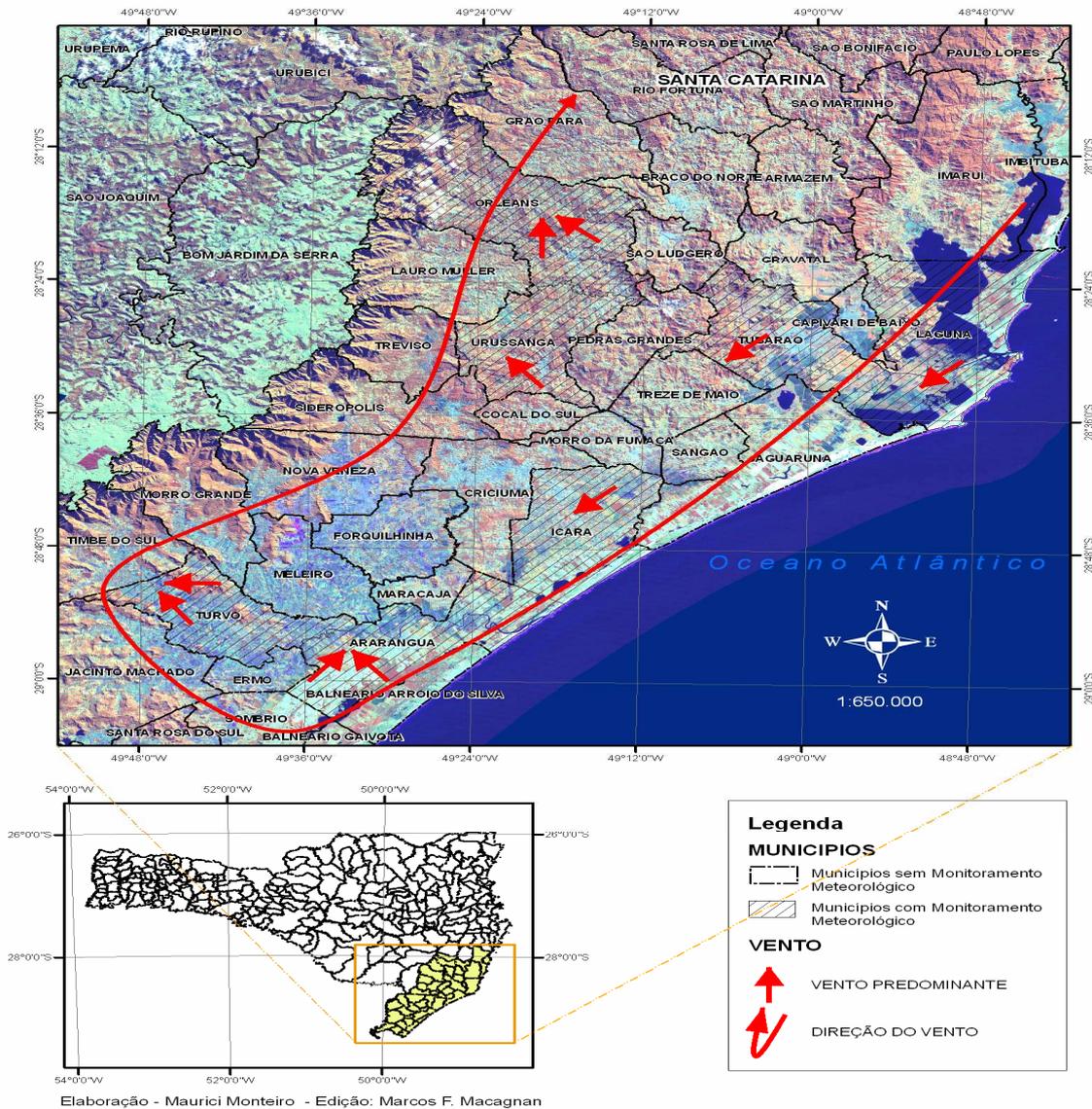


Figura 5 – Fluxo de ventos predominantes no sul catarinense.

A estabilidade, mais persistente no outono e inverno, pode trazer, como consequência, estagnação do ar por vários dias, o que certamente acarretará problemas de saúde à população residente.

2) Do ponto de vista climatológico, é interessante ressaltar a direção dos ventos predominantes comentada acima. No município de Treviso, segundo o RIMA da USITESC, o vento predominante é do quadrante sul, como também ocorre em Urussanga e Orleans, municípios próximos. Pela própria dinâmica regional já há transporte de poluentes aéreos produzidos a barlavento do município de Treviso. Com o aumento ainda maior de poluição aérea a partir da entrada em operação da USITESC, em situação de estabilidade atmosférica,

principalmente em períodos de bloqueios, acredita-se que a qualidade do ar deva chegar freqüentemente ao nível de alerta.

Em praticamente toda a Bacia Carbonífera de Santa Catarina não existem equipamentos para monitorar a qualidade do ar. Apenas o CTJL, em Capivari-de-Baixo, possui algumas estações relativas a SO<sub>2</sub> e material particulado. Mesmo assim, esse monitoramento deveria ser acompanhado de análise das condições sinóticas de tempo. O apropriado seria o monitoramento da qualidade do ar e das condições atmosféricas em diversos locais da bacia, com técnicos de diversas áreas, semelhante ao que ocorre na Região Metropolitana de São Paulo pela CETESB.

## **2.2 Sistemas instáveis**

Os sistemas instáveis, de modo geral, estão inseridos nas massas de ar quentes e úmidas onde ocorre a ascensão do ar quente; podem também ser desenvolvidos pelo contraste térmico entre duas massas de ar com densidades diferentes. O tempo, de modo geral, é chuvoso e as temperaturas ficam estáveis (pequena amplitude térmica) devido a presença constante de grande quantidade de vapor d'água. Na Região Sul, os tempos instáveis ocorrem, de modo geral, associados com as frentes frias, os vórtices ciclônicos em altos níveis (VCAN), os cavados em baixos, médios e altos níveis atmosféricos, as baixas de superfície, os complexos convectivos de meso-escala, a convecção tropical, a zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e os jatos em médios e altos níveis.

### **2.2.1 Frente fria**

A frente fria é o sistema atmosférico que mais interfere nas condições de tempo na Região Sul, durante o ano inteiro. É um sistema alongado de baixa pressão, associado quase sempre a duas baixas pressões fechadas onde o ar converge, uma sobre o continente com posição sobre o chaco argentino (Baixa do Chaco) e outra sobre o oceano Atlântico que, algumas vezes, desenvolve um ciclone extratropical.

A frente fria resulta do encontro de massas de ar com densidades diferentes, quando o ar polar, mais denso, avança em direção ao mais quente e menos denso, e força este a subir. À medida que o ar ascende se resfria adiabaticamente, condensa formando nuvens e origina chuva. Quanto maior a diferença de densidade entre as massas de ar envolvidas, mais ativa

torna-se a frente, resultando em maior instabilidade com formações de cumulonimbus, pancadas de chuva fortes, ventos intensos e granizo.

No Sul do Brasil, a atuação desse sistema atmosférico varia com as estações do ano.

No verão, grande parte do continente sul americano fica aquecido praticamente por igual, e, em algumas situações sinóticas, são detectadas temperaturas mais elevadas na Argentina em relação ao Brasil, o que torna difícil uma frente fria se organizar sobre o continente. Como consequência as frentes frias são mais ativas sobre o oceano Atlântico, nessa época do ano. Um exemplo desta situação é apresentado na imagem satélite das 1630 UTC do dia 10 de dezembro de 2005, com presença de uma frente fria no oceano, no litoral de Santa Catarina, apresentando tempo mais instável com trovoadas com topos em  $-50^{\circ}\text{C}$  (tons de verde na imagem satélite). Na mesma imagem é verificada uma linha de trovoadas entre o planalto e a costa catarinense associada à frente fria e a Baixa do Chaco no norte da Argentina, com vários núcleos de trovoadas (figura 6).

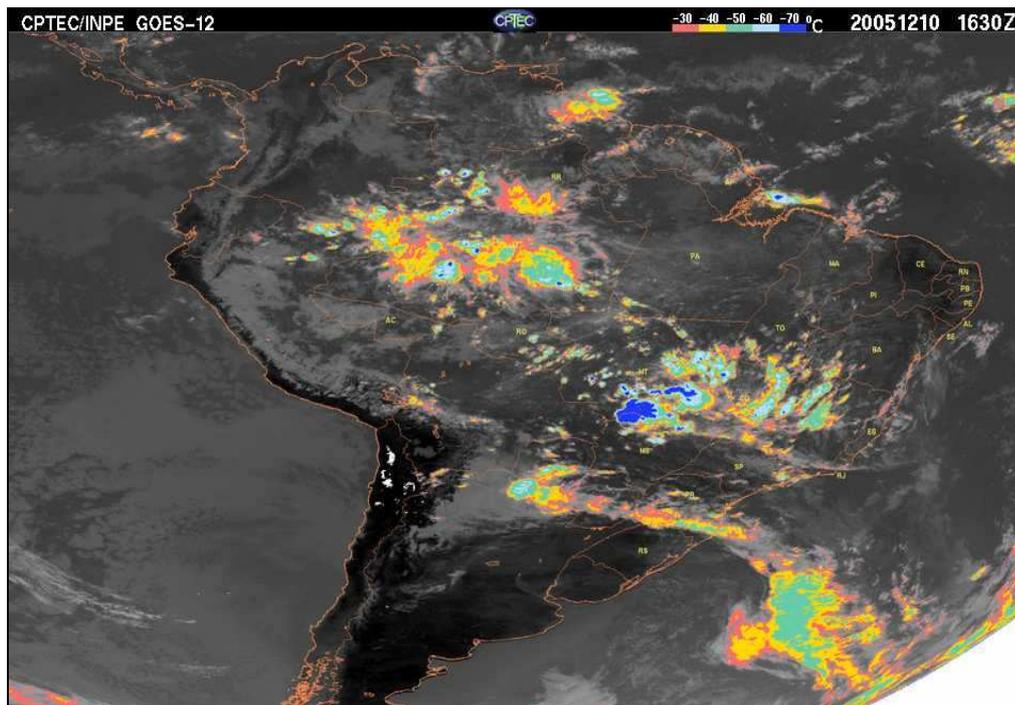


Figura 6 – Imagem do satélite GOES no infravermelho das 1630 UTC do dia 10 de dezembro de 2005, com uma frente fria no Atlântico, próximo ao litoral de Santa Catarina.

Fonte: CPTEC/INPE GOES-12.

Embora a maior atividade esteja sobre o Oceano são muito importantes na produção de chuva na Região Sul. Segundo Uvo (1998), “a penetração dos sistemas frontais em direção ao equador, ao longo da costa brasileira, particularmente durante o verão, organiza convecção

no interior do continente” (p.20). Essa organização se dá em faixa de nebulosidade convectiva que se desloca acompanhando o sistema frontal (OLIVEIRA, 1986).

Estudos climatológicos realizados por Rodrigues (2003), para identificar as frentes frias que atingiram a costa catarinense no período de 1990-99, apontam uma média mensal de 3 a 3,5 entradas de frentes frias.

Com essa dinâmica frontal ocorre, em situação pré-frontal, predomínio de ventos de nordeste originados no Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (ASAS). Após a passagem das frentes, nos primeiros dois dias, são observados ventos de sudeste a leste, nas estações próximas ao litoral de Santa Catarina, em associação ao cavado (sistema alongado de baixa pressão) que se configura no litoral do Sudeste do Brasil, quando as frentes frias atingem essa região (RODRIGUES, 2003). Ainda de acordo com o autor, os fluxos de noroeste ou sudoeste não são persistentes no litoral catarinense, durante a passagem frontal, devido ao rápido deslocamento dos sistemas migratórios.

Além do vento, a temperatura também sofre variações nessa época do ano. Embora a intensidade da massa polar esteja consideravelmente reduzida, “é interessante notar-se que, mesmo no verão o declínio de temperatura é bem caracterizado, em associação à passagem frontal” (RODRIGUES, 2003:35). Conforme acentua o autor, o maior declínio é constatado no dia seguinte ao da passagem de uma frente fria, e a diferença média é de  $-1,9^{\circ}\text{C}$  (valor obtido a partir da média sazonal).

No outono, as frentes frias adentram mais pelo continente e já na segunda quinzena de março são observadas incursões de massas de ar mais frio após a passagem frontal. Essas massas de ar frio são dotadas de mais energia e, segundo Titarelli (1972), são as ondas de frio pioneiras, que embora ainda fracas podem ocasionar temperaturas muito baixas com formação de geadas fracas nas áreas de maior altitude da Região Sul. Essas “massas de ar pioneiras” perdem força rapidamente à medida que os anticiclones polares – centros de ação das massas de ar frio – deslocam-se para o Oceano Atlântico e passam a incorporar-se ao ASAS. Os ventos que sopravam de sudoeste a sudeste, provenientes dos anticiclones polares, passam a soprar de nordeste, oriundos do ASAS e as temperaturas voltam a subir e chegam a superar os  $30^{\circ}\text{C}$  nas áreas de planície, principalmente quando uma nova frente fria chega ao Uruguai ou ao sul do Rio Grande do Sul. Essa dinâmica não se repete regularmente durante toda a estação, sendo comum a formação de bloqueios atmosféricos que impedem o avanço das frentes frias para menores latitudes, modificando as condições de tempo na Região Sul. De acordo com Fuentes (1997), a condição de bloqueio é caracterizada pelo desenvolvimento de

altas pressões persistentes nas altas latitudes, obstruindo o deslocamento dos ciclones e anticiclones migratórios de oeste, e que ocorre com mais frequência no outono e inverno.

Sob influência dos bloqueios, os sistemas de tempo instável como as frentes frias ficam semi-estacionários sobre o Uruguai e o sul do Rio Grande do Sul ou em deslocamento zonal, ou seja, na mesma latitude, do Pacífico para o Atlântico.

O rompimento do bloqueio atmosférico ocorre quando uma massa de ar frio de forte intensidade cruza os Andes em posição mais continental, isto é, quando o anticiclone polar encontrar-se entre 35 e 40°S e a oeste de 50°W. Com o anticiclone nesta posição, uma baixa pressão associada à frente fria semi-estacionária sobre o Uruguai e o sul do Rio Grande do Sul começa a se desenvolver e origina um ciclone extratropical. À medida que o anticiclone polar avança em direção NE, desloca o ciclone extratropical para alto mar e a frente fria acompanha esse deslocamento para NE, trazendo pancadas de chuvas rápidas associadas a trovoadas isoladas para todo o Sul do Brasil.

No inverno, os dias são mais curtos e, portanto possuem menos horas de brilho solar em relação ao verão e ao outono. Com o continente mais frio, as massas de ar provenientes das grandes latitudes tornam-se mais intensas e continentais. Nesta estação do ano a frente fria é um dos sistemas atmosféricos mais importantes na distribuição da precipitação na Região Sul. Embora o número médio de incursões mensais seja igual, no inverno as frentes frias possuem atuação mais continental, devido à existência de maior contraste térmico entre as massas de ar frio que cruzam os Andes um pouco mais ao norte nesta estação do ano e as massas mais aquecidas pré-frontais.

Antes da chegada das frentes frias são observados ventos predominantes de nordeste a norte, para a maior parte da Região Sul, e as temperaturas ficam mais elevadas devido à atuação do ASAS. Mas, não basta apenas o contraste térmico entre a Anticiclone Polar e o ASAS para intensificar as frentes frias. A maior ou menor intensidade com que as frentes atingem a Região Sul vai depender também de outros fatores presentes no verão e no outono, ou seja, corrente de jato em médios e altos níveis e a ativação da Baixa do Chaco. Quando ocorre a manifestação conjunta de todos esses fatores, o resultado é uma frente fria bem organizada apresentando nebulosidade cirrus na parte superior, altocumulus associadas a altostratus e nimbostratus em médios níveis, e em baixos níveis predomínio de nuvens cumulus e cumulonimbus. Nesse caso, a chuva é intensa e bem distribuída. Por outro lado, se qualquer um dos fatores não se configurar, as frentes frias se deslocam com fraca atividade, ou seja, com pouca precipitação.

Com a passagem da frente fria são logo verificados ventos do quadrante sul e declínio significativo nas temperaturas. Esses ventos são originados no anticiclone polar e se apresentam, geralmente, com fortes rajadas pelos menos durante algumas horas. A temperatura diminui com a passagem da frente fria. Para Santa Catarina, Rodrigues (2003) constatou declínio no dia da passagem frontal, seguido de um declínio mais acentuado no dia seguinte. No segundo dia, após a passagem do sistema, a temperatura fica estável, elevando-se no terceiro, quando o anticiclone polar incorpora-se ao ASAS.

Na primavera, as frentes frias têm deslocamento menos continental em relação ao inverno. Mesmo assim, a primavera apresenta um ligeiro aumento na frequência desse sistema em relação às demais estações do ano (OLIVEIRA, 1986; RODRIGUES, 2003). Os meses de setembro e outubro são mais instáveis na maioria das regiões catarinenses, inclusive na BHRA, com Araranguá apresentando as maiores médias mensais de precipitação no mês de setembro.

Na primavera, geralmente esses sistemas apresentam pressão atmosférica no seu interior menores que 1000hPa, o que leva à ocorrência de ventos muito fortes por toda a Região Sul, tanto em situação pré-frontal como pós-frontal, devido ao gradiente de pressão formado entre o ASAS, e o anticiclone polar, respectivamente. Os ventos mais fortes de norte, originados no ASAS ocorrem um dia antes da chegada da frente fria e os fortes ventos do quadrante sul, provenientes do anticiclone polar, são verificados no dia e no seguinte à passagem da frente fria. Nos meses de setembro e outubro, após a passagem das frentes frias pela Região Sul do Brasil, ainda podem ocorrer episódios de frios intensos que declinam significativamente as temperaturas (em 24 horas, as temperaturas máximas chegam a diminuir mais de 10°C), podendo formar geadas nas áreas mais altas, e até neve no mês de setembro no Planalto Sul (tabela 6).

A partir de novembro as chances de formação de geadas diminuem devido a participação mais efetiva das massas tropicais, já existindo maiores afinidades com a circulação do verão, conforme já referido por Monteiro (1968).

Tabela 6 – Frequência diária de ocorrência de neve na primavera em Santa Catarina.

Localidades	Frequência Diária			
	Período	Setembro	Outubro	Novembro
Lages	1933 - 2004	2	0	0
São Joaquim	1955 - 2004	12	0	0

Fonte: Dados não publicados da EPAGRI/CIRAM. Org. pelo autor.

No final da primavera, especialmente na segunda quinzena de novembro, o tempo torna-se mais estável no Sul do Brasil. Durante dias, a Região Sul fica sob atuação da massa de ar tropical com pouca umidade (mTc), o que conjugado com as muitas horas de brilho solar resulta em estiagens.

O relevo, com suas variações altimétricas, embora não chegue a impedir ou dificultar o deslocamento dos sistemas atmosféricos, os modificam, pelo menos localmente, tornando-os mais ativos ou mais fracos. Na BHRA, a interferência do relevo nos sistemas atmosféricos, especialmente em suas partes inferiores, é verificada devido à disposição das escarpas da Serra Geral, com mais de 1.000 m de altura, ser no sentido norte-sul entre Jacinto Machado e Timbé do Sul e a partir daí, no sentido sudoeste-nordeste.

Como o deslocamento da maioria dos sistemas meteorológicos ocorre de sudoeste para nordeste, principalmente as frentes frias, parte desses sistemas passa sobre as escarpas da Serra Geral tornando-se mais estável. O surgimento da estabilidade é devido ao afundamento do ar nas encostas que ao encontrar pressões maiores, comprime-se e se aquece numa proporção de 1°C para cada 100 metros, desenvolvendo uma subsidência local, forçada pelas escarpas. O tempo torna-se menos instável, menos ativo na BHRA, refletindo em aumento de temperatura local e em menor quantidade de precipitação em relação ao planalto.

Neste sentido Monteiro (1962) afirma que:

“[...] a distribuição das chuvas se ressentem muito mais dos fatores locais, mormente a orientação que as linhas do relevo assumem em face da propagação das correntes atmosféricas regionais” (p.38).

Na BHRA, a conjugação entre a atuação do ASAS e do efeito “enfraquecedor” do relevo sobre a intensidade de alguns sistemas atmosféricos como as frentes frias, pode ser verificada pela diminuição no volume de chuva constatado nas estações a sotavento como Araranguá, Forquilha, Foz do Manoel Alves, Içara, Laguna, Mãe dos Homens, Meleiro, Orleans, Praia Grande, Serrinha, Sombrio, Taquaruçu, Timbé do Sul, Torres e Urussanga, durante parte do outono e do inverno, período em que as frentes frias não têm influência da convecção tropical. Por outro lado, no Planalto – São Joaquim, Antonio Prado e Caxias – distantes do oceano e sem influência dos ventos catabáticos, o volume de chuva é maior, especialmente entre junho e agosto, período em que as frentes frias são mais continentais.

### 2.2.2 Convecção

O ar em contato com a superfície quente se aquece e se eleva na atmosfera sob forma de correntes ascendentes espiraladas. À medida que o ar sobe, se resfria por expansão e se torna saturado formando nuvens cumulus. No estágio de formação de cumulus as correntes ascendentes predominam em relação às descendentes e as nuvens tendem a crescer verticalmente até atingirem o estado de cumulonimbus (nuvens de trovoadas). Quando ocorre predomínio das correntes descendentes, ocasiona chuva e rajadas de ventos à superfície e as nuvens entram em dissipação. Esse processo, formado por correntes convectivas ascendentes e descendentes, é típico do verão e é o maior responsável pelas chuvas que nesta época do ano ocorrem na Região Sul.

Se o ar estiver muito instável a nuvem cumulonimbus pode dar origem a tornados, que segundo Fujita (1981), são formados a partir de intenso movimento rotativo de colunas de ar ascendente, expandindo-se na sua parte superior. Em Santa Catarina, de acordo com Oliveira (2000), a maior ocorrência de tornados e trombas d'água (tornado sobre o oceano) é verificada no verão. Embora esse fenômeno possa estar associado a outro sistema atmosférico, a convecção é fundamental na sua gênese. Um exemplo foi a formação de um sistema de nuvens tipo vírgula invertida, no dia 11 de janeiro de 2004 na zona costeira do Sul do Brasil. Embora a instabilidade já se apresentasse intensa durante a manhã, foi, segundo Monteiro et al. (2004), a partir da tarde sua manifestação em forma de destruição, devido aos ventos fortes que ocorreram desde o litoral norte do Rio Grande do Sul até o norte de Santa Catarina. Segundo a mesma fonte, apesar da grande distância percorrida pelo sistema, a maior repercussão aconteceu em áreas isoladas e em extensão de apenas centenas de metros, mas com grande poder destrutivo. O resultado foi destelhamento de residências, queda de postes, árvores arrancadas, além de virar um caminhão-baú na BR-101 no município de Laguna. Nesse caso, o sistema de nuvens tipo vírgula invertida foi reforçado pela convecção e acabou originando vários tornados, conforme descrição de observadores (MONTEIRO et al. 2004).

Mas, para que o processo convectivo seja intenso e provoque chuva em toda Região Sul é preciso importar mais umidade de outras regiões. Cabe ressaltar que não basta apenas existir calor, é preciso que o ar contenha vapor d'água suficiente para formar nuvem e ocorrer chuva. Nesse caso, a posição da *Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)*, os *jatos em baixos níveis (JBN)* e a Cordilheira dos Andes são muito importantes na incursão de umidade tanto do Atlântico Norte quanto da Amazônia para a Região Sul do Brasil.

Um exemplo de uma ZCIT é apresentado na figura 7 que mostra vários núcleos convectivos em tons de vermelho a cinza-escuro, o que indica temperatura de até 190°K equivalente a aproximadamente -80°C, espalhados por quase todo Brasil. Das nuvens convectivas, somente a cumulonimbus alcança temperaturas tão baixas, atingindo uma altitude de 15 km.

A ZCIT é uma área alongada de baixa pressão, entre as duas altas subtropicais dos dois hemisférios. Portanto, resulta da convergência dos alísios de nordeste da Alta dos Açores e de sudeste do Anticiclone Semi-fixo do Atlântico Sul (ASAS). É migratória, seguindo o verão de cada hemisfério. Ao sul do Equador pode chegar nas latitudes de 5° no mês de março, coincidindo, aproximadamente, segundo Federova (2001), com as latitudes em que ocorrem as máximas temperaturas médias sobre os oceanos. Com o deslocamento da ZCIT para o Hemisfério Sul é verificado mais umidade, que resulta em mais chuva para o norte, nordeste, centro-oeste e sudeste do Brasil, já que esse sistema atmosférico é caracterizado por tempo instável, com formação de cumulonimbus. *“As estações chuvosas, freqüentemente desastrosas, nas regiões tropicais, estão associadas com o deslocamento da ZCIT”* (FEDEROVA, 2001, p. 187). Para a Região Sul, o transporte da umidade e calor ocorre através do escoamento (fluxo de ventos) em baixos níveis, ou seja, através dos Jatos em Baixos Níveis (JBN), geralmente em torno de 1500 metros de altitude, que equivale ao nível padrão da atmosfera de 850hPa.

Entre 10°S e 15°S o escoamento é predominantemente de leste em baixos níveis. Sofre uma deflexão para sul, possivelmente causada pela Cordilheira dos Andes, que atua como barreira ao escoamento predominante dos alísios em baixos níveis, tornando-se de nortenordeste entre 10°S e 33°S próximo àquela cordilheira (OLIVEIRA, 1986). Essa deflexão, segundo o autor, seria responsável pelo transporte de calor e umidade da região tropical para os subtropicais. O tempo nas áreas influenciadas pelos JBN é instável com formação de muitas nuvens apresentando aglomerados isolados de cumulonimbus.

A passagem de frentes frias pelo oceano ou a formação de baixas pressões à superfície no Sul do Brasil é importante para atrair a umidade proveniente dos trópicos e organizar a convecção sobre o Sul do país (NIMER, 1989; SILVA DIAS e MARENGO, 2002).

Para a BHRA uma outra maneira de reforçar o processo convectivo é a entrada de umidade proveniente do Oceano Atlântico a baixos níveis atmosféricos, transportados por ventos oceânicos de sudeste a nordeste, fenômeno conhecido como circulação marítima.

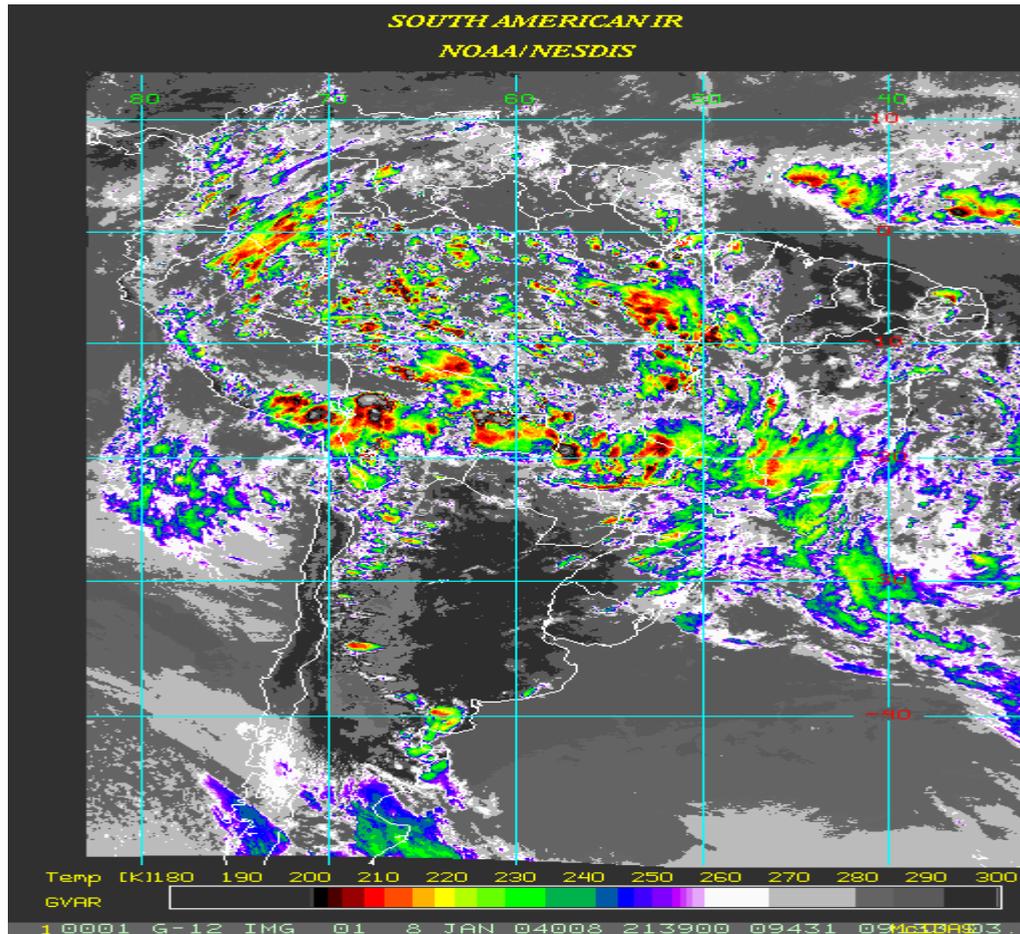


Figura 7 – Imagem de satélite no canal infravermelho das 2139 UTC do dia 08 de janeiro de 2001 com vários núcleos convectivos na América do Sul.

Fonte: NOAA/NESDIS

### 2.2.3 Baixa pressão à superfície

Baixa pressão, sistema de baixa, ciclone são denominações utilizadas para representar um sistema atmosférico onde há convergência de ventos que ocorrem no sentido horário no hemisfério sul.

A baixa pressão à superfície exerce importante influência na organização da precipitação na Região Sul do Brasil, conforme assinalam Silva Dias e Marengo, (2002).

Em geral, o ciclone é formado pela oposição de massas de ar de características opostas, ao longo da frente fria, entre as massas de ar frio polares e as quentes tropicais. Pode também ser originado a partir de vórtices ciclônicos (VC), que se propagam desde o Oceano Pacífico, da intensificação do jato subtropical, ou de cavados à superfície.

O tipo de tempo associado a esse sistema é instável com presença de muitas nuvens e geralmente com temporais acompanhados de granizo isolado e vento forte, que ocorrem no lado leste da baixa. No lado oeste do sistema, em muitos casos, o tempo fica estável e muito seco. Conforme descrito acima, a presença de um sistema de baixa pressão nas proximidades do Sul do Brasil é imprescindível para atrair a umidade que vem costeando o lado oriental dos Andes provenientes da Amazônia e do Atlântico Norte. Nimer (1989) já comentava essa atração, reportando a importância de ciclones intensos no extremo sul do continente sul-americano ou mesmo quando a baixa do Mar de Weddell (célula austral das baixas dinâmicas da faixa subpolar na latitude de 66°S) era reforçada através de uma ligação com o eixo meridional da frente polar. Segundo o referido autor, “...ocorre, conseqüentemente, uma notável atração dos sistemas intertropicais em direção àquelas células, ou seja, em direção ao pólo.” (p.205).

Em Santa Catarina esse sistema atmosférico é muito freqüente, mas é no verão que, associado ao processo convectivo, torna-se mais instável apresentando as características de tempo descritas acima.

Na carta analisada das 13UTC do dia 14 de janeiro de 2004 (figura 8) é verificado uma baixa pressão em Santa Catarina com presença de mais nebulosidade ao longo da costa catarinense e centro-leste do Rio Grande do Sul.

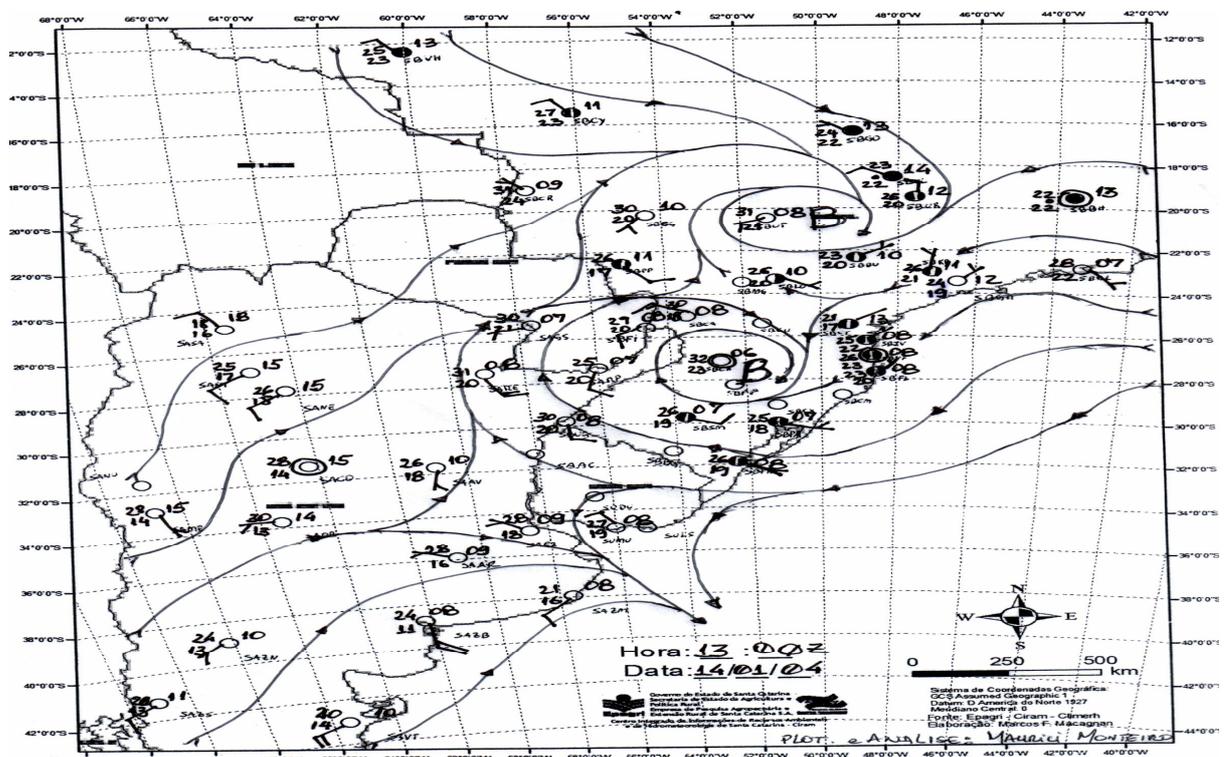


Figura 8 – Carta sinótica das 13UTC do dia 14 de janeiro de 2004, com uma baixa pressão à superfície no Sul do Brasil. Plotagem e análise realizadas pelo autor.

## 2.2.4 Baixa do Chaco

Esse sistema atmosférico se forma em uma região descrita por Nimer (1979) como uma estreita zona baixa, quente e árida, a leste dos Andes e ao sul do Trópico, que corresponde ao chaco argentino-paraguaio.

Este sistema de depressão barométrica geralmente se instala quando há avanço de sistemas frontais em direção ao Sul do Brasil e serve como uma ponte de ligação entre a frente fria sobre o Oceano Atlântico e a instabilidade vinda das baixas latitudes favorecidas pelo jato.

Um exemplo é mostrado na figura 9 onde se observa a Baixa do Chaco e uma frente fria no Atlântico, próximo ao litoral do Rio Grande do Sul.

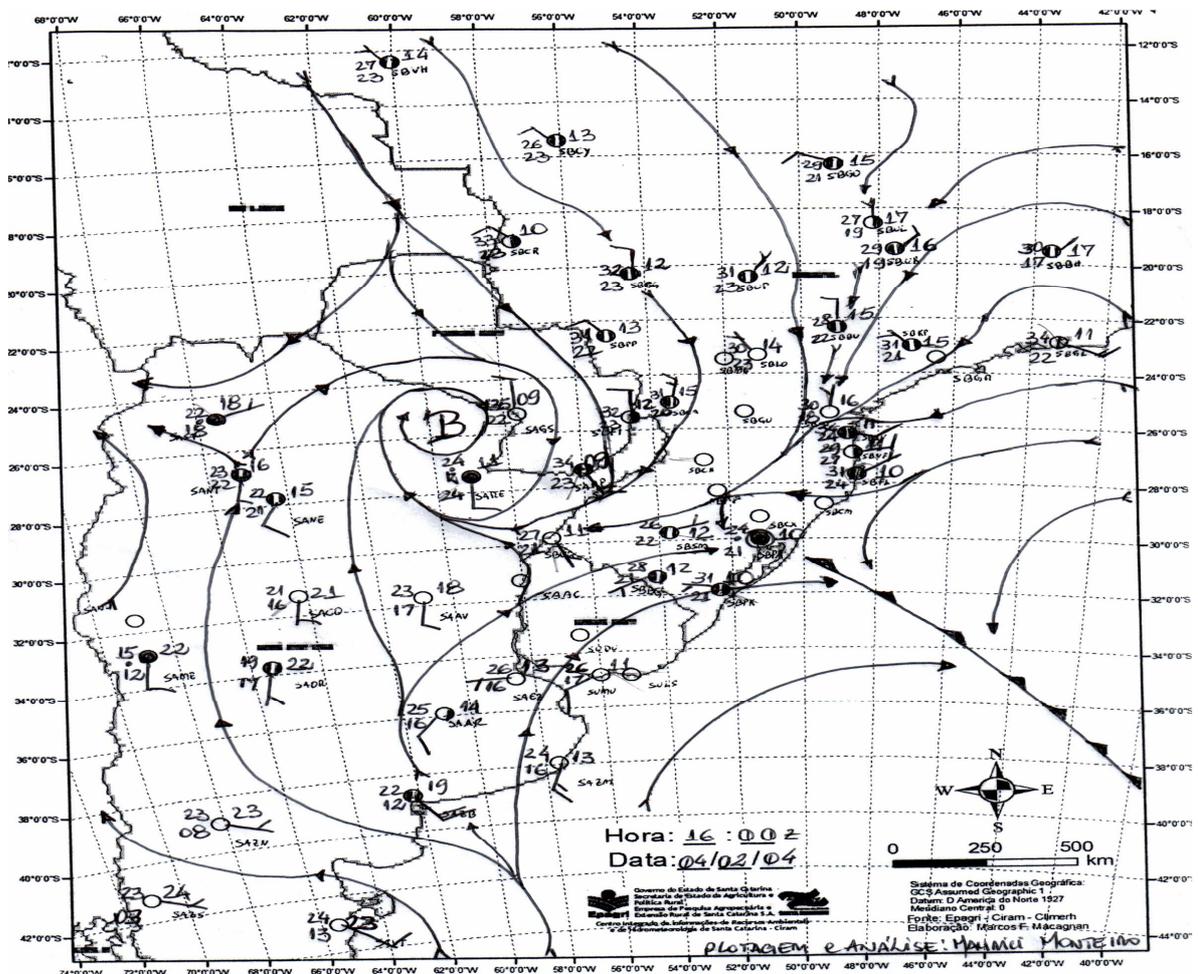


Figura 9 – Carta sinótica das 16 UTC do dia 04 de fevereiro de 2004, com a Baixa do Chaco associada a uma frente fria no Atlântico, próximo ao litoral do Rio Grande do Sul.

Associados a esse sistema é comum a presença de cumulonimbus que, na maioria das vezes, formam aglomerados que se estendem por uma grande área e provocam temporais com relâmpagos, trovões, chuva forte, granizo e vendaval.

“Sua gênese está ligada a importantes componentes dinâmicos decorrentes da acentuação das condições de frontogênese da Frente Polar Atlântica” (MONTEIRO, 1968, p.119). Entre esses componentes dinâmicos, Nimer (1989) aponta a fusão de várias linhas de depressão das baixas latitudes do interior do Brasil que podem contribuir tanto na sua origem como no seu fortalecimento. Para Oliveira (1986), a intensificação da Baixa do Chaco pode estar associada ao JBN e ainda, devido ao forte aquecimento do interior do continente, conforme já assinalava Nimer (1989).

Na atuação da Baixa do Chaco, verifica-se tempo instável na Região Sul, com grande volume de chuva, especialmente no noroeste do Rio Grande do Sul, oeste de Santa Catarina e sudoeste do Paraná. Embora, seja responsável por chuvas significativas nessas áreas, se reflete também na zona costeira, pois o processo convectivo ganha mais umidade e ocorrem então pancadas de chuvas associadas a trovoadas.

Por outro lado, quando não existir ingresso de umidade suficiente – ou o escoamento (ventos fortes em 850hPa) for desviado para outra área, possivelmente pela atuação da mTc sobre o interior do continente – a Baixa do Chaco não se torna ativa e o processo convectivo será mais expressivo somente na zona costeira da Região Sul, pois as frentes frias, nesse caso, se deslocam sobre o Atlântico.

Enquanto a mTc estiver atuando, o ar continuará seco e a persistência dessa estabilidade resultará em estiagens, principalmente no interior do Sul do Brasil. Portanto, para uma boa distribuição de precipitação por todo Sul é imprescindível que a Baixa do Chaco torne-se ativa, ou seja, com umidade suficiente para desenvolver nuvens do tipo cumulonimbus com pancadas de chuva. Em Santa Catarina, as chuvas mais fortes, influenciadas por essa Baixa ocorrem no Oeste, e são intensificadas nas encostas das Serras do Capanema, da Fortuna e do Chapecó onde, segundo Monteiro (2001), ocorrem os maiores índices pluviométricos do estado, pois essas serras ficam a barlavento da instabilidade desenvolvida na referida Baixa.

### 2.2.5 Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM)

Os CCM's são aglomerados de nuvens convectivas, com forma aproximadamente circular, que se originam durante a madrugada sobre o Paraguai e norte da Argentina, deslocando-se posteriormente para leste e atingindo a Região Sul do Brasil. A perda total de atividade desses sistemas ocorre, em sua grande maioria, por volta do meio-dia subsequente (SILVA DIAS e MARENGO, 2002). Segundo Silva Dias (1996), o tempo de duração de um CCM é relativamente mais longo do que um sistema convectivo isolado, isto é, no mínimo 6 horas. São mais comuns nos meses de setembro e outubro, segundo Figueiredo e Scobar (1996), meses caracterizados como os mais chuvosos para alguns municípios de Santa Catarina, inclusive da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá (MONTEIRO, 2001). Nesses meses, por influência dos CCM's a nebulosidade é intensa refletindo em menos horas de insolação em todas as regiões catarinenses (MONTEIRO, 2001).

Os CCM's surgem, muitas vezes, pela aproximação da frente fria, e se juntam a ela formando um único sistema – uma frente fria de forte intensidade –, ou desenvolve-se isoladamente. Mas, para que esse sistema se forme e adquira suas características de instabilidade é preciso que ocorra forte advecção de ar quente e úmido proporcionada por um jato em baixos níveis (JBN) proveniente da Amazônia (VELASCO; FRITSCH, 1987). O ar quente e úmido converge para um centro de vortacidade ciclônica em médios e baixos níveis da atmosfera, que é provavelmente responsável pelo formato circular da instabilidade (COTTON et al., 1989). Com essa dinâmica atmosférica, a baixa em superfície (Baixa do Chaco), fica mais intensa e organizada (SUGAHARA et al, 1994).

A figura 10 mostra um Complexo Convectivo de Mesoescala sobre o sul do Paraguai e que atinge o oeste do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina e sudoeste do Paraná. A cor cinza-escuro do sistema, sobre o Paraguai, indica temperatura em torno de 70°C negativos. Nesse caso, os topos das nuvens cumulonimbus encontram-se por volta dos 15 km de altitude, o que resulta em chuva forte e freqüente associação com granizo. A cor vermelha no Sul do Brasil, indica temperatura em torno de 60°C negativos e o topo das nuvens chegam a aproximadamente 10 km de altitude, resultando em menor instabilidade. A cor verde em torno da vermelha, se refere a temperatura em torno de 30°C negativos e é representa por nuvens médias do tipo nimbostratus e/ou altostratus, que apresentam chuva mais fraca.

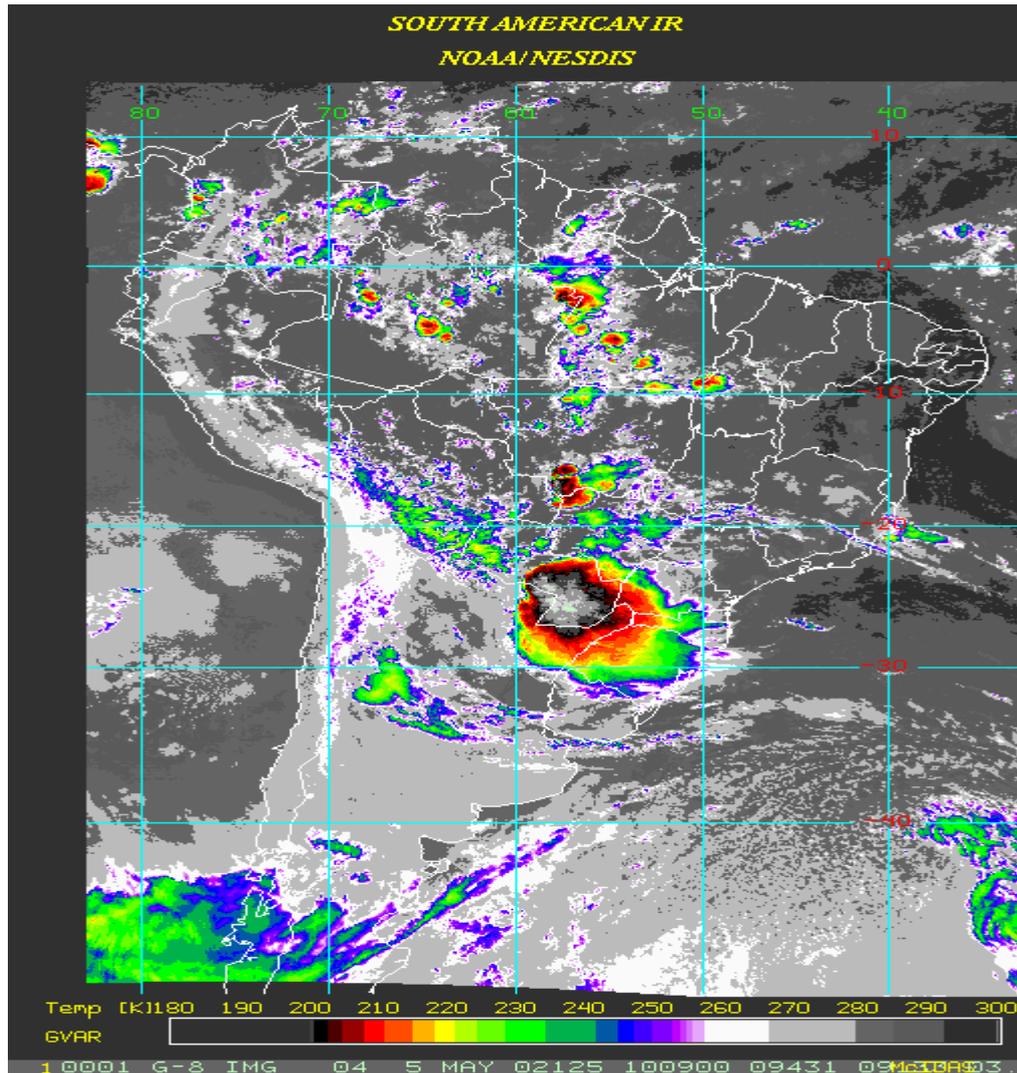


Figura 10 – Imagem de satélite no canal infravermelho das 10:09 UTC do dia 5 de maio de 2004 com um Complexo Convectivo sobre o Paraguai e Sul do Brasil.  
Fonte: NOAA/NESDIS

Assim, o tempo associado aos CCM's é muito instável, com presença de muitas nuvens principalmente os cumulonimbus e nimbostratus. As chuvas são em forma de pancadas fortes, acompanhadas de intensas rajadas de ventos, granizo isolado e até tornados, segundo Silva Dias, (1996).

A forte instabilidade proporcionada pelos CCM's, ainda na madrugada, sobre o noroeste do Rio Grande do Sul, oeste de Santa Catarina e sudoeste do Paraná, desloca-se lentamente, chegando na costa catarinense no fim da manhã, já com pouca intensidade: chuvas não tão fortes, trovoadas isoladas, pouca ocorrência de granizo e de ventos fortes.

Nos levantamentos de desastres naturais em Santa Catarina no período de 1980 a 2000 (HERRMANN, 2001), vendavais e precipitação de granizo predominam na estação da primavera, a qual também registra a maior frequência de tornados (OLIVEIRA, 2000).

Portanto, a maior parte dessas ocorrências pode estar associada à atuação de Complexo Convectivo de Mesoescala.

### **2.2.6 Ciclone Extratropical**

É um sistema atmosférico formado por um forte contraste (oposição) e compressão entre duas massas de ar de origens diferentes.

O ciclone extratropical é geralmente chamado de “depressão” devido ser uma baixa bastante acentuada.

A figura 11 mostra um ciclone extratropical com centro entre o litoral norte do Rio Grande do Sul e sul de Santa Catarina. Este sistema começou a se formar no dia 10 de agosto de 2005 em 27° S e 046° W, próximo da Ilha de Santa Catarina, e provocou ventos fortes durante a madrugada na costa catarinense, chuva forte no sul catarinense e mar muito agitado com ondas de até 5 metros. No dia seguinte, o ciclone estava mais organizado como a imagem mostra: a nebulosidade diminuiu, ficando mais nuvens de Florianópolis ao norte do estado, porém os ventos continuavam com rajadas fortes na costa catarinense.

Na América do Sul, esse sistema é mais freqüente entre o litoral centro-norte da Argentina e o do Rio Grande do Sul. Nessas latitudes, para que ocorra a sua formação, há necessidade da presença de uma frente estacionária durante algum tempo, para maior acúmulo de ar no ciclone e para que sejam aumentadas as condições de contrastes entre as massas de ar envolvidas (OLIVEIRA, s/d).

O ciclone extratropical pode também se formar através de um cavado invertido à superfície. Isso ocorre principalmente no outono-inverno quando anticiclones polares de forte intensidade avançam pela Argentina em direção ao Atlântico e gradativamente a pressão atmosférica cai no Paraguai e no norte da Argentina, originando um cavado invertido. À medida que o anticiclone se afasta para o oceano, o cavado se aprofunda e desenvolve uma baixa pressão em deslocamento para E-SE. No sul do Rio Grande do Sul e/ou Uruguai – local mais comum para a formação desse sistema – o ciclone extratropical se origina devido ao aprofundamento da baixa pressão.

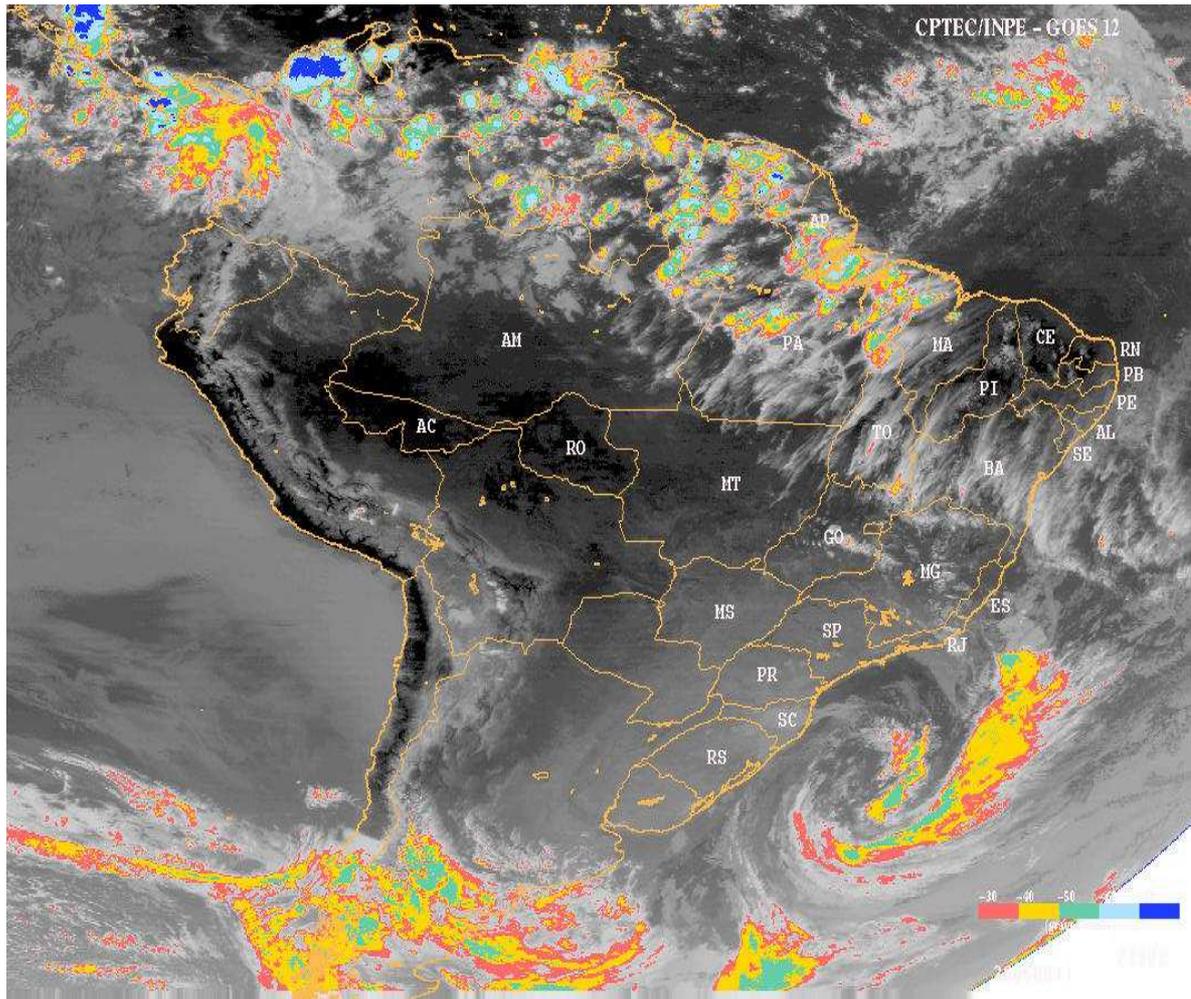


Figura 11 – Imagem de satélite das 12 UTC do dia 11 de agosto de 2005 com um ciclone extratropical no litoral sul do Brasil.

Fonte: Fonte: CPTEC/INPE-GOES 12

As condições de tempo observadas quando ocorre a formação do ciclone extratropical são de forte calor e ventos de noroeste no norte do Rio Grande do Sul e em Santa Catarina e no Paraná. Por outro lado, no Uruguai e sudoeste do Rio Grande do Sul o tempo é instável com presença de muitas nuvens, chuva fraca e temperatura em declínio por influência do anticiclone afastado em alto mar e ainda pela formação de outro sobre o norte da Argentina. Na verdade, essa dinâmica atmosférica desenvolve uma nova frente fria no Rio Grande do Sul. Com o deslocamento do ciclone extratropical para E-SE (trajetória mais comum) sobre o Atlântico, a frente fria avança para norte e traz chuva na forma de pancadas rápidas para o norte do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná; por vezes, com temporais. O deslocamento da frente fria é muito rápido e após seu afastamento para o oceano, o tempo se mantém instável com muitas nuvens (stratus e stratocumulus) e chuviscos isolados no centro-norte gaúcho, nas regiões Oeste, Meio-Oeste e Planalto Catarinense e no Paraná, nos

municípios que fazem divisa com Santa Catarina. A instabilidade é originada dos ventos úmidos e fortes (ventos de sudeste) que entram pelo Rio Grande do Sul e chegam ao sul do Paraná. Essa condição de nebulosidade e chuvisco é a ideal para que ocorra neve quando as temperaturas atingem valores próximos a zero grau, principalmente na Serra Gaúcha e Planalto Sul Catarinense.

O gradiente de pressão formado entre o ciclone extratropical e o anticiclone polar, principalmente aquele sobre a Argentina, gera ventos do quadrante sul que, algumas vezes, chegam a 100km/h no oceano; a intensidade e a persistência de ventos fortes deixam o mar muito agitado e com ondas que chegam, em muitos casos, a três ou quatro metros próximas a costa. Dependendo da direção do vento e do tamanho da pista (extensão da superfície aquosa sobre a qual há atuação do vento) pode ocorrer maré de tempestade mais ou menos intensa (RUDORFF et al., 2006). A maré de tempestade é um tipo de inundação costeira causada pela sobre-elevação do nível do mar e se relaciona ao fenômeno conhecido popularmente como “ressaca”.

As sobre-elevações do nível do mar podem se tornar excepcionais se as tempestades intensas ocorrerem associadas às marés de sizígia (presentes em condição de lua nova ou cheia). Conforme acentuam Whitehouse e Burton (1999), a conjugação desses dois tipos de marés – de tempestade (maré meteorológica) e de sizígia (maré astronômica) – pode causar inundações severas nas comunidades costeiras. Além disto, este fenômeno dificulta o escoamento das águas fluviais, intensificando as inundações durante eventos pluviais intensos. Na BHRA, a água do mar além de represar as águas do rio Araranguá, invade parte de seu baixo curso ocasionando aumento da salinidade, conforme será comentado no item 2.2.8 (Circulação Marítima).

### **2.2.7 Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)**

A ZCAS é caracterizada por faixa de nuvens estacionárias por vários dias e chuvas intensas, orientada no sentido noroeste-sudeste, associada a escoamento convergente na baixa troposfera, que se estende desde o sul da Amazônia até o Oceano Atlântico, aproximadamente ao norte de 25°S, conforme Quadro (1994), Sanches e Silva Dias (1996) e Molion e Bernardo (2002), e que é bem individualizada no verão.

A ZCAS oscila bastante e algumas vezes, recua para sul com inclinação convexa do tipo frente quente. Essa oscilação foi verificada por Casarin e Kousky (1986), que sugerem

uma alternância de fases de atividades da ZCAS durante o verão, com o posicionamento alternado entre a Região Sul e Sudeste.

Sob a influência da ZCAS a Região Sul, especialmente os estados do Paraná e Santa Catarina, apresenta tempo muito instável, que segundo Silva Dias e Marengo (2002), é caracterizado por tempestades severas e chuvas freqüentes que provocam enchentes e deslizamentos de encostas, e que podem levar a perdas de vidas e prejuízos econômicos significativos. Nessa situação sinótica no centro-sul do Rio Grande do Sul ocorre, segundo Monteiro e Furtado (1995) um anticiclone de pouca intensidade, chamado de “alta secundária”, devido a divergência da instabilidade ao norte; ou seja, o ar ascende a partir da superfície na ZCAS, se resfria, torna-se mais denso, e parte desse volume de ar frio desce na periferia (subsidência) forçando o desenvolvimento de uma alta pressão à superfície.

A figura 12 mostra uma faixa de nuvens convectivas, caracterizadas por cumulonimbus desde a Amazônia até uma frente fria no litoral de São Paulo e Rio de Janeiro.

Na Região Sudeste o tempo também fica estável e ocorrem veranicos. Por outro lado, enchentes de verão no Sudeste e veranicos no Sul são constatados quando há permanência da ZCAS por períodos prolongados na Região Sudeste. Segundo Quadro (1994), esse sistema atmosférico afeta mais o Sudeste do Brasil com forte e persistente precipitação e que, em fevereiro de 1988, provocou deslizamentos e morte de pessoas na cidade do Rio de Janeiro.

No verão de 2004 e 2005 foram verificados períodos de chuvas intensas no Sudeste do Brasil associadas com a ZCAS e chuvas escassas e irregulares no Sul que resultaram em estiagem. Quadro (1994) relata a possibilidade da forte subsidência que ocorre sobre o Uruguai e norte da Argentina influenciar na escassez de precipitação na Região Sul. Além da diminuição de precipitação no Sul do Brasil, as temperaturas ficam mais baixas devido a persistências de anticiclones polares sobre o Atlântico Sul, entre o litoral norte argentino e o do Rio Grande do Sul, que forçam, segundo Sanches e Silva Dias (1996), a penetração de ar frio ao sul da banda de nebulosidade associada à ZCAS.

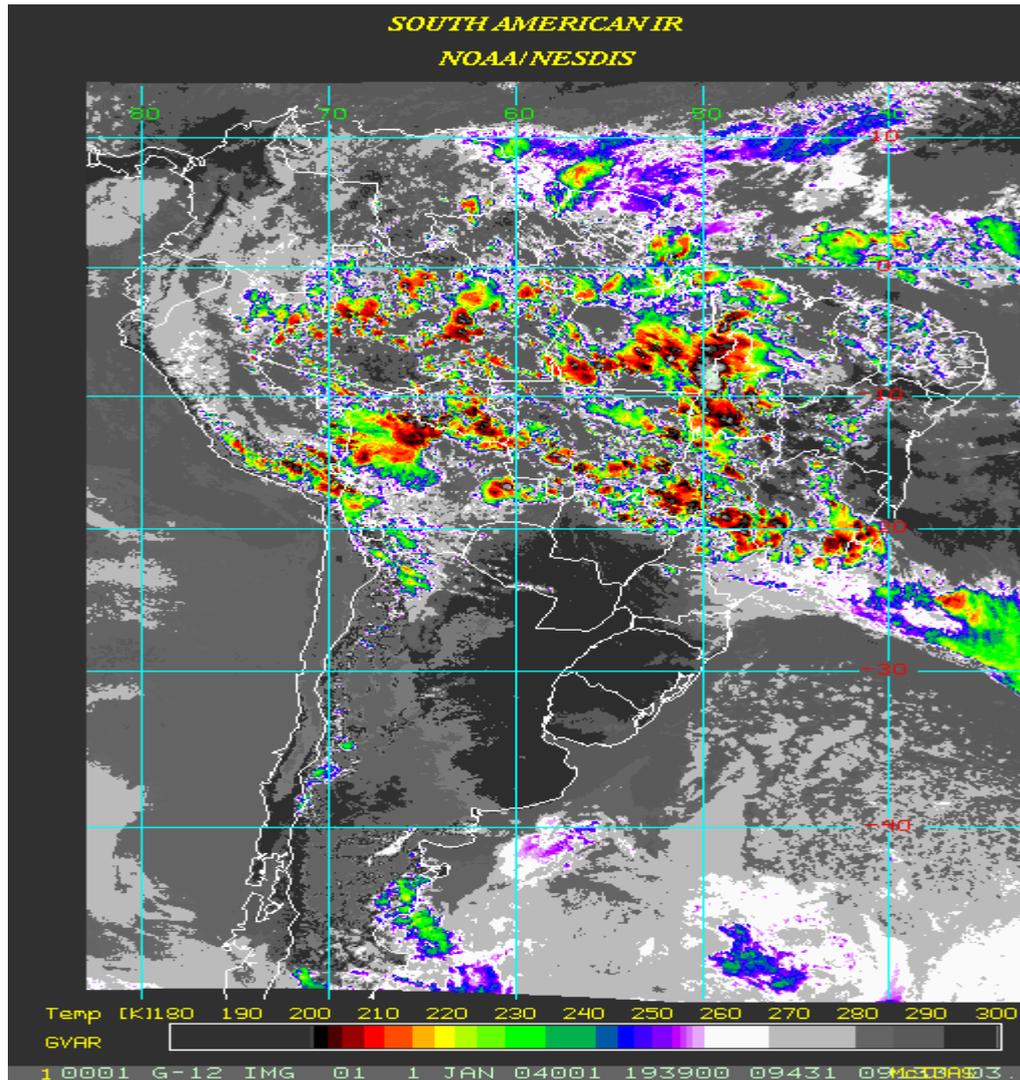


Figura 12 – Imagem de satélite das 1939UTC do dia 01 de Janeiro de 2003 com a presença da ZCAS sobre o Sudeste do Brasil.  
Fonte: NOAA/NESDIS

### 2.2.8 Circulação Marítima

A circulação marítima apesar de ser originada por um sistema estável (alta polar sobre o Atlântico Sul) forma muitas nuvens e chuva na costa catarinense e, dependendo da quantidade de umidade e dos ventos, pode chegar a vários quilômetros no interior do continente.

A circulação marítima ou oceânica é uma brisa em escala regional, e nada mais é do que ventos úmidos que chegam à zona costeira oriundos dos anticiclones polares, quando a trajetória destes é marítima, ou seja, quando se deslocam sobre o Atlântico a leste do Uruguai

e Sul do Brasil em direção ao Sudeste. Essa circulação anti-horária, típica dos anticiclones polares no hemisfério sul, segundo Monteiro e Furtado (1995), provoca

“...ventos frios, úmidos e fortes de S/SE; em Santa Catarina recebem a denominação de ‘vento sul’ e no Rio Grande do Sul, de ‘suestadas’. Essa umidade, na maioria das vezes, é condensada formando nebulosidade estratificada com precipitação leve e contínua do tipo chuvisco...” (p.129).

Com ventos de S/SE, a nebulosidade, que segundo Fedorova (2001) é *stratus e stratocumulus*, fica mais concentrada de Laguna para o sul, atingindo toda costa do Rio Grande do Sul e persiste enquanto a circulação se mantiver.

A figura 13 mostra muitas nuvens cobrindo a zona costeira catarinense além do Vale do Itajaí e parte centro-leste do planalto (tons de branco na imagem), devido a umidade transportada do oceano pelos ventos que sopravam de sudeste a leste próximos à superfície oriundos de um sistema de alta pressão no litoral do Uruguai (circulação marítima).

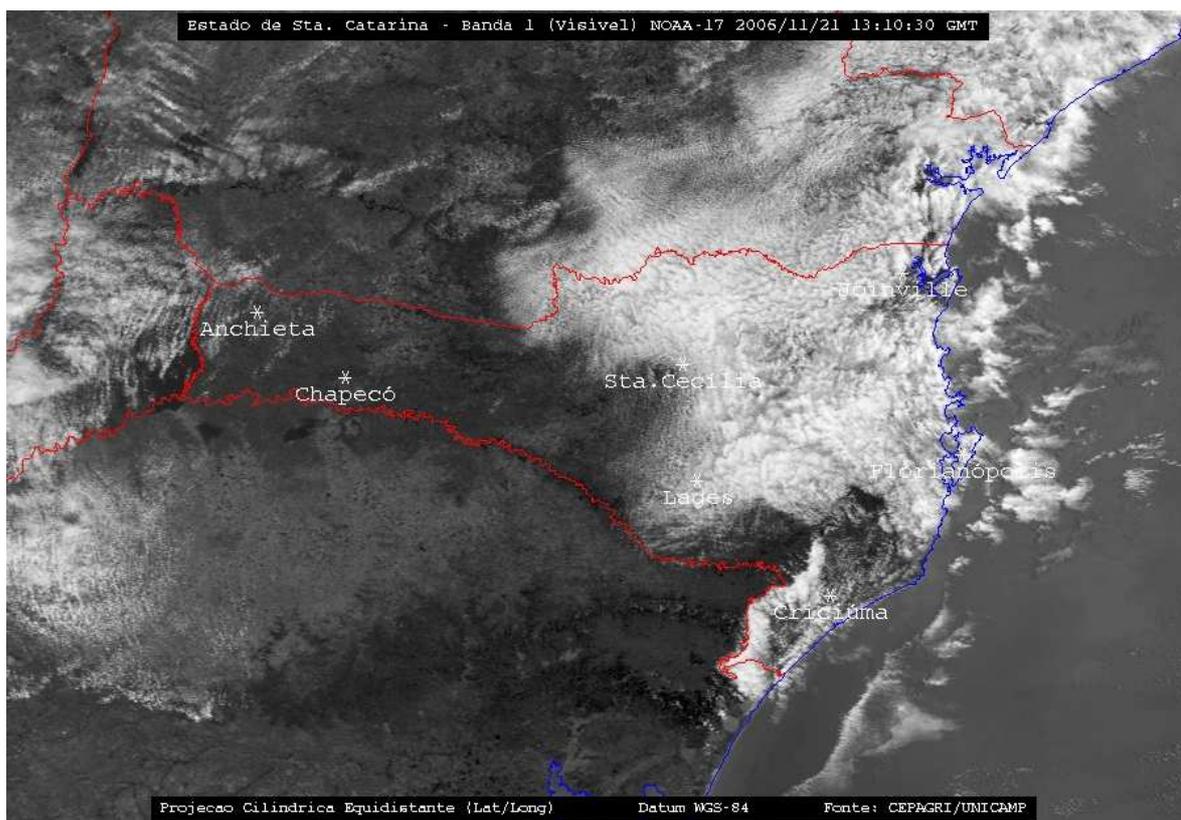


Figura 13 – Imagem de satélite do dia 21 de novembro de 2006 as 1310UTC com muitas nuvens no litoral, Vale do Itajaí e maior parte do planalto de Santa Catarina e nas encostas sul da Serra Geral (Circulação Marítima).

Fonte: CEPAGRI/UNICAMP

Na BHRA, o ingresso da umidade é facilitado pela grande planície e ainda canalizado para as encostas do planalto através de muitos vales de rios, principalmente aqueles que possuem direção noroeste, como, por exemplo, Rocinha, Molha Coco, Amola Faca, Pinheirinho, entre outros. Já nas proximidades das encostas, junto aos esporões e outras elevações isoladas, a umidade é forçada a subir a encosta e condensa-se pelo processo de resfriamento. A saturação ocorre a barlavento, lado em que o ar úmido está ascendendo, gerando muitas nuvens e conseqüentemente chuva, que é mais persistente e mais intensa a barlavento da encosta, ficando a periferia, neste caso, o planalto e as áreas a leste da escarpa, com chuvas mais fracas ou até com ausência de precipitação. A intensidade e a persistência da chuva dependerão também da quantidade de umidade transportada, decorrente do comportamento do sistema de alta pressão sobre o Atlântico ou da estabilidade que está atuando, no momento, na região.

Por outro lado, quando o anticiclone polar avança mais para norte, passando pelo litoral de Santa Catarina ou do Paraná, ou ainda, quando já está configurado como ASAS, passa a originar ventos de leste a nordeste, que também são úmidos, porém mais quentes, e a nebulosidade e a chuva tendem a ocorrer de Florianópolis para o norte. A nebulosidade que predomina é *stratocumulus*, porém quando o ar está mais instável pode formar nebulosidade cumuliforme (*cumulus*), que é, segundo Monteiro e Furtado (1995), mais comum nas encostas, e que resulta em pancadas de chuva. Essa condição de tempo é mais freqüente com umidade relativa do ar mais elevada, ou seja, à noite. Esse tipo de circulação praticamente não atinge a zona costeira do sul de Santa Catarina, onde, na maioria das vezes, fica com poucas nuvens e ar mais seco.

Essa condição de circulação com ventos úmidos de sul a nordeste é temporária devido ao deslocamento quase sempre contínuo dos anticiclones polares. Porém quando estacionam, principalmente em caso de bloqueios atmosféricos, as condições de tempo geradas pela circulação passam a ser persistentes. Se os ventos estiverem soprando de sudeste a leste, o tempo fica muito instável com céu encoberto, visibilidade horizontal muito reduzida e chuva fraca ou chuvisco contínuo. Nas encostas da Serra Geral tende a ocorrer chuva mais forte. Esse tipo de vento costuma aumentar a altura das ondas, principalmente quando com intensidade forte de alto mar para a zona costeira.

Para a bacia do Araranguá essa situação causa transtornos, pois o aumento da maré represa o rio Araranguá que avança nas áreas mais baixas da bacia. Esta situação é conhecida pelos moradores da cidade, conforme pode ser constatado pela declaração de um ouvinte no programa “Eldorado Debates” da rádio Eldorado de Criciúma, em 15/02/2000 às 13:30 horas:

“... O vento é sudeste, portanto o mar não vai aceitar essas águas, logo a cidade de Araranguá estará debaixo d’água” (ALEXANDRE, 2000). De acordo com a declaração do sargento Niles da Defesa Civil de Araranguá, “*quando chove muito e o vento é do mar a Defesa fica logo de alerta porque o rio sobe rapidamente*”. Essa situação foi constatada desde os primórdios do estabelecimento da comunidade, conforme é expresso no relato do telegrafista Bernardino de Senna Campos, fundador da Estação Telegráfica de Araranguá, no final do século XIX:

“Nos dias 23, 24 e 25 de setembro de 1897, caiu sobre esta vila e em todo o município forte lestada, ventania forte e chuva, causando uma enchente de todos os rios. Como dizem os antigos moradores, nunca houve igual. Transbordou o rio Araranguá, arrombando a barra junto ao Morro dos Conventos. Houve inúmeros prejuízos em toda a Comarca...” (CAMPOS, 1987, p.60).

Quando a água do mar avança rio adentro se mistura com a água doce por toda área atingida pela cheia e pode prejudicar seriamente a produção rizícola, principal atividade agrária da bacia. Se a água apresentar 0,5% de NaCl pode ocasionar esterilidade nos grãos quando estes estiverem no período que vai do início da fase reprodutiva até a maturidade, como salienta Bacha (2002).

A precipitação resultante da circulação marítima é mais persistente no litoral, e diminui para o interior da bacia.

Além da circulação marítima, outra circulação que atua na BHRA são as brisas formadas a partir da variação diária da temperatura entre o Atlântico e o continente. As brisas são um regime de ventos locais cuja direção se inverte durante o ciclo diurno, induzidas pelos aquecimentos diferenciados das superfícies da terra e da água. São fenômenos de mesoescala que ocorrem, principalmente, em regiões litorâneas ou próximas a grandes lagos (VANZ, 1998).

Durante o dia a radiação solar aquece a superfície da terra mais rapidamente do que a da água desenvolvendo pequenas diferenças de pressão atmosférica. Sobre a superfície terrestre a pressão fica mais baixa e o fluxo de ar ocorre do mar para a terra originando a brisa marítima que pode penetrar no continente por distâncias de até 50km, como enfatiza Vanz (1998).

Essa distância percorrida pela brisa marítima pode também ser influenciada por condição sinótica predominante (ESTOQUE, 1962). Nesse caso, ventos de sudeste a leste transportam ainda mais a umidade continente a dentro. Por outro lado, ventos de oeste e sudoeste, tornam-se barreira para a brisa marítima avançar pelo continente. No verão, a brisa

pode auxiliar o processo convectivo na formação de nuvens do tipo cumulus (VANZ, 1998). Nesse caso, a brisa transportando umidade até as encostas da Serra Geral pode provocar aumento no volume de chuva nessas áreas, pois os fatores umidade, calor e orografia (barlavento) concorrem para esse resultado.

No decorrer da noite, com o continente mais frio, o fluxo é da terra para o mar, originando a brisa terrestre. A advecção do ar frio sobre água quente pode originar nuvens do tipo *stratocumulus*.

A diferença de aquecimento entre os vales e as encostas de montanhas produz um pequeno gradiente de pressão o que resulta numa circulação secundária chamada ventos ou brisas vale-montanha.

Na BHRA, como o relevo possui muita diferença altimétrica, pode ocorrer, ainda, variações localizadas de ventos. Durante o dia, quando a radiação é intensa, as escarpas da Serra Geral ficam mais aquecidas em relação aos fundos de vales. Nesse caso, desenvolve-se uma alta pressão no vale e uma baixa nas escarpas forçando o ar a fluir encosta acima. Esse fluxo ascendente é denominado vento de vale ou anabático. A noite o fluxo de ar fica invertido devido ao maior resfriamento das escarpas. Nestas, desenvolve-se uma pequena alta pressão e uma baixa no vale. O ar frio mais denso das escarpas afunda em direção ao vale, e é chamado de vento de montanha ou catabático.

Esse fluxo de ar secundário acaba se caracterizando como vento predominante, em alguns locais, em determinadas horas do dia. Além dessa situação, durante o dia, as brisas de vale auxiliam na instabilidade local ao favorecerem a formação de nuvens convectivas. Ao contrário, durante a noite, as brisas frias das escarpas em contato com o ar mais aquecido dos vales proporcionam a formação de nevoeiros. Esses nevoeiros são muito densos e geralmente costumam a dissipar, mantendo essas regiões muito úmidas.

### **2.2.9 Cavados**

Cavados são modificações no fluxo do ar que ocorrem em superfície, em médios e altos níveis da atmosfera. Os cavados em superfície possuem fluxo de vento, de modo geral, de leste para oeste, e os em médios e altos níveis, de oeste para leste.

### 2.2.9.1 Cavados Invertidos (CI)

Os cavados em superfície são referidos como “cavados invertidos” (CI) devido ao fluxo invertido que apresentam em relação àqueles com escoamento de oeste (SATYAMURTY e FERNANDES, 1996).

Freqüentemente, após a passagem de frente fria, um CI se forma a norte do anticiclone polar. Em muitos casos, essa situação sinótica é observada na Argentina, assim que o anticiclone cruza os Andes.

Pelo efeito de Coriolis a circulação da alta pressão é anticiclônica, divergente e no sentido anti-horário no HS. No caso da formação de um CI essa circulação não se completa e o ar acaba apresentando circulação ciclônica configurando um fluxo em forma de U, conforme pode ser observado em destaque na figura 14.

Segundo Fernandes (1996), a ocorrência de cavados na América do Sul se dá ao sul de 20°S, mais precisamente sobre a Região Sul do Brasil, Paraguai e nordeste da Argentina.

Na região onde se instala o cavado invertido, na maioria das vezes, ocorre tempo instável com muitas nuvens e chuva. As condições sinóticas mais favoráveis para a formação de um CI em Santa Catarina são quando uma frente fria encontra-se sobre o Paraná ou São Paulo e o anticlone polar, está nas imediações do Uruguai e do Rio Grande do Sul. Sem a presença do CI, a posição do anticiclone polar determinaria para Santa Catarina, ventos de sudoeste a sudeste, tempo estável com poucas nuvens, temperaturas em declínio e baixa umidade relativa por influência da massa de ar frio. Porém a presença do CI ocasiona tempo instável com muitas nuvens e chuva, às vezes, até de intensidade moderada a forte acompanhada de trovoada, apesar das temperaturas estarem mais baixas, e ventos de sudeste a leste na zona costeira, nordeste a norte no planalto e noroeste a sudeste no Meio-Oeste e Oeste de Santa Catarina.

Na BHRA esse sistema pode tornar-se muito instável, especialmente no verão, pois os ventos de sudeste a leste transportam muita umidade e calor o que favorece a convecção tornando-a mais ativa nas proximidades das escarpas da Serra Geral pelo reforço do processo orográfico (ar quente e úmido que resfriado adiabaticamente produz nebulosidade e chuva a barlavento).



que nesta situação os ventos sopram de leste a sudeste. Esse fato também foi verificado para a zona costeira do Rio Grande do Sul, com ventos predominantes de leste em Porto Alegre, oriundos também do ASAS, conforme Lima (s/d). Esse Cavado no litoral gaúcho deve se prolongar para Santa Catarina e ser responsável pela variação na direção dos ventos no sul catarinense. Embora esses CI's se apresentem sem atividade, ou seja, com poucas nuvens e até com ar seco, podem auxiliar, por exemplo, na formação do processo convectivo que resulta em temporais localizados.

### 2.2.9.2 Cavados em médios e altos níveis

Existem alguns cavados associados aos jatos e outros não relacionados diretamente a esses sistemas. São formados por correntes de oeste e possuem características semelhantes aos jatos e vórtices. A diferença entre os três sistemas está na organização dos fluxos de oeste: os jatos possuem fluxo mais zonal, ou seja, percorrem milhares de quilômetros quase na mesma latitude; os vórtices ciclônicos são caracterizados por um fluxo fechado no sentido horário no Hemisfério Sul (baixa pressão) e os cavados de médios e altos níveis apresentam inclinação do fluxo para sul na tentativa de organizar uma baixa pressão.

A instabilidade cada vez mais intensa faz, de modo geral, as correntes de jatos originarem os cavados e estes, os vórtices ciclônicos.

Cavados a partir de uma corrente de jato podem frequentemente ser encontrados onde as nuvens associadas ao sistema frontal começam a se dissipar e ficam mais esparsas ou em área marcada por *cumulus* mais desenvolvidos na vertical (GEM, 2005). Ainda de acordo com a mesma fonte, estas zonas de *cumulus* desenvolvidos podem ser áreas de possível desenvolvimento ciclônico.

Os cavados não relacionados aos jatos ou aos sistemas frontais penetram na América do Sul, geralmente oriundos do Pacífico e ao cruzarem os Andes, ocorre, via de regra, instabilidade e precipitação a jusante do seu eixo.

Na figura 15 é verificado um cavado em médios níveis da atmosfera (500hPa) sobre o centro-leste do Rio Grande do Sul no dia 24 de janeiro de 2004. Neste dia, o tempo era instável com muitas nuvens, no início do dia, no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina (EPAGRI/CIRAM).

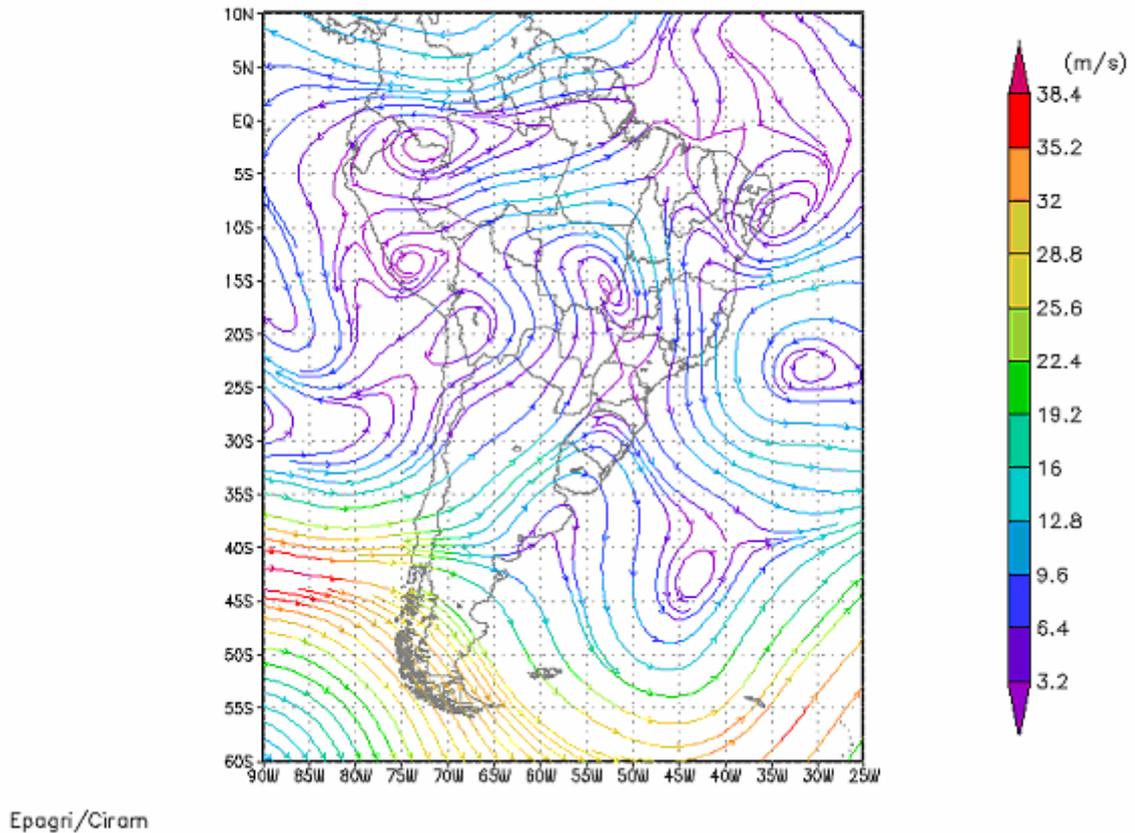


Figura 15 – Campo de vento das 12 UTC do dia 24 de janeiro de 2004 no nível de 500hPa. (Reanálise do Modelo ETA)

Os cavados em médios e altos níveis, geralmente, estão associados a mau tempo com presença de muitas nuvens e chuvas persistentes. Em Santa Catarina diversas instabilidades foram observadas associadas a esses sistemas. Um exemplo foi a ocorrência de tempo instável com muitas nuvens e chuvas contínuas com intensidade moderada a forte, em alguns momentos, entre os dias 21 e 31 de janeiro de 2004, conforme o relatório de monitoramento das condições de tempo efetuado pelo setor de meteorologia da EPAGRI/CIRAM. O volume de precipitação variou de 50 a mais de 100 mm na zona costeira catarinense, conforme dados das estações hidrológicas da ANA e da EPAGRI/CIRAM. Essas chuvas amenizaram uma situação de estiagem que já persistia há mais de um mês. A figura 16 mostra o estado de Santa Catarina com muitas nuvens; no dia da imagem (24/01/2004) ocorreu chuva moderada a forte, em alguns momentos, em todas as regiões catarinenses (EPAGRI/CIRAM).

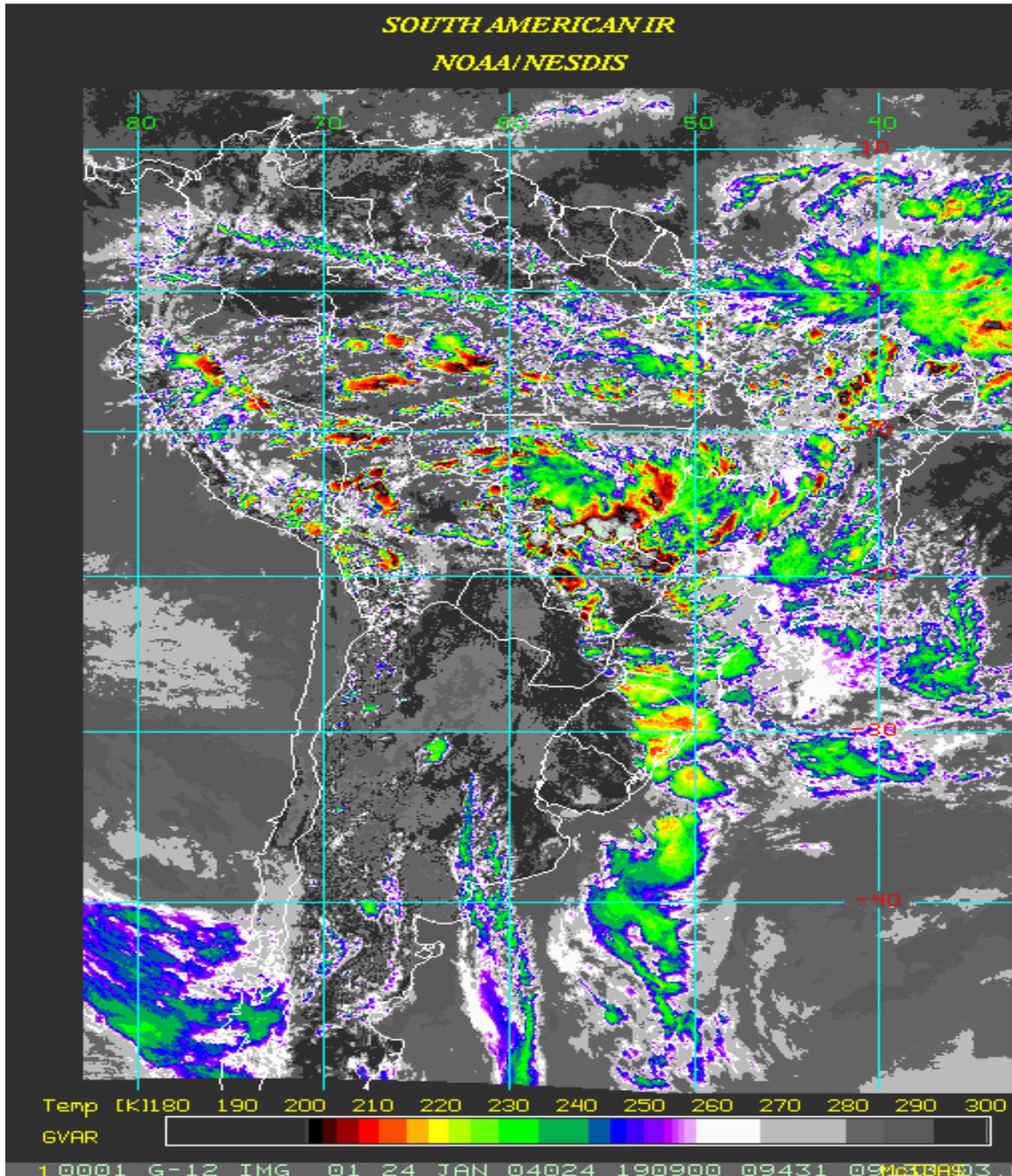


Figura 16 – Imagem de satélite das 12 UTC do dia 24/01/2004 com intensa nebulosidade em Santa Catarina associada a um cavado em altitude. Fonte: NOAA/NESDIS

### 2.2.10 Jatos

Durante a 2ª Guerra Mundial, tripulantes de bombardeiros B-29, muitas vezes encontravam fortes ventos de altitudes sobre o Japão. Com sucessivas informações e pesquisas ficou estabelecido o fenômeno conhecido como *corrente de jato* ou simplesmente

*jato*. Mas estas pesquisas foram desenvolvidas principalmente para o hemisfério norte e, muito escassas para a América do Sul. Segundo Pezzi et al. (1996), existem duas correntes de jato: Uma denominada Corrente de Jato Polar a qual não é muito regular e está associada ao forte gradiente horizontal de temperatura que ocorre nas frentes frias, geralmente entre as latitudes de 35°S a 70°S. A outra corrente, Jato Subtropical (JTS), está associada à circulação da Célula de Hadley e geralmente fica localizada no limite polar dessa célula, entre as latitudes de 20°S a 35°S.

A corrente de jato ocorre em função da descompressão adiabática das massas de ar que formam a frente. Isto causa o resfriamento desigual das massas, o que em altitude se reflete no gradiente de pressão. Esse gradiente horizontal em altos níveis é o gerador das correntes de jato a 10-12 km de altitude. A corrente de jato se forma pouco abaixo da tropopausa e possui alguns milhares de quilômetros em comprimento, centenas de quilômetros em extensão e alguns quilômetros de profundidade e desloca-se para leste como uma espécie de rio de ar sinuoso, numa velocidade superior a 50 nós ou 93 km/h e pode chegar a mais de 300 km/h, quando, no inverno, alcança a maior intensidade devido às diferenças de temperatura mais significativas.

O clima de qualquer região é determinado, em grande parte, pela circulação geral da atmosfera e a corrente de jato tem um papel importante.

A interação das frentes com o JTS em altos níveis pode influenciar o clima local ocasionando a intensificação das precipitações (INAZAWA, 1997). O JTS é muitas vezes responsável pelo desenvolvimento e intensificação de atividade convectiva. Ocorre paralelo à linha da frente fria, de direção noroeste-sudeste, em média cerca de 500 a 600 km na sua retaguarda. Nesse caso, uma frente fria pode estar sobre o Paraná e a nebulosidade não diminui em Santa Catarina, e, na maioria das vezes, a chuva continua. Existem alguns casos em que a frente fria passa por Santa Catarina sem atividade, com poucas nuvens e sem chuva. Horas depois, a nebulosidade aumenta e começa a chover sob influência do JTS.

Tempestades severas também estão relacionadas com o jato subtropical de acordo com Lourenço (1993). No dia 18 de maio de 2005, um jato subtropical de forte intensidade com velocidade de 150kt, aproximadamente 280 km/h, segundo o modelo número de previsão ETA (figura 17), organizaram intensas áreas de instabilidade sobre Santa Catarina, o que ocasionou trovoadas com chuva, granizo e ventos com rajadas fortes. Esse tipo de tempo ocorreu principalmente na madrugada, do planalto à zona costeira catarinense, resultando em perdas humanas, destruição de aviários, quebra de árvores na BR-282 e inundações.

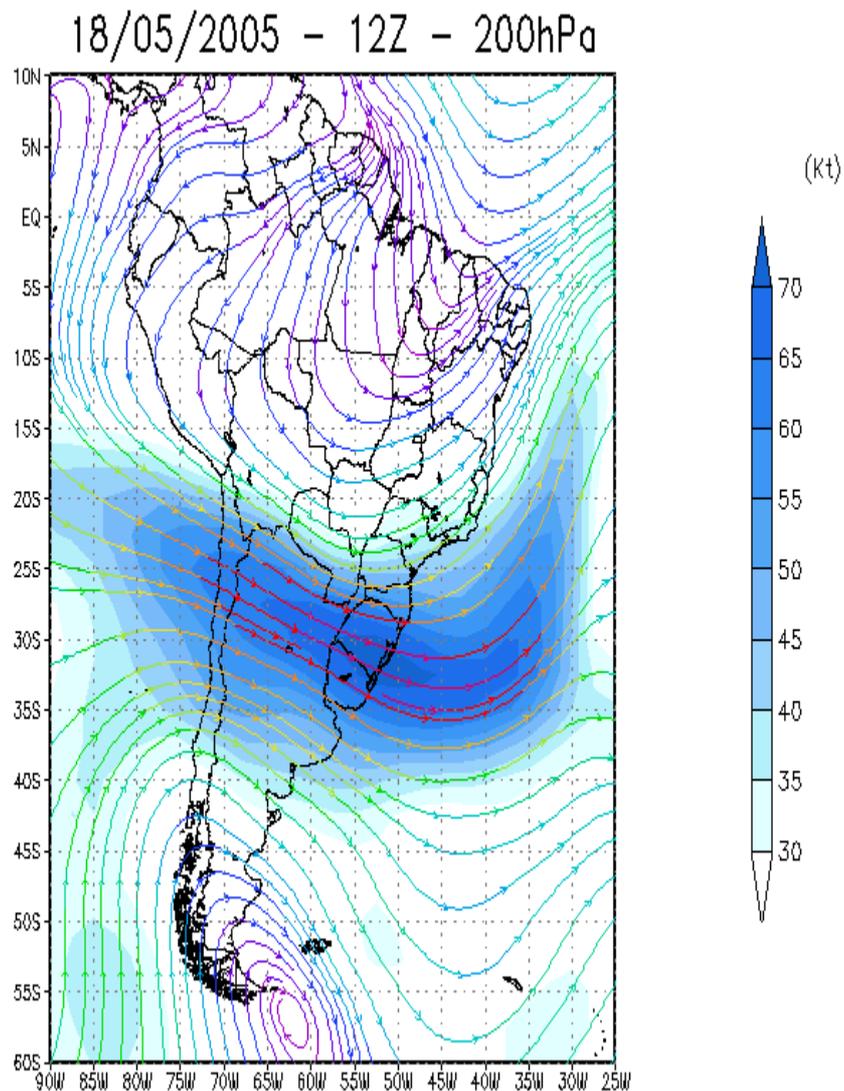


Figura 17 – Campo de vento das 12 UTC do dia 18 de maio de 2005 no nível de 200hPa. (Reanálise do Modelo ETA).

A imagem de satélite das 1130UTC do mesmo dia (figura 18) mostra muitas nuvens – cobrindo o norte da Argentina, centro-sul do Paraguai e do Paraná, centro-norte do Rio Grande do Sul e todo o estado de Santa Catarina – associadas ao Jato Subtropical. A coloração amarela na imagem de satélite que cobre a maior parte do planalto e zona costeira catarinense representa nebulosidade de maior desenvolvimento vertical (Cumulus e Cumulonimbus); a nebulosidade mais estratiforme (Cirrus, altostratus, stratocumulus) é caracterizada na imagem pela cor cinza-claro.



Figura 18 – Imagem de satélite das 1130UTC do dia 18/05/05 com muitas nuvens (tons de cinza e amarelo na imagem) sobre o Sul do Brasil associadas ao Jato Subtropical. Fonte: CPTEC/INPE GOES-12

O jato subtropical também atua bloqueando o deslocamento das frentes frias, tornando-as estacionárias e elevando os totais de precipitação local. Neste sentido, Kousky e Cavalcanti (1984), relacionam o papel do JTS com enchentes ocorridas no Sul do Brasil em 1983.

Além dos jatos em altos níveis, os jatos em baixos níveis (JBN) são importantes no transporte de umidade do Atlântico Norte e da Amazônia para tornar os sistemas atmosféricos mais ativos – como as frentes frias, a Baixa do Chaco, o processo convectivo – e com isso melhorar o volume e a distribuição de chuva para todo o Sul do Brasil.

### 2.2.11 Vórtice Ciclônico em altos níveis (VCAN)

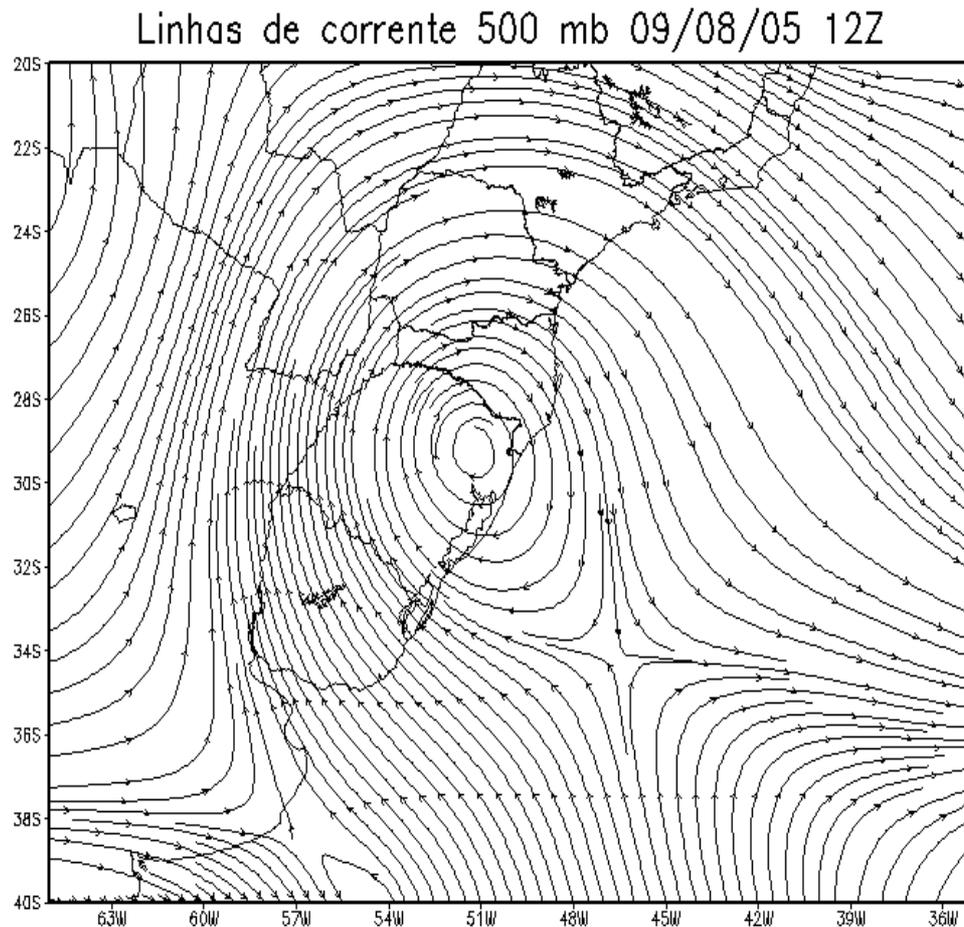
O vórtice ciclônico em altos níveis (VCAN) é definido como um sistema fechado de baixa pressão, de escala sinótica, que se forma na alta troposfera (GAN e KOUSKY, 1982). O fenômeno se propaga desde o Oceano Pacífico, cruza os Andes e frequentemente causa ciclogênese dando origem a ciclones em superfície, geralmente próximos à costa da Região Sul (SILVA DIAS e MARENGO, 2002). De acordo com Lourenço et al. (1996), quando o VCAN penetra no continente ocorre, normalmente, instabilidade e precipitação intensa nos setores leste e nordeste do vórtice, em um período de 1 ou 2 dias. Exemplo recente deste sistema instável aconteceu nos dias 08 e 09 de agosto de 2005, com ventos com rajadas de até 100 km/h que causaram sérios transtornos na zona costeira de Santa Catarina, em especial, em Florianópolis.

Na área da BHRA, Içara e Criciúma também foram afetadas pelos fortes ventos e pela alta precipitação. O desenvolvimento desse sistema está descrito no item precipitação do capítulo 3.

A reanálise do modelo ETA das 12 UTC do dia 09 de agosto de 2005 no nível de 500hPa (figura 19) mostra ventos convergindo para uma baixa pressão sobre a Serra Gaúcha, e caracterizando um vórtice ciclônico no litoral de Santa Catarina.

Os VCAN, em sua grande maioria, segundo Lourenço et al. (1996), ocorrem nos meses de inverno, e especialmente em julho, enquanto a frequência mínima é verificada no mês de março.

No verão, segundo Silva Dias e Marengo (2002), o VCAN está associado a efeitos orográficos e proporciona aumento significativo da convecção tropical. O tempo associado a esse tipo de sistema é muito instável e favorece a ocorrência de temporais com chuva forte em curto espaço de tempo, ventos com rajadas fortes e granizo, que resultam em alagamentos, assoreamento e mesmo deslizamentos de massa, principalmente quando o solo já se encontra úmido de chuvas anteriores. As fortes chuvas, algumas vezes, chegam a superar a média do mês.



GrADS: COLA/IGES

2005-11-11-13:31

Figura 19 – Campo de vento das 12 UTC do dia 09 de agosto de 2005 no nível de 500hPa. (Reanálise do Modelo ETA)

Esse tipo de evento traz grandes prejuízos materiais em áreas urbanas através de perdas ou danos como telhados, queda de árvores, rompimento de rede elétrica; em áreas rurais, soma-se ainda perda parcial e, às vezes, total de cultivos.

O maior número de enxurradas que acontece em Santa Catarina, segundo Herrmann (2001), ocorre nos meses de janeiro e fevereiro. Essa grande quantidade de precipitação pode estar associada à atuação de VCAN na intensificação da convecção sobre o estado.

Diversos temporais no litoral de Santa Catarina têm como origem um VCAN. A enchente de Tubarão, em março de 1974, foi causada por esse sistema, segundo comunicação pessoal do meteorologista Rubens Junqueira Vilela para o físico Reinaldo Hass (HASS, 2002).

A catástrofe ocorrida, no dia 23 de dezembro de 1995, nos municípios de Jacinto Machado, Siderópolis e Timbé do Sul, na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, também foi

originada a partir de um VCAN. Sanches e Calbete (1996), observaram uma estrutura ciclônica fechada em todos os níveis da atmosfera (850hPa, 500hPa e 200hPa) e em 925hPa, próximo à superfície, os ventos de nordeste sopravam forte (> 50km/h), convergindo umidade para a costa catarinense. De acordo com Pellerin et al. (1997) essa umidade originou diversos tipos de nuvens com bases mais baixas, inclusive as cumulonimbus, nuvens de trovoadas, que ficaram retidas pela escarpa da serra favorecendo a formação da catástrofe.

Outro fenômeno que provoca destruição, em nível local, é o tornado. No dia 24 de novembro de 1999, no município de Forquilha, também na área da BHRA, houve formação de um tornado, em função da presença de um vórtice ciclônico sobre o estado. De acordo com Oliveira, (2000), foi decretado situação de emergência no referido município, devido a muitas perdas materiais. Segundo o jornal A Notícia do dia 25, citado por Oliveira (2000), a destruição foi verificada numa extensão de 3km, com uma casa arrancada do alicerce e jogada a uma distância de quase 50m. De acordo com a avaliação de danos feita pela Defesa Civil, 68 pessoas foram desalojadas e 22 edificações afetadas. A agricultura foi o setor que sofreu mais perdas devido à força do vento e a chuva de granizo.

Tendo em vista a configuração geomorfológica da BHRA, o VCAN parece ser o sistema atmosférico mais instável e que pode ocasionar maiores riscos de temporais na bacia, no decorrer do ano. Entretanto, no verão, devido ao efeito orográfico e o calor, a BHRA torna-se ainda mais susceptível à ocorrência de temporais podendo resultar em catástrofe como a do dia 23 de dezembro de 1995.

## **2.3 Fenômenos que modificam a dinâmica atmosférica da Região Sul do Brasil**

A dinâmica atmosférica associada aos diversos sistemas que ocorrem no Sul do Brasil pode ser modificada quando há interferências de fenômenos como o El Niño, a La Niña e os bloqueios atmosféricos.

### **2.3.1 El Niño e La Niña**

O El Niño-Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de interação atmosfera-oceano, associado à alteração dos padrões normais da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial, entre a Costa Peruana e a Austrália. Além da TSM, o fenômeno ENOS pode ser medido pelo Índice de Oscilação Sul (IOS), que é a

diferença média da pressão ao nível do mar entre os setores do centro-leste (Tahiti/Oceania) e oeste (Darwin/Austrália) do Pacífico Tropical. O IOS está relacionado ao comportamento da temperatura das águas na região.

As fases positivas e negativas do ENOS são denominadas de El Niño e La Niña, respectivamente.

El Niño é um fenômeno climático complexo, que compreende o aquecimento nas águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial Central, entre a costa peruana e a Austrália, e mudanças nos padrões climáticos globais. Com esse aquecimento, as pressões atmosféricas diminuem em relação à normal (Índice de Oscilação Sul – IOS) e ocorre enfraquecimento dos ventos alísios.

O fenômeno não se comporta de maneira regular, possuindo intensidades e conseqüências diferentes para as áreas que sofrem a sua influência.

No Brasil, secas no Nordeste e enchentes no Sul e Sudeste podem estar associados ao fenômeno.

Em anos de El Niño, o Jato Subtropical, torna-se mais intenso que o normal devido ao aumento do gradiente térmico entre o equador e os pólos. O fortalecimento desses jatos gera bloqueios nos sistemas frontais que chegam a Santa Catarina, tornando-os estacionários sobre o estado (figura 20). Tais bloqueios causam intensa cobertura de nuvens, valores elevados de umidade no ar e temperaturas altas. Além de alterar o comportamento desses parâmetros meteorológicos, os bloqueios favorecem o aumento da precipitação na primavera do ano de início e no inverno do ano seguinte do El Niño (GRIMM et al., 1996; GRIMM et al., 1998). Marcelino et al. (2004) verificaram também aumento na ocorrência de precipitação de granizo.

No período de atuação do El Niño as chuvas ficam acima da média em Santa Catarina e é comum a ocorrência de grandes enchentes, apesar de não ser o único causador das inundações.

La Niña, ao contrário, fase negativa do ENOS, caracteriza-se pelo resfriamento das águas superficiais do Pacífico Tropical e aumento na intensidade dos alísios, os quais atingem velocidades acima da média climatológica. A diminuição da TSM e o aumento da pressão atmosférica geram diminuição da convecção tropical e mudança na circulação em grande escala. Em geral, La Niña ocorre com menor frequência que o El Niño e começa a se desenvolver em meados do ano, atinge sua intensidade máxima no final daquele mesmo ano e dissipa-se cerca de 6 meses depois (SILVA DIAS e MARENGO, 2002).



Figura 20 – Jato Subtropical sobre Santa Catarina em anos de El Niño.  
Fonte: EPAGRI/CIRAM

Em anos de La Niña normalmente chove abaixo da média climatológica, mas, segundo Grimm et al. (1996), é na primavera que ocorrem as menores precipitações. Ropelewski e Halpert (1989) já verificavam a tendência à diminuição da precipitação nos meses de junho a dezembro do ano de início do fenômeno La Niña.

A tendência na redução da precipitação pode estar associada à rápida passagem das frentes frias e a bloqueios atmosféricos em que as frentes ficam estacionárias sobre o Uruguai e sul do Rio Grande do Sul. A umidade atmosférica é abaixo da média climatológica e com forte amplitude térmica diária, com baixas temperaturas na madrugada e em elevação durante o dia. Os dias são mais ensolarados com presença de poucas nuvens. Aguiar e Mendonça (2004) associam o aumento da ocorrência de geadas, em Santa Catarina, a anos de atuação de La Niña.

Cabe salientar que as estiagens que ocorrem no estado de Santa Catarina nem sempre estão associadas ao fenômeno. Muitas vezes, períodos de constantes bloqueios, atuação persistentes da mTc, por exemplo, acabam provocando chuva abaixo da média durante vários meses consecutivos. Essa situação tem-se repetido, principalmente entre os anos de 2002 e 2005. Nesse período, as chuvas têm ocorrido muito irregularmente e na maioria dos meses tem ficado abaixo da média, inclusive, naqueles de maior volume de precipitação no estado, como o verão (MONTEIRO e RODRIGUES, 2005). Isso tem provocado estiagens em todas as regiões catarinenses resultando em problemas de abastecimento de água potável.

Uma das maiores estiagens verificadas no sul catarinense ocorreu em 1951. O ano de 1950 foi influenciado pelo fenômeno La Niña. Em Araranguá e Urussanga, as chuvas foram

irregulares e abaixo da média climatológica, principalmente no inverno e primavera; voltou a chover forte no verão e no início do outono de 1951, mas de maio a agosto as chuvas, apesar de não mais ter influência da La Niña, ficaram muito abaixo da média, sendo que em agosto o valor de chuva para ambas estações foi zero, *caso inédito* no Sul do Brasil (tabela 7).

Tabela 7 – Precipitação Mensal dos anos de 1950 e 1951 em Araranguá e Urussanga.

Araranguá

Anos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1950	75.4	136.9	64.4	148.0	54.5	24.3	28.3	53.4	97.4	95.9	84.9	125.4
1951	143.3	155.6	54.6	123.8	15.5	35.3	5.8	0.0	243.7	131.9	109.3	90.7
Média Mensal	125	128	126	88	76	86	76	104	134	108	90	76

Urussanga

Anos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1950	184.8	246.9	205.9	155.4	93.2	33.6	27.0	54.9	82.4	118.7	167.2	140.2
1951	306.0	337.9	72.5	135.9	16.7	35.0	19.1	0.0	128.3	170.1	84.8	146.9
Média Mensal	201	204	161	104	94	85	92	109	128	131	122	145

Fonte: Banco de dados da EPAGRI/CIRAM..Org. pelo autor.

Com o ar seco, baixo teor de umidade e ventos fortes, a situação ficou favorável à ocorrência de incêndios que tomaram dimensões de calamidade pública, conforme notícia no Jornal A GAZETA, publicada em 31 de agosto de 1951:

“... uma queimada iniciada nos campos do nordeste gaúcho propagou-se pelas matas e devorando tudo e tudo destruindo, desceu os contrafortes da Serra Geral, estendendo-se pelas matas e campos de vários municípios catarinenses, favorecida a impetuosidade do incêndio pelas condições criadas por uma estiagem prolongada que tantos males vem acometendo à lavoura e a pecuária dos Estados sulinos”.

O vento oeste, uma das condições de tempo características de massa de ar frio continental (Anticiclone Polar na região do Chaco argentino), segundo Monteiro e Furtado (1995), ficaram caracterizadas na publicação do dia 1 de setembro do mesmo jornal:

“Com o forte Minuano que soprou durante o fim de semana passada e princípio desta, as chamas alcançaram as regiões já habitadas dos vales dos municípios de Turvo, Criciúma, Urussanga e Orleans, atingindo uma frente de aproximadamente 80 km. ...”(A GAZETA, 1/9/1951) .

Um fato importante a salientar é que no último trimestre de 1995, segundo o Centro de Previsão Climático da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), a TSM (Temperatura da superfície do Mar) estava negativa na costa peruana, configurando influência do fenômeno La-Niña. Para Santa Catarina, isso significa chuva abaixo da média, e foi realmente o que aconteceu, especialmente do Oeste ao Planalto Sul, onde foram constatados diversos municípios afetados pela estiagem, conforme Hermann (2001). Portanto, mesmo sob a influência de fenômenos atmosféricos globais como a La-Niña e o El-Niño, pode ocorrer interferência de sistemas atmosféricos em escala regional, como um vórtice ciclônico, provocando condições de tempo local distintas àquelas influenciadas pelo fenômeno global.

### **2.3.2 Bloqueios Atmosféricos**

Os bloqueios são caracterizados por sistemas de alta pressão, também conhecidos por alta de bloqueio, na região onde os ventos são de oeste, em torno da latitude de 45°S. Quando esta alta se estabelece, torna-se persistente e impede a propagação dos sistemas transitórios, tais como frentes, ciclones e anticiclones para menores latitudes.

Fuentes (1997) analisou 128 bloqueios no período entre 1979 e 1995, na costa oeste e leste da América do Sul. A pesquisa apontou o outono como sendo o período que apresentou o maior número de casos (43), seguido pelo inverno (40 casos), pela primavera (26) e pelo verão (19 casos). A região compreendida entre 120°W e 110°W (costa oeste) apresenta notável preferência à formação de bloqueios no outono, primavera e inverno, enquanto entre 50°W e 40°W (costa leste) a maior frequência é no verão. Conforme esta pesquisa, os bloqueios ocorreram em todos os anos estudados, sem mostrar grande variação interanual.

Para Marques e Rao (1996) ocorre diminuição de bloqueios durante os anos de El Niño, e uma maior frequência de bloqueios durante os anos de La Niña. Fuentes (1997) também assinala que nos episódios de La Niña o mês de maio apresenta maior frequência de bloqueios, enquanto que, nos de El Niño, os bloqueios ocorrem em junho e julho.

Em Santa Catarina, quando ocorrem bloqueios e os sistemas produtores de chuva como as frentes frias ficam sobre o Uruguai e sul do Rio Grande do Sul, o tempo fica estável com poucas nuvens, temperatura em elevação e baixa umidade relativa do ar. A persistência dessa situação leva a estiagens muito frequentes no mês de maio quando surgem os “veranicos”, devido a atuação de massas de ar quentes e secas.

A imagem de satélite das 1139 UTC do dia 02 de agosto de 2005 (figura 21) mostra uma frente semi-estacionária em deslocamento zonal (na mesma latitude), ao sul do Uruguai, do Pacífico para o Oceano Atlântico, característico de bloqueio atmosférico. Neste dia, a Massa de Ar Tropical Continental atuava no Sul do Brasil, configurando tempo estável.

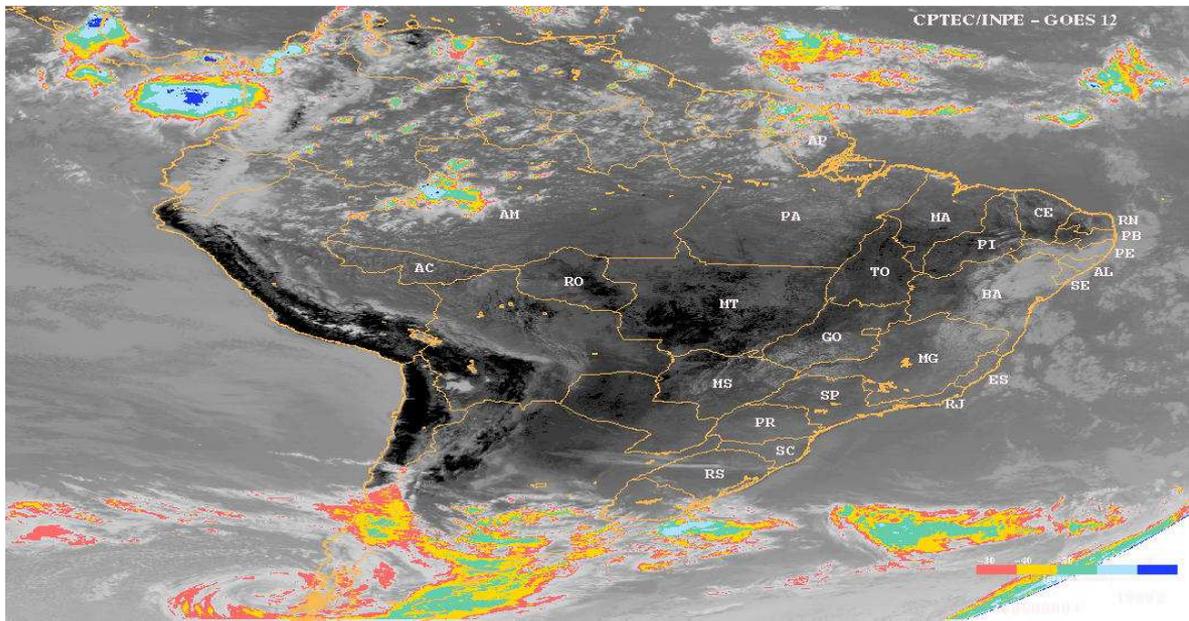


Figura 21 – Imagem de satélite, no canal infravermelho, das 1139 UTC do dia 02 de agosto de 2005 uma frente semi-estacionária ao sul do Uruguai em condições de bloqueio atmosférico. Fonte: CPTEC/INPE GOES-12

Nos últimos anos, de 2003 a 2005, esse fenômeno tem sido muito presente no Sul do Brasil e responsável, em parte, pela diminuição na frequência de passagens de frentes frias e outros sistemas produtores de chuva.

Na BHRA ocorreram, neste período, vários meses consecutivos sem chuva consistente. Em 2003, a precipitação ficou abaixo da média climatológica nos meses de janeiro, abril, maio e de julho a novembro, sendo o mês de agosto o de maior estiagem, com apenas 15% do volume normal, em torno de 100 a 120 mm nas diferentes estações hidrológicas. Em 2004, precipitação abaixo da média ocorreu principalmente no período de maior evaporação, ou seja, janeiro, fevereiro, outubro, novembro e dezembro, além do inverno, junho/julho/agosto. Após cinco meses com precipitação abaixo da média (outubro de 2004 a fevereiro de 2005), em março as chuvas foram mais intensas, mas entre abril e junho, voltou a chover menos que a média climatológica. Além das irregularidades na precipitação, as temperaturas, por outro lado, ficaram acima da média na maioria dos meses (EPAGRI/CIRAM).

### 3 Variação dos elementos do clima

Este capítulo analisa o comportamento, no tempo e no espaço, dos elementos climáticos – temperatura, umidade relativa, nebulosidade, precipitação e vento – procurando verificar fatores que os influenciam como a latitude, maior ou menor proximidade do oceano e principalmente o efeito do relevo.

O entendimento da dinâmica atmosférica da Região Sul do Brasil é imprescindível, haja visto que o clima é formado pela sucessão dos tipos de tempo originados por essa dinâmica, em sua sucessão habitual.

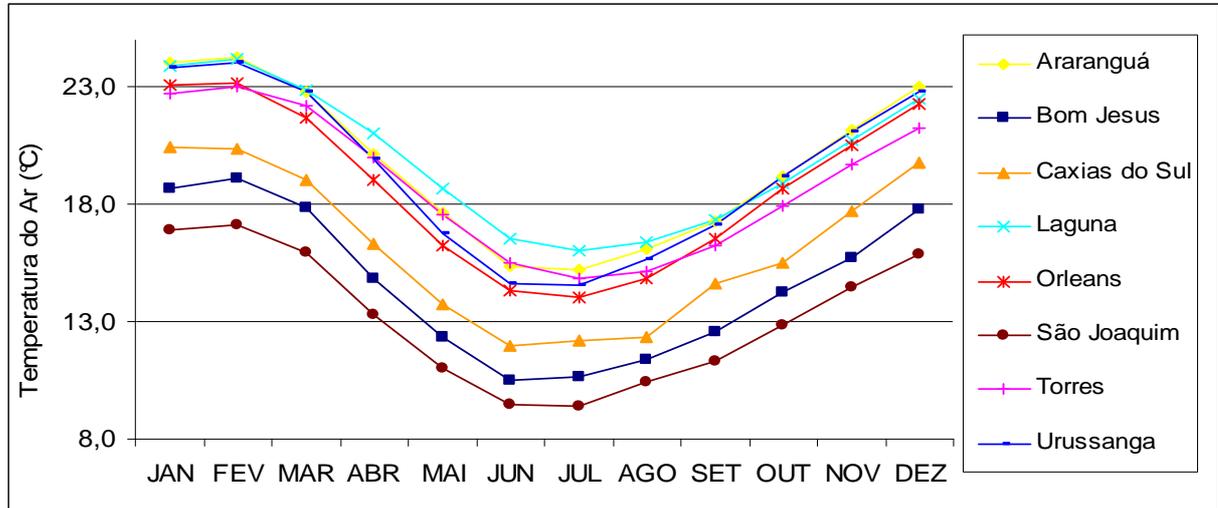
#### 3.1 Temperatura

Na Região Sul do Brasil, há constantes migrações de massas de ar frio que avançam em direção aos trópicos. Essas massas de ar são intensas no inverno e fracas no verão, período em que predominam as tropicais. Nas estações intermediárias, outono e primavera, existe atuação das massas polares e tropicais, com as primeiras mais proeminentes no outono e as tropicais na primavera. Essa dinâmica do outono e primavera faz com que ocorram mudanças graduais na temperatura, ou seja, não há uma queda acentuada entre valores de temperatura mas uma mudança gradativa como pode ser constatado nas temperaturas médias mensais (figura 22). Mesmo assim, existe uma gradação nítida entre as quatro estações do ano, conforme já assinalava Monteiro (1968).

Sob o domínio das massas tropicais, as temperaturas são mais elevadas e, se refletem nos altos valores médios para dezembro, janeiro, fevereiro e março. Isso significa que as massas tropicais dominam as condições de tempo em um período que extrapola o verão (22 de dezembro a 23 de março), embora sejam mais intensas em janeiro e fevereiro. Entre abril e junho, as temperaturas declinam significativamente, com a maioria das estações meteorológicas apresentando diferenças superiores a 2°C a cada mês (figura 22). Esse declínio é resultante da invasão das massas de ar frio, que se tornam gradativamente mais intensas à medida que o inverno se aproxima.

Entre junho e julho a variação de temperatura é muito pequena, mesmo assim, julho é o mais frio para a maioria das estações meteorológicas analisadas, como decorrência de massas de ar frio mais vigorosas sobre o Sul do Brasil. A partir de agosto, as temperaturas médias mensais entram em elevação gradual, porém com valores de inflexão inferiores aos

constatados no outono. A justificativa para este fato pode estar na maior quantidade de nuvens na primavera em relação ao outono (figura 24), já que as massas de ar frio diminuem de intensidade à medida que a primavera avança.



Estação/Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Araranguá	24,0	24,3	22,8	20,1	17,6	15,4	15,2	16,1	17,3	19,2	21,1	23,0
Bom Jesus	18,6	19,1	17,8	14,9	12,3	10,5	10,6	11,4	12,5	14,2	15,7	17,8
Caxias do Sul	20,4	20,4	19,0	16,3	13,7	12,0	12,2	12,3	14,6	15,5	17,7	19,7
Laguna	23,9	24,2	22,9	21,1	18,7	16,5	16,0	16,4	17,3	18,9	20,7	22,5
Orleans	23,1	23,2	21,7	19,0	16,2	14,3	14,1	14,8	16,5	18,7	20,5	22,3
São Joaquim	16,9	17,1	15,9	13,3	11,0	9,5	9,4	10,4	11,3	12,8	14,5	15,9
Torres	22,9	23,3	22,6	20,1	17,5	15,0	14,8	15,2	16,3	18,2	20,0	21,4
Urussanga	23,8	24,0	22,8	19,9	16,8	14,6	14,6	15,6	17,1	19,2	21,1	22,8

Figura 22 – Temperatura média mensal

Fonte: Dados de Bom Jesus, Caxias do Sul e Torres obtidos do INMET. Demais dados pertencentes ao banco da EPAGRI/CIRAM.

A marcha zenital do sol que resulta em dias mais longos e raios solares mais verticais no verão e o oposto, com os raios que incidem obliquamente e com dias mais curtos no inverno (NIMER, 1989) e ainda a dinâmica das massas de ar são responsáveis pela variação da temperatura no decorrer do ano.

A altitude é um fator importante na diferença de temperatura entre as estações analisadas. Entre a estação de São Joaquim (1402,0 metros) e de Araranguá (30,8 metros), ocorre uma diferença significativa de temperatura: 5,7°C em agosto e 7,2°C em fevereiro e março. Com o resultado das diferenças mensais entre as duas localidades analisadas pode-se concluir que a temperatura declina, em média, 0,47°C para cada 100 metros de altitude.

Mesmo as pequenas diferenças de altitude se refletem em diferentes temperaturas. O destaque cabe para as estações de Orleans (155,8 metros) e Laguna (30,8 metros), onde a primeira pode apresentar, no mês de maio 2,5°C a menos que Laguna; na primavera e início do verão a diferença é muito reduzida, de apenas 0,2°C para os meses de outubro, novembro e dezembro, conforme a figura 22.

As correntes oceânicas também influenciam as temperaturas do ar nas áreas costeiras, devido a advecção de calor ou frio de uma área para outra (AYOADE, 1991).

Além da advecção de massas de ar, da altitude e das correntes oceânicas, a posição geográfica e a radiação também atuam no comportamento da temperatura.

A latitude se reflete no ciclo anual de temperatura devido à variação solar incidente. Em consequência, na faixa entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, as temperaturas médias variam pouco durante o ano, enquanto em latitudes médias e altas existem maiores diferenças entre as temperaturas principalmente de verão. Esse fato pode ser confirmado através da amplitude térmica entre o mês mais quente e o mais frio de Manaus-AM (03° 08' S e 60° 01' W e 71 metro de altitude) e de Bagé-RS (31° 20' S e 54° 06' W e 241 metros de altitude) de 1,6°C e de 11,7°C, respectivamente (Normais Climatológicas de 1961 a 1990 do INMET).

As estações meteorológicas selecionadas para estudo estão compreendidas entre as latitudes de 28° e 17' S (São Joaquim) e 29° e 20' S (Torres); a amplitude térmica entre o mês mais quente e o mais frio, varia de 9,4°C para Urussanga e a menor é em São Joaquim com 7,7°C.

O fator latitude não contribui de modo significativo na diferença das temperaturas médias; entre Laguna e Torres, estações que apresentam praticamente a mesma altitude e são litorâneas, é constatada uma diferença em torno de 1°C, para a maioria dos meses do ano.

A cobertura de nuvens afeta tanto o fluxo da radiação solar como da radiação terrestre. Assim, durante o dia, a temperatura é mais elevada com céu claro e amena com a presença de muitas nuvens. No período noturno, com maior quantidade de nuvens a radiação terrestre diminui e a noite adquire característica de abafamento; mas se existir céu claro, a perda radiativa é máxima e a temperatura declina bastante. Nas estações meteorológicas analisadas, a maior cobertura média de nuvens ocorre no verão e primavera (figura 24), com totais em torno de 6/10, o que significa, de acordo com a tabela 14, céu nublado; no outono e no inverno, a média é um pouco menor, 5/10, ou céu parcialmente nublado (tabela 14). Como a maior quantidade de nuvens no verão ocorre na tarde (figuras 23A, B e C) as temperaturas tendem a se estabilizar neste período do dia. Mas, a maior influência da nebulosidade parece estar na primavera: apesar dessa estação do ano se apresentar com predomínio de céu

nublado, a maior nebulosidade diária concentra-se no período da manhã, o que mantém a temperatura em pequena elevação e a menor cobertura noturna auxilia na liberação do calor acumulado durante o dia. Esse fato pode justificar a elevação menos gradual das temperaturas na primavera em relação ao declínio do outono (figura 22).

### 3.1.1 Efeito das escarpas da Serra Geral na temperatura

Para verificar o efeito das escarpas da Serra Geral na temperatura foram utilizados dados médios mensais das estações meteorológicas de Urussanga (48 m), da Serra da Rocinha (680 m) e São Joaquim (1402 m), para o período de janeiro de 2005, quando a da estação meteorológica da Serra da Rocinha entrou em atividade, a março de 2006.

O comportamento da temperatura média mensal de cada localidade segue a dinâmica das massas de ar no Sul do Brasil (MONTEIRO e FURTADO, 1995; MONTEIRO, 2001): elevadas no verão, baixas no inverno, em declínio no outono e em elevação na primavera, conforme a tabela 8.

Tabela 8 – Temperatura média mensal das estações meteorológicas de Urussanga, Serra da Rocinha e São Joaquim para o período de janeiro de 2005 a março de 2006.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
Urussanga (48 m)	26,1	24,6	24,6	22,2	19,9	19,4	14,7	17,3	16,3	19,4	21,4	22,2	25,0	24,0	23,6
Serra da Rocinha (680 m)	20,1	19,2	19,4	17,8	16,4	16,1	13,4	15,9	12,6	15,7	17,5	18,0	21,1	19,9	20,1
São Joaquim (1402m)	19,1	17,5	17,8	15,1	13,6	12,9	8,6	12,4	8,9	13,7	15,0	14,9	18,1	17,1	16,6

Fonte: Banco de dados da EPAGRI/ CIRAM

O efeito do relevo determina temperaturas médias mensais 5 a 7°C menores para São Joaquim quando comparado com Urussanga (tabelas 8 e 9). Isso significa uma diminuição de 0,37 a 0,52°C para cada 100 metros de altitude.

A quantidade de vapor d'água, expressa em umidade do ar, incide sobre a temperatura: quanto mais úmido, menor a diferença de temperatura. Assim, a área entre Urussanga e São Joaquim é mais úmida em relação às condições médias globais, que são de 0,65°C/100m.

Diferenças acentuadas nas médias de temperatura entre a Serra da Rocinha e Urussanga podem ser observadas nas tabelas 8 e 9; entre janeiro e julho de 2005, houve uma diminuição gradual na diferença de temperatura média de 6°C em janeiro de 2005 para 1,3°C para julho do mesmo ano. No mesmo período, situação contrária foi verificada entre a Serra da Rocinha e São Joaquim. Isso significa que no inverno a umidade é mais intensa entre Urussanga e a Serra da Rocinha. Entre a Serra da Rocinha e São Joaquim, por outro lado, a umidade é maior no verão, revelando a importante influência das massas de ar frio no planalto, resultando em umidade muito baixa, especialmente no inverno, que persiste enquanto os Anticiclones Polares migram pelo Sul do Brasil.

Relação entre abundância de chuvas e diferenças térmicas parece não existir, pelo menos no período analisado (tabela 9). Nos meses em que a precipitação ficou acima da média deveria ocorrer pouca diferença de temperatura. Entretanto, foi verificado o contrário, como por exemplo, no mês de julho, em que a menor diferença de temperatura entre Urussanga e Serra da Rocinha coincidiu com chuva abaixo da média.

Do acima exposto, pode-se inferir que no comportamento da temperatura entre a costa e o planalto o fator principal é a atuação das massas de ar, com baixa umidade no inverno no planalto sul, devido à atuação mais intensa dos anticiclones polares; fatores locais como a altitude e outros, como formação de nevoeiros e nuvens stratus (nuvens baixas que cobrem parte das escarpas da Serra Geral num determinado momento, e em outros, toda a sua extensão) são menos significativos.

O gradiente de temperatura com a altitude ocorre devido à descompressão adiabática, na medida que o ar se eleva na atmosfera e causa um resfriamento médio de 0,65°C para cada 100 metros.

A normalidade de temperatura observada na figura 22 pode, em determinados anos, ser alterada por influência de sistemas atmosféricos que atuam regionalmente como bloqueios atmosféricos ou por fenômenos de ação global como o El-Niño e a La Niña. Em casos de bloqueios atmosféricos e de El-Niño há um aumento na temperatura, e decréscimo sob atuação de La Niña.

Tabela 9 – Anomalias de precipitação no sul catarinense e diferenças de temperatura entre Urussanga, Serra da Rocinha e São Joaquim, no período de janeiro de 2005 a março de 2006.

Meses	Precipitação (1)	Precipitação (2)	Diferença de temperatura (1)	Diferença de temperatura (2)	Diferença de temperatura (3)
Jan/05	AB	AB	6,0	1,0	7,0
Fev	AB	AB	5,4	1,7	7,1
Mar	AC	AC	5,2	1,6	6,8
Abr	AB	AB	4,4	2,7	7,1
Mai	AC	AC	3,5	2,8	6,3
Jun	AB	AC	3,3	3,2	6,5
Jul	AB	AB	1,3	4,8	6,1
Ago	AC	AC	1,4	3,5	4,9
Set	AC	AC	3,7	3,7	7,4
Out	AC	AC	3,7	2,0	5,7
Nov	AC	AB	3,9	2,5	6,4
Dez	AB	AB	4,2	3,1	7,3
jan/06	AC	AB	3,9	3,0	6,9
Fev	AB	AB	4,1	2,8	6,9
Mar	AB	AC	3,5	3,5	7,0

Fonte: Anomalias de precipitação obtidas no Setor de Meteorologia da EPAGRI/CIRAM. Org. pelo autor.

Legenda: Precipitação (1) costa sul catarinense; (2) planalto sul ; AB = Abaixo da média climatológica; AC = Acima da média climatológica; Temperatura (1) entre Urussanga e Serra da Rocinha; (2) entre São Joaquim e Serra da Rocinha; (3) entre São Joaquim e Urussanga.

As alterações na dinâmica da temperatura se refletem no comportamento das pessoas, dos animais e da economia. Essa situação pode ser agravada quando outros elementos do clima como a umidade e o vento contribuem para tornar mais expressivo o desconforto causado pela temperatura.

O corpo humano está constantemente liberando energia e qualquer interferência nesse processo acaba afetando a sensação de temperatura. Isso leva a sintomas como “sensação de frio” e “sensação de calor”. Um exemplo são as constantes reclamações das pessoas que moram em lugares muito frios como São Joaquim: uma temperatura de 2°C com vento calmo dá uma sensação diferente daquela com grande velocidade do vento. O vento não apenas reforça o resfriamento por evaporação, devido maior evaporação, mas também aumenta a taxa de perda de calor sensível devido à constante troca do ar aquecido junto ao corpo por ar frio.

O estudo da relação entre velocidade do vento e temperatura do ar teve início na década de 1930 com as experiências do cientista americano Paul Siple na Antártida. O cientista utilizava recipientes plásticos cilíndricos cheios de água em temperaturas e

velocidades do vento diferentes. Marcava o tempo de congelamento da água estimando a quantidade de calor dissipada pela ação das condições de tempo e, com o resultado, conseguiu estabelecer uma equação relacionando a perda de calor do corpo humano com a pele seca em relação a essas duas variáveis: temperatura do ar e velocidade do vento.

Posteriormente, com base na equação de Siple foi desenvolvida a relação entre a temperatura ambiente, a velocidade do vento e a temperatura da pele seca do ser humano, dando como resultado um novo valor de temperatura, a qual foi denominada “Sensação Térmica”, que tecnicamente é conhecida como *Temperatura Equivalente de Windchill* ( $T_w$ ) ou *Índice de Windchill*.

O *Índice de Windchill* foi recentemente verificado para os trabalhadores do Porto de Itajaí. Bitencourt et al., (2006), utilizando valores horários de temperatura e vento da estação meteorológica automática instalada naquele porto e através de cálculos da *Temperatura Equivalente de Windchill* (fórmula abaixo), verificaram que o vento favorece maior taxa de perda de calor através da pele exposta, o que agravou a sensação de frio, nos dias 11 a 13 de julho de 2003.

$$T_w = \frac{[10 \times \sqrt{v} + 10,45 - v] \times (T - 33) + 726}{16}$$

22

Onde T é a temperatura do ar (°C) e v a velocidade do vento (m/s).

Assim, se em São Joaquim, no Planalto Sul Catarinense, ocorrer uma temperatura de -2°C (dois graus negativos) e o vento for de 40km/h, a sensação térmica calculada pela expressão  $T_w$ , para uma pessoa exposta a essas condições de tempo é de -18°C (dezoito graus negativos), conforme a tabela 10.

A mesma relação serve para a umidade; frio úmido provoca uma certa sensação, seco, outra. Existem estudos correlacionando esses elementos climáticos a fim de educar, prevenir e até evitar a morte de pessoas expostas a extremos de desconfortos provocados pela temperatura, umidade e vento. Para avaliar o conforto humano nos dias quentes, baseado em condições de temperatura e umidade, existe o “Índice de Temperatura-Umidade (ITU)” que é calculado através da seguinte expressão:

$$ITU = T - 0,55 \times (1 - 0,01 \times UR) \times (T - 14,5)$$

onde T é a temperatura do ar (°C) e UR é a umidade relativa (%).

Tabela 10 – Temperatura Equivalente de Windchill ou “Sensação Térmica”

		Velocidade do Vento ( km/h )									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Temperatura Real ( °C )	16	14	11	9	8	7	6	6	6	6	5
	14	12	8	6	5	4	3	3	3	2	2
	12	9	5	3	2	1	0	0	-1	-1	-1
	10	7	3	0	-1	-2	-3	-4	-4	-4	-4
	8	5	0	-2	-4	-5	-7	-7	-7	-7	-8
	6	3	-2	-5	-7	-8	-10	-10	-10	-11	-11
	4	1	-5	-8	-10	-11	-13	-13	-13	-14	-14
	2	-2	-8	-11	-13	-14	-16	-16	-17	-17	-17
	0	-4	-10	-14	-16	-17	-19	-20	-20	-20	-21
	-2	-6	-13	-17	-18	-20	-22	-23	-23	-23	-24
	-4	-8	-16	-19	-21	-23	-25	-26	-26	-27	-27

Fonte: EPAGRI/CIRAM, Modificado pelo autor.

Na tabela 11 são mostrados os valores de ITU calculados com temperaturas em graus Celsius e Umidade Relativa em porcentagem.

Estes dois índices são adotados pelo setor de meteorologia da EPAGRI/CIRAM para a previsão de temperatura máxima igual ou superior a 21°C.

Alguns setores da economia são também muito sensíveis as variações de temperatura. O arroz irrigado, cultivo que se destaca na Bacia do Araranguá, tem germinação dificultada com temperaturas mínimas abaixo de 10°C e máximas acima de 40°C, como salienta Zanini Neto (2002). Uma persistência de dias muito frios ou de forte calor na época da germinação interfere na produção e, em consequência, na economia de municípios da bacia, pois como salientam Gaidzinski e Furtado (2005), municípios como Turvo e Meleiro tem quase que toda sua economia concentrada na atividade rizícola.

Tabela 11 – Índice de Desconforto Humano

Umidade Relativa (%)										
TEMP <sup>o</sup> C	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
21,1	17,8	17,8	18,3	18,9	18,9	19,4	20,0	20,0	20,6	21,1
23,9	18,9	19,4	20,0	20,6	21,1	21,7	22,2	22,8	23,3	23,9
26,7	20,6	21,1	21,7	22,2	22,8	23,9	24,4	25,0	25,6	26,7
29,4	21,7	22,8	23,3	24,4	25,0	26,1	26,7	27,8	28,3	29,4
32,2	23,3	23,9	25,0	26,1	27,2	27,8	28,9	30,0	31,1	32,2
35,0	24,4	25,6	26,7	27,8	28,9	30,0	31,1	32,2	33,3	35,0
37,8	26,1	27,2	28,3	30,0	31,1	32,2	33,9	35,0	36,1	37,8
40,6	27,8	28,9	30,6	31,7	33,3	35,0	36,1	37,8	38,9	40,6

Legenda	
	Sensação de frio
	Nenhum desconforto
	Pequeno desconforto
	Desconforto considerável
	Grande desconforto
	Máximo desconforto

Fonte: EPAGRI/CIRAM. Modificado pelo autor.

Apesar da média climática mostrar uma suave variação de temperatura, mês-a-mês, nas estações analisadas (figura 22), existem mudanças abruptas, em curto espaço de tempo, a qualquer época do ano. As temperaturas mais elevadas ocorrem associadas às massas tropicais e, dependendo da sua persistência chega a valores extremos. Por outro lado, a incursão de um anticiclone polar de forte intensidade no Sul do Brasil declina as temperaturas até mesmo no verão.

A tabela 12 mostra as temperaturas máximas e mínimas absolutas em Araranguá. Segundo a tabela, mesmo no período mais frio pode ocorrer temperatura próxima a 40°C e, por outro lado, haver condição de geada fraca no mês de dezembro.

Tabela 12 – Temperaturas máximas e mínimas absolutas da estação meteorológica de Araranguá, período 1928-2003

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Máxima Absoluta	39.3	38.2	37.5	35.1	34.1	32.4	39.6	37.7	40.0	35.6	36.5	40.5
Mínima Absoluta	9.6	9.0	7.6	3.0	0.3	-3.2	-3.6	-1.8	0.6	3.8	4.8	3.6

Fonte: Banco de dados da EPAGRI//CIRAM.

### 3.2 Umidade relativa do ar (UR)

Representativa da quantidade de vapor d'água em um determinado local, a umidade relativa do ar reflete o comportamento de alguns elementos climáticos, tais como temperatura, nebulosidade e precipitação.

A umidade relativa varia inversamente com a temperatura: mais elevada durante a noite, especialmente, no final da madrugada, e mais baixa no começo da tarde, quando a temperatura é mais elevada.

Na Região Sul do Brasil, as maiores variações ocorrem associadas ao deslocamento das frentes frias. Em situação pré-frontal, sob domínio do Anticiclone Semi-fixo do Atlântico Sul (ASAS), os ventos sopram de nordeste a noroeste e a UR fica muito variável, sendo mais alta no litoral e mais baixa no interior. Em condições frontais, a umidade é máxima, geralmente entre 95 e 100%, em virtude da presença da nebulosidade, da chuva e do declínio das temperaturas. A estabilidade volta a retornar a partir do momento que a frente fria se afasta, geralmente, para o Sudeste brasileiro, com a chegada de um anticiclone polar à Região Sul. Sob influência desse sistema atmosférico, a umidade relativa fica muito baixa e os menores percentuais, que podem ficar entre 20 e 30%, ocorrem quando o anticiclone é continental, ou seja, com o centro da massa de ar frio sobre a Argentina, Uruguai, Paraguai ou Sul do Brasil, principalmente no inverno. Há casos em que ainda está chovendo e a umidade relativa começa a cair bruscamente, e passa de 100% para 80% em poucos minutos; assim que

a chuva cessa, e a ação da massa de ar frio passa a ser maior, a umidade declina mais de 20%, em apenas uma hora. Por outro lado, se o anticiclone polar se desloca pelo oceano Atlântico, trajetória mais freqüente, a umidade no litoral Sul do Brasil se mantém elevada até tornar-se tropicalizado, já distante do estado. Nesse caso, ocorrem muitas nuvens e até chuva isolada, que é mais persistente de Porto Alegre a Joinville. Na BHRA, a umidade fica mais concentrada nas proximidades das escarpas da Serra Geral, que é o lado barlavento, onde os ventos úmidos são forçados a ascender. Fora da área da bacia mas próximo das escarpas, Orleans é o município que apresenta os maiores valores de umidade.

A intensa dinâmica dos sistemas atmosféricos é responsável pela maior variação de UR no Sul do Brasil. No Centro-Oeste, por exemplo, existe um período de máxima umidade que ocorre no verão, em função da cobertura de nuvens e da precipitação diária, e de mínima no inverno, por influência da Massa Tropical Continental (mTc) quente e seca; neste período é comum a umidade cair para valores inferiores a 20%. Nesse caso, é comum a Defesa Civil alertar a população para umidificar o ambiente, permanecer em locais protegidos do sol, interromper qualquer atividade ao ar livre entre 10 e 16 horas, evitar aglomerações em ambientes fechados e usar soro fisiológico para olhos e narinas.

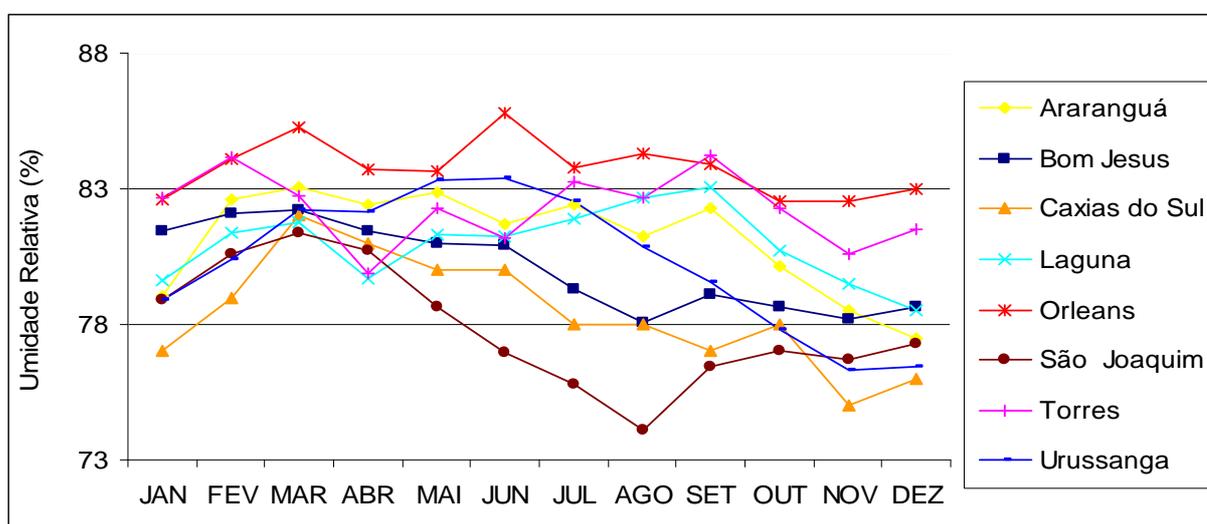
Além da variação da UR estar relacionada a outros elementos climáticos e aos sistemas meteorológicos, o relevo possui influência significativa. Conforme a figura 23, as localidades de maior altitude apresentam umidade relativa mais baixa em relação às costeiras e a diferença torna-se mais evidente no inverno e na primavera. Este fato pode ser explicado pelo efeito do relevo, pois dentro da Troposfera os valores de UR tendem a diminuir com a altitude. O vapor d'água se origina na superfície terrestre pela evaporação e transpiração e fica concentrado nas camadas mais baixas da atmosfera, com quase metade do total abaixo de 2000 metros. Segundo Landsberg, apud Ayoade (1991), a quantidade de vapor d'água nas latitudes médias é de 1,30% do volume ao nível médio do mar e diminui para 0,81% a 1500 metros de altitude.

Caxias do Sul apresenta valores baixos de umidade também no verão, que pode estar associada à estabilidade do ar que ocorre em boa parte do Rio Grande do Sul. Estudos efetuados por Lima (s/d) na Região Metropolitana de Porto Alegre apontam para valores de umidade relativa semelhantes aos registrados na estação de Caxias do Sul, durante o verão. Em Torres, apesar de estar na mesma latitude de Caxias do Sul, o efeito da brisa oceânica contrasta com o ar seco proporcionando umidade relativa do ar mais elevada no verão.

Entre os municípios costeiros, Torres é mais úmido; já Araranguá e Laguna são um pouco menos úmidos, sendo que Araranguá apresenta, entre o final da primavera e início do

verão (novembro a janeiro), valores de UR semelhante às estações serranas, portanto a temperatura já é elevada, porém a umidade é baixa. Esta baixa umidade relativa do ar (figura 23) aliada ao baixo volume de chuva (tabela 15) e as temperaturas relativamente elevadas (figura 22) tornam o referido município vulnerável ao controle no consumo de água, podendo resultar em conflitos, conforme discutido mais adiante *em precipitação*.

Tendo como base a classificação de névoas através da diferença de UR, que com valor igual ou superior a 80% a névoa é considerada úmida, e inferior a esse valor, névoa seca (COMAER, 2001), é verificado que os municípios costeiros são úmidos na maior parte do ano, sendo os meses de fevereiro, março e setembro os mais úmidos, e novembro e dezembro, os mais secos. De todos os municípios, Orleans é o mais úmido, e o mais seco, São Joaquim, com valores superiores a 80% somente no período de fevereiro a abril (figura 23).



Estação/Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Araranguá	79	83	83	82	83	82	82	81	82	80	78	77
Bom Jesus	81	82	82	81	81	81	79	78	79	79	78	79
Laguna	80	81	82	80	81	81	82	83	83	81	80	79
Orleans	83	84	85	84	84	86	84	84	84	83	83	83
São Joaquim	79	81	81	81	79	77	76	74	76	77	77	77
Torres	83	84	83	80	82	81	83	83	84	82	81	82
Caxias do Sul	77	79	82	81	80	80	78	78	77	78	75	76
Urussanga	79	80	82	82	83	83	83	81	80	78	76	76

Figura 23 – Média mensal da umidade relativa do ar.

Fonte: Banco de dados da EPAGRI/CIRAM..

As figuras 24, 25 e 26, mostram as variações diárias da umidade relativa às 9, 15 e 21 horas, respectivamente, para as estações de São Joaquim, Urussanga e Araranguá.

Pela manhã, de acordo com a média mensal das 09 horas (figura 24), a variação entre os dados das três estações é mais acentuada no período de inverno e início da primavera, uma vez que São Joaquim apresenta uma diminuição da UR a partir das primeiras incursões polares mais ativas. Na primavera a umidade baixa nas três estações, e em Urussanga de modo mais acentuado. Novembro e dezembro são os meses de menor UR nas três estações analisadas. Apesar das variações, no decorrer do ano, Araranguá é o mais úmido, seguido por Urussanga e São Joaquim, indicando a influência do oceano Atlântico, da altitude e das massas de ar.

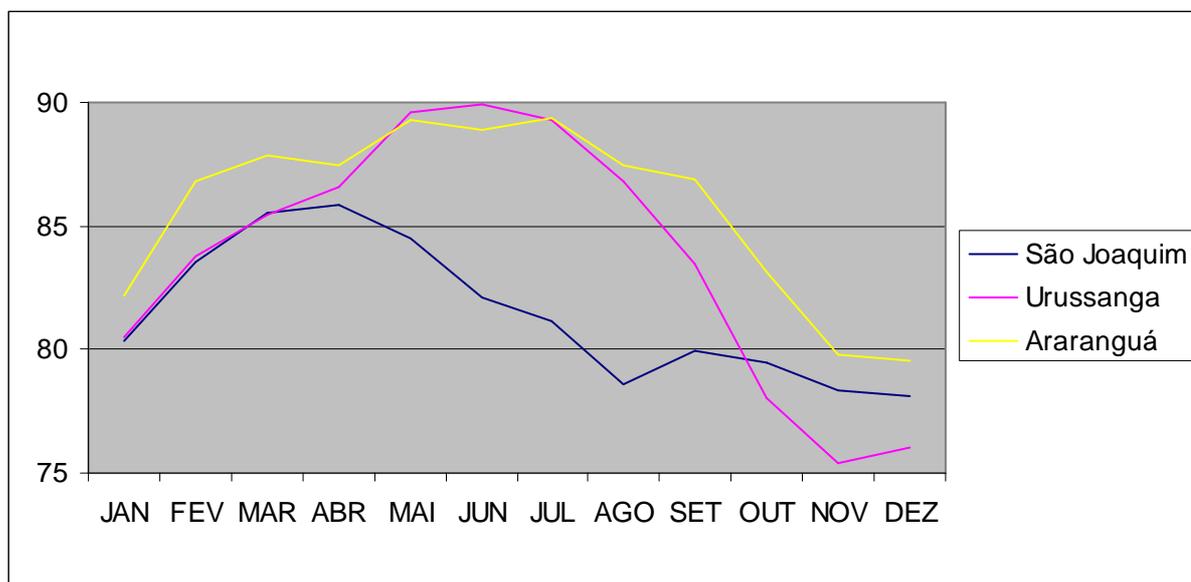


Figura 24 – Média mensal da umidade relativa das 09 horas.

Fonte: Banco de dados da EPAGRI/CIRAM..

À tarde, a UR baixa sensivelmente nos três municípios e São Joaquim é o que apresenta menor índice, e Araranguá o mais úmido (figura 25). Comparando com o comportamento das 9 horas e 21 horas, figuras 24 e 26, respectivamente, a UR é mais estável às 15 horas, no decorrer do ano.

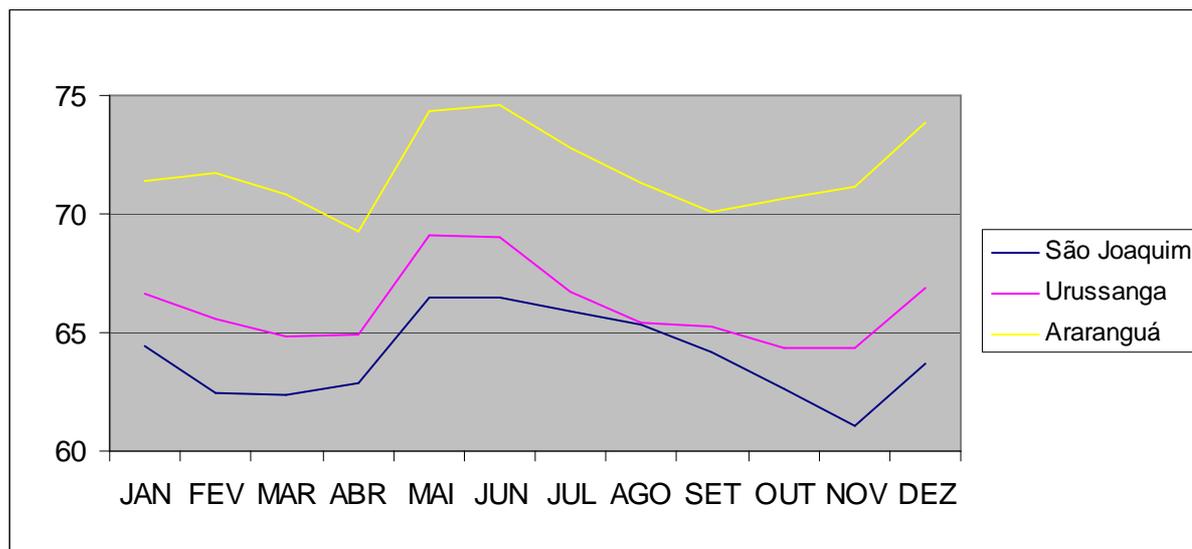


Figura 25 – Média mensal da umidade relativa das 15 horas.

Fonte: Banco de dados da EPAGRI/CIRAM..

Existe uma elevação no índice nos meses de maio e junho para as três estações analisadas, justamente nos meses de pouca chuva (tabela 15). A estabilidade atmosférica que se forma nesse período favorece a formação de nevoeiros mesmo durante a tarde, conforme a tabela 5 no capítulo 2. Como esse fenômeno exige umidade elevada (entre 98 e 100%) para se formar, se reflete no aumento da umidade média, conforme a figura 25.

O mês que apresenta a umidade mais baixa durante o dia é novembro, pelo menos para Urussanga e São Joaquim (figuras 24 e 25), reflexo da estabilidade atmosférica.

O período noturno é o mais úmido e todas as três estações analisadas apresentam umidade relativa superior a 80%, conforme figura 26.

Na comparação do comportamento da UR nos três horários de observação é verificado que em Araranguá a umidade relativa se mantém mais constante, provavelmente como decorrência da proximidade com o oceano, enquanto nas estações mais distantes do mar os valores são mais variáveis ao longo do dia.

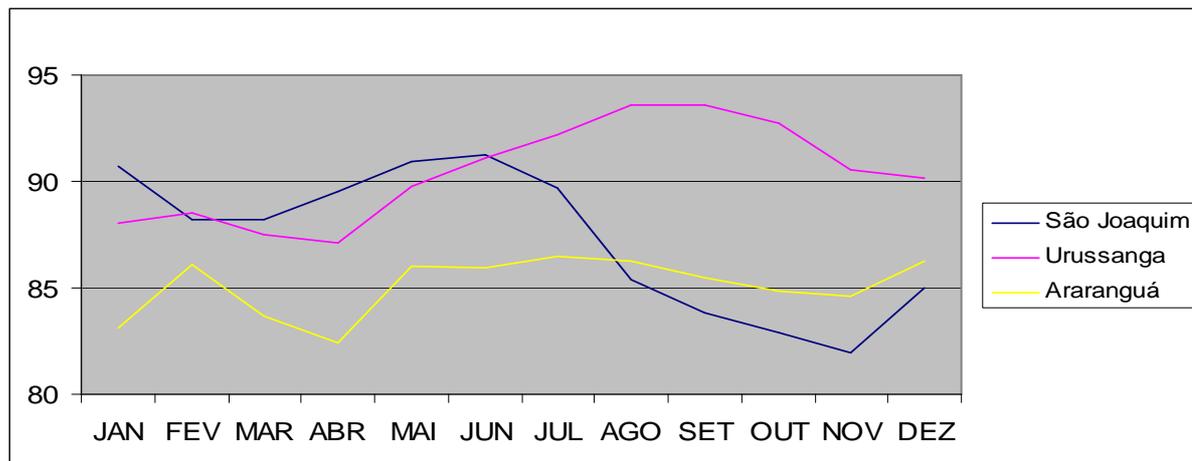


Figura 26 – Média mensal da umidade relativa das 21 horas.

Fonte: Banco de dados da EPAGRI/CIRAM.

### 3.3 Nebulosidade

Para quantificar e nomear a nebulosidade é analisada a cobertura do céu, dividindo a abóbada celeste em partes. A instrução do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para os observadores é dividir a abóbada celeste em 10 partes, de forma que 10/10 de cobertura de nuvens representa céu encoberto; o Comando da Aeronáutica (COMAER) utiliza o oktas, unidade de medida de quantidade de nuvens igual à área de um oitavo do céu dentro do campo de visão do observador, com céu encoberto representando 8/8.

De acordo com o Manual de Observações Meteorológicas do INMET (DIOME.DO.09.022), a relação entre a cobertura de nuvens representada pelas duas instituições é discriminada, conforme a tabela 13.

Tabela 13 – Comparação entre COMAER e INMET com relação à cobertura do céu por nuvens

COMAER	INMET
1/8 .....	1/10
2/8 .....	2 a 3/10
3/8 .....	4/10
4/8 .....	5/10
5/8 .....	6/10
6/8 .....	7 a 8/10
7/8 .....	9/10
8/8 .....	10/10

Fonte: Manual de Observações Meteorológicas do INMET (DIOME.DO.09.022). Org. pelo autor.

A classificação da cobertura de nuvens de acordo com o fracionamento do INMET é apresentado na tabela 14.

Tabela 14 – Classificação de cobertura do céu.

Classificação	Cobertura do céu (em décimos)
Céu claro .....	0
Poucas nuvens .....	1 a 2
Parcialmente nublado .....	3 a 5
Nublado .....	6 a 9
Encoberto .....	10

Fonte: Climatologie – méthodes et pratiques (1973), modificado pelo autor.

Na área de estudo a quantidade e o tipo de nuvens variam muito, em virtude, principalmente, dos diversos sistemas atmosféricos atuantes. A diversidade dos sistemas resulta na presença de muitas nuvens no decorrer do ano. Conforme a figura 27, a cobertura média do céu é superior a 5/10 em todos os meses do ano e, em todas as localidades estudadas, portanto, o céu está, em média, nublado.

O verão e a primavera são períodos do ano com muitas nuvens, apresentando uma média de 6/10 de cobertura do céu, enquanto o outono e o inverno são menos nublados para a maior parte das localidades analisadas. Os meses de janeiro e fevereiro apresentam coberturas do céu muito semelhante. Para as localidades analisadas, Araranguá e Bom Jesus são as que apresentam maior quantidade de nuvens. Por outro lado, Caxias do Sul, Laguna e Orleans, apresentam valores médios mais baixos. Relacionando os dados de nebulosidade (figura 27) com os de precipitação (tabela 15) é observado que Araranguá, apesar de apresentar bastante nebulosidade, a quantidade de chuva é menor. Caxias do Sul e Orleans, com menos nuvens apresentam maior volume pluviométrico e em Laguna e Bom Jesus ocorre uma certa coerência entre a nebulosidade e a precipitação.

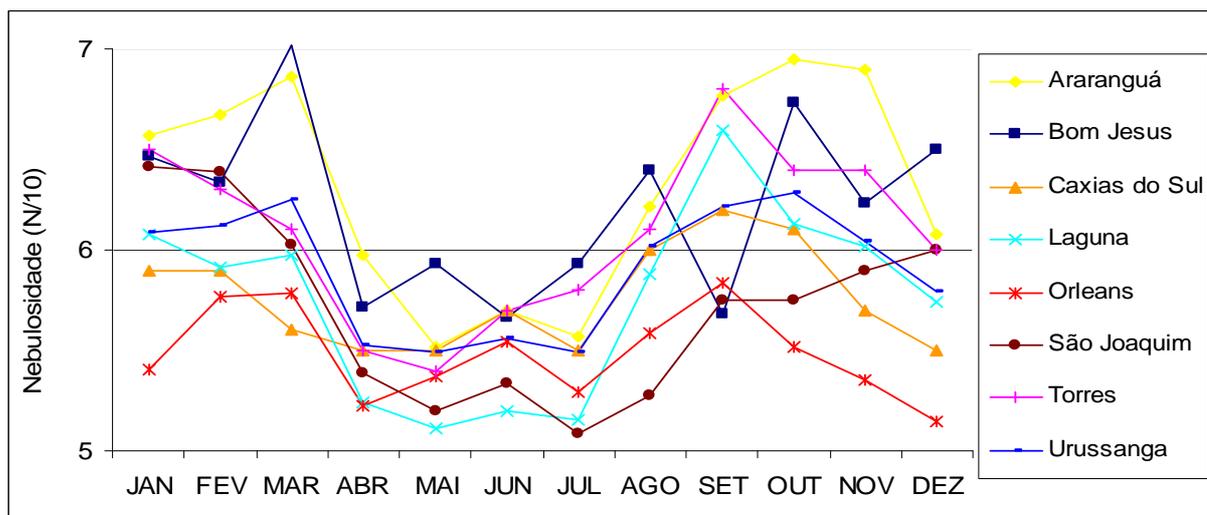


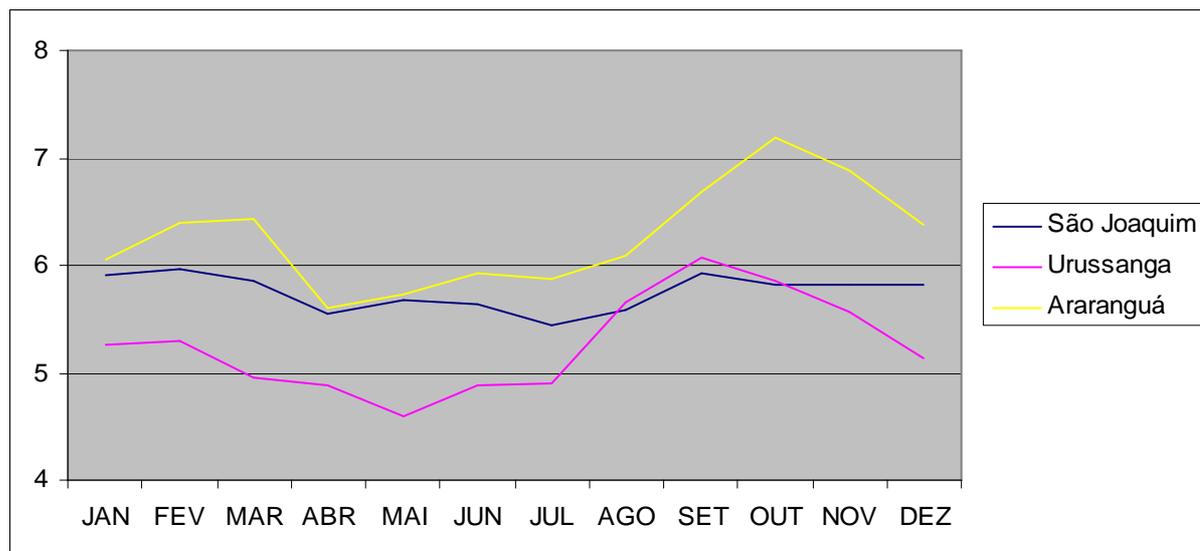
Figura 27 – Nebulosidade média mensal em décimos.

Fonte: Banco de dados da EPAGRI/CIRAM..

O comportamento das nuvens, entre outros fatores, está diretamente relacionado com os tipos de sistemas atmosféricos e com as características do relevo. Nos sistemas de tempo instável, as frentes frias provocam, de modo geral, nuvens generalizadas por uma região; mas nos processos convectivos, entre outros, a nebulosidade é mais isolada e em alguns lugares mais persistente por influência do relevo. Por isso são verificadas diferenças entre as localidades analisadas.

No sul de Santa Catarina as únicas estações a apresentar informações das 9, 15 e 21 horas são Araranguá, São Joaquim e Urussanga e apresentadas nas figuras 28, 29 e 30.

Nas três localidades a nebulosidade é esparsa em boa parte da manhã (aproximadamente metade do céu com nebulosidade), mas entre a madrugada e início da manhã, especialmente quando ocorre chuva no dia anterior, formam-se nevoeiros e nuvens Stratus (St) que contribuem à cobertura de nuvens que é observada na leitura das 9 horas (figura 28).

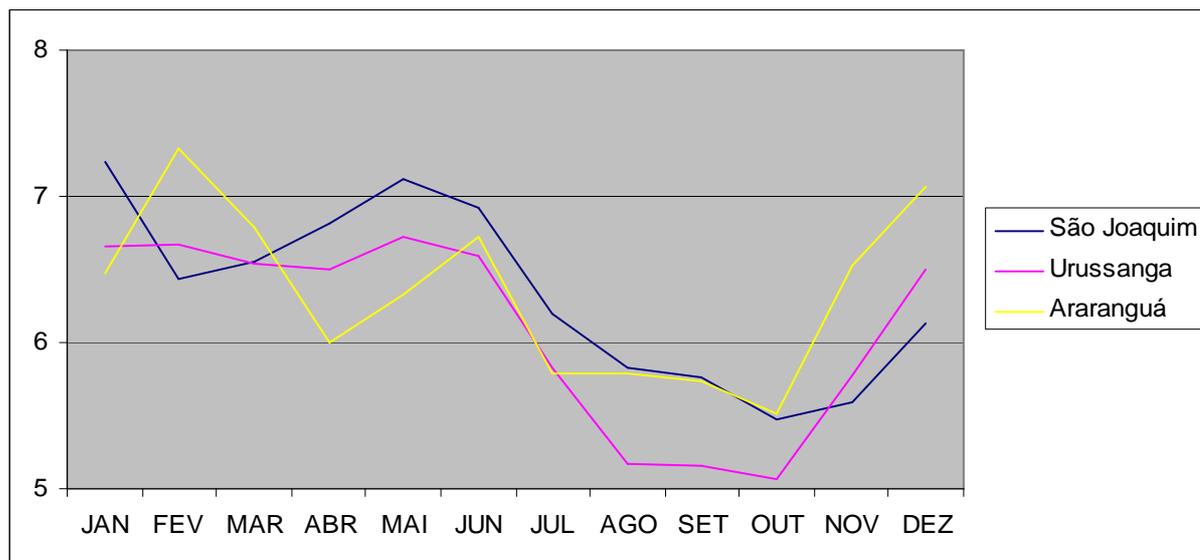


Estação/Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
São Joaquim	5,9	6,0	5,9	5,6	5,7	5,6	5,4	5,6	5,9	5,8	5,8	5,8
Urussanga	5,3	5,3	4,9	4,9	4,6	4,9	4,9	5,7	6,1	5,8	5,6	5,1
Araranguá	6,0	6,4	6,4	5,6	5,7	5,9	5,9	6,1	6,7	7,2	6,9	6,4

Figura 28 – Média mensal de nebulosidade das 9 horas.

Fonte: Banco de dados da EPAGRI/CIRAM.

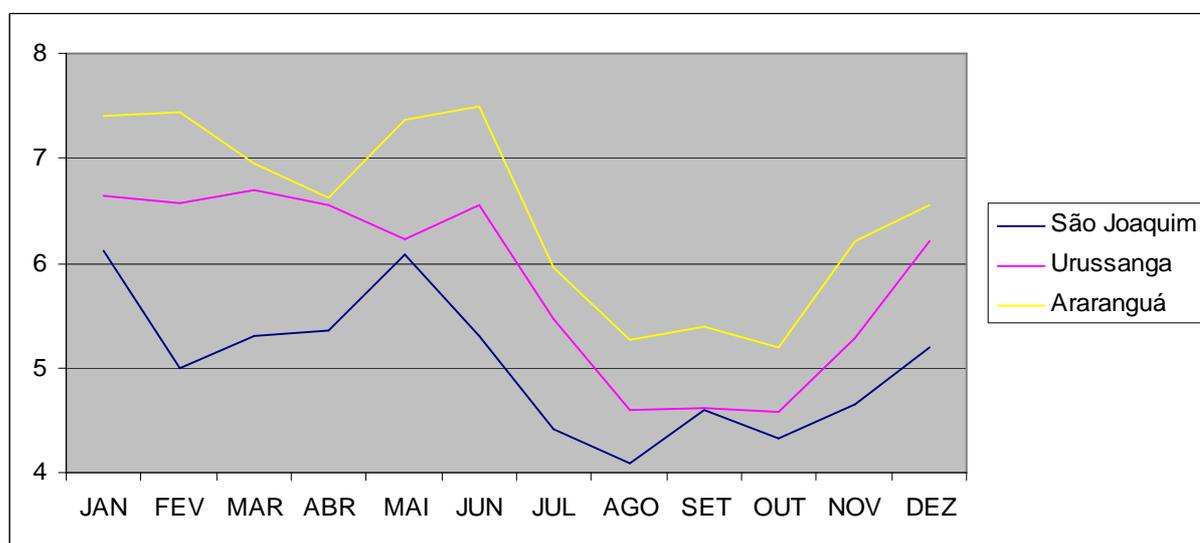
À tarde, a convecção produz aumento de nuvens, deixando o céu nublado geralmente a partir do meio da tarde e em boa parte da noite. As nuvens formadas pela convecção são do tipo Cumulus (Cu) e Cumulonimbus (Cb), isoladas e com grande desenvolvimento vertical; de modo geral, se expandem, principalmente a Cb, e formam outros tipos com características horizontais como Stratocumulus (Sc), Altostratus (As) e Nimbostratus (Ns), que proporcionam aumento considerável na cobertura de nuvens, especialmente em Araranguá e Urussanga, conforme as figuras 29 e 30. Portanto, a umidade que ainda resta do dia anterior e o processo convectivo, são fatores importantes na produção de nuvens e fazem com que o verão seja bastante nublado.



Estação/Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
São Joaquim	7,2	6,4	6,6	6,8	7,1	6,9	6,2	5,8	5,8	5,5	5,6	6,1
Urussanga	6,7	6,7	6,5	6,5	6,7	6,6	5,8	5,2	5,2	5,1	5,8	6,5
Araranguá	6,5	7,3	6,8	6,0	6,3	6,7	5,8	5,8	5,7	5,5	6,5	7,1

Figura 29 – Média mensal de nebulosidade das 15 horas.

Fonte: Banco de dados da EPAGRI/CIRAM..



Estação/Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
São Joaquim	6,1	5,0	5,3	5,4	6,1	5,3	4,4	4,1	4,6	4,3	4,7	5,2
Urussanga	6,6	6,6	6,7	6,5	6,2	6,5	5,5	4,6	4,6	4,6	5,3	6,2
Araranguá	7,4	7,4	6,9	6,6	7,4	7,5	6,0	5,3	5,4	5,2	6,2	6,6

Figura 30 – Média mensal de nebulosidade das 21 horas.

Fonte: Banco de dados da EPAGRI/CIRAM..

No outono, com o tempo mais estável, principalmente quando ocorre bloqueio atmosférico, a maior quantidade de nuvens está associada à passagem de frente fria ou à ocorrência de vórtice ciclônico, com a formação de nuvens do tipo Cu e Cb. Nessa época do ano, as nuvens mais persistentes são as médias do tipo *Altostratus* (Ac) e as altas como as *Cirrus* (Ci), que ocorrem mesmo um pouco distantes dos sistemas instáveis como as frentes frias e abrangem boa parte da cobertura do céu por toda Região Sul.

Embora a ocorrência de nevoeiros seja maior neste período do ano, conforme a tabela 5 (Capítulo 2), a maior parte desse fenômeno não se transforma em nuvens, tendo em vista que no período da manhã, quando se formam mais nevoeiros, a nebulosidade é menor, especialmente em São Joaquim e Urussanga (figuras 28, 29 e 30).

No inverno, a nebulosidade ocorre principalmente associada à passagem de frentes frias e persiste por 24 horas aproximadamente. Após a passagem das frentes uma massa de ar frio e seco passa a atuar e deixa o tempo estável com poucas nuvens, principalmente se a massa de ar for continental. A estabilidade persiste em torno de 72 a 96 horas favorecendo, conforme a figura 27, menos nebulosidade, principalmente nos meses de junho e julho, especialmente à tarde e à noite (figuras 28, 29 e 30).

Nas manhãs de inverno dos meses de junho e julho, a condição de nebulosidade das três estações analisadas é semelhante à do outono. Mas em agosto, já existe um pequeno aumento de nebulosidade neste horário, o que pode ser reflexo dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's), que embora sejam mais presentes em setembro e outubro, já começam a se manifestar em Santa Catarina a partir da segunda quinzena de agosto.

Conforme a figura 27, a primavera se caracteriza por muita nebulosidade, principalmente nos meses de setembro, outubro e na primeira quinzena de novembro. Essa nebulosidade é, em parte, formada a partir dos CCM's durante a madrugada e persiste pela manhã, diminuindo a partir da tarde, conforme as figuras 28, 29 e 30. Por outro lado, em novembro, entre a tarde e a noite, a nebulosidade aumenta, devido à formação de muitas nuvens do tipo Ac e Ci, (informadas nos boletins meteorológicos dos aeroportos) que são também frequentes no outono.

### 3.4 Precipitação

A precipitação ocorre na forma de chuva, chuvisco, neve e granizo e, de modo geral, é originada através dos processos convectivos, orográficos e ciclônicos.

A precipitação convectiva é proveniente de nuvens Cu e Cb e ocorre em forma de pancadas isoladas. Como depende de calor, umidade e ventos fracos, é freqüente no Sul do Brasil no verão, e é, em parte, responsável pelo grande volume pluviométrico que ocorre nesta época do ano. Na maioria das localidades analisadas, os meses de maior precipitação são janeiro e fevereiro, conforme a tabela 15. Isso porque as pancadas de chuvas, apesar de rápidas, são fortes e o volume precipitado em apenas dez minutos pode exceder aquele proveniente de uma frente fria de pouca atividade, caracterizada por chuvas fracas e com persistência de até mais de vinte e quatro horas, comum no inverno.

A precipitação orográfica, ao contrário da convectiva, necessita de ventos contínuos e não muito fracos. Esses ventos ao ascenderem a montanha provocam resfriamento adiabático na razão de 1°C para cada 100 metros de altitude na parcela de ar que está sendo transportada; quando a temperatura atinge a do ponto de orvalho, o ar torna-se saturado e condensa formando nuvens que favorecem a ocorrência de precipitação, geralmente do tipo chuva, em forma de pancadas.

A precipitação orográfica ocorre o ano inteiro no lado barlavento, ficando o outro lado da montanha, sotavento, mais seco e mais aquecido.

No caso da BHRA, o lado sotavento é representado pelo planalto, portanto sem a presença de ventos catabáticos quentes e secos que fluem montanha abaixo. Mas nem sempre um processo atua isoladamente. No verão, a associação entre o processo convectivo e o efeito do relevo forçam a formação de nebulosidade convectiva nas proximidades das escarpas, determinando pancadas de chuva intensas; as nuvens tendem a se deslocar para nordeste/leste, e levam consigo as chuvas que diminuem de intensidade à medida que se afastam das escarpas. Mesmo que um núcleo convectivo se instale e se afaste do seu local de formação, um outro pode se originar e provocar novas pancadas de chuvas. Esse tipo de tempo é característico das trovoadas orográficas, as mais persistentes, entre os outros tipos de trovoadas, como as frontais por exemplo. As localidades de Praia Grande, Serrinha, Timbé do Sul e Urussanga, próximas da base da escarpa, têm uma média mensal de mais de 200mm nos meses de janeiro e fevereiro, o que atesta a influência do relevo no aumento da precipitação (tabela 15). Fica evidente também a variação de clima local (microclima) quando se verifica a

diferença significativa nos totais de chuva entre localidades muito próximas, como Mãe dos Homens e Praia Grande, e Forquilha e Serrinha.

Tabela 15 – Precipitação média mensal (mm)

Municipios	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média anual
Antônio Prado	178	159	119	119	111	145	144	143	171	153	119	154	143
Araranguá	125	128	126	88	76	86	76	104	134	108	90	76	101
Bom J. da Serra	162	161	136	80	105	100	128	114	120	131	110	137	124
Bom Jesus	171	170	138	113	129	131	143	164	166	144	125	130	144
Caxias do Sul	146	152	205	133	109	153	153	178	204	173	140	169	160
Forquilha	153	183	162	101	87	82	98	111	131	126	115	132	123
Foz Manuel Alves	196	177	140	105	102	96	120	107	127	149	133	153	134
Içara	157	155	132	94	110	94	118	110	129	133	123	128	124
Laguna	120	129	143	123	111	95	100	127	136	122	105	95	117
Mãe dos Homens	188	155	126	104	80	103	94	110	148	151	131	137	127
Meleiro	178	196	158	102	83	87	94	108	137	127	113	142	127
Orleans	167	168	157	94	87	79	90	117	135	132	107	138	123
Praia Grande	215	201	147	108	85	99	114	134	163	164	161	160	146
São Joaquim	174	163	120	110	108	124	146	157	165	161	131	132	141
S. J.dos Ausentes	139	143	139	89	85	104	122	150	159	141	113	137	127
Serrinha	249	253	176	116	128	91	111	78	165	169	154	173	155
Sombrio	150	156	138	110	108	108	119	130	128	138	127	131	129
Taquaruçu	138	155	143	86	85	87	90	108	127	116	100	109	112
Timbé do Sul	232	261	193	123	112	102	126	149	148	178	173	199	166
Torres	118	138	142	96	89	98	100	139	136	124	106	102	116
Urussanga	201	204	161	104	94	85	92	109	128	131	122	145	131

Fonte: Dados de Antonio Prado, Bom Jesus, Caxias do Sul e Torres do INMET; Bom Jardim da Serra e São José dos Ausentes da Tractebel Energia (ANA); Araranguá, Laguna, Orleans, São Joaquim e Urussanga da EPAGRI/CIRAM, e das demais estações hidrológicas da ANA.

Os sistemas frontais representam a maior parte da precipitação ocasionada pelo processo ciclônico. O termo “ciclônico” aqui empregado não caracteriza um sistema de baixa pressão fechado, mas um alongado como as frentes frias. As frentes frias são importantes para a distribuição de chuvas no Sul do Brasil, conforme comentado anteriormente. Esses sistemas organizam a convecção e intensificam as chuvas orográficas a barlavento. Uma combinação dos três processos pode acontecer, e, nesse caso, o ar fica muito instável, podendo ocasionar temporais isolados com chuva forte acompanhadas de trovoadas, queda de granizo e ventos intensos, notadamente nas áreas de encosta. De acordo com o Banco de Dados da EPAGRI/CIRAM, temporais com precipitação diária acima de 50,0mm são mais freqüentes em maio, julho e outubro em São Joaquim e em fevereiro em Araranguá e Urussanga. Esses temporais podem se estender por maiores áreas se uma frente fria for acompanhada de um vórtice ciclônico, como nos dias 8, 9 e 10 de agosto de 2005 (Capítulo 2-figura 19). No dia 8, uma frente fria estava em deslocamento pelo oceano com fraca intensidade, mas no dia 9, um vórtice ciclônico (baixa pressão em 500hPa) que acompanhava a referida frente começou a se aprofundar e desenvolveu uma baixa pressão no litoral de Santa Catarina. No dia 9 e dia 10 essa baixa se intensificou e se tornou um Ciclone Extratropical: o resultado foi chuva intensa com vários alagamentos entre o sul catarinense e Florianópolis. Em Urussanga choveu 50,0mm das 9 horas do dia 8 às 9 horas do dia 9. No mesmo período, foi registrado 51,0mm na Serra da Rocinha, 32,2mm em Florianópolis e 12,3mm em São Joaquim. Nas 24 horas seguintes, as chuvas ficaram mais intensas entre Urussanga e Florianópolis, com registro de 118,0mm em Urussanga, 90,1mm em Florianópolis, 45,6mm na Serra da Rocinha e 4,4mm em São Joaquim. Entre as 9 horas do dia 10 e 9 horas do dia 11, o ciclone se afastou lentamente da costa catarinense e a intensidade das chuvas diminuiu, com registros de 16,5mm em Urussanga, 15,4mm na Serra da Rocinha, 1,4mm em Florianópolis e 3,5mm em São Joaquim.

### **3.4.1 Variação sazonal da precipitação**

A precipitação que ocorre na maioria das estações analisadas aumenta do inverno para o verão. No verão, elevados volumes de chuva ocorrem naquelas a barlavento, mais próximas às encostas da Serra Geral como Timbé do Sul, Serrinha, Praia Grande, Urussanga, com 692, 674, 576 e 550mm, respectivamente (tabela 16); por outro lado, Araranguá e Laguna apresentam as menores médias.

A diferença de precipitação entre Timbé do Sul e Araranguá, é de mais de 50% no verão e isso pode ser justificado pela influência do relevo, ou seja, a influência das chuvas orográficas. Nesta estação do ano, a precipitação tende a ser distribuída sem muita variação espacial entre a Serra Gaúcha e o Planalto Sul Catarinense, e os valores totais variam de 460 a 490mm, sendo a única exceção São José dos Ausentes, com 419mm (tabela 16). A pouca diferença no trimestre, indica que o processo convectivo é o mais significativo, mesmo porque a variação de altitude não interfere significativamente na distribuição deste elemento climático.

No verão, a chuva resultante do processo convectivo acontece, em sua maior parte, no período noturno. De acordo com a tabela 17, o total de horas de chuva às 15 horas é em torno de 50% menor que às 21 horas e, às 9 horas o volume ainda é superior ao da tarde. Em Laguna durante o trimestre, e, em Araranguá em dezembro, a chuva parece se intensificar durante a madrugada e se estender pela manhã. Portanto, a chuva convectiva resultante do calor diurno se manifesta no período noturno e se estende até as primeiras horas da manhã seguinte.

No outono, o processo convectivo já não se faz muito presente e a precipitação que ocorre nas estações analisadas (tabela 17) está, de modo geral, associada à passagem de frentes frias. Nesta época do ano, o volume médio de precipitação diminui significativamente em relação ao verão. As maiores diferenças no trimestre março-abril-maio são verificadas em Praia Grande (41,0%), Timbé do Sul (38,2%), Urussanga e Serrinha (37,7%), e Mãe dos Homens (35,4%) (tabela 16), locais a sotavento da passagem das frentes frias. Mas, essa porcentagem pode quase dobrar se forem comparados o volume de precipitação dos meses mais secos do outono, abril e maio, com o de maior precipitação do verão (tabela 15).

Tabela 16 – Total sazonal de precipitação (mm)

Localidades	Verão (DJF)	Outono (MAM)	Inverno (JJA)	Primavera (SON)
Antonio Prado	491	349	432	443
Caxias do Sul	467	447	484	517
Bom Jesus	471	380	438	435
São José dos Ausentes	419	313	376	413
Bom Jardim da Serra	460	321	342	361
São Joaquim	469	338	427	457
Torres	358	327	337	366
Praia Grande	576	340	347	488
Timbé do Sul	692	428	377	499
Urussanga	550	359	286	381
Orleans	473	338	286	374
Forquilha	468	350	291	372
Araranguá	329	290	266	332
Foz do Manoel Alves	526	348	323	409
Içara	440	336	322	385
Mãe dos Homens	480	310	307	430
Meleiro	516	344	291	377
Serrinha	674	420	280	488
Sombrio	437	355	356	393
Taquaruçu	403	315	285	343
Laguna	344	377	322	363

Fonte: Dados de Antonio Prado, Bom Jesus, Caxias do Sul e Torres do INMET; Bom Jardim da Serra e São José dos Ausentes da Tractebel Energia (ANA); Araranguá, Laguna, Orleans, São Joaquim e Urussanga da EPAGRI/CIRAM, e das demais estações hidrológicas da ANA.

Em Araranguá, Urussanga, Orleans e São Joaquim, em abril e maio, as chuvas se concentram no início do dia, conforme a tabela 17. Nesses dois meses, como o processo convectivo deixa de ser significativo, as chuvas ocorrem predominantemente associadas à passagem de frentes. A maior concentração da precipitação pela manhã pode ser justificada

pela maior umidade durante a madrugada e início da manhã o que resulta em mais nuvens e chuvas mais persistentes (tabela 17).

Tabela 17 – Distribuição diária da precipitação no sul catarinense

<b>Araranguá (1928 – 2003)</b>												
Hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
9 horas	115	134	122	107	102	101	122	108	148	149	131	125
15 horas	70	71	71	57	48	63	67	69	93	77	70	58
21 horas	139	158	155	87	62	65	84	78	110	97	103	110
<b>Urussanga (1925 - )</b>												
Hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
9 horas	228	273	241	217	214	206	236	215	298	310	259	246
15 horas	241	225	181	134	131	121	139	151	211	175	178	201
21 horas	403	403	323	187	170	147	180	173	226	224	263	292
<b>Laguna (1925 – 1986)</b>												
Hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
9 horas	161	184	185	155	134	139	157	172	191	163	161	140
15 horas	79	75	106	79	78	84	98	97	126	90	86	61
21 horas	148	147	134	91	81	94	116	114	134	94	113	92
<b>Orleans (1929 – 1984)</b>												
Hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
9 horas	112	125	124	88	79	89	80	97	124	105	102	84
15 horas	88	92	94	46	41	53	45	68	83	53	62	57
21 horas	170	159	147	77	62	56	49	80	100	82	109	92
<b>São Joaquim (1955 - )</b>												
Hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
9 horas	213	207	179	182	211	234	254	242	269	273	228	213
15 horas	217	196	163	124	138	153	163	168	209	193	167	217
21 horas	378	343	287	175	152	177	209	183	230	233	236	378

Fonte: Banco de dados da EPAGRI/CIRAM..

Do outono para o inverno a precipitação aumenta na “Serra Gaúcha” e no Planalto Sul Catarinense e diminui sensivelmente na borda leste do sul catarinense (tabela 16); exceções são Praia Grande e Sombrio com apenas 2,1 e 0,3%, respectivamente. Como as frentes frias se deslocam de sudoeste para nordeste se tornam mais ativas a barlavento, ou na “Serra Gaúcha”, e ao cruzarem a escarpa da Serra Geral, ficam mais estáveis devido ao afundamento do ar, o que se reflete em menores volumes de chuva nas estações da borda leste do planalto.

Esse efeito orográfico na distribuição da precipitação faz com que os municípios do planalto apresentem maior volume pluviométrico no inverno em relação ao outono (tabela 16).

O total de horas de chuva dos meses junho-julho-agosto (tabela 17) indica uma situação semelhante ao outono, com chuvas mais persistentes pela manhã, porém com uma melhor distribuição diária.

Na primavera, o volume de chuva aumenta em praticamente todas as estações analisadas. A única exceção é Bom Jesus, mesmo assim, com uma diferença de apenas 0,7% em relação ao inverno (tabela 17). Em alguns municípios como Caxias do Sul, Araranguá e Torres, esta é a estação do ano que apresenta o maior volume pluviométrico, sendo setembro e outubro os meses mais chuvosos, devido à atuação persistente de Complexos Convectivos de Mesoescala, que são aglomerados de nuvens cumuliformes onde predominam os cumulonimbus, responsáveis por temporais acompanhados de chuva forte, granizo e ventos fortes que ocorrem com mais intensidade na madrugada e início da manhã e perdem força no decorrer da manhã. Em novembro, o tempo fica mais estável, principalmente na segunda quinzena, o que se reflete na diminuição do volume mensal em comparação a setembro e outubro (tabela 15).

O total de horas de chuva do trimestre setembro-outubro-novembro indica uma situação semelhante ao outono (tabela 17), porém enquanto no outono a maior persistência das chuvas às 9 horas está predominantemente associada à passagem de frentes frias, na primavera os CCM's têm uma contribuição fundamental para o sul catarinense.

### **3.4.2 Análise da distribuição da precipitação de janeiro a dezembro de 2005 na BHRA**

O estado de Santa Catarina, assim como o Sul do Brasil, vem enfrentado variações climáticas, especialmente a partir do ano de 2001. Essa variabilidade tem provocado perdas econômicas especialmente na agricultura, um dos setores mais sensíveis a essa situação. Entre as regiões catarinenses, o sul, em especial, a Bacia do Araranguá tem passado por períodos de estiagem, resultando em racionamento de água tanto para uso doméstico como para atividades agropecuárias (MENDONÇA et al. 2005).

Para a compreensão da distribuição da chuva na Bacia do Araranguá foi selecionado o ano de 2005, marcado por chuvas irregulares e com anomalias negativas de precipitação. Este recorte temporal é devido a entrada em operação, em 21 de dezembro de 2004, da estação meteorológica da Serra da Rocinha e de sua importância para a verificação da quantidade de

precipitação que ocorre nas escarpas da Serra Geral. Para avaliar o efeito do relevo, foi estabelecido um transeto que englobasse a estação da Serra da Rocinha. Assim, foram selecionadas as estações de São José dos Ausentes (1150 m), da Serra da Rocinha (680 m), de Timbé do Sul (115 m) e um pouco mais afastada para sul, e de menor altitude, a de Sombrio (16 m), conforme figura 31.

Transetos são muito utilizados em estudo de clima, principalmente para a verificação de ilhas de calor e outras finalidades ligadas ao planejamento urbano; alguns exemplos podem ser verificados em Sezerino e Monteiro (1990); Monteiro (1992) e Mendonça (2002).

Nos doze meses analisados (tabela 18), é verificada uma diminuição no volume de precipitação da Serra da Rocinha para aquelas de menor altitude, Timbé do Sul e Sombrio, revelando que, as escarpas da Serra Geral têm um papel essencial no aumento da quantidade de chuva. Salienta-se que São José dos Ausentes situada a oeste da escarpa, apresentou um menor volume quando comparado com a Serra da Rocinha.

O total de 2560,4 mm de precipitado na estação da Serra da Rocinha poderia ter sido ainda maior se não fosse a inoperância do pluviógrafo entre os dias 10 e 20 de abril. Nesse período duas frentes frias atuaram sobre o sul do Brasil e foram registrados 18,9 mm em São José dos Ausentes, 39,5 mm em Timbé do Sul e 47,4 mm em Sombrio.

Assim como a quantidade de precipitação, o total de dias de chuva é também influenciado pelo relevo, com a estação da Serra da Rocinha, apresentando quase o dobro do número de dias de chuva em relação à estação de menor altitude (tabela 18).

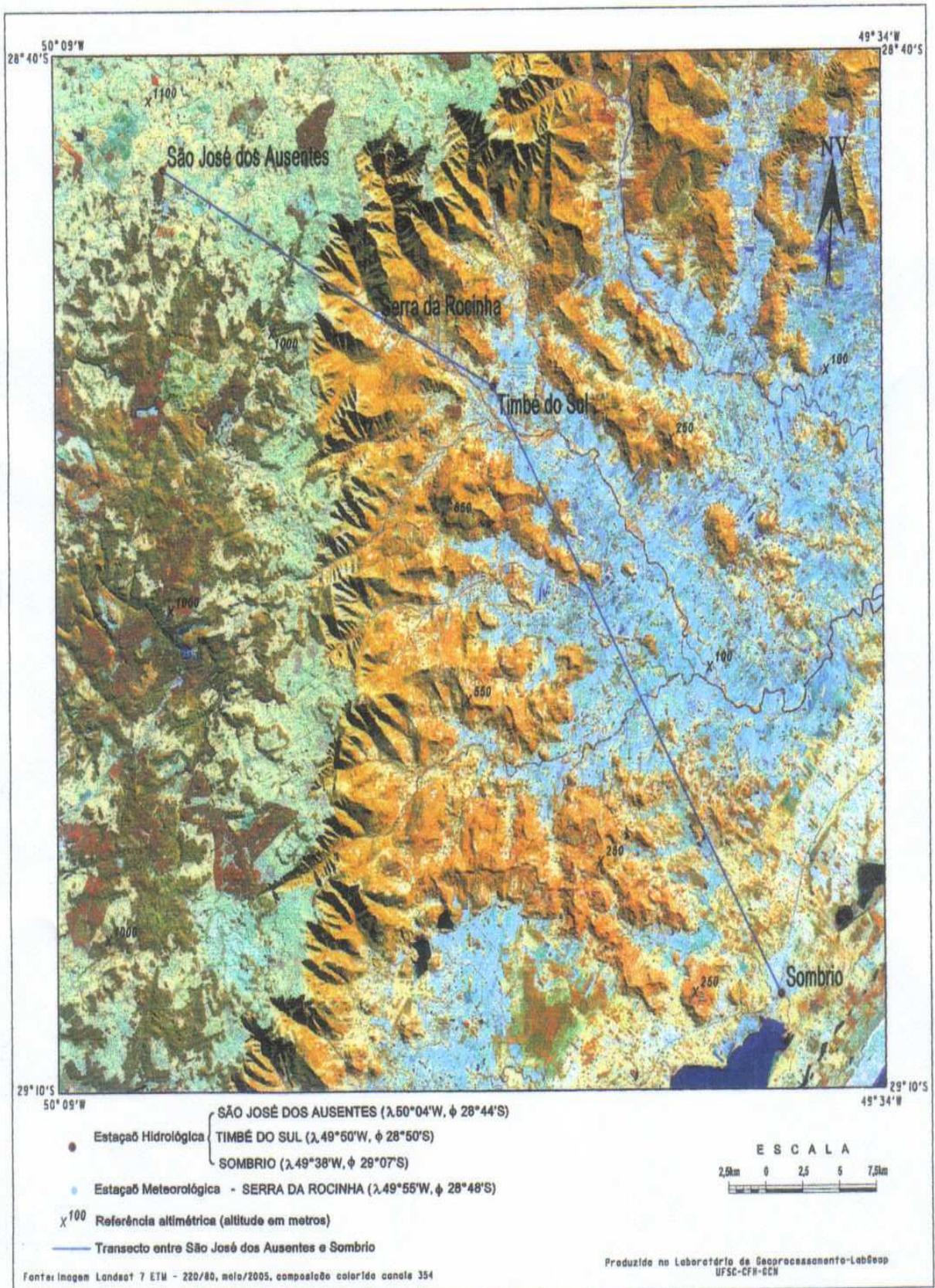


Figura 31 – Localização das estações envolvidas no transecto São José dos Ausentes - Sombrio

Figura 31 – Localização das estações envolvidas no transecto São José dos Ausentes – Sombrio.

Tabela 18 – Precipitação total mensal/dias de chuva e média mensal nas estações de São José dos Ausentes, Serra da Rocinha\*, Timbé do Sul e Sombrio de janeiro a junho de 2005.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
São José dos Ausentes	137,9	58,7	170,5	155,6	166,7	139,8	128	258,2	191,6	259,4	168,4	77,6	1912,4
	7	11	10	10	11	12	10	9	16	16	9	9	130
	139	143	139	89	85	104	122	150	159	141	113	137	1521
Serra da Rocinha	110	183,6	206,2	134	179	104,4	132,2	418,6	228,6	409,4	278,4	176	2560,4
	14	18	15	13	10	12	8	13	17	20	13	18	171
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Timbé do Sul	67,9	98,6	216,9	160,6	171,6	67	70,3	254,9	216,9	283,8	144,8	57,7	1811
	7	12	10	10	10	7	6	10	12	20	7	10	121
	232	261	193	123	112	102	126	149	148	178	173	199	1932
Sombrio	18,9	38,6	245,7	111,7	115,5	58,6	62,6	233	171,3	236,9	128,9	69,5	1491,2
	4	5	8	8	7	5	4	8	8	10	5	5	77
	150	156	138	110	108	108	119	130	128	138	127	131	1568,2

Fonte: Banco de dados da EPAGRI/CIRAM e ANA. \*Ausência de média climatológica

Para verificar a variação da precipitação entre o litoral e as escarpas, a SUDESUL instalou durante 7 a 8 meses, entre os anos de 1977 e 1978, sete estações pluviométricas nas proximidades das escarpas e na área do plano sedimentar do Rio Mampituba, conforme apresentado por Duarte (1995). Os resultados mostraram que a área do sopé da Serra Geral apresentou os maiores valores pluviométricos, evidenciando, também o papel da escarpa nas chuvas orográficas.

Em 1998, Valdati (2000), verificou o comportamento das chuvas ao longo do Rio da Pedra, também na BHRA, através de seis pluviômetros entre as proximidades do centro de Jacinto Machado e as escarpas. Foi observado um aumento gradual no volume das chuvas entre a estação meteorológica da EPAGRI, situada em Araranguá, e o último pluviômetro, a 200 metros de altitude. Naquele ano choveu 1.623,4 mm na estação de Araranguá enquanto foi registrado 2.591,37 mm no início da escarpa, revelando um volume de chuva superior em mais de 50%. O mesmo autor verificou chuva mais concentrada em janeiro e fevereiro e um segundo pico em agosto e setembro. Por outro lado, ficou evidente um trimestre com pouco volume de chuva – maio, junho e julho – sendo o mês de junho, o mais seco.

O efeito do relevo na precipitação foi também abordado, em alguns episódios de passagens de frentes frias pelo Sudeste do Brasil, por Conti (1975). De acordo com o autor, na maioria dos episódios houve aumento no volume de chuvas com a altitude.

Minuzzi e Sediya (2005) analisaram a influência que o relevo exerce na precipitação a barlavento e a sotavento durante a passagem de dois sistemas meteorológicos no sul do estado de Minas Gerais e os resultados indicaram que a quantidade de chuva é mais dependente do número de dias chuvosos do que da altitude.

### 3.5 Vento

Os dados climáticos de vento só puderam ser obtidos das estações meteorológicas de Santa Catarina que pertencem ou pertenciam ao INMET e estão ou estavam operando em convênio com a EPAGRI, conforme a tabela 1.

Para melhor entendimento deste elemento foi verificado seu comportamento, através das médias das observações realizadas às 9, 15 e 21 horas (tabela 19). Salienta-se, entretanto, que nem todas as estações relacionadas na referida tabela possuem dados dos três horários mencionados.

Pela média mensal (tabela 19) se verifica que os ventos predominantes no sul catarinense têm um comportamento particular: em Laguna predominam de nordeste e em uma distância relativamente pequena, sopram de sudeste (Urussanga); fluxo de sul que surge em Turvo e segue até Orleans, formando um “U” conforme descrição em sistemas estáveis do capítulo 2 (figura 5).

Tabela 19 – Direção predominante dos ventos

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Araranguá	SE	SE	SE	SW	SE	SW						
Laguna	NE											
Orleans	SE	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
São Joaquim	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Urussanga	SE											

Fonte: Banco de dados da EPAGRI/CIRAM.

Apesar da diferença de direção, esses ventos possuem uma origem comum que é o Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (ASAS), conforme Monteiro e Furtado (1995). A influência do ASAS se estende pelo litoral do Rio Grande do Sul e ocasiona para a Região

Metropolitana de Porto Alegre ventos predominantes de leste, conforme Lima (s/d) e de nordeste para a cidade de Rio Grande como constata Campello e Saraiva (2002).

Segundo Nimer (1989), o padrão de ventos para a Região Sul do Brasil é determinado pela ação de dois centros de alta pressão: Anticiclone do Atlântico Sul e Anticiclone Migratório Polar.

Pela característica migratória os ventos que se originam no Anticiclone Polar e que chegam ao Sul do Brasil sopram do quadrante sul (sudoeste a sudeste), mas não são muito persistentes.

A diferença de direção entre os ventos predominantes no sul catarinense está associada a um cavado invertido à superfície (sistema de mesoescala) que se forma com frequência entre o sul do estado de Santa Catarina e o centro-norte do Rio Grande do Sul. Esse sistema tem sido constatado nas análises das cartas sinóticas realizadas diariamente no setor de Meteorologia do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia (CIRAM) pertencente à EPAGRI. Esse cavado se caracteriza por ventos que sopram de nordeste no litoral catarinense até as proximidades de Araranguá e daí para o sul, os ventos passam a soprar do oceano para o continente atraídos pelos centros de baixa pressão como a Baixa do Chaco ou outros como ciclogênese (formação de baixa pressão à superfície), ciclone extratropical ou frente fria. Com exceção da Baixa do Chaco, que se forma na altura do Paraguai, os demais geralmente se desenvolvem no litoral do Rio Grande do Sul e do Uruguai. A formação do cavado deveria originar ventos predominantes de leste para Araranguá, Orleans e Urussanga, porém as variações do quadrante sul (sudoeste a sudeste) que ocorrem nestes municípios podem estar relacionadas com a presença das escarpas da Serra Geral que modificam o fluxo dos ventos direcionando-os para o quadrante norte (nordeste a noroeste). Os ventos de nordeste até as proximidades de Araranguá e os do quadrante sul nos municípios de Araranguá, Orleans e Urussanga sugerem uma convergência ensejando a formação de uma baixa pressão localizada entre Urussanga, Orleans e Laguna. Por outro lado, em São Joaquim os ventos predominam de norte o que induz a passagem, através de vales profundos como o da Serra do Rio do Rastro, do fluxo do quadrante sul que ocorre nos três municípios acima relacionados. Se existisse definitivamente a formação de uma baixa pressão entre Urussanga, Orleans e Laguna, pela convergência os ventos predominantes em São Joaquim seriam de oeste ou sudoeste, já que estariam forçados a convergir para a baixa a leste.

A figura 32 mostra uma situação sinótica que caracteriza o cavado invertido à superfície (destaque) com os ventos se direcionando para um sistema de baixa pressão

localizado no norte da Argentina. Essa dinâmica atmosférica é comum, sempre que uma frente fria está sobre o Rio Grande do Sul, Uruguai e Argentina.

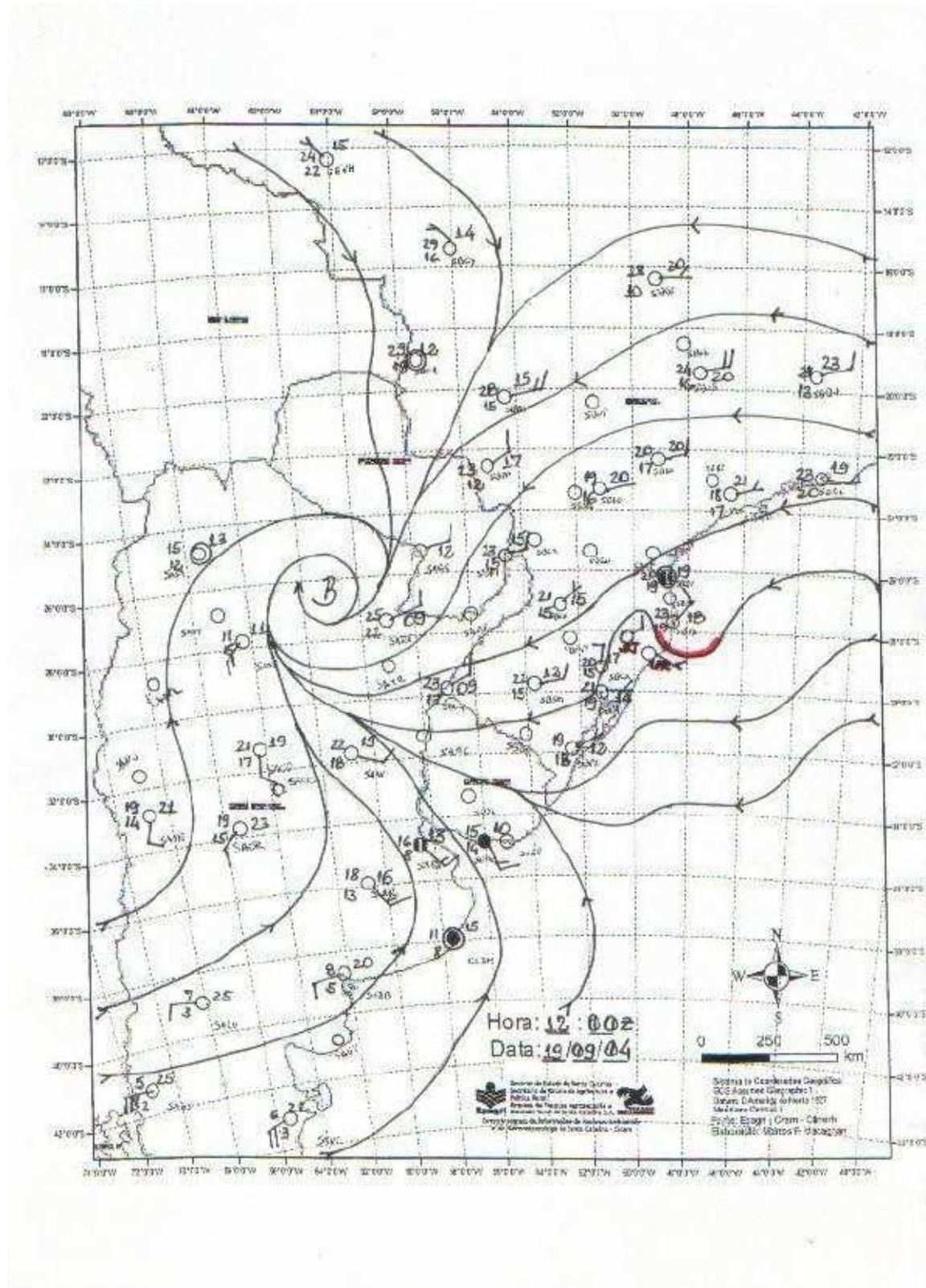


Figura 32 – Carta sinótica das 12 UTC do dia 19 de setembro de 2004, com um cavado no sul de Santa Catarina (destaque), plotada e analisada pelo autor.

Caso semelhante de direção de ventos influenciada por cavado invertido e pelo relevo ocorre na zona costeira norte de Santa Catarina. Em Joinville, embora o período de observação seja curto (iniciou em 1992), os ventos predominam de leste nos meses de março, abril e maio. Por outro lado, em São Francisco do Sul (1960-1982), no mesmo trimestre, são os de sudoeste. Essa direção origina-se a partir de um cavado invertido sobre o oceano e da disposição da Serra do Mar, principalmente da Serra dos Barrancos, dos morros do Pinto, da Mina e do Araraquara, localizados a noroeste entre a península do Saí e a ilha de São Francisco do Sul (MONTEIRO e SILVA, 2003).

Para detalhar melhor o comportamento dos ventos na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, buscou-se informações diárias, das observações das 9, 15 e 21 horas. Conforme Tubelis e Nascimento (1992):

“O curso diário da velocidade do vento junto ao solo apresenta um efeito marcante do balanço de radiação da superfície. Diferenças no balanço de radiação, causadas por alteração de albedo, repartição desigual da energia em aquecimento do ar, do solo e evaporação, criam gradiente de pressão atmosférica que geram esses ventos” (p.159).

A análise realizada com dados diários obtidos pela manhã, tarde e noite demonstra que a direção dos ventos não difere muito da média mensal que inclui as três observações.

Às 9 horas, os ventos predominam de nordeste em Laguna, com 27,7%. A mesma direção é constatada em Urussanga, com 26,6%. Em São Joaquim, o mais persistente é o norte com 36,2%. Em Araranguá, o predominante é sudoeste com apenas 9,6% do total. Neste horário, os ventos são muito fracos nas localidades situadas na costa catarinense, e a ocorrência de calmaria é muito expressiva em Araranguá e Urussanga, com 65,4% e 33,6%, respectivamente (figura 33). Por outro lado, em São Joaquim, existe pouca calmaria e a intensidade dos ventos pode ser superior em 310%, 174% e 143% em relação a Araranguá, Urussanga e Laguna, respectivamente (tabela 20). Este fato está relacionado ao efeito da altitude: o ar em São Joaquim é mais rarefeito, menos denso e apresenta menos resistência, quando comparado com as outras duas cidades. Os ventos fracos e as calmarias, deste horário, se devem ao resfriamento noturno que diminui o gradiente de pressão entre os sistemas atmosféricos (alta e baixa pressão) que influenciam o fluxo de ar na região.

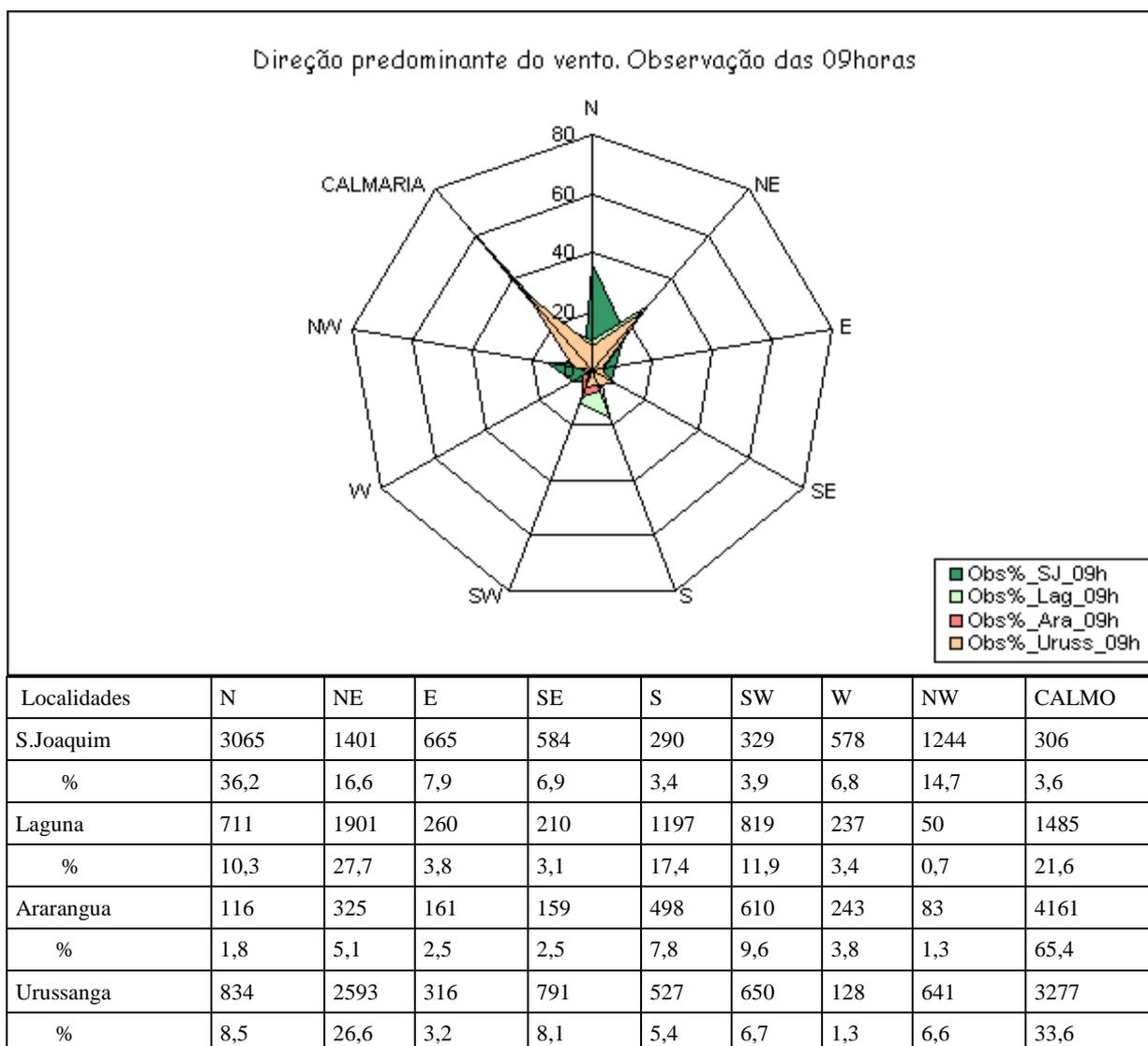
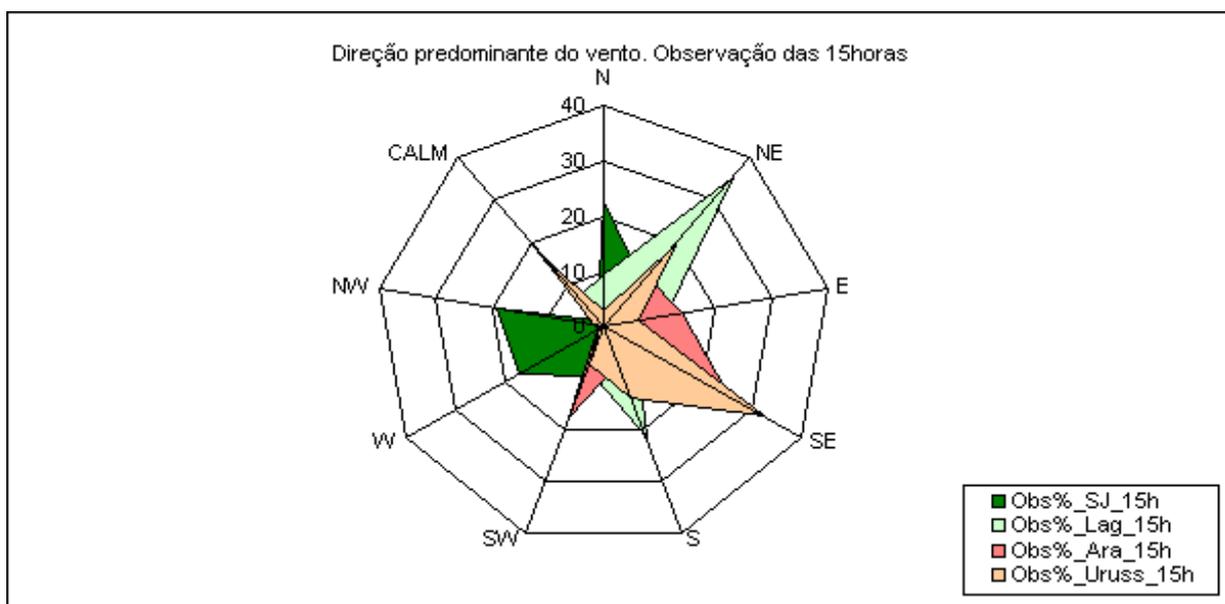


Figura 33 – Direção média dos ventos e calmaria observados às 9 horas.

Fonte: Banco de dados da EPAGRI/CIRAM. Org. Vera Lucia da Silva

Às 15 horas, a predominância é de nordeste para Laguna (35,2%), sudeste para Urussanga (32,4%) e Araranguá (25,1%) e norte para São Joaquim (22,7%). A calmaria praticamente inexistente nesse período do dia (figura 34). Com o ar mais quente, a diferença entre os sistemas de baixa e alta pressão se torna mais acentuada e os ventos passam a ser mais intensos em toda região. De acordo com a tabela 20, neste horário não existe diferença muito significativa na intensidade dos ventos entre as estações, inclusive em São Joaquim a intensidade média é inferior a Laguna.

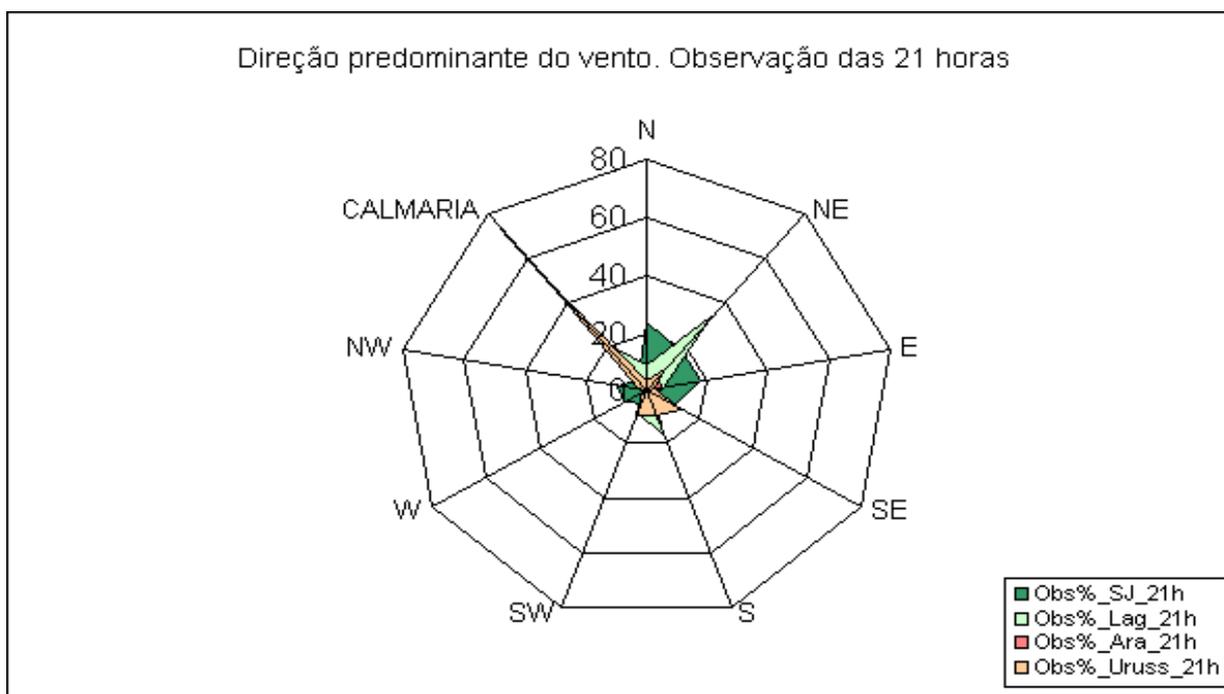


Localidades	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMO
S. Joaquim	1927	873	515	720	441	835	1438	1606	130
%	22,7	10,3	6,1	8,5	5,2	9,8	16,9	18,9	1,5
Laguna	652	2454	760	465	1497	548	86	26	481
%	9,4	35,2	10,9	6,7	21,5	7,9	1,2	0,4	6,9
Ararangua	54	664	793	1427	416	1010	79	73	1174
%_	0,9	11,7	13,9	25,1	7,3	17,8	1,4	1,3	20,6
_Urussanga	289	1922	596	3202	1362	712	86	193	1521
%_	2,9	19,4	6,0	32,4	13,8	7,2	0,9	2,0	15,4

Figura 34 – Direção média dos ventos e calmaria observados às 15 horas.

Fonte: Banco de dados da EPAGRI/CIRAM. Org. Vera Lucia da Silva

Às 21 horas, os ventos continuam a predominar de nordeste em Laguna (33,2%) e de norte em São Joaquim (23,6%). Em Urussanga, de sudeste (12,8%) e Araranguá, de sudoeste (5,8%). A calmaria volta a dominar em Araranguá (73,3%) e Urussanga (49,5%) (figura 35), devido ao enfraquecimento do gradiente de pressão entre as altas e baixas pressões, durante a noite.



Localidades	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMO
São Joaquim	1994	1469	1499	867	400	395	655	788	395
%	23,6	17,4	17,7	10,2	4,7	4,7	7,7	9,3	4,7
Laguna	600	2281	349	249	1090	611	112	42	1531
%	8,7	33,2	5,1	3,6	15,9	8,9	1,6	0,6	22,3
Ararangua	53	320	236	172	247	308	53	18	3867
%	1,0	6,1	4,5	3,3	4,7	5,8	1,0	0,3	73,3
Urussanga	304	890	276	1217	885	899	109	237	4728
%_	3,2	9,3	2,9	12,8	9,3	9,4	1,1	2,5	49,5

Figura 35 – Direção média dos ventos e calmaria observados às 21 horas.

Fonte: Banco de dados da EPAGRI/CIRAM. Org. Vera Lucia da Silva

Os ventos são, em média, mais intensos na primavera (tabela 20), devido ao gradiente de pressão entre frente fria e os anticiclones envolvidos: o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que origina ventos do quadrante norte, e o anticiclone polar, com ventos do quadrante sul, que é mais efetivo nesta época do ano, conforme Monteiro e Mendonça, 2006. No outono, o enfraquecimento do processo convectivo do verão que provoca, na maioria das vezes, ventos fortes associados com trovoadas durante as tardes, e a inexistência de anticiclones polares mais intensos, característicos do inverno, imprimem ventos que são, em média, mais fracos (tabela 20).

Tabela 20 – Velocidade média dos ventos (m/s) das estações de Araranguá, São Joaquim, Urussanga e Laguna, observada às 9, 15 e 21 horas no período de 1961 a 2004\*

Araranguá	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
9 Horas	0,77	0,68	0,63	0,67	0,65	0,76	0,88	0,91	1,18	1,33	1,13	1,15	0,90
15 Horas	3,07	2,88	2,84	2,97	2,65	2,42	2,48	2,87	3,05	3,27	3,40	3,40	2,94
21 Horas	0,70	0,60	0,54	0,54	0,49	0,49	0,66	0,93	1,15	1,26	1,24	1,02	0,80
S. Joaquim	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
9 Horas	2,55	2,45	2,42	2,50	2,66	2,90	3,07	3,04	3,13	3,05	2,81	2,86	2,79
15 Horas	2,77	2,73	2,45	2,66	2,77	3,30	3,35	3,18	2,99	2,90	2,97	2,80	2,91
21 Horas	2,17	2,05	1,98	1,92	1,99	2,30	2,47	2,30	2,40	2,34	2,29	2,29	2,21
Urussanga	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
9 Horas	1,38	1,44	1,45	1,41	1,32	1,29	1,37	1,57	1,83	2,12	2,04	1,94	1,60
15 Horas	2,41	2,31	2,30	2,24	2,01	2,06	2,27	2,49	2,68	2,93	2,89	2,94	2,46
21 Horas	0,81	0,90	0,91	0,89	0,90	0,96	1,04	1,13	1,21	1,21	1,17	1,09	1,02
Laguna	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
9 Horas	1,79	1,75	1,85	1,47	1,37	1,62	1,84	2,02	2,43	2,56	2,50	2,24	1,95
15 Horas	2,95	3,12	3,11	2,73	2,36	2,61	2,89	2,95	3,31	3,35	3,46	3,29	3,01
21 Horas	2,12	2,19	2,24	1,88	1,69	1,91	2,23	2,28	2,54	2,50	2,64	2,51	2,23

Fonte: Banco de dados da EPAGRI/CIRAM. \* Os dados de Araranguá são do período 1961 a 2003 e de Laguna de 1961 a 1989. Org. pelo autor.

#### **4 Monitoramento e análise das condições diárias de tempo da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá**

Este capítulo trata da análise do levantamento diário das condições atmosféricas de superfície e de altitude de diversas estações, de janeiro de 2003 a junho de 2005, com a finalidade de melhor compreender a dinâmica dos diversos sistemas atmosféricos que atuam na BHRA, assim como a influência do relevo e do Oceano Atlântico. Todas as condições de tempo em superfície como em altitude são relativas às observações realizadas das 12 UTC, sendo que a precipitação é referente ao total de 24 horas.

O monitoramento constou do registro do sistema atmosférico atuante no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, condições do ar superior através das sondagens aerológicas de Porto Alegre e de Florianópolis, condições de tempo (precipitação, nebulosidade, umidade relativa, temperatura, condições gerais de tempo e vento) de Urussanga e de São Joaquim. Essas condições de tempo foram complementadas por dados pluviométricos de 10 estações pertencentes à ANA – Praia Grande, Forquilha, Timbé do Sul, Sombrio, Taquaruçu, Serrinha, Meleiro, Foz do Manoel Alves, Içara e Mãe dos Homens – e duas pertencentes à Tractebel, São José dos Ausentes e Bom Jardim da Serra.

Salienta-se que devido ao deslocamento dos sistemas atmosféricos, ocorrerem, na região, em sua maioria, de sudoeste para nordeste, não se considerou os sistemas que estavam no Paraná.

As sondagens apesar de distantes da BHRA estão praticamente dentro do perímetro determinado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) que é de 400 km. A bacia fica em torno de 200 km de cada estação meteorológica de altitude, e, portanto deve refletir uma condição média do que está ocorrendo em Porto Alegre e Florianópolis.

As interpretações a respeito das sondagens neste capítulo levam em conta a problemática discutida em Sistemas Estáveis (Capítulo 2) e o comportamento da estabilidade de cada sistema atmosférico, através do Índice K e da camada de inversão térmica.

De modo geral, a inversão térmica provocada pela subsidência nos anticiclones (inversão de subsidência) é a mais estudada, tendo em vista que é responsável pela concentração de poluentes aéreos que resultam em sérios problemas de saúde pública (MONTEIRO, 1997; MONTEIRO e FURTADO, 1998).

Mas, a inversão térmica não se manifesta só em sistemas estáveis. A análise dos dados revela que, para o período analisado, houve ocorrência de inversão térmica em diversos

sistemas atuantes na BHRA, devido à mescla de ar de diferentes densidades, conforme explicitado abaixo:

- *Inversões Frontais*: As inversões que ocorrem nas frentes são derivadas das mudanças causadas pelos movimentos verticais das massas de ar envolvidas que possuem características distintas. Algumas dessas características são apontadas pelo Manual de Análise do Diagrama “SKEW-T, LOG P” (MINIAER, 1969) do Serviço de Meteorologia da Força Aérea Brasileira: a) é raro uma massa de ar inteiramente isenta de certa estratificação interna devido à subsidência, cortante (cisalhamento), turbulência e advecção; b) movimentos verticais dentro das massas de ar distorcem o contraste original de temperatura através da frente, especialmente no caso de frentes frias; c) a subsidência comum que ocorre no ar frio que se desloca para as latitudes mais baixas, muitas vezes cria uma ou mais inversões ou descontinuidades no gradiente abaixo da inversão frontal; d) os limites de uma zona frontal são muitas vezes indistintos com penetração gradual nas camadas de ar adjacentes. Outro sistema em que esse tipo de inversão pode se manifestar é no vórtice ciclônico devido ao envolvimento de massas de ar com densidades diferentes.

- *Inversões de radiação*: As inversões de radiação noturna são formadas quando as camadas mais baixas da atmosfera são resfriadas pelo contato com solo/rochas mais frios devido à perda de calor pelo processo de radiação. As condições favoráveis a essas inversões são as noites desprovidas de nebulosidade e de ventos fracos ou calmaria. Com isso o calor que a superfície adquiriu durante o dia através de ondas curtas é totalmente perdido por ondas longas. São mais comuns no outono-inverno sob influência de anticiclones polares.

- *Inversões de convecção*: Essas inversões estão associadas ao aquecimento da superfície terrestre ou convergência nos baixos níveis da atmosfera que provocam a convecção de ar seco ou úmido rompendo a camada de ar estável que existia antes do processo convectivo. A oscilação produzida pela ascensão do ar quente dá origem a uma ligeira inversão ou mais geralmente a uma camada rasa e muito estável logo acima ou no topo da camada convectiva (MINIAER, 1969). Essas inversões são comuns no verão, tanto associadas ao processo convectivo como as baixas pressões que se originam por diferenças de temperatura à superfície e até com as mais intensas como a Baixa do Chaco e os CCM's, formados em outras épocas do ano.

• *Inversões de Subsidiência*: As inversões de subsidiência ocorrem quando uma camada de ar é submetida a um afundamento generalizado. Na baixa e média Troposfera, segundo o MINIAER (1969), o afundamento é manifestado por uma contração vertical associada com divergência horizontal. Desde que a subsidiência generalizada esteja diretamente envolvida na criação e na manutenção de áreas de alta pressão, as camadas de subsidiência, em certo grau, são evidentes em quase todos os anticiclones em determinado estágio de seu desenvolvimento. Segundo a mesma fonte, as inversões podem de se tornar espessas e pronunciadas nos anticiclones que migram pelo Sul do Brasil.

No período de monitoramento foi constatada a atuação dos seguintes sistemas atmosféricos: Anticiclone Polar, Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (ASAS), Frente Fria, Cavado Invertido, Baixa Pressão à Superfície, Ciclone Extratropical, Jato Subtropical, Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM), Cavado em Médios e Altos Níveis (CMA), Vórtice Ciclônico (VC) e ainda o fenômeno “Furacão Catarina” (FC). Cabe ressaltar que em um mesmo dia pode ter ocorrido a manifestação de mais de um sistema, porém foi identificado o de maior abrangência nas condições de tempo na bacia.

Como os sistemas atmosféricos que atuam no Sul do Brasil são muito dinâmicos, foi analisada a interferência individual de cada sistema nas condições de tempo da área de estudo através de ferramentas como carta de tempo das 12 UTC, plotada e analisada diariamente no setor de meteorologia da EPAGRI/CIRAM, e imagens de satélites.

Como o tipo de tempo que ocorre em um determinado lugar depende da posição geográfica em que o sistema atmosférico se encontra, para fins deste estudo foram consideradas diversas posições, conforme a tabela 21.

Além da posição dos sistemas, a referida tabela contém também o total de dias em que determinado sistema atuou na BHRA e seu entorno no período de janeiro de 2003 a junho de 2005. Como a estação meteorológica da Serra da Rocinha entrou em atividade em 21 de dezembro de 2004, foi considerado à parte, o número de dias de atuação de cada sistema a partir desta data.

Todos os sistemas abaixo elencados são comuns na dinâmica atmosférica do Sul do Brasil (MONTEIRO, 2001); a única exceção é o fenômeno “Furacão Catarina” que será tratado a parte por ser considerado como “anomalia climática”.

Tabela 21 – Posições e ocorrências dos sistemas atmosféricos que influenciaram nas condições do tempo na BHRA de janeiro de 2003 a junho de 2005 e após a instalação da estação da Serra da Rocinha (Dez/04 a Jun/05).

Sistema	Posição	Total de Ocorrências	Ocorrências (Dez/04a Jun/05)
Frente Fria	Rio Grande do Sul	103	17
Frente Fria	Santa Catarina	123	25
Anticiclone Polar	Oceano Atlântico- litoral da Argentina	34	03
Anticiclone Polar	Argentina	24	01
Anticiclone Polar	Oceano Atlântico- litoral do Uruguai	40	09
Anticiclone Polar	Uruguai	12	01
Anticiclone Polar	Oceano Atlântico- litoral do Rio Grande do Sul	91	20
Anticiclone Polar	Rio Grande do Sul	24	02
Anticiclone Polar	Oceano Atlântico- litoral de Santa Catarina	124	30
Anticiclone Polar	Santa Catarina	10	00
Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul	Oceano Atlântico- litoral do Sudeste do Brasil	72	12
Cavado Invertido	Sul do Brasil	61	11
Baixa à Superfície	Paraguai	23	08
Baixa à Superfície	Rio Grande do Sul	26	06
Baixa à Superfície	Santa Catarina	19	05
Baixa à Superfície	Oceano Atlântico- litoral Sul do Brasil	36	14
Ciclone Extratropical	Rio Grande do Sul	11	00
Jato Subtropical	Sul do Brasil	41	14
Complexo Convectivo de Mesoescala	Sul do Brasil	3	00
Cavado em Médios e Altos Níveis	Sul do Brasil	21	02
Vórtice Ciclônico	Sul do Brasil	16	03

No período de análise diária (janeiro de 2003 a junho de 2005) as condições de tempo foram bastante adversas na BHRA e em praticamente todo o Sul do Brasil, com chuvas muito irregulares: alguns meses chuvosos, porém a maioria com precipitação abaixo da média, algumas vezes seguidos de estiagens, resultando em perdas agrícolas e dificuldades de abastecimento de água potável para a população rural e urbana (MENDONÇA et al., 2005; RODRIGUES e MONTEIRO, 2005).

Na área de estudo, no ano de 2003, apesar do número mensal de frentes frias ser dentro do apontado por Oliveira (1986) e Rodrigues (2003), a precipitação ficou abaixo da média, e na primavera a situação se tornou crítica: somente no dia 01 de novembro é que ocorreu chuva intensa e melhor distribuída. No ano de 2004 o número de frentes frias foi maior, porém nem todas ocasionaram chuva nas estações analisadas, mantendo a irregularidade e a má distribuição da precipitação semelhante a 2003.

Devido a essa anomalia na dinâmica atmosférica, o levantamento dos dados diários da BHRA prosseguiu até junho de 2005, com a finalidade de se obter uma melhor representação da influência de cada sistema atmosférico.

#### **4.1 Análise da dinâmica atmosférica do período de janeiro de 2003 a junho de 2005**

##### **4.1.1 Condições atmosféricas associadas às frentes frias.**

Entre os diversos sistemas atuantes, as frentes frias, considerando suas posições no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, foram as que mais influenciaram as condições de tempo na BHRA.

No período de janeiro de 2003 a junho de 2005 ocorreram 103 dias em que as frentes frias estiveram presentes no Rio Grande do Sul, influenciando as condições de tempo no sul catarinense. Em Santa Catarina, esses sistemas atuaram por 123 dias, totalizando 226 dias (tabela 21).

Sob influência desses sistemas, as condições de tempo, de modo geral, se apresentaram instáveis verificadas pelo total de nuvens (nublado) e a ocorrência de chuva fraca em São Joaquim (CGT=7) e névoa úmida (CGT=2) em Urussanga. A maior cobertura de nuvens e a maior umidade ocorreu em São Joaquim (tabela 22).

As temperaturas refletiram a diferença de altitude, mais elevadas em Urussanga (tabela 22). Em média, considerando a atuação das frentes frias nos dois estados, houve um

declínio de 0,47°C para cada 100 metros, lembrando que a altitude de Urussanga é 48 metros e São Joaquim, 1376 metros.

O vento predominou de sudeste (140°) em Urussanga e de norte a noroeste (360/320°) em São Joaquim. A intensidade do vento foi ligeiramente mais alta quando as frentes frias estavam no Rio Grande do Sul, e São Joaquim apresentou, em média, intensidade superior a Urussanga em mais de 100% (tabela 22).

Tabela 22 – Condições médias de tempo (nebulosidade, umidade relativa do ar, temperatura, condições gerais de tempo e vento) de Urussanga e São Joaquim associadas às frentes frias no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina.

Sistema atmosférico	Urussanga						São Joaquim					
	Nuvens	UR	Temp.	CGT	Vento		Nuvens	UR	Temp.	CGT	Vento	
					Dir.	Int.					Dir.	Int.
Frente Fria no RS	6,8	83,9	21,3	2	140	1,3	7,4	88,0	15,2	7	360	2,7
Frente fria em SC	8,3	88,4	20,9	2	140	1	8,7	92,0	14,4	7	320	2,4

De acordo com a tabela 23, com as frentes frias em Santa Catarina, e em menor grau no Rio Grande do Sul, houve umidade alta e maior ocorrência de céu encoberto, tanto em Urussanga quanto em São Joaquim. Entretanto, nas duas estações meteorológicas ocorrem também situações de céu nublado, parcialmente nublado e claro nas duas situações sinóticas.

Tabela 23 – Condições de nebulosidade e umidade relativa do ar de Urussanga e São Joaquim associadas às frentes frias no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina

Sistema atmosférico	Urussanga						
	Céu Claro	Céu Parcialmente Nublado	Céu Nublado	Céu Encoberto	UR <50%	UR < 80 > 50%	UR > 80%
Frente Fria no RS	11	21	27	43	01	30	68
Frente fria em SC	02	16	33	70	01	21	94
Sistema atmosférico	São Joaquim						
	Céu Claro	Céu Parcialmente Nublado	Céu Nublado	Céu Encoberto	UR <50%	UR < 80 > 50%	UR > 80%
Frente Fria no RS	10	16	29	47	01	21	78
Frente fria em SC	03	11	25	83	01	17	95

Os dados mostram o tempo mais instável no estado onde as frentes frias estavam posicionadas. Assim, com esses sistemas atuando no Rio Grande do Sul, o índice K médio de Porto Alegre ficou em 23,7 e o de Florianópolis, 18,2 (tabela 24). Das 98 sondagens realizadas em Porto Alegre, 48 mostraram K entre 30 e 40; com esses valores há maior condição de formação de trovoadas (na prática dificilmente ocorre formação de nuvem Cb com índice K inferior a 30) e em seis sondagens a atmosfera esteve muito instável com índice K igual ou maior a 40. Quando ocorrem índices tão elevados (40 ou mais) é comum a ocorrência de temporais isolados com chuva forte, granizo e vento intenso, resultado da formação de aglomerados de Cb's isolados. Mesmo com instabilidade predominando ocorreram vários casos de frentes frias com índice muito baixo, inclusive negativo. Foram 25 sondagens com índice K inferior a 20, e nesse caso torna-se difícil a formação de nuvens cumuliformes do tipo Cb. Nas sondagens de Florianópolis, situação pré-frontal, o ar ficou mais estável. Das 69 sondagens, 20 apresentaram índice K entre 30 e 40, ausência de ar muito instável, e em 22 casos, o índice ficou inferior a 20 (tabela 24).

Das inversões térmicas registradas em Porto Alegre, em 16 casos foi a partir da superfície e em 22 sondagens não houve inversão térmica. Em Florianópolis a situação foi semelhante a Porto Alegre: 14 casos a partir da superfície e em 21 sondagens não houve registro do fenômeno (tabela 24). Cabe salientar que no caso de estar Florianópolis em situação pré-frontal, essas inversões podem ter sido originadas pela estabilidade do ASAS (*Inversão de subsidência*) ou pelo calor (*Inversão de convecção*).

Com relação às bases das inversões térmicas, Porto Alegre apresentou média mais baixa em relação a Florianópolis (tabela 24), devido à nebulosidade frontal que surge em camadas muito baixas (Stratus) e mesmo em nevoeiros frontais.

Com as frentes frias em Santa Catarina a instabilidade aumentou em Florianópolis, apresentando índice K médio igual a 20,8 e diminuiu em Porto Alegre, com K médio de 18,2 (tabela 24).

Das 110 sondagens em Porto Alegre, 52 mostraram índice K entre 30 e 40 e em 2 sondagens a atmosfera esteve muito instável com índice K superior a 40; as condições de tempo mais estáveis predominaram e em 44 sondagens o índice K ficou inferior a 20, confirmando a situação pós-frontal de Porto Alegre. As de Florianópolis indicaram condições de ar mais instável: 22 com índice K entre 30 e 40, sem registro de índice superior a 40. As condições de estabilidade foram menos frequentes e apontaram 18 casos de K inferior a 20, conforme a tabela 24.

As sondagens de Porto Alegre indicaram muita inversão térmica à superfície (52) e em apenas 8, ausência de inversão. Essas inversões devem estar associadas às frentes frias (frontais) e ter influência dos anticiclones polares (subsistência). Em Florianópolis a situação foi inversa, em 22 sondagens ocorreram inversões à superfície e em 34, ausência do fenômeno (tabela 24).

As bases das inversões, em média, ficaram mais baixas em Florianópolis e mais altas em Porto Alegre, o que confirma o efeito da nebulosidade no comportamento do fenômeno, conforme descrito acima (tabela 24).

Tabela 24 – Condições atmosféricas do ar superior obtidas das sondagens de Porto Alegre (SBPA) e Florianópolis (SBFL) com frentes frias no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina.

Frente Fria no RS		Frente Fria em SC	
SBPA	SBFL	SBPA	SBFL
Total = 98	Total = 69	Total = 110	Total = 83
Inversão à sup. = 16	Inversão à sup. = 14	Inversão à sup. = 52	Inversão à sup. = 22
Ausência de Inv. = 22	Ausência de Inv. = 21	Ausência de Inv. = 8	Ausência de Inv. = 34
$K \geq 40 = 6$	$K \geq 40 = 0$	$K \geq 40 = 2$	$K \geq 40 = 0$
$K > 30 = 48$	$K > 30 = 20$	$K > 30 = 36$	$K > 30 = 26$
$K < 20 = 25$	$K < 20 = 22$	$K < 20 = 44$	$K < 20 = 18$
Inversão: Base média = 344	Inversão : Base média = 491	Inversão : Base média = 633	Inversão: Base média = 455
Inversão: Topo médio = 639	Inversão : Topo médio = 710	Inversão : Topo médio = 839	Inversão: Topo médio = 631
Índice K médio = 23,7	Índice K médio = 18,2	Índice K médio = 18,2	Índice K médio = 20,8

O comportamento da precipitação na área de estudo evidenciou principalmente a atuação de cada sistema atmosférico em relação ao relevo.

Com as frentes frias no Rio Grande do Sul, o maior volume de chuva ocorreu em áreas muito próximas, atingindo os municípios de São José dos Ausentes e Timbé do Sul (figura 36). A Serra da Rocinha, próxima a estas estações, também revelou que chove bastante sob influência de frente fria no Rio Grande do Sul (figura 37). O total de dias de chuva com as frentes frias no Rio Grande do Sul foi maior nas estações de Praia Grande, Serrinha, São José dos Ausentes e Bom Jardim da Serra para janeiro de 2004 a junho de 2005

(tabela 25). Para o período de dezembro de 2004 a junho de 2005 o total de dias de chuva foi mais expressivo para a Serra da Rocinha, Timbé do Sul, Praia Grande, São Joaquim e São José dos Ausentes.

Estes dados revelam que a escarpa da Serra Geral desempenha um papel fundamental no aumento do volume de precipitação quando as frentes frias estão sobre o Rio Grande do Sul, uma vez que as estações que mostraram os maiores valores para total acumulado e de número de dias de precipitação estão em uma faixa que vai da borda inferior da escarpa ao planalto próximo à escarpa, mais expressiva na área sul do estado, especialmente na área da BHRA.

Por outro lado, os menores volumes de chuva nesta situação foram registrados em Forquilha, Urussanga e Foz do Manoel Alves (figura 36), enquanto a chuva foi menos freqüente em Sombrio, Foz do Manoel Alves e Forquilha.

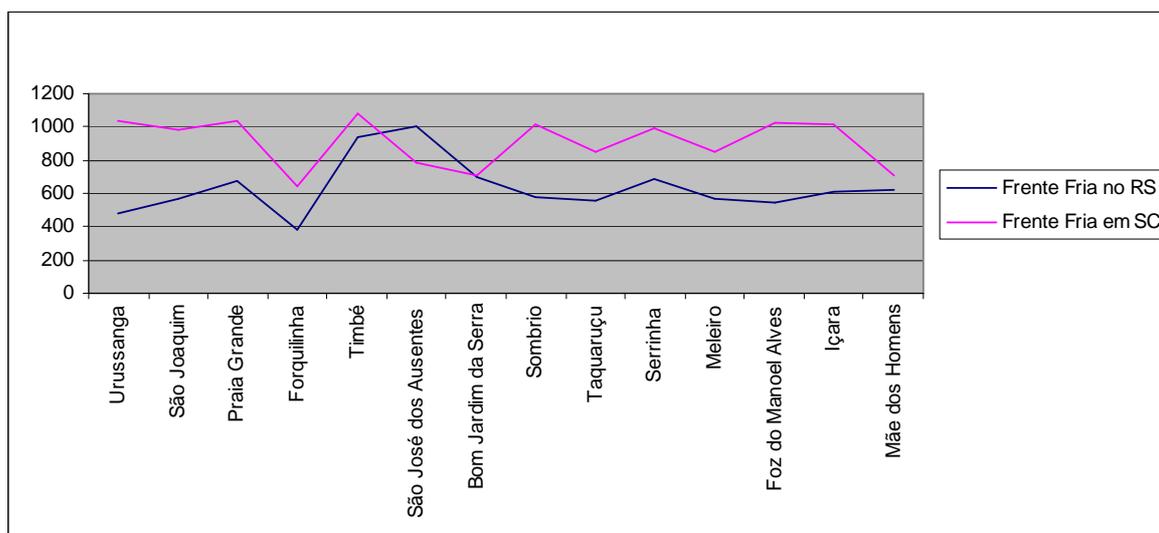


Figura 36 – Distribuição espacial da precipitação relacionada à influência de frentes frias no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina de janeiro de 2003 a junho de 2005. Org. Joelma Miszinski.

Com as frentes frias em Santa Catarina o volume de chuvas é maior em todas as estações analisadas, especialmente Timbé do Sul, Serrinha e Praia Grande, localidades mais próximas as escarpas da Serra (figura 36). A Serra da Rocinha também registrou a maior quantidade de precipitação nessa condição sinótica, conforme a figura 37. Mas, as chuvas não foram tão expressivas para Bom Jardim da Serra, Mãe dos Homens e São José dos Ausentes. Quando se considera o número total de dias de chuva, as estações localizadas mais para o norte da área estudada, como a Serra da Rocinha, Serrinha, na BHRA e Bom Jardim da Serra, São Joaquim e Urussanga são as que apresentam o maior número de dias (tabela 25). Isto

indica que as chuvas, quando as frentes frias estão sobre Santa Catarina, são muito abundantes em todo o sul do estado, em especial nas estações próximas das ou nas escarpas e tendem a se prolongar por um maior número de dias nas áreas mais no norte da BHRA.

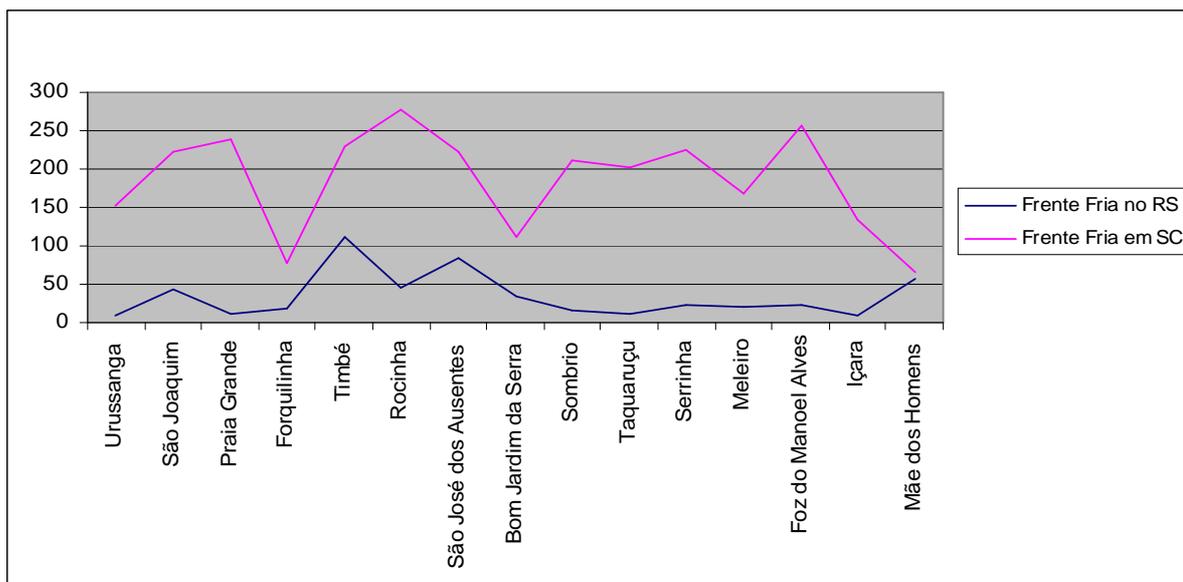


Figura 37 – Distribuição espacial da precipitação relacionada à influência de frentes frias no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina de dezembro de 2004 a junho de 2005. Org. Joelma Miszinski.

Tabela 25 – Total de dias de chuva associados às frentes frias no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina de janeiro de 2003 a julho de 2005 (1) e a partir da ativação da estação meteorológica da Serra da Rocinha (dezembro de 2004 a julho de 2005) (2)

Localidades: Ta = Taquaruçu; Ma = Foz Manoel Alves; So = Sombrio; Fo= Forquilha; Ur = Urussanga; Iç = Içara; PG= Praia Grande; Me = Meleiro; TS = Timbé do Sul; Se = Serrinha; Mh = Mãe dos Homens; JA = São José dos Ausentes; BJ = Bom Jardim da Serra; SJ = São Joaquim; SR = Serra da Rocinha

Posição dos Sistemas	Ta	Ma	So	Fo	Ur	Iç	PG	Me	TS	Se	Mh	JA	BJ	SJ	SR
Frente Fria no RS (1)	43	33	32	37	46	52	54	46	46	57	41	59	57	50	-
Frente Fria no RS (2)	4	2	3	3	4	3	5	4	6	3	3	5	4	5	6
Frente Fria em SC (1)	59	58	47	57	77	68	70	59	64	80	46	71	73	83	-
Frente Fria em SC (2)	15	13	10	9	15	13	12	11	15	18	9	11	12	12	20

#### 4.1.2 Condições atmosféricas associadas aos sistemas instáveis à superfície.

Os sistemas instáveis à superfície observados foram Cavado Invertido, Baixa Pressão, Ciclone Extratropical (CE) e Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM). Entre estes, o Cavado Invertido foi o mais freqüente com um total de 61 casos, conforme a tabela 21.

A atuação desses sistemas instáveis em Urussanga e São Joaquim (tabela 26) se reflete na diminuição de instabilidade entre o planalto e a zona mais próxima ao litoral. Nas condições gerais de tempo (CGT) enquanto em São Joaquim a chuva fraca (7) é dominante e somente sob influência de Cavado Invertido é que em média ocorre nevoeiro (4), em Urussanga predomina a névoa úmida (2) associada aos sistemas Cavado Invertido, Baixa à superfície no Paraguai, em Santa Catarina e no Atlântico, e névoa seca (1), aos demais sistemas de tempo instável à superfície.

As temperaturas também refletem a diferença de altitude: mais elevadas em Urussanga (tabela 26). Para a maioria dos sistemas a diferença média entre as duas estações ficou em torno de 6°C, o que significa um declínio de 0,46°C para cada 100 metros. Portanto, 0,19°C para cada 100 metros a menos em relação às condições médias normais de declínio de temperatura com a altitude. Isso demonstra que existe mais umidade entre São Joaquim e Urussanga em relação às condições normais, quando os sistemas instáveis à superfície estão atuando no sul catarinense.

Os ventos, em Urussanga, predominaram de nordeste (050°), para a maioria dos sistemas, e de norte a noroeste (360 a 320°) em São Joaquim, com intensidade de ventos superior em São Joaquim em todos os sistemas, principalmente sob influência das Baixas em Santa Catarina e dos Ciclones Extratropicais.

As maiores semelhanças entre as duas estações meteorológicas ocorrem sob influência de Cavado Invertido e de Baixa Pressão no Atlântico próximo ao litoral Sul do Brasil. Por outro lado, diferença mais significativa entre nebulosidade e umidade foi verificada quando Ciclone Extratropical está atuando no litoral do Rio Grande do Sul, ocasionando nebulosidade esparsa e umidade mais baixa em Urussanga. Isso se deve aos ventos que predominam de oeste em São Joaquim em direção a baixa no Oceano. Esse fluxo ao descer as encostas da Serra Geral, torna o ar mais quente e mais seco, inibindo a formação de nuvens na zona costeira (lado sotavento).

Para todos os sistemas instáveis à superfície, em especial os Ciclones Extratropicais e os CCM's que se caracterizam como muito instáveis em Santa Catarina (MONTEIRO, 2001), as condições revelam maior instabilidade em São Joaquim que em Urussanga. Essa diferença

de condições de instabilidade ocorre porque o oceano tem a característica de “abrandar” a instabilidade, especialmente àquela originada do processo convectivo, diminuindo sensivelmente a quantidade de nuvens e chuva quando o sistema está em deslocamento para o Atlântico.

Tabela 26 – Condições médias de tempo (nebulosidade, umidade relativa do ar, temperatura, condições gerais de tempo e vento) de Urussanga e São Joaquim relativas à atuação dos sistemas instáveis à superfície.

Urussanga							São Joaquim					
Sistema atmosférico	Nuvens	UR	Temp.	CGT	Vento		Nuvens	UR	Temp.	CGT	Vento	
					Dir.	Int.					Dir.	Int.
Cavado Invertido	6,2	86,8	20,7	2	050	1,0	6,6	90	14,3	4	360	1,9
Baixa no Paraguai	5,2	82,6	22,8	2	050	1,0	6,4	86,4	16,2	7	320	2,0
Baixa no RS	5,3	79,8	22,9	1	050	1,3	7,2	82,3	16,8	7	360	3,4
Baixa em SC	6,0	89,8	20,2	2	140	1,5	7,3	88,9	18,5	7	360	7,2
Ciclone.Ext no lit. do RS	4,3	75,4	19,3	1	140/230	1,9	8,5	95,5	8,9	7	270	5,1
CCM	4,7	80,7	22,3	1	050	1,7	8,0	83,3	16,1	7	360	2,3
Baixa no Oceano	6,7	84,8	21,7	2	050/140	1,2	6,7	90,0	14,4	7	320	1,9

A verificação diária das condições de tempo mostra situações que ficam mascaradas quando se trata da média. Assim, sistemas como os Cavados Invertidos e Baixas no Oceano que, em média, apresentam céu nublado para estes dois municípios, quando analisados isoladamente revelam situações bem diferentes, como a ocorrência de céu claro que chega a representar em torno de 15% para os Cavados e 11% para as Baixas no Atlântico. Mas, a maior variabilidade da nebulosidade, para a maioria dos sistemas, é verificada em Urussanga, onde as condições de céu claro são bastante significativas. Por outro lado, em São Joaquim, com nebulosidade mais intensa, céu claro é menos representativo (tabela 27).

Do ponto de vista da umidade relativa do ar, São Joaquim se mostrou com menor variabilidade, sem nenhum caso de registro inferior a 50%; em Urussanga foi registrado um caso de umidade inferior a 50% entre as 26 Baixas no Rio Grande do Sul e, dois casos entre os 11 de Ciclones Extratropicais (tabela 27). Esse valor de umidade é muito baixo para essa hora da manhã (12UTC) e indica que a atmosfera contém apenas metade ou menos de vapor d'água do total para se tornar saturada. Portanto, Ciclone Extratropical no litoral do Rio Grande do Sul é o sistema mais estável para Urussanga, condição que deve se estender para toda a zona costeira sul catarinense em virtude das características físicas semelhantes.

Tabela 27 – Condições de nebulosidade e umidade relativa do ar de Urussanga e São Joaquim associadas aos sistemas de tempo instável à superfície

Urussanga								
Sistema atmosférico	Céu Claro	Céu Parcialmente Nublado	Céu Nublado	Céu Encoberto	UR <50%	UR ≤80 e ≥50%	UR > 80%	Nº de casos
Cavado Invertido	10	13	20	18	0	19	40	61
Baixa no Paraguai	6	6	4	7	0	9	14	23
Baixa no RS	7	5	9	5	1	11	14	26
Baixa em SC	5	3	2	9	0	2	17	19
C.Ext. no lit. do RS	3	4	2	2	2	4	5	11
CCM	0	2	1	0	0	2	1	3
Baixa no Oceano	4	8	11	13	0	11	25	36
São Joaquim								
Sistema atmosférico	Céu Claro	Céu Parcialmente Nublado	Céu Nublado	Céu Encoberto	UR <50%	UR ≤80 e ≥50%	UR > 80%	Nº de casos
Cavado Invertido	9	11	17	24	0	12	47	61
Baixa no Paraguai	4	4	10	5	0	7	16	23
Baixa no RS	3	3	10	10	0	9	17	26
Baixa em SC	1	4	4	10	0	1	17	19
C.E. no lit. do RS	0	2	2	7	0	0	11	11
CCM	0	0	2	1	0	2	1	3
Baixa no Oceano	4	6	13	13	0	5	31	36

As condições de estabilidade verificadas nas sondagens apontam para ar mais instável em Porto Alegre, na maioria dos sistemas. Essas condições podem ser constatadas pelo número expressivo de ausência de inversão térmica e o pequeno número de inversão à superfície. Outro parâmetro que mostra essa situação é o índice K, mais alto nas sondagens de Porto Alegre (tabela 28). Entre os sistemas de tempo instável à superfície, a Baixa Pressão no Rio Grande do Sul, embora apresentando altura média da base da camada de inversão um pouco baixa, foi a que mais instabilizou o ar em Porto Alegre com índice K médio igual a 29,0. Nessa situação sinótica 2 casos apresentaram ar muito instável com K igual ou superior a 40, 14 casos superior a 30 e somente 2 de ar mais estável com K inferior a 20. Por outro

lado, sistemas como Cavado Invertido e Ciclone Extratropical deixaram o tempo mais estável em Porto Alegre, pois apresentaram índices K inferiores e poucas diferenças entre o número de inversão à superfície e de ausência do fenômeno (tabela 28).

Para Florianópolis, o sistema mais instável foi a Baixa Pressão em Santa Catarina, justificado pela diferença entre o número de casos de inversões à superfície e a inexistência desse fenômeno, além do índice K médio ser o mais alto. Ainda com relação ao índice K, a Baixa Pressão em Santa Catarina apresenta pouca diferença entre o número de casos superior a 30 e inferior a 20 (tabela 28). Ao contrário desta, os Ciclones Extratropicais no litoral do Rio Grande do Sul, apesar da pouca ocorrência, ocasionaram ar estável em Florianópolis, com índice K médio baixo e nenhum valor superior a 30. Outro sistema que não se mostrou instável para Florianópolis foi o Complexo Convectivo de Mesoescala, que em 3 ocorrências, apesar de um registro de K superior a 30, manteve a média desse parâmetro baixa.

As inversões térmicas desses sistemas, pela própria dinâmica atmosférica, estão associadas com convecção, mesmo porque ocorreram poucas à superfície, exceto sob influência dos Cavados Invertidos (tabela 28). De modo geral, a base média ficou em torno de 400 metros em Porto Alegre e em 650 metros em Florianópolis. Isso significa que Porto Alegre esteve com menos expansão da camada convectiva, porém como os índices K foram mais altos em relação a Florianópolis é um indicativo que a umidade foi maior naquela localidade (tabela 28).

Tabela 28 – Condições atmosféricas do ar superior obtidas das sondagens de Porto Alegre (PA) - Florianópolis (FL) sob influência de sistemas de tempo instável à superfície.

Sondagem SBPA SBFL								
Sistema Atmosférico	Total PA-FL	Inversão à Superfície PA-FL	Ausência de Inversão PA-FL	Base Média da Inversão PA-FL	Índice K Médio PA-FL	K $\geq$ 40 PA-FL	K>30 PA-FL	K<20 PA-FL
Cavado Invertido	53-38	10-15	17-17	411-158	14,5-10,9	1-0	14-3	30-18
Baixa no Paraguai	18-17	3-2	7-7	352-542	20,4-12,6	0-0	5-4	9-10
Baixa no RS	23-20	3-2	11-8	218-606	29,0-12,6	2-0	14-2	2-9
Baixa em SC	19-15	1-1	11-5	480-747	20,6-23,7	0-0	10-6	6-5
Ciclone Ext. no litoral do RS	11-6	3-0	5-3	418-827	16,0-5,3	0-0	1-0	6-6
CCM	3-3	0-0	0-1	300-1325	30,3-4,7	0-0	1-1	0-2
B. Atlântico	30-24	1-4	15-11	599-489	15,7-19,2	0-0	11-8	14-10

Os sistemas de tempo instável, principalmente as baixas localizadas, de modo geral, provocam chuva do tipo pancadas isoladas que sofrem influência do relevo e do oceano. Assim, como nas frentes frias, as maiores quantidades de precipitação ocorrem próximas às escarpas da Serra Geral em Timbé do Sul, Praia Grande e Serrinha, que também se destacam nas frentes frias sobre Santa Catarina. Em São Joaquim e Sombrio, o total de precipitação também é bastante expressivo, conforme a tabela 29.

Tabela 29 – Distribuição espacial da precipitação relacionada à influência dos sistemas instáveis a superfície de janeiro de 2003 a junho de 2005

Localidades: Ta = Taquaruçu; MA= Foz Manoel Alves; So = Sombrio; Fo = Forquilha; Ur = Urussanga; Iç = Içara; PG = Praia Grande; Me = Meleiro; TS = Timbé do Sul; Se= Serrinha; MH = Mãe dos Homens; JA = São José dos Ausentes; BJ = Bom Jardim da Serra; SJ = São Joaquim.

Posição dos Sistemas	Ta	MA	So	Fo	Ur	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JA	BJ	SJ
Cavado Invertido	309,7	225,4	302,9	208,9	199,5	175,0	340,0	281,7	375,2	223,7	351,8	310,6	260,4	263,7
Baixa no Paraguai	165,2	201,4	225,6	102,6	186,7	195,9	234,2	98,5	238,7	140,0	187,2	131,7	127,2	82,9
Baixa no RS	138,8	174,7	82,7	88,7	121,0	98,1	141,5	178,6	206,3	167,2	84,4	100,6	101,8	216,8
Baixa em SC	28,6	75,0	69,6	51,7	103,4	75,0	104,1	81,5	137,7	133,9	58,8	99,1	150,6	131,6
Ciclone Ext. no litoral do RS	34,1	40,0	17,2	19,8	109,8	24,7	22,7	32,9	41,4	42,0	16,7	40,3	15,8	70,6
CCM	14,2	27,8	9,2	0	27,1	13,5	14,2	17,7	24,3	35,0	31,9	61,0	51,8	45,6
Baixa no Oceano	117,7	96,6	205,8	89,4	147,3	124,17	159,7	180,5	193,0	197,4	86,0	102,3	128,2	124,3
Total de precipitação	808,3	840,9	913,0	561,1	894,8	706,3	1016,9	871,4	1216,6	939,2	816,8	845,6	835,8	935,5

Quase todos os sistemas instáveis à superfície determinam grandes volumes de chuva em Timbé do Sul (tabela 29).

Devido ao número variável de ocorrências destes sistemas no período de janeiro de 2003 a junho de 2005, pode-se concluir através da tabela 30 que os CCM's são os que originam maiores volumes de precipitação por episódio e que os mesmos são particularmente ativos para estações no planalto e de modo subordinado nas localidades na base ou na escarpa (tabela 30).

As escarpas também influenciam na precipitação nos episódios de baixas pressões tanto sobre o Paraguai, como sobre o Rio Grande do Sul e sobre Santa Catarina, especialmente em Timbé do Sul e Serrinha. Dentre estes três sistemas a Baixa no Paraguai é a que determina maiores valores de chuva tanto para Timbé do Sul como para a maior parte das

estações, excetuando-se Bom Jardim da Serra e São Joaquim que sofrem mais a influência da baixa sobre Santa Catarina.

As baixas sobre o Oceano Atlântico originam valores médios de precipitação inferiores às outras baixas, porém atuam de modo um pouco mais intenso nas estações costeiras.

Os ciclones extratropicais também ocasionam baixos volumes de precipitação com destaque apenas em Urussanga e São Joaquim, uma vez que este sistema é mais instável no oceano, e no continente a banda de nebulosidade frontal associada a ele passa de forma rápida, conforme é descrito no capítulo 2. Porém era de se esperar umidade mais elevada e maior quantidade de nuvens que resultariam em chuvas mais abundantes. A nebulosidade associada aos ciclones extratropicais foram predominantemente cumuliformes na costa catarinense e com maior atividade a tarde e a noite, já que pela manhã, tanto nas sondagens de Porto Alegre quanto de Florianópolis, não foram verificadas condições de instabilidade significativas através do índice K (tabela 28).

Os cavados invertidos com valores de precipitação intermediários (tabela 30) tem melhor distribuição na área de estudo, e cada episódio gera em torno da metade daquele advindo das baixas pressões sobre o Paraguai.

Tabela 30 – Valores médios de precipitação em cada ocorrência relacionada aos sistemas instáveis à superfície de janeiro de 2003 a junho de 2005

Localidades: Ta = Taquaruçu; MA= Foz Manoel Alves; So = Sombrio; Fo = Forquilha; Ur = Urussanga; Iç = Içara; PG = Praia Grande; Me = Meleiro; TS = Timbé do Sul; Se= Serrinha; MH = Mãe dos Homens; JA = São José dos Ausentes; BJ = Bom Jardim da Serra; SJ = São Joaquim.

Posição dos Sistemas	Ta	MA	So	Fo	Ur	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JA	BJ	SJ
Cavado Invertido	5,1	3,6	5,0	3,4	3,3	2,9	5,6	4,6	6,1	3,7	5,8	5,1	4,3	4,3
Baixa Paraguai	7,2	8,7	9,8	4,4	8,1	8,5	10,2	4,3	10,4	6,1	8,1	5,7	5,5	3,6
Baixa no RS	5,3	6,7	3,2	3,4	4,6	3,8	5,4	6,8	7,9	6,4	3,2	3,9	3,9	8,3
Baixa em SC	1,5	4,0	3,6	2,7	5,4	3,9	5,5	4,3	7,2	7,0	3,1	5,2	7,9	6,9
Ciclone Ext. no litoral do RS	3,1	3,6	1,6	1,8	9,9	2,2	2,0	3,0	3,7	3,8	1,5	3,6	1,4	6,4
CCM	4,7	9,3	3,1	0	9,0	4,3	4,7	5,9	8,0	11,7	10,4	20,3	17,2	15,2
Baixa Atlântico	3,3	2,7	5,7	2,5	4,1	3,4	4,4	5,0	5,4	5,5	2,4	2,8	3,6	3,4

Para analisar o efeito do relevo foi realizada uma comparação dos dados de Serrinha e Forquilha, que apesar de estarem a uma distância aproximada de 18km (figura 38), apresentam diferenças significativas de precipitação. Isso ocorre porque a Serrinha fica próximo à escarpa da Serra Geral numa posição em que os ventos provocados pelo cavado, conforme figura 5 do capítulo 2, são forçados a ascender as encostas e forçam a ocorrência de precipitação, o que não ocorre em Forquilha, mais afastada da escarpa.

Situação semelhante ocorre entre Praia Grande e Mãe dos Homens (figura 39), distantes em torno de 13km. A escarpa da Serra tem um papel importante na ocorrência da precipitação, pois força a formação de nuvens, e como o deslocamento das nuvens ocorre do continente para o oceano, Praia Grande recebe maior volume de chuva em relação à Mãe dos Homens que está próxima de um canyon, conforme a figura 39. O canyon está numa posição leste-oeste, porém a oeste da estação há um outro canyon cortando no sentido quase norte-sul. Nesse caso, os ventos predominantes que sopram de leste a sudeste, não ascendem a escarpa e sopram para norte, não contribuindo na formação de nuvens orográficas que produzem chuva volumosa. Em Praia Grande, considerando a totalidade dos sistemas (tabela 29), choveu 200,1mm (20%) a mais do que em Mãe dos Homens. A precipitação em Praia Grande foi distribuída em 73 dias de chuva e em Mãe dos Homens em 61 dias.

Há que se salientar que nem sempre a atuação de um sistema instável à superfície determina dias com chuva. Conforme a tabela 31, os 61 episódios de cavados invertidos originaram no máximo 32 dias com chuva em Serrinha.

Esta estação e a de São Joaquim foram as que apresentaram maiores quantidades de precipitação para o total destes sistemas, 92 dias. Outros totais elevados foram determinados para Bom Jardim da Serra, Urussanga, Timbé do Sul e São José dos Ausentes. Por outro lado, Forquilha registrou o menor volume de precipitação para a maioria dos sistemas. A diferença entre Serrinha e Forquilha é de 371,1mm, o que equivalente a 60%; dos 179 dias em que os sistemas de tempo instável à superfície atuaram, em 92 dias choveu em Serrinha e em Forquilha apenas 59 dias (tabela 31).

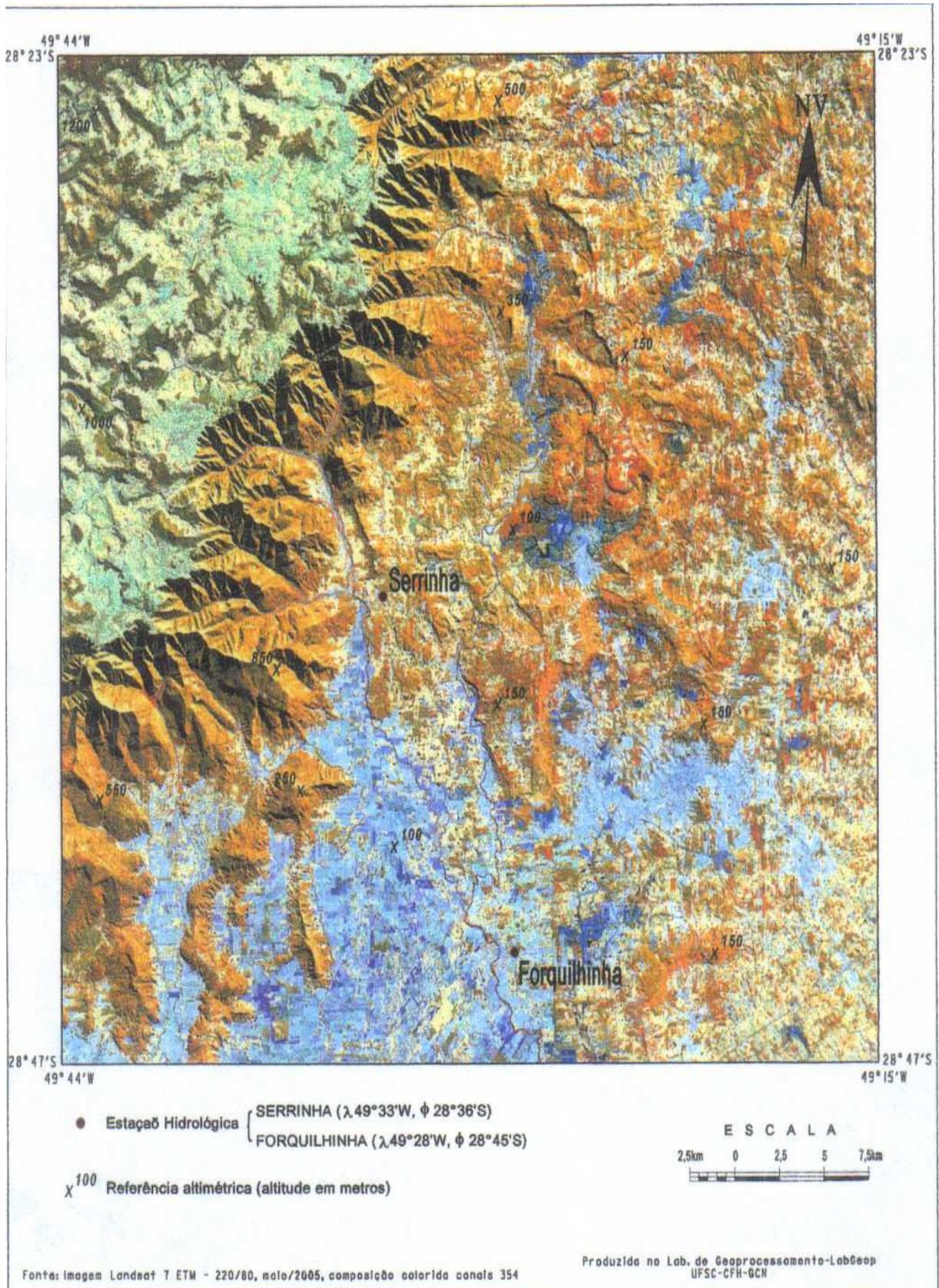


Figura 38 – Localização das estações hidrológicas de Serrinha e Forquilha

Figura 38 – Localização das estações hidrológicas de Serrinha e Forquilha.

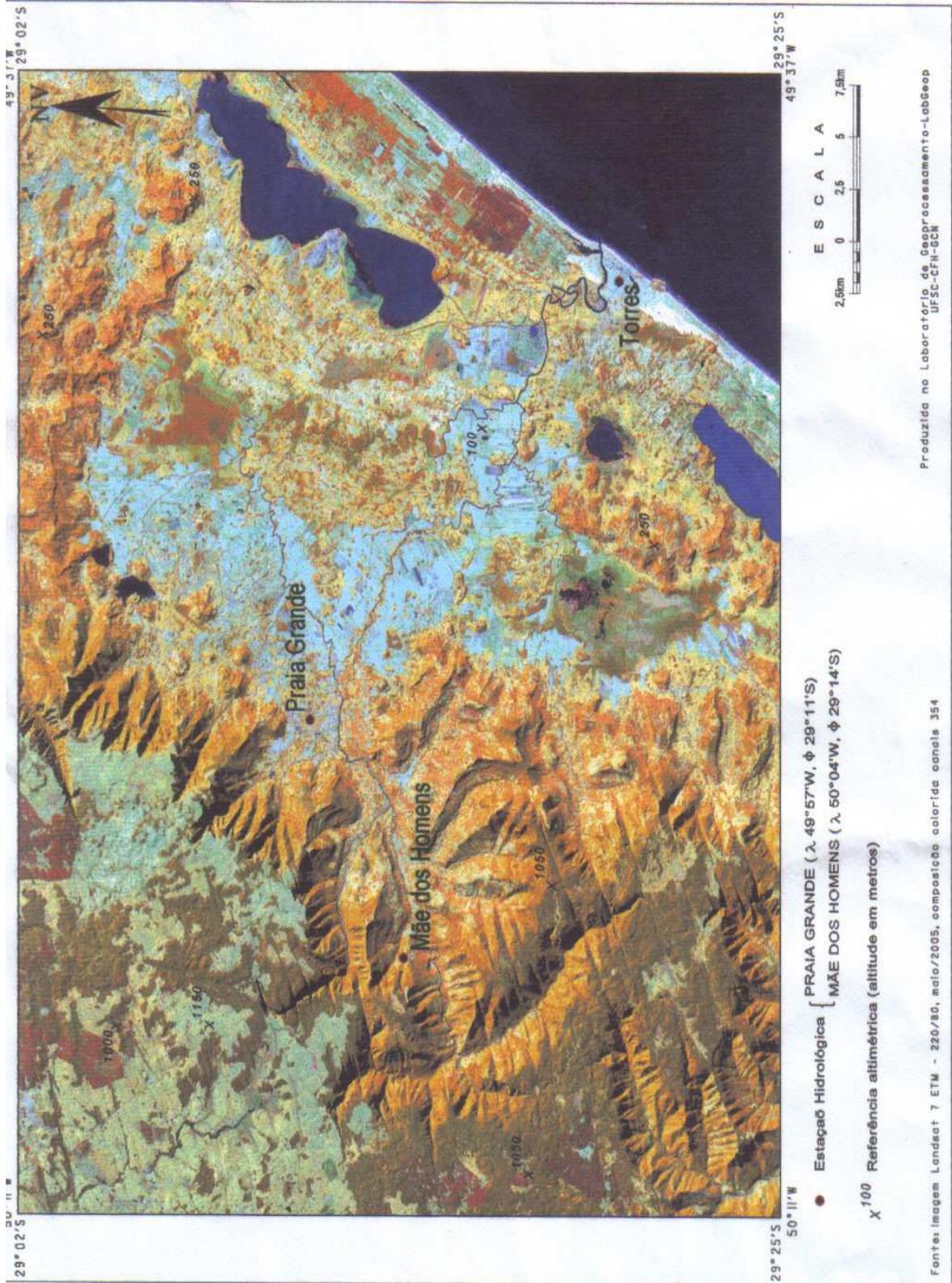


Figura 39 – Localização das estações hidrológicas de Praia Grande e Mãe dos Homens.

Figura 39 – Localização das estações hidrológicas de Praia Grande e Mãe dos Homens.

Tabela 31 – Total de dias de chuva associados a cada sistema instável à superfície no período de janeiro de 2003 a junho de 2005

Localidades: Ta = Taquaruçu; MA= Foz Manoel Alves; So = Sombrio; Fo = Forquilha; Ur = Urussanga; Iç = Içara; PG = Praia Grande; Me = Meleiro; TS = Timbé do Sul; Se= Serrinha; MH = Mãe dos Homens; JA = São José dos Ausentes; BJ = Bom Jardim da Serra; SJ = São Joaquim.

Posição dos Sistemas	Ta	MA	So	Fo	Ur	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JA	BJ	SJ
Cavado Invertido	17	12	12	19	24	23	22	19	26	32	19	23	24	22
Baixa Paraguai	8	8	6	8	11	10	7	7	11	8	10	10	11	10
Baixa no RS	8	10	4	8	12	13	10	13	11	12	10	14	13	19
Baixa em SC	3	5	5	6	9	10	11	7	10	15	5	9	11	10
Ciclone Ext. no litoral do RS	3	2	1	3	7	3	3	3	3	4	3	6	2	8
CCM	1	2	1	0	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1
Baixa no Oceano	11	9	9	15	19	19	19	15	20	20	12	18	22	22
Total de dias	51	48	38	59	83	79	73	65	82	92	61	82	84	92

De dezembro de 2004 a junho de 2005, que inclui dados da estação da Serra da Rocinha, não houve atuação de Ciclone Extratropical e de Complexo Convectivo de Mesoescala. Mesmo com um menor número de sistemas, as características de distribuição da precipitação não se alteraram significativamente: as maiores quantidades de chuva foram registradas em Serrinha, Timbé do Sul, Bom Jardim da Serra e também na localidade de Serra da Rocinha. As menores quantidades ocorreram em Taquaruçu, Forquilha e Sombrio. Com relação à frequência da precipitação, a Serra da Rocinha foi a que apresentou a melhor distribuição, seguida de Serrinha e São José dos Ausentes, e as menores frequências em Taquaruçu, Forquilha e Sombrio (tabela 32).

A localidade da Serra da Rocinha, quando sob atuação da Baixa no Oceano, apresentou o maior número de dias e os mais elevados valores de precipitação, menores somente do que aqueles registrados para Serrinha. Por outro lado os cavados invertidos são responsáveis por baixa precipitação na estação (tabela 32).

Tabela 32 – Total de precipitação e dias de chuva associados a cada sistema instável à superfície de dezembro de 2004 a julho de 2005

Estação	Cav. Inv.		Baixa Parag		Baixa RS		Baixa SC		Baixa Atlân.		Total Geral	
	Total	Dias	Total	Dias	Total	Dias	Total	Dias	Total	Dias	Total	Dias
Taquaruçu	13,5	2	19,4	1	28,0	2	4,4	1	29,0	6	94,3	12
Foz do M. Alves	17,0	2	46,0	2	29,7	2	4,0	1	39,0	4	135,7	11
Sombrio	3,4	1	41,1	1	44,4	2	0,0	0	40,9	4	129,8	8
Forquilha	15,1	2	26,7	2	4,9	2	25,2	2	34,1	8	106,0	16
Urussanga	37,6	2	21,0	2	11,5	3	28,3	2	80,1	11	178,5	20
Içara	20,5	2	11,1	2	17,8	4	26,6	2	73,9	11	149,9	21
Praia Grande	11,9	3	33,7	2	44,5	2	4,4	2	104,1	12	198,6	21
Meleiro	37,0	2	4,5	1	29,9	3	9,1	2	109,7	8	190,2	16
Timbé do Sul	10,5	2	48,1	3	39,0	4	41,2	3	116,4	12	255,2	24
Serrinha	40,1	4	39,9	2	19,6	3	46,3	5	133,8	12	279,7	26
Mãe dos Homens	9,0	1	53,8	5	35,5	2	56,2	4	5,7	2	160,2	14
Serra da Rocinha	2,6	5	45,2	5	33,4	4	23,0	4	125,8	15	230,0	33
São José dos Ausentes	13,2	4	6,4	2	34,7	4	23,4	3	67,0	12	144,7	25
Bom Jardim da Serra	64,8	2	24,1	2	19,6	4	42,8	2	84,7	14	236,0	24
São Joaquim	32,7	2	9,5	1	27,1	3	11,3	2	82,2	13	162,8	21
Total	328,9	36	430,5	33	419,6	44	346,2	35	1126,4	144	1126,4	144

#### 4.1.3 Condições atmosféricas associadas aos sistemas instáveis em altitude.

Os sistemas instáveis em altitude observados de janeiro de 2003 a junho de 2005 foram jatos subtropicais, cavados e vórtices ciclônicos em médios e altos níveis, sendo que os jatos subtropicais foram os que mais influenciaram as condições de tempo num total de 41 dias, seguidos por cavados (21 dias) e vórtices (16 dias), conforme a tabela 21.

Em relação aos demais sistemas estudados – frentes frias e instáveis à superfície – os de altitude (tabela 33) se apresentaram mais instáveis com mais nebulosidade e elevada umidade especialmente para São Joaquim, e de modo menos intenso para Urussanga.

Entre os três sistemas de altitude os vórtices ciclônicos são os que causaram mais irregularidade, com céu nublado quase encoberto, e umidade mais alta ocasionando nas condições de tempo observadas às 12 UTC, chuva fraca (CGT=7) em São Joaquim e névoa úmida (CGT=2) em Urussanga; em São Joaquim ocorreu chuva fraca com jatos e nevoeiro (CGT=4) e com cavados, enquanto em Urussanga as condições de tempo foram sempre de névoa úmida.

As diferenças de temperaturas entre as duas estações refletem as altitudes distintas. Dentro de uma atmosfera padrão a temperatura diminui 8,6°C entre as duas localidades (0,65°C/100m), mas para os jatos subtropicais a diferença foi de 6,4°C, para os cavados, 7,3°C e para os vórtices, 6,2°C. Essas diferenças podem ser explicadas pela umidade do ar, mais efetiva para os vórtices ciclônicos do que para os jatos e os cavados.

Os ventos em médios e altos níveis da atmosfera, associados aos sistemas de tempo instável em altitude, tendem a soprar de oeste por efeito do movimento de rotação da Terra.

Em superfície a determinação da direção do vento é muito importante para auxiliar na intensidade do sistema. Se em Urussanga e São Joaquim os ventos soprarem de oeste, o tempo mais instável vai ocorrer no Atlântico, devido à maior porcentagem de umidade que está contida no sistema ser utilizada na formação de nuvens e chuva no Oceano. Porém os casos analisados apresentaram direção de sudeste (140°) e nordeste (050°) em Urussanga e de norte (360°) e leste (090°), em São Joaquim (tabela 33), mantendo e transportando a umidade em baixos níveis sobre o continente. Os ventos associados aos jatos subtropicais ensejaram a formação de uma convergência entre o planalto e a costa, devido à predominância da direção sudeste em Urussanga e de norte em São Joaquim. Para os cavados, a direção nordeste em Urussanga e norte em São Joaquim sugerem a formação de baixa pressão em superfície ao sul dessas localidades, já que os ventos fluem na direção das baixas pressões. Os ventos de nordeste em Urussanga e de leste em São Joaquim indicam uma situação de maior instabilidade para o sul catarinense sob influência dos vórtices ciclônicos, porque ingressa mais umidade já que a baixa pressão deve estar a oeste de São Joaquim.

Os ventos que já se mostravam intensos em São Joaquim associados com as frentes frias e aos sistemas de baixa pressão à superfície, também o são sob domínio dos sistemas instáveis em altitude.

Tabela 33 – Condições médias de tempo (nebulosidade, umidade relativa do ar, temperatura, condições gerais de tempo e vento) de Urussanga e São Joaquim relativas à atuação dos sistemas instáveis em médios e altos níveis da atmosfera.

Sistema atmosférico	Urussanga						São Joaquim					
	Nuvens	UR	Temp.	CGT	Vento		Nuvens	UR	Temp.	CGT	Vento	
					Dir.	Int.					Dir.	Int.
Jato Subtropical	8,0	86,7	17,7	2	140	1,2	8,4	91,2	11,3	7	360	2,6
Cavado	7,2	82,3	24,2	2	050	0,9	8,4	92,8	16,9	4	360	2,8
Vórtice Ciclônico	9,2	95,5	18,9	2	050	0,9	9,8	94,6	12,7	7	090	1,8

A verificação diária das condições de tempo dos sistemas instáveis em altitude (tabela 34) confirma que os Vórtices em Médios e Altos Níveis da atmosfera apresentaram tempo mais instável para Urussanga e São Joaquim com céu preponderantemente encoberto e umidade elevada. Com instabilidade decrescente estão os Jatos e por último os Cavados, especialmente para Urussanga; sob domínio desse último sistema o céu esteve com muitas nuvens, mas sem ficar encoberto para a maioria dos casos.

Tabela 34 – Condições de nebulosidade e umidade relativa do ar de Urussanga e São Joaquim associadas aos sistemas de tempo instável em médios e altos níveis.

Sistema atmosférico	Urussanga						
	Céu Claro	Céu Parcialmente Nublado	Céu Nublado	Céu Encoberto	UR ≤50%	UR ≤80 ≥50%	UR > 80%
Jato Subtropical	1	7	10	23	0	10	31
Cavado	1	4	8	7	0	9	12
Vórtice Ciclônico	0	1	2	13	0	0	16
Sistema atmosférico	São Joaquim						
	Céu Claro	Céu Parcialmente Nublado	Céu Nublado	Céu Encoberto	UR <50%	UR ≤80 ≥50%	UR > 80%
Jato Subtropical	1	4	12	24	1	4	36
Cavado	0	2	10	9	0	1	20
Vórtice Ciclônico	0	0	4	12	0	2	14

Por outro lado, através das sondagens de Porto Alegre e Florianópolis os números indicam maior instabilidade sob influência dos cavados em médios e altos níveis com índices K médios mais elevados e mais casos de K maior do que 30. De acordo com os índices K

médios, os vórtices têm menor instabilidade que os cavados e maior que os jatos. A menor instabilidade dos jatos pode ser verificada também através da grande porcentagem de valores de K inferiores a 20 (tabela 35).

Em relação aos jatos, Florianópolis é mais instável, com média do índice K mais elevado e menos casos de K inferior a 20, embora não apresente variações significativas do ponto de vista das inversões térmicas enquanto os cavados e os vórtices se mostraram mais instáveis para Porto Alegre (tabela 35).

Tabela 35 – Condições atmosféricas do ar superior obtidas das sondagens de Porto Alegre (PA) - Florianópolis (FL) sob influência de sistemas de tempo instável em altitude.

Sondagem de SBPA/ SBFL								
Sistema Atmosférico	Total PA - FL	Inversão à Superfície PA - FL	Ausência de Inversão PA - FL	Base Média da Inversão PA - FL	Índice K Médio PA-FL	$K \geq 40$ PA-FL	$K > 30$ PA-FL	$K < 20$ PA-FL
Jato Subtropical	37 - 33	5 - 5	15 - 16	346 - 470	10,0 - 16,3	1 - 0	6 - 3	22 - 13
Cavado em Médios e Altos Níveis	16 - 13	1 - 4	6 - 8	360 - 160	30,5 - 26,8	0 - 0	8 - 4	0 - 2
Vórtice em Médios e Altos Níveis	16 - 12	1 - 4	7 - 5	353 - 404	23,3 - 21,9	0 - 0	4 - 2	4 - 3

Embora as condições de altitude das sondagens de Porto Alegre e Florianópolis apontem para ar mais instável sob domínio dos cavados em médios e altos níveis, as observações realizadas em Urussanga e São Joaquim (tabelas 33 e 34) mostram como mais instáveis os vórtices por apresentarem mais nuvens e umidade mais elevada.

Via de regra, os vórtices ocasionam mais nuvens em relação aos cavados, e é comum a presença de nuvens do tipo nimbostratus (nuvens estratiformes que cobrem o céu numa grande área), porém os núcleos mais instáveis com formação de cumulonimbus se formam na borda leste do sistema, que nesse caso, coincide com o Atlântico, tanto que a chuva é mais intensa e melhor distribuída no centro-leste da costa sul catarinense. Outro fator que explica a presença de maior instabilidade na costa é a frequência de dias de chuva, que se manifesta mais na zona mais próxima da costa, como Sombrio (tabela 36). Portanto, se chove muito em curto espaço de tempo, ou mesmo, em menos dias, é indicativo de chuva mais forte, que é proveniente de nuvens de maior desenvolvimento vertical como cúmulos e cumulonimbus.

Por outro lado, apesar dos Cavados terem apresentado menos nebulosidade e índices de umidade relativa mais baixa, a nebulosidade cumuliforme deve ter predominado, visto

pelos índices K elevados, com somente dois casos desfavoráveis à instabilidade, acusados nas sondagens de Florianópolis (tabela 35). Nessa situação a chuva foi predominantemente em forma de pancadas, onde as condições de ar instável do sistema foram reforçadas pelo efeito do relevo, refletindo em maior volume de chuva em Praia Grande, Timbé do Sul, Serrinha e Mãe dos Homens (figura 34).

Apesar da localidade Mãe dos Homens ter apresentado uma quantidade de precipitação bem significativa para os cavados, esta ocorreu em poucos eventos, ou seja, mal distribuída (tabela 36). Ao contrário, em Bom Jardim da Serra e São Joaquim, a quantidade de precipitação foi menor, porém bem distribuída. Essa diferença se relaciona com os tipos de nuvens do sistema que por efeito do relevo são modificadas. Assim, em Mãe dos Homens predominou nuvens cumuliformes, que resultam em chuva localizada, enquanto nas localidades do planalto, nuvens estratiformes, que se caracterizam por chuva leve e contínua.

Entretanto, salienta-se que os Cavados em Médios e Altos Níveis são altamente instáveis em Mãe dos Homens, tendo em vista a ocorrência de 207mm em 5 episódios (figura 40 e tabela 36), sendo que em apenas dois, de dezembro de 2004 a julho de 2005, foi registrado 94mm (tabelas 37 e 38). A localidade próxima, Praia Grande, embora tenha maior quantidade de precipitação, 231mm (figura 40), a distribuição se deu em 15 dias, conforme a tabela 36.

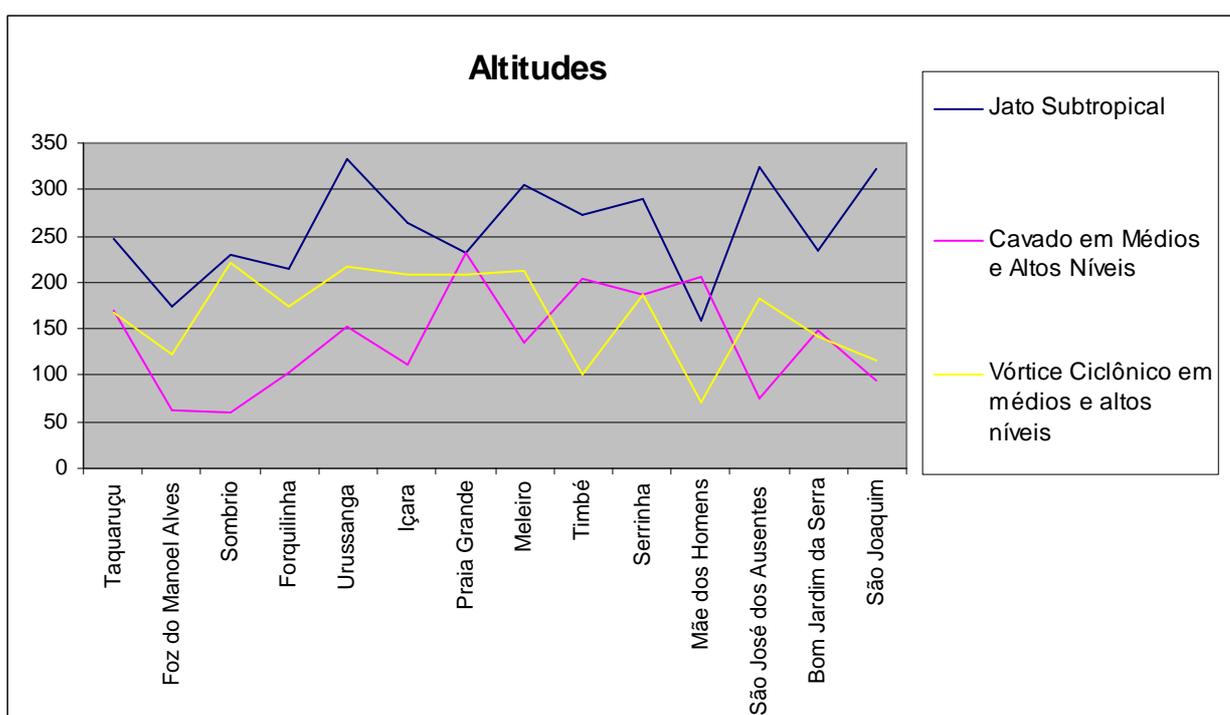


Figura 40 – Distribuição espacial da precipitação relacionada a influência dos sistemas instáveis em altitude de janeiro de 2003 a junho de 2005

Os jatos em médios e altos níveis da atmosfera apresentaram distribuição da precipitação diferenciada em relação aos outros dois tipos de sistemas classificados como de tempo instável em altitude; enquanto nos vórtices as chuvas se concentraram principalmente no centro-leste da costa sul catarinense, nos cavados foi mais próximas das encostas da Serra Geral, e, sob influência dos jatos mais irregular do ponto de vista espacial. A precipitação mais intensa e bem distribuída ocorreu em Urussanga e em São José dos Ausentes e São Joaquim. Por outro lado, em Mãe dos Homens, Foz do Manoel Alves e Forquilha, foi menor e mal distribuída, como já apresentada para a maioria dos sistemas (figura 40 e tabela 36).

Uma outra característica que difere os jatos dos cavados e dos vórtices é a frequência de dias de chuva, conforme a tabela 36. Nos jatos, a nebulosidade predominante é formada por stratocumulus e altostratus associados a nimbostratus, que são camadas de nuvens de grande extensão horizontal e pouca vertical (nuvens estratiformes), resultando em chuva leve ou fraca de caráter contínuo, com melhor distribuição espacial da precipitação. A condição de chuva leve e persistente e da nebulosidade estratiforme pode ser explicada pela pequena instabilidade apresentada nas sondagens de Porto Alegre e Florianópolis, inclusive com a maioria apresentando índice K inferior a 20, indicativo de ar mais estável (tabela 35). Essa condição é esperada uma vez que os cavados e os vórtices em médios e altos níveis, geralmente se formam na área de contato entre as massas de ar quente e frio, e as frentes frias se desenvolvem mais próximas da superfície, portanto mais instáveis e com K mais elevado. Os jatos, ficam mais na retaguarda, sobre o ar mais frio à superfície, conforme descrição no Capítulo 2, com um índice K mais baixo.

Tabela 36 – Total de dias de chuva associados a cada sistema instável em altitude de janeiro de 2003 a junho de 2005

Localidades: Ta = Taquaruçu; Ma= Foz Manoel Alves; So = Sombrio; Fo = Forquilha; Ur = Urussanga; Iç = Içara; PG = Praia Grande; Me = Meleiro; TS = Timbé do Sul; Se= Serrinha; Mh = Mãe dos Homens; JA = São José dos Ausentes; BJ = Bom Jardim da Serra; SJ = São Joaquim.

Posição dos Sistemas	Ta	Ma	So	Fo	Ur	Iç	PG	Me	TS	Se	Mh	JA	BJ	SJ
Jato Subtropical	20	12	13	22	27	23	23	17	18	27	20	25	22	25
Vórtice Ciclônico	7	7	9	10	13	10	11	10	7	14	5	11	12	13
Cavado em Altitude	8	6	5	9	12	9	15	11	13	16	5	12	16	15

Cabe salientar que nuvem do tipo nimbostratus, apesar de ser considerada estratiforme, quando associada a sistemas como os vórtices, é mais densa e provoca chuva moderada contínua, diferente de quando surge associada a altostratus, em que é menos espessa e ocasiona chuva leve. Porém, tempestades com chuvas mais fortes acompanhadas de trovoadas podem ser organizadas por jatos, conforme descrição no Capítulo 2. São justamente essas tempestades localizadas que devem ter provocado as diferenças verificadas na tabela 37.

Tabela 37 – Distribuição espacial da precipitação relacionada à influência dos sistemas instáveis em altitude de dezembro de 2004 a junho de 2005

Localidades: Ta = Taquaruçu; Ma= Foz Manoel Alves; So = Sombrio; Fo = Forquilha; Ur = Urussanga; Iç = Içara; PG = Praia Grande; Me = Meleiro; TS = Timbé do Sul; Se= Serrinha; Mh = Mãe dos Homens; JA = São José dos Ausentes; BJ = Bom Jardim da Serra; SJ = São Joaquim; SR = Serra da Rocinha.

Posição dos Sistemas	Ta	Ma	So	Fo	Ur	Iç	PG	Me	TS	Se	Mh	JA	BJ	SJ	SR
Jato Subtropical *	186	81	119	84	215	149	99	142	149	206	15	187	146	184	181
Cavado em Altitude *	0	0	0	0	1	0	8	0	0	3	94	1	2	4	4
Vórtice Ciclônico *	9	18	9	12	13	9	21	16	0	14	0	22	2	7	24

\* Os totais de precipitação foram extrapolados para o décimo superior quando igual ou acima de 0,5mm e para o inferior abaixo de 0,4mm.

De 21 de dezembro de 2004 a 30 de junho de 2005, as condições de tempo nas localidades foram influenciadas pelos jatos subtropicais durante 14 dias, pelos cavados em apenas dois dias, e pelos vórtices, em 3 dias (tabela 21). Para esses sistemas, a localidade da Serra da Rocinha se mostrou chuvosa; perante os jatos apresentou uma quantidade de precipitação semelhante às localidades próximas, além de bem distribuída. Com relação aos cavados, a chuva também foi significativa, levando em consideração a ausência de registro em boa parte das localidades. Sob influência dos vórtices, a quantidade de precipitação se destacou perante a maioria das localidades (tabelas 37 e 38).

Tabela 38 – Total de dias de chuva associados a cada sistema instável em altitude de dezembro de 2004 a junho de 2005.

Localidades: Ta = Taquaruçu; Ma= Foz Manoel Alves; So = Sombrio; Fo = Forquilha; Ur = Urussanga; Iç = Içara; PG = Praia Grande; Me = Meleiro; TS = Timbé do Sul; Se= Serrinha; Mh = Mãe dos Homens; JA = São José dos Ausentes; BJ = Bom Jardim da Serra; SJ = São Joaquim; SR = Serra da Rocinha.

Posição dos Sistemas	Ta	Ma	So	Fo	Ur	Iç	PG	Me	TS	Se	Mh	JA	BJ	SJ	SR
Jato Subtropical	9	4	6	7	9	9	10	6	9	13	4	10	9	11	13
Cavado em Altitude	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	2	2	1	1	1
Vórtice Ciclônico	1	1	2	4	2	2	2	2	0	3	0	4	2	3	2

#### 4.1.4 Condições atmosféricas associadas aos sistemas estáveis à superfície.

Os sistemas estáveis à superfície observados de janeiro de 2003 a junho de 2005 foram os Anticiclones Polares em suas diferentes posições geográficas: Argentina, Uruguai, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, tanto no continente quanto no Oceano; e, o Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul. Como a trajetória marítima é a mais comum para os Anticiclones Polares, o número de dias em que as condições de tempo, no sul catarinense, foram influenciadas foi maior quando os Anticiclones estavam no Atlântico, conforme pode ser observado na tabela 21.

De modo geral, os sistemas sobre o Atlântico produziram mais nuvens e umidade mais elevada. Isso fez com que as temperaturas ficassem elevadas nessas condições sinóticas (tabela 38).

De acordo com a mesma tabela, a nebulosidade é mais intensa (céu nublado) no sul catarinense, tanto em Urussanga quanto em São Joaquim, quando os Anticiclones estavam na Argentina e Uruguai e passaram a influenciar as condições de tempo em Santa Catarina. Essa condição é um indicativo de que existia algum sistema de tempo instável, especialmente as frentes frias, e que se afastavam do estado para o Oceano ou para o Sudeste do Brasil.

Na medida que as Altas Polares se deslocam para menores latitudes, a nebulosidade diminui nas duas localidades. Essa diminuição de nebulosidade é indicativa do aumento da estabilidade, principalmente quando os sistemas de alta pressão estavam em Santa Catarina. Mas, apesar de São Joaquim apresentar um pouco mais de nebulosidade em

relação a Urussanga nessa condição sinótica, a baixa umidade e a intensidade do vento (mais fraco) demonstram a estabilidade no local (tabela 39).

Quando os Anticiclones avançam pelo litoral do Rio Grande do Sul, em geral, os ventos mudam o padrão de sudeste (140°) para nordeste (050°) em Urussanga e para norte (360°) em São Joaquim, e a umidade que era mais elevada em São Joaquim passa a ficar mais baixa em relação a Urussanga, conforme a tabela 39.

A temperatura média é mais baixa quando o Anticiclone está na Argentina, Uruguai e Rio Grande do Sul, com São Joaquim sempre apresentando valores mais baixos devido a altitude. Com rotas de migração mais sobre o Oceano, o Anticiclone imprime nas localidades analisadas temperaturas mais amenas que quando comparadas com um deslocamento continental.

A diferença de altitude, e conseqüentemente temperatura, implica que sob domínio dos Anticiclones ocorre geada fraca (CGT=13), moderada (CGT=14) e forte (CGT=15) em São Joaquim, enquanto em Urussanga é névoa úmida (CGT=2).

Tabela 39 – Condições médias de tempo (nebulosidade, umidade relativa do ar, temperatura, condições gerais de tempo e vento) de Urussanga e São Joaquim associadas à atuação dos sistemas estáveis à superfície (Anticiclones)

Sistema atmosférico	Urussanga						São Joaquim					
	Nuvens	UR	Temp.	CGT	Vento		Nuvens	UR	Temp.	CGT	Vento	
					Dir.	Int.					Dir.	Int.
Litoral da Argentina.	6,8	85,4	19,3	2	140	1,3	5,4	89,2	12,0	13	140	2,4
Argentina (Continente).	4,6	79,1	15,4	2	140	1,6	7,2	91,1	7,7	14	230	2,3
Litoral do Uruguai.	6,4	85,7	19,2	2	140	1,1	5,5	86,6	12,5	4	140	2,1
Uruguai (Continente).	3,2	78,8	15,4	1	140/180	1,2	4,6	79,5	9,1	15	140	2,2
Litoral do RS (Continente).	4,7	81,1	19,2	2	050	1,3	4,1	82,9	12,8	14	360	1,8
Rio G. do Sul (Continente).	1,9	79,5	14,6	2	140	1,1	2,6	76,4	7,1	15	090/140	2,9
Litoral de SC.	2,5	82,4	18,2	2	050	1,3	3,3	78,6	13,0	13	360	2,3
Santa Catarina (Continente).	1,2	82,7	16,2	2	050	1,5	2,1	70,6	10,7	14	360/050	1,3
ASAS	3,3	82,4	20,8	2	050	1,5	3,8	79,6	15,5	13	360	2,0

A verificação diária das condições de nebulosidade mostrou que com os Anticiclones Polares sobre a Argentina e Uruguai existiram muitos casos de céu encoberto tanto em Urussanga quanto em São Joaquim, e à medida que esses sistemas avançavam para o Sul do Brasil a nebulosidade diminuiu e os registros de céu parcialmente nublado e claro passaram a predominar, conforme a tabela 40. De acordo com a mesma tabela, a condição de maior nebulosidade, mais casos de céu encoberto ocorreram em Urussanga quando os Anticiclones estavam no litoral da Argentina. Em São Joaquim estas condições de tempo são mais evidentes quando estes estavam no interior da Argentina. Por outro lado, predomínio de céu claro e parcialmente nublado nas duas localidades foi verificado quando os sistemas se encontravam no Sul do Brasil e também sob o domínio do ASAS. Ainda menor quantidade de nuvens no sul catarinense foi registrada quando os Anticiclones estavam em Santa Catarina (tabela 40).

A umidade relativa do ar em Urussanga não mostrou variações significativas na atuação dos sistemas estáveis à superfície. Valores superiores a 80% foram mais frequentes quando os sistemas estavam sobre o oceano e pelo menos uma ocorrência de índice muito baixo foi verificada quando as Altas Polares estavam no interior da Argentina e sob domínio do ASAS. Em São Joaquim houve também vários registros com baixa umidade (inferior a 50%), mesmo quando os sistemas estavam sobre o Atlântico, principalmente no litoral do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (tabela 40).

Em relação aos demais sistemas analisados anteriormente (tabelas 24, 28 e 35), os Anticiclones Polares e o Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul apresentaram estabilidade atmosférica bem superior, refletida principalmente nos índices K médios e na predominância daqueles de valores inferiores a 20 (tabela 41).

Entre as diversas posições dos Anticiclones Polares, as maiores estabilidades em Porto Alegre e Florianópolis foram registradas quando estes estavam sobre o continente, conforme revela o índice K médio negativo em pelo menos uma localidade e pela maioria das sondagens com índices K inferiores a 20 (tabela 41). Nesse caso, conforme a mesma tabela, quando sobre o Uruguai e o Rio Grande do Sul, os Anticiclones Polares provocaram maior estabilidade, especialmente no Rio Grande do Sul, onde o índice K médio chegou a -15,9 em Porto Alegre e -20,0 em Florianópolis, a condição de tempo mais estável de todos os sistemas analisados.

Tabela 40 – Condições de nebulosidade e umidade relativa do ar de Urussanga e São Joaquim associadas aos sistemas estáveis à superfície (Anticiclones).

Urussanga							
Sistema Atmosférico	Céu Claro	Céu Parcialmente Nublado	Céu Nublado	Céu Encoberto	UR <50%	UR ≤80 ≥50%	UR >80%
Litoral da Argentina.	4	8	9	13	0	8	20
Argentina (Continente)	8	6	3	7	1	11	12
Litoral do Uruguai.	7	8	13	12	0	12	25
Uruguai (Continente)	8	0	3	1	0	6	6
Litoral do RS (Continente)	30	21	25	15	0	39	49
Rio G. do Sul (Continente)	14	7	3	0	0	10	14
Litoral de SC (Continente)	57	47	16	4	0	53	69
S. Catarina (Continente)	7	3	0	0	0	3	7
ASAS	25	27	17	3	1	25	45
São Joaquim							
Sistema Atmosférico	Céu Claro	Céu Parcialmente Nublado	Céu Nublado	Céu Encoberto	UR <50%	UR ≤80 ≥50%	UR >80%
Litoral da Argentina.	3	14	7	10	0	8	22
Argentina (Continente)	3	3	8	11	0	4	20
Litoral do Uruguai.	9	12	15	6	2	9	27
Uruguai (Continente)	5	2	4	1	1	4	7
Litoral do RS (Continente)	36	21	23	11	6	25	57
Rio G. do Sul (Continente)	12	8	2	2	3	9	12
Litoral de SC (Continente)	55	34	26	10	10	40	68
S. Catarina (Continente)	5	4	1	0	2	3	5
ASAS	22	28	16	4	2	23	42

Com os Anticiclones no Atlântico, os índices K médios ficaram mais altos, indicando um pouco mais de instabilidade, principalmente em Porto Alegre, onde ocorreram alguns registros superiores a 30. À medida que esses sistemas avançavam para menores latitudes aumentavam as condições de instabilidade em Porto Alegre e a maior, com 25% das

sondagens, ocorreu sob influência do ASAS (tabela 41); em Florianópolis, o ar se apresentou bem estável em relação a Porto Alegre quando os sistemas estavam em Santa Catarina.

A estabilidade verificada pelos valores do índice K não resultou em freqüentes formações de inversões térmicas e tão pouco em camadas de inversões térmicas muito baixas. As ausências de inversão praticamente predominaram enquanto os sistemas estavam em deslocamento sobre a Argentina e o Uruguai; a partir daí para o norte, o quadro se modificou em Porto Alegre, apresentando mais inversões em superfície. Em Florianópolis só houve registro de inversão à superfície sob domínio do ASAS.

As bases das sondagens ficaram, em média, mais altas quando os sistemas estavam sobre a Argentina e o litoral do Uruguai. A partir do Uruguai, ficaram mais altas em Florianópolis, com exceção do litoral do Rio Grande do Sul (tabela 41).

Tabela 41 – Condições atmosféricas do ar superior obtidas das sondagens de Porto Alegre (PA) - Florianópolis (FL) sob influência de sistemas de tempo estável à superfície.

Posição do Sistema	Sondagem de SBPA/SBFL															
	Total de Sondagem PA - FL		Inversão à Superfície PA - FL		Ausência de Inversão PA - FL		Base Média da Inversão PA - FL		Índice K Médio PA-FL		K $\geq$ 40 PA-FL	K $>$ 30 PA-FL	K $<$ 20 PA-FL			
Litoral da Argentina.	27	20	1	2	17	16	707	173	2,0	9,3	0	0	1	0	25	13
Argentina (Continente)	21	19	0	7	12	7	891	477	-5,3	2,8	0	0	0	0	19	16
Litoral do Uruguai.	34	29	2	6	11	17	552	501	12,5	8,0	0	0	2	1	18	21
Uruguai (Continente)	8	9	1	2	4	4	442	586	-14,0	-16,1	0	0	0	0	8	9
Litoral do RS.	85	72	17	20	24	26	379	417	1,0	1,6	0	0	4	0	78	61
Rio G. do Sul (Continente)	20	13	1	2	4	8	596	312	-15,9	-20,0	0	0	0	0	20	13
Litoral de SC.	111	93	46	25	13	31	207	442	0,8	-4,6	0	0	7	0	93	79
S. Catarina (Continente)	8	6	2	1	0	4	090	213	5,5	-9,0	0	0	1	0	7	6
ASAS	64	52	22	11	4	9	251	503	18,1	6,1	1	0	16	1	33	35

As condições de maior estabilidade verificadas quando estes sistemas têm deslocamento continental conferem totais de precipitação em torno de zero, para muitas das localidades analisadas; condição de tempo que não ocorre com deslocamento sobre o Oceano (tabela 42).

As chuvas registradas enquanto os sistemas estavam na Argentina, tanto no continente quanto no litoral, são, de modo geral, decorrentes da nebulosidade que ainda permaneceu na área de estudo associada a um sistema instável, notadamente as frentes frias. Com o deslocamento para menores latitudes, especialmente sobre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a nebulosidade restante dos sistemas instáveis é muito pouca, o que dificulta a ocorrência de chuva; entre os dois estados, Santa Catarina é o que apresenta maior estabilidade, com um total de apenas 7,3 mm nas localidades analisadas.

Por outro lado, quando no Atlântico, litoral do Uruguai, Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, a circulação marítima (fenômeno provocado por ventos úmidos soprando do alto mar para a costa), favoreceu a formação de nuvens e a ocorrência de chuvas mais volumosas, especialmente quando no litoral do Uruguai.

O Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (ASAS) em suas manifestações na área de estudo provocou mais chuvas na maioria das localidades em relação aos demais sistemas de alta pressão. Apesar da estabilidade desse sistema, a chuva, em sua maior parte, foi devida ao processo convectivo.

Considerando o total da precipitação ocasionado pelos sistemas estáveis à superfície em cada localidade foram verificados menores volumes no planalto: mais nítido em São José dos Ausentes, seguido por São Joaquim e Bom Jardim da Serra. Na zona costeira, choveu menos em Forquilha e em Içara e mais em Timbé do Sul e Mãe dos Homens, localidades já de mais altitude (tabela 42).

Sob domínio somente dos Anticiclones Polares, o volume de precipitação aumenta em direção às encostas da Serra Geral, com Forquilha registrando o menor índice. Os maiores volumes ocorreram em Mãe dos Homens e Timbé do Sul, Urussanga e Serrinha, dando indicação que com a circulação marítima a precipitação aumenta do litoral em direção às encostas da Serra Geral, e diminui na medida que passa ao planalto (tabela 42).

De 21 de dezembro de 2004 a 30 de junho de 2005, as condições de chuva não foram muito diferentes daquelas verificadas desde janeiro de 2003: chove mais com os sistemas de alta pressão sobre o Atlântico e menos quando estes estão sobre o continente. A circulação marítima que resulta em ventos úmidos quando os sistemas estavam no litoral do Uruguai, foi o fator que contribuiu para a maior quantidade de chuva registrada na maioria das estações. Por outro lado, a forte estabilidade do ar quando os sistemas estavam no interior do estado de Santa Catarina inibiu totalmente a ocorrência de precipitação, conforme a tabela 43.

Tabela 42 – Distribuição espacial da precipitação relacionada à influência dos sistemas estáveis em superfície de janeiro de 2003 a junho de 2005

Localidades: Ta = Taquaruçu; MA= Foz Manoel Alves; So = Sombrio; Fo = Forquilha; Ur = Urussanga; Iç = Içara; PG = Praia Grande; Me = Meleiro; TS = Timbé do Sul; Se= Serrinha; MH = Mãe dos Homens; JA = São José dos Ausentes; BJ = Bom Jardim da Serra; SJ = São Joaquim.

Posição dos Sistemas	Ta	MA	So	Fo	Ur	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JA	BJ	SJ	Total
Litoral da Argentina	32,5	71,5	66,8	47,1	131,1	61,6	90,6	109,5	161,1	89,0	92,9	28,2	30,5	29,7	1042,1
Argentina (continente)	45,2	0,0	0,0	3,7	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	20,2	0,2	0,0	34,9	116,1
Litoral do Uruguai	47,6	95,2	78,1	37,4	69,9	83,6	87,0	59,7	88,8	134,7	133,5	44,6	46,3	41,7	1048,1
Uruguai (continente)	0,0	0,0	0,0	0,0	27,5	0,7	0,0	0,6	0,0	13,3	0,0	0,0	1,9	19,7	63,7
Litoral do RS	67,4	53,0	59,6	57,6	72,9	64,8	61,5	20,5	123,1	43,2	113,3	26,8	53,4	27,6	844,7
Rio G. do Sul (cont.)	0,0	0,0	0,0	12,9	8,0	1,7	8,3	0,0	1,7	0,0	8,9	0,0	0,3	10,4	52,2
Litoral de SC	18,3	59,5	2,0	7,6	47,3	9,9	23,0	23,1	22,1	47,8	252,3	12,1	41,9	27,9	594,8
Santa Catarina (cont.)	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,4	0,0	0,6	3,9	1,2	0,0	0,0	0,0	7,3
ASAS	108,2	120,2	207,6	80,8	112,4	50,2	102,5	116,9	94,5	123,0	113,4	60,9	69,6	45,3	1405,5
Total de precipitação	319,2	399,4	414,1	248,3	478,5	272,5	373,3	330,3	491,9	457,4	735,7	172,8	243,9	237,2	-

Serrinha (151,5mm) foi a localidade que registrou a maior quantidade de chuva neste período, seguida pela Serra da Rocinha (115,2mm) e Mãe dos Homens (101,1mm). Na estação da Rocinha choveu em torno de 30% a mais em relação a Timbé do Sul e 73% em relação a São José dos Ausentes. Estes dados revelam que sob atuação desses sistemas chove mais nas escarpas do que nas áreas do planalto e da planície próxima.

Tabela 43 – Distribuição espacial da precipitação relacionada à influência dos sistemas estáveis em superfície de dezembro de 2004 a junho de 2005

Localidades: Ta = Taquaruçu; MA = Foz Manoel Alves; So = Sombrio; Fo= Forquilha; Ur = Urussanga; Iç = Içara; PG= Praia Grande; Me = Meleiro; TS = Timbé do Sul; Se = Serrinha; MH = Mãe dos Homens; JA = São José dos Ausentes; BJ = Bom Jardim da Serra; SJ = São Joaquim; SR = Serra da Rocinha

Posição dos Sistemas	Ta	MA	So	Fo	Ur	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JA	BJ	SJ	SR
Litoral da Argentina	13,3	19,0	0,0	1,2	4,3	33,6	9,3	22,6	20,0	35,0	0,0	0,0	0,9	9,6	18,2
Argentina (continente)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Litoral do Uruguai	7,6	27,0	34,0	18,0	30,2	47,9	12,9	20,5	17,9	90,5	3,9	9,0	20,5	21,5	51,8
Uruguai (continente)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,7	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	2,0	7,6
Litoral do RS	22,6	6,0	17,1	12,2	2,6	5,7	3,2	6,7	42,9	0,9	49,5	12,9	24,4	12,4	14,8
Rio G. do Sul (cont.)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4
Litoral de SC	0,1	6,5	0,9	4,6	20,9	2,5	8,1	0,0	0,1	8,1	36,5	6,1	20,4	15,6	20,6
Santa Catarina (cont.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ASAS	10,2	11,0	22,6	5,3	2,4	5,0	33,6	9,8	0,0	13,4	8,3	2,6	9,9	0,2	1,8
Total de precipitação	53,8	69,5	74,6	41,3	60,6	96,5	74,4	59,6	80,9	151,5	101,1	30,6	76,1	61,4	115,2

#### 4.1.5 Furacão Catarina

Fenômeno atípico e que teve grande repercussão na mídia foi o “Furacão Catarina”. Desde sua posição como uma baixa pressão em alto mar até chegar ao continente, os meteorologistas da EPAGRI/CIRAM, entre eles o autor, fizeram o monitoramento do fenômeno alertando a sociedade catarinense, especialmente a do litoral sul, sobre a possibilidade de ventos fortes, chuvas intensas e mar muito agitado com ressacas. O monitoramento do sistema teve início no dia 25 de março de 2004, ainda como uma baixa

pressão que se encontrava no oceano Atlântico, a aproximadamente 1000km da costa Sul do Brasil. Na manhã do dia 26 (sexta-feira) já era observado um fenômeno estranho para as nossas latitudes; possuía contorno circular como uma baixa pressão bem ativa, porém com um “olho” bem definido e um deslocamento atípico, do mar para o continente. A impressão era de um possível furacão e então a Defesa Civil estadual foi alertada, pois os modelos de previsão indicavam o deslocamento do fenômeno para o litoral. No dia 27 (sábado), as imagens de satélites mostravam o Furacão Catarina (Figura 41) próximo à costa catarinense e durante a noite de 27 e madrugada do dia 28 (domingo), o Catarina efetivamente atingiu o sul catarinense, especialmente entre Araranguá e Passo de Torres, conforme a figura 42.

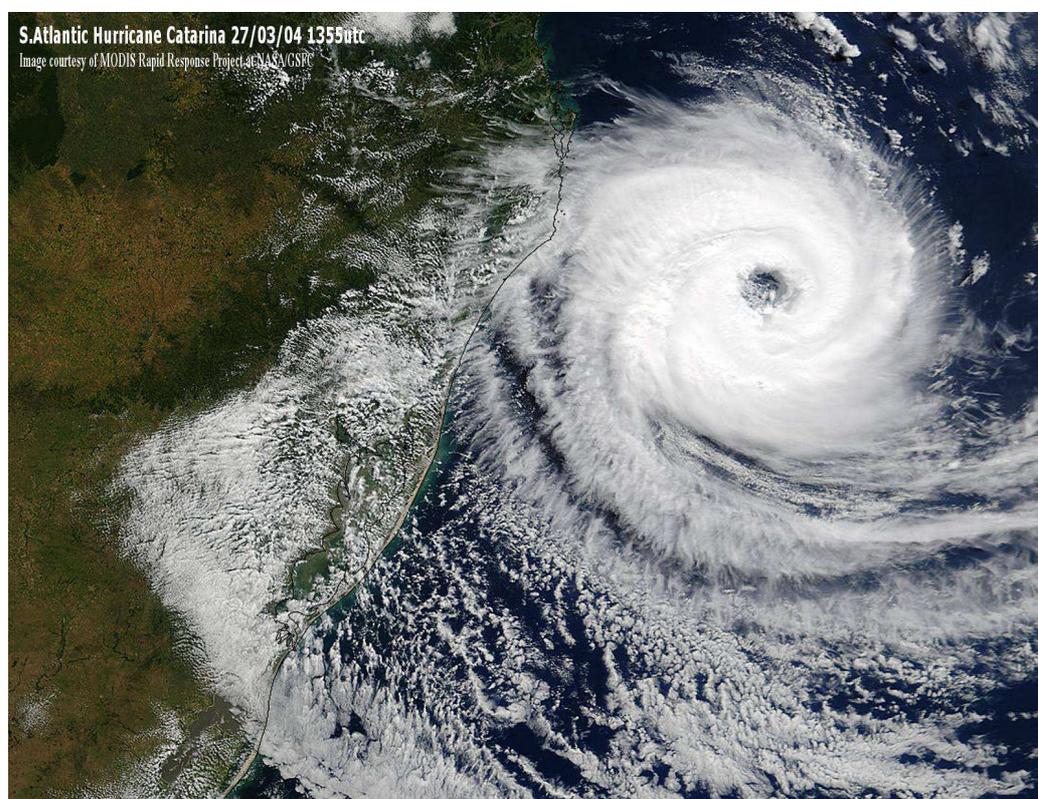


Figura 41 – Furacão Catarina.

Fonte: //earthobservatory.nasa.gov/Newsroom.

Segundo Rodrigues et al. (2005), por volta das 23 horas do dia 27, os ventos se intensificaram, soprando inicialmente do quadrante sul, com uma sensação de frio intenso e ocorrência de chuva forte.

Essa condição deu lugar a calmaria e céu estrelado devido à passagem do “olho” e por volta das 3 horas do dia 28, segundo a mesma fonte, o vento tornou-se ainda mais forte e na estação de Siderópolis (próximo de Serrinha), foi registrado 146,7km/h.

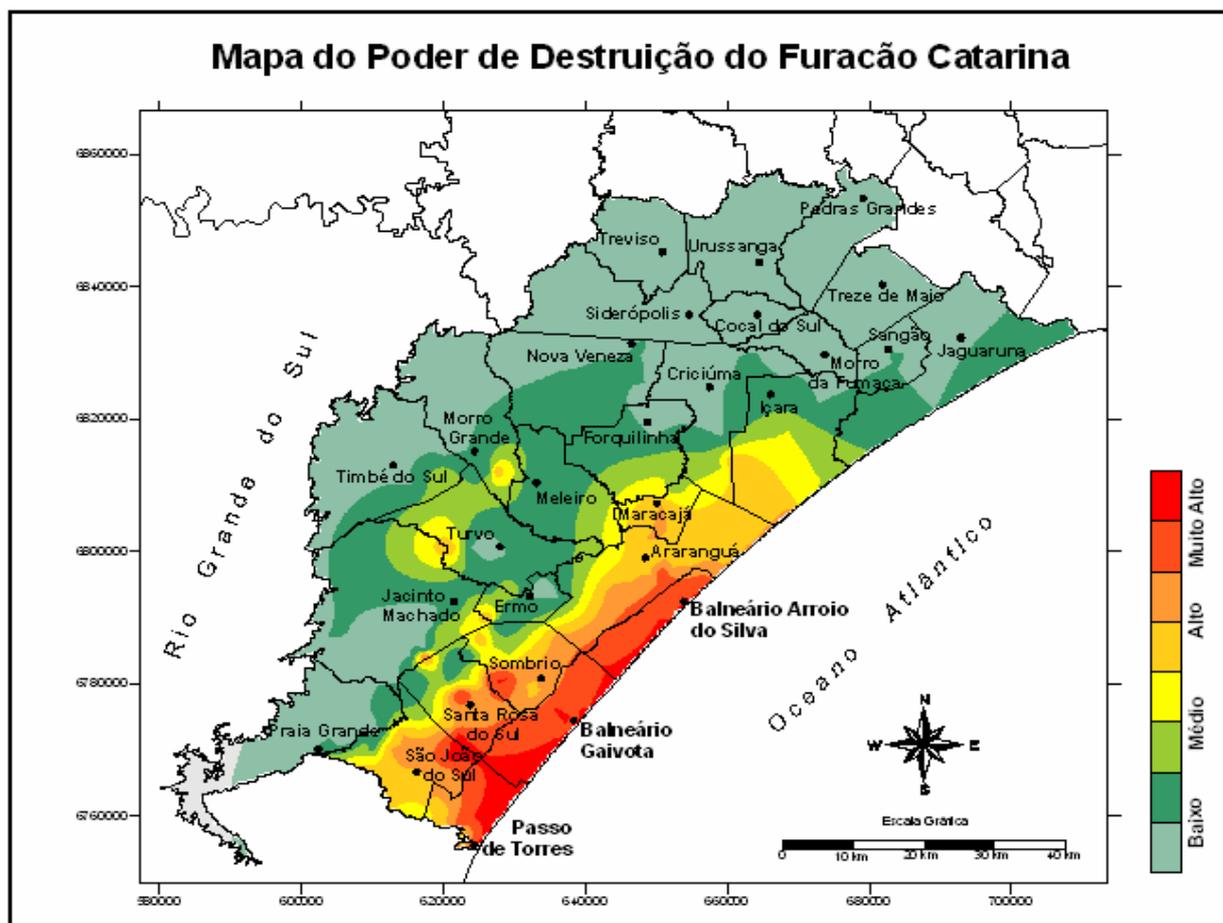


Figura 42 – Mapa das áreas atingidas na planície costeira do sul catarinense, para 4 cenários de destruição.

Fonte: Adaptado de Marcelino et al. (2004).

Apesar da intensidade dos ventos que resultaram em destruição de residências, plantações de arroz e de banana, as chuvas não foram muito intensas (figura 43) e não houve interferência do relevo, tanto que a maior quantidade foi registrada em Içara e a menor em Forquilha, municípios próximos.

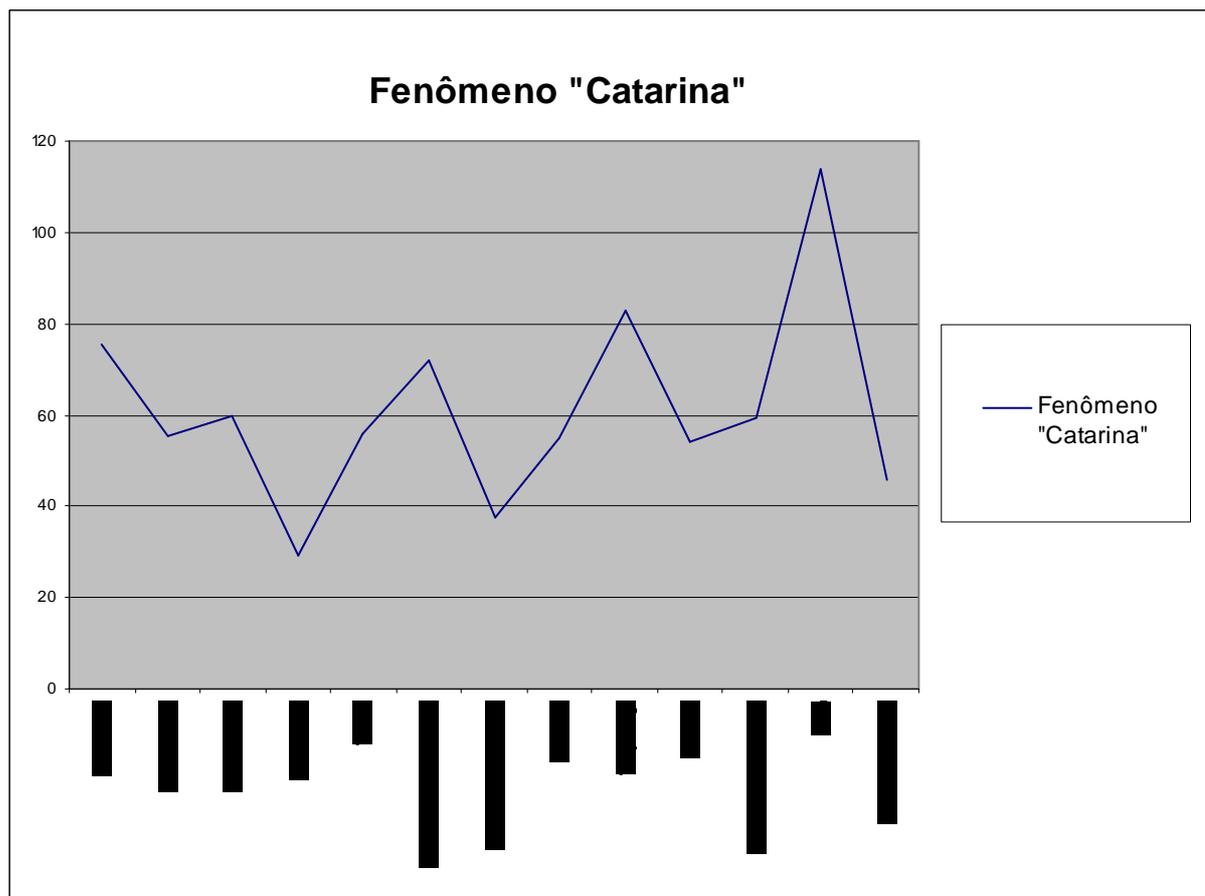


Figura 43 – Distribuição da precipitação sob influência do Furacão Catarina

#### 4.2 Considerações sobre mudanças no clima da BHRA

As modificações do clima apontadas através de diversas pesquisas e pelos relatórios do Programa Intergovernamental de Estudos de Mudanças Climáticas (IPCC) tem preocupado estudiosos do assunto e a sociedade em geral.

A concentração de gases do efeito estufa  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$  tem aumentado significativamente nos últimos tempos como resultado das atividades industriais, do elevado número de veículos automotores, dos desmatamentos e queimadas. Com isso o balanço de radiação, o albedo (razão entre a quantidade de radiação refletida e a quantidade total recebida), a circulação local dos ventos, o balanço hídrico e a amplitude térmica sofrem modificações significativas. Estas alterações têm induzido a mudanças climáticas, entre as quais a mais especulada é o aumento da temperatura média global, com conseqüente derretimento das geleiras e das calotas polares, elevação do nível do mar e desaparecimento de algumas ilhas, aumento de condições extremas de tempo como fortes ondas de calor e de frio, assim como de temporais com enchentes devastadoras e estiagens prolongadas.

As projeções climáticas futuras apontam para um cenário ainda mais adverso, em que a média global da temperatura do ar, projetada por modelos, terá um aumento de 1,4 a 5,8°C em 2100 e a média global do nível do mar poderá subir de 9 a 88 cm até 2100. Essas projeções indicam que este aquecimento poderia variar por região e ser acompanhado pelo aumento da frequência e intensidade de alguns fenômenos climáticos extremos (IPCC, 2001).

No Brasil, nos últimos anos, o número de estudos sobre a variabilidade e as mudanças climáticas atuais e futuras tem aumentado significativamente. Análises feitas na Amazônia mostram que com o aumento do desmatamento o clima na região ficaria de 5% a 20% mais seco, o período de estiagem poderia ser ampliado em até dois meses, a temperatura subiria de 1,5° a 2,5°C e o ciclo de chuva seria reduzido em 20% (NOBRE et al., 1991).

Camargo e Marengo (2004), constataram um aquecimento bastante significativo da temperatura do ar na Região Sul do Brasil. Os autores verificaram as temperaturas extremas, máxima e mínima, nas últimas quatro décadas e detectaram uma tendência mais intensa de aquecimento a partir da década de 90, tanto para a temperatura mínima quanto para máxima, e uma diminuição bastante acentuada da amplitude térmica nesta região, ou seja, um aumento de temperatura mínima mais significativo que da temperatura máxima.

No dia 23 de outubro de 2005 foi lançado o Fórum Catarinense de Mudanças Climáticas em Florianópolis, e o Setor de Meteorologia da EPAGRI ficou encarregado da análise do clima de Santa Catarina, especialmente do comportamento da temperatura e da precipitação com fins de verificar possíveis variações.

Foram analisados dados de diversas estações de maneira que abrangessem regiões catarinenses que tivessem um tempo de registro significativo. O resultado não foi diferente daqueles que tem sido divulgados mundialmente, ou seja, aumento da temperatura mínima e manutenção ou pequena diminuição da máxima e aumento de episódios de chuvas intensas.

No sul catarinense foram analisadas variações da temperatura e da precipitação da estação meteorológica de Urussanga. Apesar de períodos com declínio como os anos 80 e 90, mais chuvosos, foi constatado um aumento de 2,9°C na temperatura mínima no período de funcionamento desta estação meteorológica (figura 44).

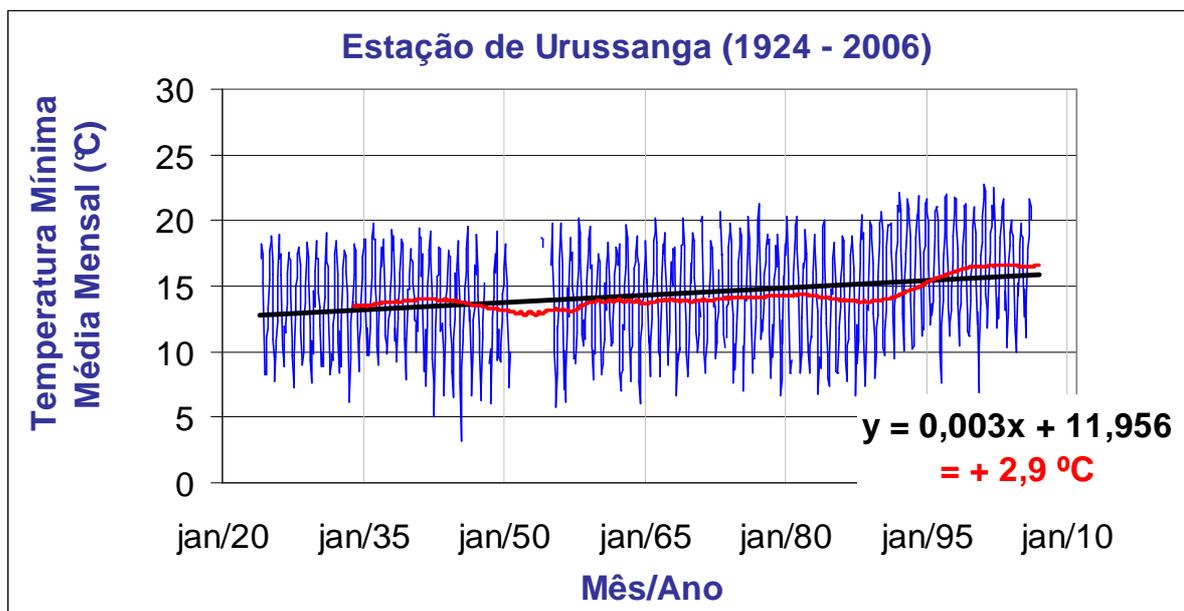


Figura 44 – Tendência das temperaturas mínimas em Urussanga

As temperaturas máximas, figura 45, apesar de um aumento em toda série de 1°C, vêm apresentando maiores variações em relação as mínimas. Nos anos 60, 70 e 80 ficaram mais elevadas e nos últimos anos teve uma diminuição.

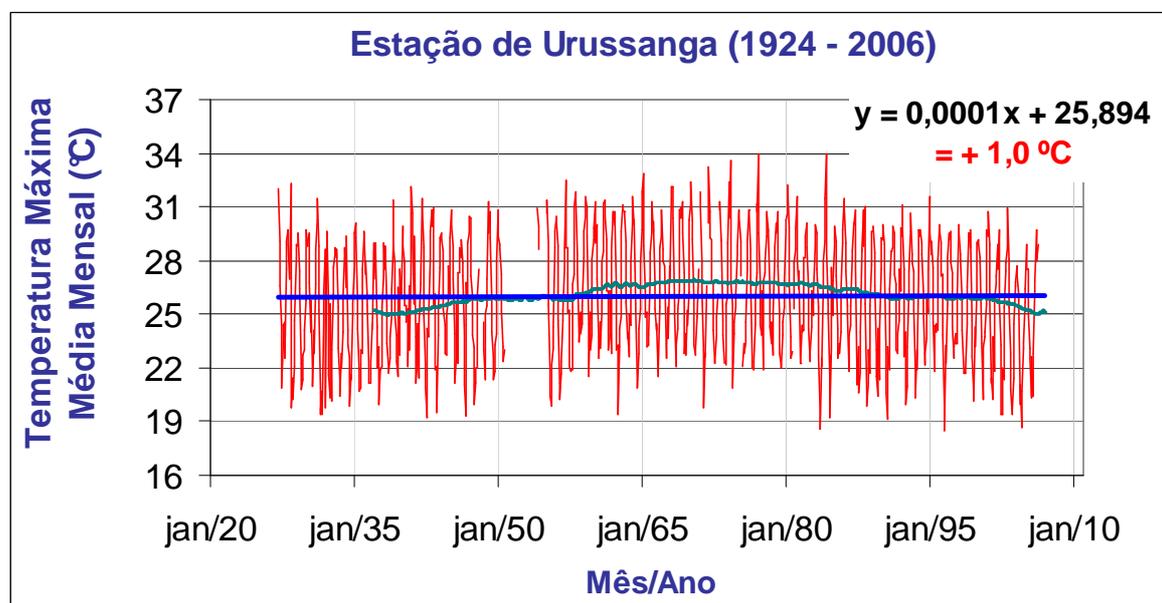


Figura 45 – Tendência das temperaturas máximas em Urussanga

A figura 46 mostra a variação da precipitação ao longo do período de atuação da estação com um saldo positivo de 15mm. Na figura são verificados períodos mais secos nos anos 50 e mais chuvosos entre 80 e 90. Atualmente, apresenta uma leve tendência à diminuição.

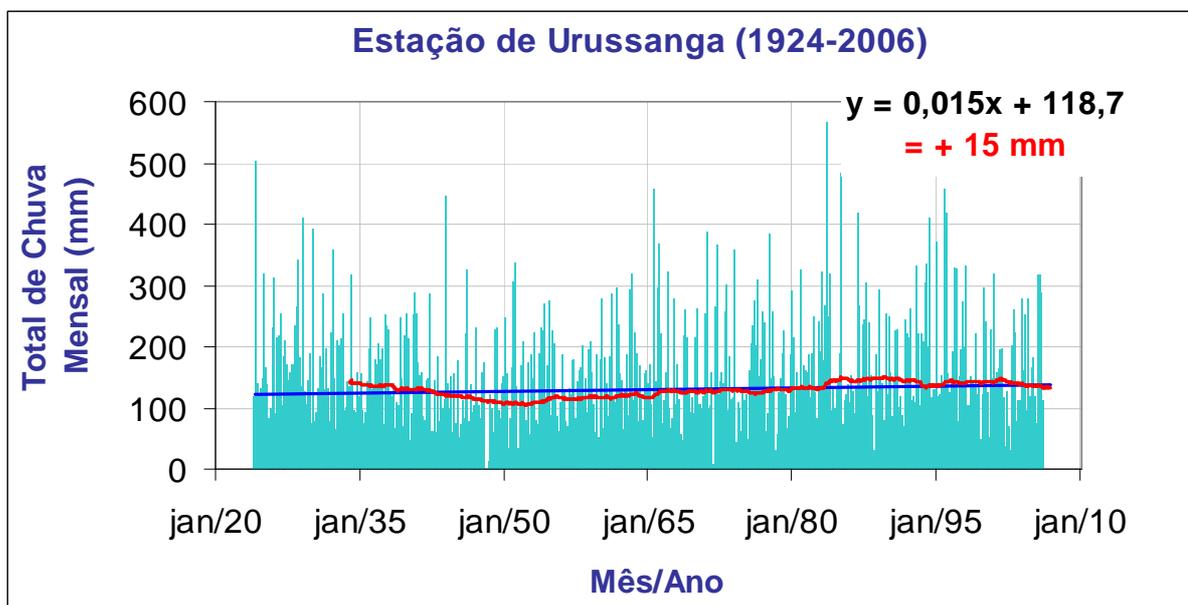


Figura 46 – Tendência da precipitação em Urussanga.

Cabe ressaltar que existem outras considerações sobre mudanças climáticas sem levar em conta, ou pelo menos, sem dar muita ênfase à ação antrópica. Essas deferências são relacionadas aos efeitos naturais como as manchas solares, vulcanismo, variações na inclinação do eixo de rotação da Terra e que modificam o clima. Entre diversos exemplos, a desertificação produzida a partir de mudança climática por causas naturais, segundo Conti (2000):

“estaria incluída numa escala cronológica muito mais ampla que humana, interessando, portanto, a estudos geológicos e paleoclimáticos vinculados a fenômenos globais” p.25

## Considerações Finais

O clima do sul catarinense é bastante complexo, devido à presença do oceano e a poucos quilômetros, uma escarpa com altitudes superiores a 1000 metros. Essa configuração geográfica caracteriza o sul de Santa Catarina como a região onde provavelmente ocorrem variações nas condições de tempo que originem microclimas bem mais numerosos e distintos do que as demais regiões do Estado. Neste sentido, Max. Sorre, citado por Monteiro (1968), comenta que:

“Se o ‘fato geográfico’ é complexo em essência, os fatos do domínio climático, pela própria natureza física da atmosfera e graças às influências que os fatores dos outros domínios geográficos exercem em sua circulação, revestem-se de múltiplas ‘combinações’ e adquirem uma complexidade superior a dos demais”. p. 115.

Os diversos sistemas que atuam no Sul do Brasil imprimem ao sul catarinense uma dinâmica climática bastante acentuada, com boa distribuição de chuva no decorrer do ano, tendo em vista que todos os sistemas instáveis são produtores de chuva e até mesmo os de tempo estáveis são favoráveis à ocorrência de chuva na região quando em deslocamento pelo Atlântico.

No período de pesquisa, janeiro de 2003 a junho de 2005, diversos sistemas atmosféricos atuaram no Sul do Brasil e influenciaram as condições de tempo na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá e seu entorno. Esses sistemas, na maioria são comuns no Sul do Brasil e os mais frequentes foram as frentes frias, seguidas pelos anticiclones polares. No mesmo período, foi verificadas variações sazonais significativas na atuação de boa parte dos sistemas atmosféricos. De acordo com Monteiro (2001), o verão e a primavera são duas estações do ano com expressiva quantidade de precipitação em Santa Catarina.

Na área estudada, segundo a tabela 44, a maioria dos sistemas atmosféricos apresentou maior quantidade de precipitação no verão e no outono, com uma diferença muito pequena entre estas estações do ano (4,9mm em favor do outono, sem levar em consideração os 797,1mm relativos ao Furacão Catarina). O inverno e a primavera se caracterizaram como estações menos chuvosas.

No verão os sistemas que mais incidiram na precipitação, conforme a tabela 44, foram as frentes frias, especialmente quando sobre Santa Catarina, os cavados invertidos e em altitude, e as baixas pressões notadamente quando sobre o Atlântico; a precipitação relacionada aos sistemas de tempo estável, como os anticiclones no litoral da Argentina, Uruguai e Rio Grande do Sul, nessa época do ano, é correlacionada à posição das frentes frias sobre o estado.

No outono, as maiores precipitações também estão correlacionadas com as frentes frias, especialmente sobre Santa Catarina, aos jatos subtropicais, aos vórtices ciclônicos e a baixa pressão quando sobre o Paraguai; os sistemas estáveis (anticiclones) quando no litoral da Argentina e do Uruguai, ocasionam uma pequena precipitação na área da bacia.

No inverno os sistemas estáveis como a alta no litoral de Santa Catarina e o Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul têm uma grande influência nas condições de tempo da BHRA, o que determina os menores totais de precipitação para esta época do ano. Por outro lado, os sistemas de tempo instável como as frentes frias sobre Santa Catarina, os vórtices ciclônicos e os jatos subtropicais foram menos ativos no inverno principalmente quando relacionados ao outono.

Na primavera, as frentes frias são também determinantes dos altos valores de precipitação, porém mais fortemente quando sobre o Rio Grande do Sul. Em relação ao inverno, os sistemas de baixas pressões voltam a ser mais atuantes determinando maiores volumes de chuvas, assim como os vórtices ciclônicos.

Tabela 44 – Média mensal/sazonal de frequência (Frq) e de precipitação (Prp) de cada sistema meteorológico no período de janeiro de 2003 a junho de 2005

Sistema	Verão (DJF)		Outono (MAM)		Inverno (JJA)		Primavera (SON)	
	Frq	Prp	Frq	Prp	Frq	Prp	Frq	Prp
Frente Fria no Rio G. do Sul	2,5	301,9	3,0	177,5	4,6	293,4	4,0	521,1
Frente Fria em Santa Catarina	4,6	406,1	4,6	633,7	3,4	309,3	3,5	352,0
Cavado Invertido	2,6	281,5	2,2	106,3	1,3	24,3	1,8	75,4
Baixa no Paraguai	1,5	84,5	0,7	125,2	0	0	0,8	93,5
Baixa no Rio G. do Sul	0,6	74,5	1,0	99,1	0,3	2,7	1,7	71,3
Baixa em Santa Catarina	1,0	62,7	0,6	18,9	0,4	13,8	0,5	96,9
Baixa no Oceano	2,3	157,0	0,7	31,4	0,9	43,5	1,0	39,2
Ciclone Extratropical	0	0	0,8	31,9	0,1	2,6	0,5	37,2
Complexo C. Mesoescala	0,1	45,4	0	0	0	0	0,3	4,2
Jato Subtropical	0,5	33,3	1,3	230,9	2,1	101,4	1,7	121,0
Cavado em altitude	1,6	158,1	0,6	56,5	0	0	0,5	28,9
Vórtice Ciclônico	0,3	15,4	1,0	149,2	0,4	19,2	0,3	125,6
Alta na Argentina	0,5	0,7	0,8	1,9	1,0	6,9	1,0	7,5
Alta no litoral da Argentina	1,3	50,0	1,4	44,5	0,6	10,7	1,2	30,9
Alta no Uruguai	0,4	3,8	0,3	3,9	0,6	0,2	0,3	0,6
Alta no litoral do Uruguai	1,5	71,9	1,7	36,2	1,1	24,2	0,8	5,0
Alta no Rio G. do Sul	0,3	1,2	0,8	2,5	1,3	0	1,0	3,4
Alta no litoral do Rio G. do Sul	3,5	45,6	3,2	40,0	2,1	8,2	3,2	12,9
Alta em Santa Catarina	0,3	0,2	0,3	0	0,6	0	0,2	0,9
Alta no litoral de S. Catarina	2,4	11,4	3,2	24,1	7,1	36,2	4,3	9,0
ASAS	2,3	67,1	2,0	63,5	3,9	31,0	1,5	13,6

O único fenômeno incomum à dinâmica atmosférica do Sul do Brasil foi o Furacão Catarina. O Furacão se deslocou de leste para oeste, do mar para terra, diferindo do deslocamento dos sistemas que migram pela Região. Apesar de não existir registro anterior desse fenômeno ao longo da costa brasileira, é possível que outros tenham ocorrido ou venham a ocorrer. Cabe salientar que no final do mês de março, quando ocorreu o fenômeno, a temperatura da superfície do Atlântico Sul (TSM) estava 2,0°C acima da média, mantendo o fenômeno ativo próximo ao litoral sul catarinense, conforme comunicação pessoal do oceanógrafo Carlos Eduardo Salles de Araújo.

Há que se considerar ainda, que apesar da dinâmica atmosférica – com frentes frias, anticiclones, vórtices, baixas à superfície –, o período foi marcado por chuvas irregulares e, em geral, de fraca intensidade, intercaladas por episódios de chuvas intensas, conforme já assinalado por Mendonça et al., (2005). Mesmo com toda irregularidade, o período analisado foi suficiente para identificar a atuação de cada sistema atmosférico na área de estudo. Foram trinta meses de monitoramento diário, o que acumulou um volume significativo de dados (anexos A a E).

Os sistemas instáveis ocasionaram maior volume de precipitação, umidade mais elevada, céu mais nublado e índice K mais elevado. Por outro lado, os sistemas estáveis foram, como era de se esperar, menos chuvosos, com umidade mais baixa, céu com menos nuvens e índice K mais baixo. Porém, a condição de tempo característica de um determinado sistema se altera com a trajetória percorrida, com a posição em superfície ou em altitude e, por isso, houve a necessidade de uma análise particularizada de cada sistema, pois uma baixa em superfície no Rio Grande do Sul ou no Paraguai, tende a se manifestar de maneira distinta no tipo de tempo na BHRA e em seu entorno.

Após o agrupamento dos sistemas foi verificado que nem todos os sistemas instáveis e estáveis provocaram as condições de tempo características. Assim, ocorreu passagem de frente fria com poucas nuvens e até com céu claro, umidade relativa do ar baixa, às vezes, inferior a 50%, sem precipitação em nenhuma localidade, e índice K com valores até negativos; são frentes frias de fraca intensidade com maior atividade no oceano e que, como consequência geram mudança de direção do vento de norte para sul e provocam uma pequena diminuição na temperatura. Como as verificações foram feitas às 12 UTC, essas frentes podem ter se tornado mais ativas (com mais nuvens, chuva e até trovoadas) a partir da tarde. Por outro lado, sob influência de uma alta pressão na Argentina pode estar chovendo na BHRA devido a uma nebulosidade ainda associada a frente fria em deslocamento para menores latitudes; nesse caso a chuva é pós-frontal.

Os sistemas instáveis tanto de superfície quando de altitude apresentaram, em média, condições próprias da instabilidade atmosférica, como índices K mais elevados e maior nebulosidade e umidade.

Entre os outros sistemas instáveis à superfície, os cavados invertidos e as baixas pressões no Atlântico foram os que determinaram o tempo mais instável no sul catarinense. Os Ciclones Extratropicais, assim como os Complexos Convectivos de Mesoescala foram mais instáveis no planalto e menos no litoral, devido ao afundamento do ar nas encostas da Serra Geral que força a estabilidade no ar. Mas, apesar de serem sistemas de tempo instável, as inversões térmicas existiram em muitos casos, porém como resultam do calor latente de evaporação que se transformou em calor sensível na formação de nuvens, assim que estas se dissipam a inversão deixa de existir.

Sob o domínio das frentes frias a precipitação é mais intensa nas proximidades das escarpas da Serra Geral; quando no Rio Grande do Sul, choveu mais no planalto reforçado pelo efeito orográfico a barlavento, já que a altitude aumenta de sul para norte. Quando em Santa Catarina esses sistemas ocasionam chuva mais intensa em todo o sul do estado, em especial nas estações próximas das ou nas escarpas (Timbé do Sul, Serra da Rocinha, Serrinha e Praia Grande) e tendem a se prolongar por um maior número de dias nas áreas mais no norte da BHRA.

Entre os sistemas instáveis em superfície, a maior quantidade de precipitação tende a ocorrer mais próxima às encostas da Serra Geral. Para os sistemas de baixa pressão, cavados invertidos e ciclones extratropicais, Timbé do Sul continua sendo uma das localidades que apresentou maior volume de precipitação. Os complexos convectivos de mesoescala provocaram chuva mais intensa no planalto e menos na zona costeira, principalmente nos municípios mais próximos ao Atlântico. Ao contrário, as baixas no oceano, provocaram mais chuva na costa, porém mal distribuída.

Os sistemas instáveis em altitude apresentaram chuva mais expressiva nas localidades da zona costeira, mesmo assim com variações espaciais significativas entre os sistemas. Como exemplo, sob influência dos vórtices ciclônicos, Sombrio foi a localidade em que mais choveu. Por outro lado, quando os cavados em médios e altos níveis estavam atuando, essa localidade foi a que menos chuva registrou. Os vórtices ciclônicos foram os que deixaram o céu mais nublado e a umidade mais elevada no sul catarinense, mas o volume de chuva foi maior sob domínio dos jatos em médios e altos níveis da atmosfera.

Entre as frentes frias e os demais sistemas atmosféricos instáveis, a estação da Serra da Rocinha foi a que registrou maior volume de chuva sob influência das frentes frias em Santa Catarina, baixa pressão no Paraguai e vórtice ciclônico em médios e altos níveis.

Considerando a quantidade total de precipitação ocorrida em todas as estações e os dias em que cada sistema instável atuou (tabelas 32, 36 e 37), no período de dezembro de 2004 a junho de 2005, é verificado que frente fria em Santa Catarina provocou mais chuva, seguida de frente fria sobre o Rio Grande do Sul, e pela Baixa no Paraguai. Por outro lado, os sistemas de altitude apresentaram quantidades pouco expressivas, sendo que o Cavado em médios e altos níveis, que provocou menos chuva entre todos os sistemas.

Os anticiclones polares ocasionam condições de tempo bem distintas para a BHRA, conforme sua posição no Atlântico ou no continente, conforme Monteiro e Furtado (1995) já haviam caracterizado. Na trajetória desde a Argentina até Santa Catarina, esses sistemas ocasionam mais chuva quando sobre o oceano, mesmo assim com diferenças espaciais significativas. Contudo, as localidades de Mãe dos Homens e Serrinha foram as que apresentaram maior quantidade de chuva. Por outro lado, São José dos Ausentes e Taquaruçu registraram pouco volume de chuva, sob domínio desse sistema. Dessa maneira é verificada pouca interferência do relevo nesse tipo de precipitação, considerando que boa parte é oriunda da circulação marítima.

Sob domínio do Anticiclone Semi-fixo do Atlântico Sul, o relevo também não apresentou influência no aumento de chuva. Os maiores volumes foram registrados na costa e os menores no planalto. A pouca interferência do relevo sob ação desse sistema também foi comprovada pelo total de precipitação da Serra da Rocinha, não superior a das demais localidades analisadas.

O total de precipitação no período de janeiro de 2003 a junho de 2005 (tabela 45) revela que Timbé do Sul foi o mais significativo, seguido por Serrinha e Praia Grande, localizadas próximos às escarpas da Serra Geral. As menores quantidades de chuva ocorreram em Mãe dos Homens e Forquilha. Em Timbé do Sul choveu 11,7% a mais que Serrinha e 12,2% a mais que Praia Grande. Entre Timbé do Sul e Forquilha, com menor precipitação, a diferença foi de 43%, o que representa uma quantidade de 1868 litros de água por metro quadrado a mais em Timbé do Sul, no período. (tabela 45).

Tabela 45 – Total de precipitação no período de janeiro de 2003 a junho de 2005

Localidades: Ta = Taquaruçu; MA = Foz Manoel Alves; So = Sombrio; Fo= Forquilha; Ur = Urussanga; Iç = Içara; PG= Praia Grande; Me = Meleiro; TS = Timbé do Sul; Se = Serrinha; MH = Mãe dos Homens; JA = São José dos Ausentes; BJ = Bom Jardim da Serra; SJ = São Joaquim.

Ta	MA	So	Fo	Ur	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JA	BJ	SJ
3328	3324	3348	2250	3367	3338	3383	3340	4436	3385	2278	3346	3305	3331

\* Os totais de precipitação foram extrapolados para o décimo superior quando igual ou acima de 0,5mm e para o inferior abaixo de 0,4mm.

Através da estação da Serra da Rocinha, é verificada que a precipitação é muito acentuada nas escarpas da Serra Geral. No período de atividade desta estação, a quantidade só foi inferior a da registrada em Serrinha. Por outro lado, Mãe dos Homens e Forquilha se apresentaram também, neste período, como os locais onde menos chove na bacia.(tabela 46).

Tabela 46 – Total de precipitação no período de dezembro de 2004 a junho de 2005

Localidades: Ta = Taquaruçu; MA = Foz Manoel Alves; So = Sombrio; Fo= Forquilha; Ur = Urussanga; Iç = Içara; PG= Praia Grande; Me = Meleiro; TS = Timbé do Sul; Se = Serrinha; MH = Mãe dos Homens; JA = São José dos Ausentes; BJ = Bom Jardim da Serra; SJ = São Joaquim; SR = Serra da Rocinha

Ta	MA	So	Fo	Ur	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JA	BJ	SJ	SR
558	585	550	354	579	546	646	597	671	900	585	582	668	675	877

\* Os totais de precipitação foram extrapolados para o décimo superior quando igual ou acima de 0,5mm e para o inferior abaixo de 0,4mm.

Assim, como em outros locais, variações de temperatura e precipitação foram registradas ao longo de 80 anos na estação de Urussanga. Estas variações tendem a chuvas mais irregulares. A instalação de estação meteorológica ou hidrológica para o conhecimento do comportamento da precipitação em outras localidades da escarpa da Serra Geral, além de melhor caracterizar a influência do relevo e o aporte de água potável para as comunidades a juzante servirá também para dar maiores respaldos à construção de novas barragens como já está sendo aventado.

Variações significativas existem para diferentes locais: Praia Grande e Mãe dos Homens, apesar de próximas das escarpas da Serra Geral, apresentam uma diferença de 1052 mm no total de chuva (tabela 44). Portanto é preciso existir uma forçante que eleve o ar, para formar chuva a barlavento; o canyon deixa o ar canalizado fluir e não força a ascensão, o que resulta em chuva menos volumosa em Mãe dos Homens. Como a chuva é mais intensa nas escarpas da Serra Geral há sempre condições de ocorrência de erosão ou deslizamento de massa, especialmente quando ocorrem temporais como o de Timbé do Sul e Jacinto Machado em dezembro de 1995, que conforme a intensidade vão ter maior ou menor expressão para a formação dos leques aluviais.

O aumento de eventos de chuva forte em curto espaço de tempo tem sido atribuído ao aquecimento global, e que conforme a figura 40 também se manifesta no sul catarinense. Portanto, ocorrências de erosão ou de deslizamentos de massa tendem a aumentar, modificando cada vez mais a morfologia da bacia.

Dois episódios com grande volume pluviométrico em poucas horas ocorreram em 2003: o primeiro foi no dia 19 de fevereiro de 2003 provocado por um Cavado Invertido, em que ocorreram vários registros com totais de precipitação acima de 100 mm em 24 horas; o segundo caso foi em 25 de outubro de 2003 decorrente de uma frente fria que estava no Rio Grande do Sul pela manhã e chegou a Santa Catarina durante a noite ocasionando chuva forte em todas as estações, sendo que em duas choveu mais de 100 mm, conforme Anexo A e B, respectivamente.

O efeito da Serra Geral na direção do vento tem fundamental importância para o controle da poluição atmosférica produzida pelas diversas fontes. Pela configuração da direção do vento não há condições favoráveis à dispersão de poluentes em baixos níveis, e por outro lado, nem todos os sistemas instáveis que se deslocam pelo Sul do Brasil também são favoráveis à dispersão. O ciclone extratropical, apesar de ser uma baixa pressão intensa, não apresenta condições de formação de nuvens cumulonimbus conforme constatado na estação de altitude de Florianópolis e poucos casos ocorrem em Porto Alegre. Se não há formação de nebulosidade cumuliforme não há dispersão satisfatória, conforme Monteiro (1997) e Monteiro e Furtado (1998). Outro sistema que também apresenta pouca condição de instabilidade é o jato subtropical. A maioria dos sistemas de tempo estável não apresentou condições de formação de nuvens cumuliforme do tipo Cb, sendo que o ASAS foi o que melhor condição ofereceu para Porto Alegre. Os sistemas mais estáveis foram os anticiclones polares quando na trajetória continental entre a Argentina e Santa Catarina com índices K muito baixos, às vezes diversos índices negativos. Considerando a base da inversão e o índice K, a condição de tempo mais estável ocorre quando o anticiclone polar está em Santa Catarina.

A estabilidade verificada quando sob atuação dos anticiclones polares, principalmente na trajetória continental, Monteiro (1997) e Monteiro e Furtado (1998) não verificaram concentrações significativas de poluentes aéreos, devido a que esses sistemas são migratórios com rápidos deslocamentos.

Tendo em vista a diversidade das condições de tempo na BHRA, tanto sob atuação dos sistemas de ocorrência normal, quanto àqueles tidos como anômalos, novos trabalhos, através de estudos de monitoramento mais prolongado certamente elucidarão com mais propriedade as diferenças verificadas entre a área e o restante de Santa Catarina, como também acerca dos

microclimas presentes na BHRA. Para isto são imprescindíveis bons registros meteorológicos e em um maior número possível.

## Referências

- AGUIAR, D; MENDONÇA, M. Climatologia das geadas em Santa Catarina. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, GEDN/UFSC, 2004. p. 762-773 (CD-ROM)
- ALEXANDRE, N. Z. **Análise Integrada da Qualidade das Águas da Bacia do Rio Araranguá (SC)**. 2000. 284 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- ANDRADE, G. O. de. **Ares e ventos do Recife**. Edição do Diretório Acadêmico da Faculdade de Filosofia de Pernambuco. Recife, 1952.
- ARMANI, G. e J. R. TARIFA. Variação Temporo-espacial da Pluviosidade na Região da Barragem de Barra Bonita (FOLHA BAURU– SF-22-Z-B). In: IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica-Clima & Ambiente, 2000. **Anais ...** Rio de Janeiro, 2000. p. 1-16.
- AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos, 3ª Edição. Editora Bertrand Brasil S. A. Rio de Janeiro, 1991. 321p.
- BACHA, R. E. Princípios básicos para a adubação do arroz. In: **EPAGRI**. A cultura do arroz pré-germinado. Florianópolis, 2002. p 71-99.
- BACK, M. **Agricultor e agricultura: percepções e valores**. 2001. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- BALDO, M. C.; MARTINS, M. L. O . F.; NERY, J.T. Análise da estrutura da precipitação pluviométrica na Região Sul do Brasil. **Boletim de Geografia**. Ano 19(1), 2001. p. 71-98.
- BASTOS, C. C. e FERREIRA, N. J. Análise Climatológica da Alta Subtropical do Atlântico Sul. In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000. **Anais ...** Centro Cultural da UERJ, Rio de Janeiro, 2000. p.612-618.
- BERNARDES, L. M. C. Notas sobre o clima da bacia do São Francisco. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, IBGE, jul/set de 1951a. p. 473-479.
- \_\_\_\_\_. Tipos de clima do Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, IBGE, ano XIII (4): 1951b. p. 619-621.
- \_\_\_\_\_. Tipos de clima do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, IBGE, ano XIV (1): 1952: 57-80.
- BITENCOURT, D.; FUENTES, M. V.; CALEARO, D. S.; MARTINS, M.; MONTEIRO, M. A. Cálculo do Índice *Windchill* para um local com atividade trabalhista ao ar livre. In: IV Congresso Brasileiro de Biometeorologia, 4., **Anais...** Ribeirão Preto, 2006. p. 1 – 4 CD-ROM
- BORTOLUZZI, C. A.; AWDZIEJ, J. & ZARDO, S. M. Geologia da Bacia do Paraná em Santa Catarina. In: **Textos Básicos de Geologia e Recursos Minerais de Santa Catarina**. Nº 1, 1987, p 130-156.

BRAGA, H. J. Rede de estações meteorológicas no estado de Santa Catarina. Florianópolis: EMPASC, 1985. 24p.

CAMARGO, C. G. C.; MARENGO, J. **Variabilidades e tendências climáticas dos extremos de temperatura na Região Sul do Brasil**. 2004. 210 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos.

CAMPELLO, F. D. e SARAIVA, J. M. B. Estudos de circulação atmosférica sobre o estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil) através de análise espectral. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002. **Anais ....** Foz do Iguaçu. 2002

CAMPOS, B. de S. **Memórias do Araranguá. Seleção e coordenação do Padre João Leonir Dall'Alba**, Florianópolis: Editora Lunardelli, 1987. 176p.: il.

CASARIN, D. P. e KOUSKY, V. E. Anomalias de precipitação no sul do Brasil e variações na circulação atmosférica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 1 (2): 83-90, dez. 1986.

CHEMIN, E. **Recursos Hídricos Fluviais: gerenciamento e conflitos no município de Turvo, SC**. 2002. 167 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia). UFSC, Florianópolis.

COMAER – COMANDO DA AERONAUTICA. **Cartas, códigos e símbolos meteorológicos**. Escola de Especialista de Aeronáutica, Guaratinguetá-SP, 2000. 86 p.

\_\_\_\_\_. **Meteorologia Geral**. Escola de Especialista de Aeronáutica, Guaratinguetá-SP, 2001. 167 p.

CONTI, J. B. **Circulação Secundária e Efeito Orográfico na Gênese das Chuvas na Região Lesnordeste Paulista**. 1975. 85 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia), IGEOG-USP, Série Teses e Monografias nº 18, São Paulo.

CONTI, J. B. Considerações sobre mudanças climáticas globais. In: SANT'ANNA NETO, J. L. e ZAVATINI, J. A. (Orgs.). **Variabilidade e Mudanças Climáticas: Implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: Eduem, 2000. 259pp

COTTON, W. R., LIN, M. S., McANELLY, R. L. e TREMBACK, C. J. **A composite model of mesoscale convective complexes**. *Mon. Wea. Rev.* 117, 1989. p. 765-783.

DUARTE, G.M. **Depósitos cenozóicos costeiros e a morfologia do extremo sul de Santa Catarina**. 1995. 300 f. Tese de doutoramento (Doutorado em Geografia), USP, São Paulo.

\_\_\_\_\_. Leques aluviais ativos em bacias fluviais do Sul catarinense. In: **ABRH. CD: XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa. Gestão de Recursos Hídricos: O desafio da prática. Anais...** Aracaju/SE. 25 a 29.11.2001.

EBERHARDT, D. S. & BACHA, R. E. Preparo do solo e manejo da água. In: **EPAGRI. A cultura do arroz pré-germinado**. Florianópolis, 2002. p 61-70.

EPAGRI – EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA S.A. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Florianópolis, 1992.79 p.

\_\_\_\_\_. Banco de dados Meteorológicos (SAM). Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. **EPAGRI/CIRAM**. Florianópolis. Acesso em 2003, 2004 e 2005.

\_\_\_\_\_. Seção de Meteorologia (Monitoramento). CIRAM – Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. **EPAGRI/CIRAM**. Florianópolis. Acesso em 2003, 2004 e 2005.

ESTOQUE, M. A. The Sea Breeze as a Function of the Prevailing Synoptic Situation. In: **Journal of the Atmospheric Sciences**. v. 19. University of Hawaii. 1962. p 244-250.

FEDOROVA, N. **Meteorologia Sinótica**. Vol. 2. UFPEL. Ed. Universitária, 2001.

FERNANDES, K.A. **Cavados invertidos na região central da América do Sul**. 1996. 90 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Meteorologia), INPE, S.J.Campos, São Paulo.

FIGUEIREDO, J. C; SCOLAR, J. Estudo da Trajetória dos Sistemas Convectivos de Mesoescala na América do Sul. In: VII Congresso Argentino de Meteorologia e VII Congresso Latinoamericano e Ibérico de Meteorologia, 1996, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires, 1996. p 165-166.

FRANÇA, A. Estudo sobre o clima da bacia de São Paulo. **Boletim da F.F.C.E da USP, “Geografia n° 3”**, São Paulo, 1946.

FUJITA, T. T. Tornadoes and downbursts in the context of generalize planetary scales. In: **Jornal of the Atmosphere Sciences**, v. 38, n. 8, 1981.

FUENTES, M.V. **Climatologia de Bloqueios Próximos à América do Sul e Seus Efeitos**. 1997. 116p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), INPE, São José dos Campos, São Paulo.

FURTADO, S.M.A.; CORRÊA, W. K.; SCHEIBE, L.F. e SPECK, M. M. A rizicultura e a estrutura fundiária no espaço agrário da bacia hidrográfica do Rio Araranguá. In: V encontro Nacional da ANPEGE, São Paulo, 2003. **Anais...**, São Paulo, 2003. p.2210-2218.

GAIDIZINSKI, M. C. **A Rizipiscicultura no Município de Meleiro-SC**. 2001. 114 p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GAIDIZINSKI, M. C. e FURTADO, S.M. de A. RIZIPISCICULTURA: uma prática de desenvolvimento sustentável? In: SCHEIBE, L. F.; FURTADO, S. M. DE A.; BUSS, M. D. (Orgs) **Geografias Entrelaçadas: ambiente rural e urbano no sul de Santa Catarina**. Florianópolis. Ed. DA UFSC, 2005. p. 37-61.

GALVÃO, M. V. O Clima da Amazônia. **Geografia do Brasil: Grande Região Norte**. Rio de Janeiro, IBGE, vol. I, Série A, Cap. III, 1959. p. 61-111.

GAN, M.A; KOUSKY, V.E, **Estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e Leste do Brasil**. São José dos Campos, INPE. (INPE -2579-PRE/227). 1982.

GÖTHE, C. A.V. Diagnóstico Ambiental da Região Carbonífera Catarinense. In: 2º Encontro Nacional de Estudos Sobre Meio Ambiente (ENESMA) – **Conferências e Painéis**. Vol. 3. Florianópolis, 24 a 29/09/1989. p. 62-96.

GRIMM, A. M.; PATSKO, C. H.; FEUSER, V. R. Identificação de Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico Relacionadas com Anomalias de Precipitação na Região Sul do Brasil. In: IX Congresso Brasileiro de Meteorologia. Campos do Jordão. São Paulo, 1996. **Anais...** São Paulo, 1996, pp. 284 - 289.

GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. In: **J. Climate**, **11**, 1998. p. 2863 - 2880.

GEM – GRUPO DE ESTUDOS EM MULTI-ESCALAS. **Correntes de Jato**. Cap. 9. USP/IAG.2005

GUIMARÃES, F. M. S. Clima do Brasil. In: **Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro. IBGE, ano III (27), 1945. p. 417-433

HADLICH, G. M. **Cartografia de Riscos de Contaminação Hídrica por Agrotóxicos: proposta de avaliação e aplicação na microbacia hidrográfica do córrego Garuva, Sombrio, SC**. 1997. 170 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

HASS, R. **Simulações da chuva orográfica associada a um ciclone extratropical no litoral Sul do Brasil**. 2002. 163 f. Tese (Doutorado em meteorologia). USP, São Paulo.

HERRMANN, M. L. de P. **Levantamento dos Desastres Naturais Causados pelas Adversidades Climáticas no Estado de Santa Catarina, período 1980 a 2000** / Maria Lúcia de Paula Herrmann [e colaboradores]. – Florianópolis : [s. n.], 2001. 92p. : mapas, tabs.

INAZAWA, E. E. **Modelagem numérica da interação entre correntes de jato subtropical e sistemas frontais em baixos níveis nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil**. 1997. Dissertação (Mestrado em meteorologia). USP: IAG. São Paulo.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Synthesis Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. [(eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 2001.

JORNAL A GAZETA. **Fogo nas Matas: Incêndio de grandes proporções destruiu 50 casas e vasta região do sul catarinense**. Florianópolis, 31 de agosto de 1951.

\_\_\_\_\_. **Calamidade !!!**. Florianópolis, 1º de setembro de 1951.

KLEVESTON, R. **Efetividade do procedimento classificatório na avaliação da relação de uso e manejo das terras**. 1997. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

KOPPE, J.C e COSTA, J.F.C.L. Mineração. In: Meio Ambiente e Carvão – Impactos da exploração e utilização. **Cadernos de Planejamento e Gestão Ambiental** nº 2. FEPAM. Porto Alegre/RS, 2002.

KOUSKY, V. E. Diurnal Rainfall Variation in Northeast Brazil. In: **Monthly Weather Review**, 108, 1980. p. 488-498

KOUSKY, V. E. e CAVALCANTI, I. F. A. Eventos Oscilação Sul – El Nino: Características, evolução e anomalias de precipitação. In: **Ciência e Cultura** 36(11), 1984. p.1888-1899.

LIMA, J. S. **Aspectos Climáticos da Região Metropolitana de Porto Alegre**. Centro Meteorológico de Aeródromo de Porto Alegre pertencente à FAB. Porto Alegre-RS (s/d).

LOURENÇO, M. C. **A Influência da Corrente de Jato na Mudança do Tempo Local**. 1993. 21 f. Monografia de Exame Integrado em Meteorologia. INPE, São Paulo.

LOURENÇO, M.C. M; FERREIRA, N. J.; GAN, M. A. Vórtices Ciclônicos em altos níveis de origem subtropical. In: **Climanálise Especial**: edição comemorativa de 10 anos. São José dos Campos-São Paulo, INPE/CPTEC, 1996. p.163-167

MARCELINO, E. V.; RUDORFF, F. de M. GOERL, R. F.; MARCELINO, I. P. V. de O.; GONÇALVEZ, E. F. Cyclone Catarina: intensity map and preliminary damage assessment. In: I Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 2004. **Anais...** Florianópolis, GEDN/UFSC, 2004.

MARCELINO, I. P. V. de O; MENDONÇA, M.; RUDORFF, F. de M. Ocorrências de granizo no Estado de Santa Catarina In: I Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais. **Anais...** Florianópolis, GEDN/UFSC, 2004. p. 795-805 (CD-ROM)

MARQUES, R. F. C. e RAO, V. B. Bloqueio atmosférico no hemisfério sul durante o período de 1980 a 1993. In: **Climanálise Especial**: edição comemorativa de 10 anos. São José dos Campos-São Paulo, INPE/CPTEC, 1996.

MENDONÇA, F. A. O clima e o Planejamento Urbano: A particularidade das cidades de porte médio e pequeno. **Boletim Climatológico**. São Paulo. FCT/UNESP, Ano I. (2), 1996. p. 21-29.

MENDONÇA, M. **Dinâmica Temporo-espacial do Clima Subtropical da Região Conurbada de Florianópolis/SC**. 2002. 343 f. Tese (Doutorado em Geografia), FFLCH-USP. São Paulo.

MENDONÇA, M; MONTEIRO, M.A. MARQUETTE, V. A. Variabilidade da precipitação, estiagens e produção agrícola na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá/SC, entre 2001-2004. 11º Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2005. **Anais...** São Paulo, 2005, p. 5327-5336 (CD-ROM)

MINIAER – MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA. **Manual de Análise do Diagrama “Skew-T, Log P”**. Tradução de Fábio de Alcântara, Diretoria de Rotas Aéreas. (MMA-DR-105-07), 1969. 112 p.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C. Influência da topografia na precipitação: uma análise estatística e via imagens de satélite. In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004. **Anais...** Fortaleza. 2004. CD-ROM.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Manual de Observações Meteorológica (DIOME.DO.09.022)**, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, Brasília, 3ª edição, 1999.

MOLION, L. C. B. e BERNARDO, S. de O. Uma Revisão da Dinâmica das Chuvas no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.17, nº1, 2002. p. 1-10.

MONTEIRO, C. A. F. Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, IBGE, ano XIII (1): 1951. p. 3-46.

\_\_\_\_\_. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática (Algumas considerações metodológicas a propósito do Brasil Meridional). **Revista Geográfica**, XXXI (57). Rio de Janeiro, IPGH, 1962. p. 29-44.

\_\_\_\_\_. O Clima da Região Sul. Geografia Regional do Brasil. **Região Sul**. Tomo I. Cap. III. Rio de Janeiro, IBGE, 1963. p. 117-169.

\_\_\_\_\_. Sobre a análise geográfica de seqüências de cartas do tempo (Pequeno ensaio metodológico sobre o estudo do clima no escopo da Geografia). **Revista Geográfica**, XXXII (58). Rio de Janeiro, IPGH, 1963. p. 169-179.

\_\_\_\_\_. Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática. **Revista Geográfica**, XXXIII (61). Rio de Janeiro, IPGH, 1964. p. 59-69.

\_\_\_\_\_. Clima. In: Grande Região Sul. **Geografia do Brasil**, vol IV. Tomo I, 2ª ed. Cap III, IBGE, Rio de Janeiro. 1968. p. 115-158.

\_\_\_\_\_. Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Coleção Climatologia** nº 1, São Paulo, Instituto de Geografia da USP, 1971. 21 p.

\_\_\_\_\_. **A dinâmica climática e as chuvas do Estado de São Paulo**. (Atlas). São Paulo, Instituto de Geografia da USP, 1973. 129 p

\_\_\_\_\_. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo, Instituto de Geografia da USP, 1976. 181 p.

\_\_\_\_\_. **A questão ambiental no Brasil – 1960/1980**. São Paulo, Instituto de Geografia da USP, 1981. 133 p.

\_\_\_\_\_. **Clima e excepcionalismo (Conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico)** Editora da UFSC, Florianópolis, 1991.

MONTEIRO, M. A. **Avaliação das Condições Atmosféricas de Florianópolis para Controle da Qualidade do Ar**. 1992. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

\_\_\_\_\_. **Avaliação das Condições Atmosféricas no Entorno do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda para Controle da Qualidade do Ar**. 1997. 85 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

\_\_\_\_\_. Caracterização climática do Estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **GEOSUL**, Florianópolis, n. 31, 2001. p. 69-78.

MONTEIRO, M. A.; FURTADO S. M. de A. O clima do treco Florianópolis – Porto Alegre: uma abordagem dinâmica. **GEOSUL**. Florianópolis, n. 19/20, 1995. p. 117-132

\_\_\_\_\_. Poluição Atmosférica: o caso do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda. **GEOSUL**, Florianópolis, n. 26, 1998. p. 75-95.

MONTEIRO, M. A.; SILVA, M. da. A influência do Relevo sobre o Vento: O caso de São Francisco do Sul. In: XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2003. **Anais...** Santa Maria-RS. 2003. p.19-20

MONTEIRO, M. A.; MORAES, M. R. de.; CALEARO, D. S.; MARTINS, M. Ocorrência de um caso de Nuvem Vírgula Invertida no dia 11 de janeiro de 2004 no litoral do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2004, Florianópolis I Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 2004. **Anais...** Florianópolis, GEDN/UFSC, 2004. p. 602-613 (CD-ROM)

MONTEIRO, M. A.; MENDONÇA, M. Dinâmica Atmosférica no Estado de Santa Catarina. In: **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina**; HERRMANN, M. L. de P. (Org.,). Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina. Secretaria de Segurança Pública do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 2006. p.15-21 (no prelo).

MOUVIER, G. **A Poluição Atmosférica**. Coleção dirigida por Michel Serres e Nayla Farouki. Tradução de Maria Clara Almeida e Luciano Machado. Revisão técnica de Maria Elizabeth Athayde M. de André. Série Domínio. Editora Ática, São Paulo, 1997. 104 p.

NIMER, E. Clima. In: **Geografia do Brasil: Região Sul**. Série Recursos Naturais e Meio Ambiente. n ° 4, Rio de Janeiro: IBGE, 1979. p. 151-187.

\_\_\_\_\_. **Climatologia do Brasil**, 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 422 p: il.

NOBRE, C.; SELLERS, P.; SHUKLA, J. Amazonian deforestation and regional climate change. **Journal of Climate**, v. 4, 1991. p 957-988.

OLIVEIRA, A.S. **Interações entre Sistemas Frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia**. 1986. 134 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos.

OLIVEIRA, I. P. V. de. **Distribuição Espaço-Temporal e Análise de Tornados em Santa Catarina no período de 1975 a 2000**. 2000. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

OLIVEIRA, J. T. de. **Meteorologia Aeronáutica**. Editora Rex, 2ª edição. Rio de Janeiro, s/d. 253 p.

PÉDÉLABORDE, P. **Le climat du bassin Parisien: essai d'une méthode rationnelle de climatologie physique**. Paris, Editions M.T. Leinin, 1957.

\_\_\_\_\_. **Introduction Á L'étude Scientifique Du Climat**. Paris: Publication: Centre de Documentation Cartographique de l'Institut de Géographie de la Sorbonne, 1959.

PELLERIN, J.; DUARTE, G. M.; SHEIBE, L. F.; MENDONÇA, M.; BUSS, M. D.; MONTEIRO, M. A. Timbé do Sul – Jacinto Machado: avaliação preliminar da extensão da catástrofe de 23-24/12/95. **GEOSUL**, Florianópolis, v. 12, n. 23, 1997. p.71 – 83.

PEZZI, L. P.; ROSA, M. B.; BATISTA, N. N. M. A Corrente de Jato sobre a América do Sul. **Climanálise Especial**: edição comemorativa de 10 anos. São José dos Campos-SP, Brasil, INPE/CPTEC, 1996.

QUADRO, M. F. L de. **Estudo de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1994. 94 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos-SP,

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. S.P. Editora Manole Ltda, 1ª edição, 1990. 188 p.]

RIBEIRO, A. G. A climatologia Dinâmica na Perspectiva da Análise Rítmica. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 12 (24), 2000. p. 47-62.

RIBEIRO, C. M. O desenvolvimento da Climatologia Dinâmica no Brasil. **Revista Geográfica e Ensino**, Ano 1 (2), UFMG, 1982. p. 48-59.

RIMA – **Relatório de Impacto Ambiental da Usina Termelétrica Sul-Catarinense – USITEC**. Elaborado pela UNESCO. 55p.

RODRIGUES, M. L. G. **Uma Climatologia de Frentes Frias no Litoral de Catarinense com Dados de Reanálise do NCEP**. 2003. 75 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

RODRIGUES, M. L. G.; CALEARO, D.; ARAÚJO, G.; MORAES, M.; MONTEIRO, M. CORREA, C.; MARTINS, M.; LIMA, M.; BRAGA, H. J. Catarina: O Monitoramento do Fenômeno pelos Meteorologistas da Epagri/Ciram. Eventos Meteorológicos Significativos em 2004-2005. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**. Vol. 29, nº 1 – março de 2005.

RODRIGUES, M. L. G.; MONTEIRO, M. A. “Agricultura: Sem saudades do último verão”. **Revista Agropecuária Catarinense**. V. 18, nº 2, EPAGRI, Florianópolis, 2005. p. 37-40.

ROPELEWSKI, C. H.; HALPERT, S. Precipitation patterns associated with the high index phase of the Southern Oscillation. **J. Climate**, 2. 1989. p 268-284.

RUDORFF, F. de M.; BONETTI, J.; MORENO, D. Maré de Tempestade In: **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina**; HERRMANN, M. L. de P. (Org.,.). Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina. Secretaria de Segurança Publica do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 2006. p.117-120 (no prelo).

SANCHES, M. B. e CALBETE, N. O. de. Estudo de caso de chuvas intensas sobre o litoral de Santa Catarina, período de 22 a 27/12/95. In: IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1996. **Anais...** Campos do Jordão-SP, SBMET/INPE, 1996. p. 381-384

SANCHES, M. B. e SILVA DIAS, M. A. F da. Análise Sinótica de verão. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). In: IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1996. **Anais...** Campos do Jordão-SP, SBMET/INPE, 1996. p. 439-443

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente - SDM. **Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina: diagnóstico geral.** Florianópolis, 1997a. 163 p.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente - SDM. **Zoneamento da Disponibilidade e da Qualidade Hídrica da Bacia do Rio Araranguá: caracterização hidrológica.** Florianópolis, 1997b. V. 2, 47 p.

SANT'ANNA NETO, J.L. **História da Climatologia no Brasil: Gênese e Paradigmas do Clima como fenômeno Geográfico.** 2001. 169 f. Tese de Livre Docência, UNESP, Presidente Prudente.

SANTOS, E. dos. **Contribuição ao Estudo de Poluição Ambiental por Metais Pesados: a área do banhado da Estiva dos Pregos.** 1992. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SATYAMURTY, P. e FERNANDES, K. de A. Um exemplo de Cavado Invertido sobre o Brasil. **Climanálise Especial: edição comemorativa de 10 anos.** São José dos Campos-SP, Brasil, INPE/CPTEC, 1996.

SCHEIBE, L. F. O Carvão em Santa Catarina: mineração e conseqüências ambientais. In: Meio Ambiente e Carvão – Impactos da exploração e utilização. FEPAM. **Cadernos de Planejamento e Gestão Ambiental** nº 2. Porto Alegre/RS, 2002.

SCHEIBE, L. F.; BUSS, M. D.; FURTADO, S. M. de A.; PELLÉRIN, J.; PAULINO, L. A.; SILVA, C. A. da; CORRÊA, W. K.; PIMENTA, M. de C. A.; PIMENTA, L. F.; WISHERMANN Jr., J.; VILELA, J. H.; VILL, J.; SPECK, M. M.; MARTINS, G. L.; GONÇALVES, E. F. **Análise ambiental da bacia hidrográfica do rio Araranguá (BHRA) – Subsídios para gestão.** Florianópolis. UFSC. Departamento de Geociências – LAAM e LABGEOP, 2003. 11 p. inédito.

SEREBRENICK, S. Classificação meteorológica dos climas do Brasil. In: IX Congresso Brasileiro de Geografia. **Anais...** vol. II., ed. do Conselho Nacional de Geografia (IBGE). Rio de Janeiro, 1942: 440-459.

SERRA, A. Circulação Superior. In: **Revista Brasileira de Geografia**, 16 (1). Rio de Janeiro. IBGE: 1954: 3–75.

SERRA, A.; RATISBONNA, L. **Massas de Ar na América do Sul. Ministério da Agricultura**, Rio de Janeiro, 1942, 59 pp. Ilustr.

SERRA, A.; RATISBONNA, L. – Ondas de Frio na Bacia Amazônica. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro. **Transcrito no Boletim Geográfico** 26 (III), IBGE, 1945: 172-206.

SEZERINO, M. L.; MONTEIRO, C. A. de F. O Campo Térmico na Cidade de Florianópolis: Primeiros Experimentos. **GEOSUL**, nº 9, ano V, Ed. UFSC. 1º semestre de 1990. p. 20-60.

SILVA DIAS, M. A. Complexos Convectivos de Mesoescala. In: **Climanálise Especial**: edição comemorativa dos 10 anos. Cachoeira Paulista: INPE/CPTEC, 1996. p. 173-182.

SILVA DIAS, P., MARENGO, J., **Águas atmosféricas**. Águas Doces no Brasil-capital ecológica usos múltiplos, exploração racional e conservação. Aldo da Cunha Rebouças, Benedito Braga Jr., José Galizia Tundizi, Eds. 2ns Edition, IEA/USP, 2002, p 65-116.

SORRE, M. Les fondements de la géographie Humaine: Essai d'une écologie de l'homme. In: LivreI: Le climat et l'homme. **Chp Ier Le Climat**. Paris:Librairie Armand Colin, 1951. p. 13-43.

SOUZA, R. de O. **A ocorrência de neve em Planaltos Subtropicais: O caso do sul do Brasil**. 1997. 144 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) USP, São Paulo.

\_\_\_\_\_. **Caracterização dos invernos no sul do Brasil em função dos dias de neve e da participação das massas de ar**. 2002. 148 f. Tese (Doutorado em Geografia). USP, São Paulo.

SUGAHARA, S., ROCHA, R. P., RODRIGUES, M.L. Condições atmosféricas de grande escala associadas a jato de baixos níveis na América do Sul. VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET, 1994. **Anais...**, 2. 1994. p. 573-577.

TITARELLI, A. H. V. A onda de frio de abril de 1971 e sua repercussão no espaço geográfico brasileiro. In: **Climatologia**. São Paulo: EDUSP, n. 4. 1972. 15 p.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, J. L. **Meteorologia descritiva** – Fundamentos e Aplicações Brasileiras. São Paulo: Ed. Nobel, 1992. 374 p.

UVO, C. B. Influence of Sea Surface Temperature on Rainfall and Runoff in Northeastern South America: Analysis and Modeling. **Report nº 1021**. Department of Water Resources Engineering. Lund Institute of Technology, Lund University, Sweden. 1998. 77p.

VALDATI, J. **Riscos Naturais: O caso da Sub-Bacia do Rio da Pedra – Jacinto Machado/SC**. 2000. 144 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

VANZ, A. **Brisas**. Disciplina de Meteorologia. Curso de Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica da Fundação Universidade do Rio Grande. RS. 1998 10p.

VELASCO, I. e FRITSCH, J. M. Mesoscale Convective Complexes in the Américas. In: **J. Geophys. Res.**, 92, D8, 9591-9613. 1987.

VIANELLO, R. L. & ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa-UFV, Impr. Univ., 1991. 449 p. ilust.

VILLELA, R. Mineração de Carvão em Santa Catarina e o Meio Ambiente. In: 2º ENESMA, 1989. **Anais...** V.3 – Conferências e Painéis. Florianópolis, 1989, p. 50-61.

VOLTOLINI, J.; ALTHOFF, D.A. ; BACK, A.J. Água de irrigação para cultura do arroz irrigado no sistema pré-germinado. In: **EPAGRI**. A cultura do arroz pré-germinado. Florianópolis, 2002. p 101-112.

WHITEHOUSE, G.; BURTON, J. R. Water Hazards, Resources and Management for Disaster Prevention: A Review of the Asian Conditions. In: IDNDR-ESCAP REGIONAL MEETING FOR ASIA: RISK REDUCTION & SOCIETY IN THE 21st CENTURY. **Proceedings** ... Bangkok, 1999.

ZANINI NETO, J. A. Arroz irrigado: Sistema pré-germinado. In: **EPAGRI**. A cultura do arroz pré-germinado. Florianópolis, 2002. p 11-52.

ZAVATINI, J. A. A climatologia brasileira, o enfoque dinâmico e a noção de ritmo climático - desenvolvimento, progresso e perspectivas. Presidente Prudente. **Boletim Climatológico** 1 (2), 1996:11-20

### Homepages

AMBIENTETERRA. Apresenta textos referentes a poluição atmosférica. Disponível em <http://www.ambienteterra.com.br>. Acesso em 20. set. 2003.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA e ESTATISTICA: Censo Demográfico. 2000. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 10. jun. 2002.

REDEMET – REDE DE METEOROLOGIA DO COMANDO DA AERONAUTICA. Disponível em [www.redemet.aer.mil.br](http://www.redemet.aer.mil.br). Acesso no período de 2002 a 2005.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE AGUAS. Disponível em [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br). Acesso no período de 2002 a 2005.

UNIVERSITY OF WYOMING. Disponível em <http://weather.uwyo.edu>. Acesso no período de 2002 a 2005.

**ANEXO A - FRENTES FRIAS**  
**\* NO RIO GRANDE DO SUL**  
**\* EM SANTA CATARINA**

Frente Fria no RS																																			
D	M	A	Sond - Fpolis			Sond -POA			Urussanga							São Joaquim							Ta	MA	So	Fo	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JÁ	BJ	
			Inversão		Índ K	Inversão		Índ K	Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO														
			Base	Topo		Base	Topo							Dir	Int						Dir	Int													
9	1	2003	1	1	1	300	350	33	0	10	80	27,6	,	180	1	0	9	95	19,4	,	360	3	3	0	20	1,8	5,1	0,5	2,1	0	7	0	22	7,7	
18	1	2003	1	1	1	,	,	31	59,8	2	78	27,9	,	50	1	0,2	6	100	18,2	,	230	2	0	0	0	0	3,2	0	1,2	12	0	0	2,2		
20	1	2003	1	1	1	1050	1440	32	0	10	80	28,1	,	270	1	0	10	96	18,8	,	320	4	4,8	12	0	0,5	0,7	0	10	2,1	0	0	17	3,8	
12	2	2003	1	1	1	,	,	27	1	3	70	30	,	360	1	1,2	5	85	19,2	,	320	3	13	26	0	2,3	14	0,7	18	5,1	7,9	0,5	1,9	7,8	
16	2	2003	1	1	1	,	,	40	0	10	80	26,9	,	360	1	0	9	89	19,4	,	360	2	22	2,5	10	0	14	0,9	1,9	0	0	0	7,9	3,8	
3	3	2003	1	1	1	100	590	33	0,9	3	85	26,9	,	90	1	25,8	9	97	17	7	320	2	0	0	0	0,6	4,9	0	0	2,6	15	4,6	0	0	
20	3	2003	1	1	1	320	510	40	0	1	69	25,5	1	360	2	0	2	73	17,8	,	360	2	6,2	22	0	0	16	18	12	15	8,2	0	23	13	
30	3	2003	1	1	1	110	560	29	0	2	79	23,5	1	360	1	0	2	79	17	,	320	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	4	2003	1	1	1	170	370	13	0	8	86	20	2	50	1	0	10	95	12,8	,	90	2	13	16	0	0	13	15	14	0	8,5	13	17	9,7	
9	4	2003	1	1	1	270	810	-4	0	0	83	21,1	2	360	1	0	4	88	13,6	,	320	4	0	0	11	0	0	2	0	0	0,8	35	2,3	0	
25	4	2003	1	1	1	120	690	28	0	3	81	24	2	320	2	0	4	89	17	,	360	1	8,2	0	0	0	4,2	0	0	1,6	7,5	1,9	2,3	0	
26	4	2003	1	1	1	600	900	33	0,4	10	88	23,4	2	50	1	0,7	1	86	18,6	2	360	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	0	0	0	
27	4	2003	1	1	1	220	430	37	0	8	94	23,1	2	50	1	0	10	89	18	2	360	1	14	35	36	21	32	18	29	43	3,5	0	21	5	
9	5	2003	1	1	1	210	280	-60	0	9	98	12,6	2	0	0	0	9	94	7	13	140	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	5	2003	1	1	1	,	,	31	0	9	82	20	2	320	1	0	9	83	14,8	,	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0,2	0	0	0	0	
20	5	2003	1	1	1	0	220	-13	0	9	94	19	2	140	1	0	9	87	11	,	320	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	6	2003	1	1	1	0	520	9	0	4	93	17,2	2	270	1	0	10	80	14	,	320	4	16	0	12	13	0	21	13	21	11	10	23	25	
7	6	2003	1	1	1	,	,	-15	0	10	95	16	2	230	3	1,5	10	100	11	5	0	0	0	0	0	1,5	0	0	2,3	6,1	4,2	1,2	5,1		
11	6	2003	1	1	1	,	,	-11	0	10	97	18,6	2	140	1	0,1	10	96	14,4	11	320	4	0	0	27	0	0	0,9	0	0	0,7	1,4	1,9	2,7	
12	6	2003	1	1	1	40	150	-33	0	10	97	16,1	2	140	1	7,2	8	100	12	4	320	2	0	0	0	0	0	3,7	0	1,1	0	42	0,1	0	
17	6	2003	1	1	1	360	720	26	2,2	10	99	17,5	,	320	1	1,8	10	100	12	7	0	0	6	5	0	3,3	3,3	5,1	5,7	7,9	3,7	0	5,2	5,7	
21	6	2003	1	1	1	0	230	11	0	4	90	15,3	2	320	1	0	4	98	10,4	,	320	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	
26	6	2003	1	1	1	740	840	17	0	0	97	14,8	2	50	1	0	0	98	11	,	360	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	6	2003	1	1	1	540	740	23	0	0	100	14	2	0	0	0	0	82	12,4	,	360	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	7	2003	0	60	10	620	780	21	0	10	95	16,5	2	230	1	0	7	100	10	2	270	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	7	2003	520	690	30	100	390	-11	0	10	99	16,5	2	140	1	0	10	100	13	3	320	4	39	20	45	27	28	65	28	0	27	1,2	42	24	
15	7	2003	0	190	23	0	180	33	0,5	10	65	19,6	,	50	4	4,6	10	100	10,8	7	320	5	13	0	16	3,5	2,5	13	9,1	19	2,3	0	21	7	
21	7	2003	0	170	14	730	880	27	0	9	80	18,5	,	140	3	0	2	69	15,8	,	320	2	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	27	0	1,7	
22	7	2003	1170	1650	29	1120	1600	27	0	10	96	12,2	,	180	1	1,8	10	98	13,8	7	360	1	0	0	0	0	0	6,8	0	0	0	0	0	0	0
23	7	2003	210	830	11	150	710	31	0	2	96	16	2	0	0	0	4	57	16,2	,	360	3	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0
24	7	2003	440	930	27	400	1350	28	0	10	100	16,1	3	140	1	0	10	66	15,4	,	360	1	0	7,2	0	0	0,4	0,3	0	0	0,8	7,2	0	0	0
25	7	2003	0	60	-6	1080	1570	29	0	10	99	16	2	140	1	0	10	78	14,8	1	360	1	4,9	20	0	5,3	6,6	6	7,2	0	0,9	0	0	0	0
5	8	2003	1	1	1	0	210	29	0	4	63	21	1	320	3	0	7	64	15	,	50	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,7	1,2	
14	8	2003	1	1	1	160	640	25	0	10	84	13	2	270	1	0	10	94	8,8	13	320	3	0	0	0	0	0	14	0	15	0	0	0	0	
22	8	2003	1	1	1	280	1010	24	0	0	70	18,8	1	320	1	0	0	64	15	,	320	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	8	2003	1	1	1	820	1260	22	0	10	89	16,5	2	50	3	0	0	57	16,4	1	360	3	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	
8	9	2003	830	1060	31	,	,	35	0	10	96	18,5	2	180	1	2	10	96	13,4	7	360	3	7,4	6	4,1	6	4,6	3,2	4,2	3,7	2,3	7,2	19	21	

24	9	2003	80	220	30	930	1400	-3	13,3	10	89	19,8	2	90	1	11,8	10	100	15,2	11	230	3	0	13	0	0	1,2	0	18	0,7	1,6	42	3,4	6,3		
28	9	2003	1100	1400	9	390	510	-14	0	2	84	20,5	2	320	2	0	10	100	13		320	1	10	0	12	15	20	5,6	20	10	21	0	1,4	2,9		
5	10	2003	1300	1400	25	440	650	34	19,6	10	84	22,8	2	180	1	0	10	95	15,4		360	2	1	6	12	7,3	9,5	1,5	14	9,5	11	40	18	17		
19	10	2003	810	880	16	510	900	29	0,6	6	68	25	1	360	3	0	9	90	16,4		180	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,4	3,5		
25	10	2003	1100	1300	7	60	400	33	32,2	6	79	22,6	1	360	1	38,9	10	96	16	11	50	5	69	66	62	41	57	75	67	120	74	66	134	28		
31	10	2003	1180	1280	-12	430	850	30	13,2	8	62	24,6	1	360	2	15,6	2	74	17		360	2	0	0	0	0	0	4	0	23	3,9	18	15	0		
12	11	2003	600	1150	25	700	730	28	8,7	6	60	28,6	1	50	1	24,7	8	42	22,8		320	6	9	9	11	8,1	8,4	8,5	9,4	0	15	0	18	24		
16	11	2003	,	,	35	,	,	34	10,8	10	98	21,1	11	0	0	17,6	10	100	12,4	12	180	3	0	0	0	11	15	2	5,3	16	15	0	11	27		
17	11	2003	,	,	22	240	500	7	0	7	80	24	2	360	1	0	4	79	17,6		320	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	11	2003	200	260	31	,	,	33	5,4	10	81	24	2	140	2	3,5	10	100	17,2	7	360	1	0	11	7,9	0	0	6,6	15	16	0	0	6,9	0,1		
3	12	2003	,	,	27	380	560	33	0	9	78	25	1	50	1	0	10	81	19		320	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	12	2003	,	,	-46	,	,	2	4,5	6	45	23	1	230	5	36,9	9	80	11	11	270	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	12	2003	,	,	27	,	,	43	38,3	6	53	30	1	90	1	0	5	84	19		320	5	49	0	41	19	35	46	61	60	0	60	51	69		
15	12	2003	90	780	39	0	70	36	20,5	10	94	23,8	11	90	1	43,2	10	100	15	11	230	3	29	0	19	8,8	31	24	40	26	39	50	23	35		
22	12	2003	,	,	31	0	50	30	0,2	9	84	25,5	2	270	1	2,6	10	100	15,8	11	320	3	0	0	0	0	1,2	0	0	0	0	3,2	0	1,7		
28	12	2003	,	,	24	,	,	39	16,7	4	62	27,6	1	50	1	4,4	10	83	18,4		360	3	0	0	0	12	58	0	0	21	42	10	4,2	50		
31	12	2003	0	80	33	1	1	1	15,3	10	92	24,2		140	1	14,3	10	100	17	4	320	1	13	15	0	0	16	1,3	14	27	14	0	0	0		
11	1	2004	,	,	35	,	,	41	10,9	10	94	23,9	2	90	1	0,3	10	100	17,4	4	360	3	14	15	31	29	21	29	20	0	17	36	25	4,4		
1	2	2004	,	,	25	320	780	34	2,9	5		27,7	1	0	0	3,9	2	82	20	7	360	3	22	0	15	15	3,9	24	5	10	33	0	28	12		
4	2	2004	,	,	24	890	1240	38	17,1	9		25,3	2	50	1	9,6	7		19,4		360	3	11	0	0	0	2,1	18	10	41	55	0	19	37		
14	2	2004	,	,	30	70	240	32	1	10		24		50	1	12,5	10		16	7	320	2	0	2	0	2,3	8,3	26	5	0	0,2	0	0	0		
8	3	2004	390	730	32	210	810	36	0	9	75	26,1	1	50	1	0	8	82	19		360	3	9	0	3	0	17	11	15	21	5	0	8,4	7,7		
17	4	2004	200	360	30	,	,	36	3,9	1	87	25	2	0	0	1,9	10	100	16,4	2	230	1	5	10	12	0	5,8	3	5	11	15	9,2	3,4	13		
18	4	2004	,	,	32	1050	1330	18	22,3	10	99	21	2	140	1	50,9	10	100	16,4	7	360	1	45	24	22	2,7	23	15	21	42	23	0	71	32		
22	4	2004	1360	1520	30	0	220	40	8	2	71	25	1	360	3	15	6	98	16	8	360	7	9,4	10	0	2,3	4,8	5,5	9	19	7,6	0	15	21		
11	6	2004	180	480	37	880	1060	26	12,7	10	95	17,6	2	180	1	20,1	10	100	13	8	0	0	11	13	0	21	13	12	8	11	29	0	9,4	2,6		
19	6	2004	1390	1480	10	0	880	18	0	0	100	14,4	2	0	0	0	0	85	11,2		320	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2,2	0	0	0		
24	6	2004	430	720	-2	,	,	36	0	10	100	14,6	2	90	1	0,1	10	79	13		360	2	1,4	0	0	0,6	0	0,5	0	0	0,2	0	0,1	0,5		
1	7	2004	1	1	1	1	1	1	4,5	2	91	18,8	2	230	1	14,4	9	100	13,4	3	360	2	15	12	0	6,2	5,4	3,9	12	0	9,4	0	17	14		
3	7	2004	1	1	1	350	870	37	9,7	10	97	19	2	140	1	11,5	9	81	14,8		320	3	9	13	33	1,3	3,5	10	9	20	5,3	0	14	8,5		
14	7	2004	1	1	1	0	570	39	44,1	10	90	19	2	270	1	41,3	10	80	15,4		320	4	32	40	0	14	17	39	30	28	27	9,8	46	43		
18	8	2004	40	280	-3	10	500	38	0	6	67	19,5	1	320	3	0	0	65	16		360	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	8	2004	1	1	1	660	810	26	0	10	88	19,4	2	140	3	0	9	57	18		360	5	0	0	0	0	0	0	0	1,4	9,8	0,1	4,5	0		
3	9	2004	0	110	29	460	530	29	0	10	91	17,7	2	180	1	0	10	89	12	4	270	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1,9	0	0	0	0	
22	9	2004	220	540	25	1100	1470	34	11,4	10	88	21,5	11	140	1	6,5	10	72	19	7	360	5	13	12	7,8	0	11	12	8,4	16	0,2	10	11	8,7		
28	9	2004	,	,	31	110	210	30	3,6	10	97	20	11	140	1	8,5	10	100	12,8	11	360	3	0,2	5	4,9	17	4,1	5,7	5	0	8,5	4	11	4,4		
10	10	2004	0	180	28	200	370	18	0,4	10	77	22,4	1	320	1	4,1	10	90	13,4	11	360	5	0	0	0	0	0	0	0	2,4	2	1,3	1,4	0		
13	10	2004	,	,	31	0	70	35	1,3	10	96	19,5	2	50	1	3,4	10	98	14	7	320	2	0	0	0	3,3	8,9	0	0	4	3	2,4	0,4	0		
16	10	2004	1170	1280	22	0	50	40	35,8	2	59	27	1	50	3	21	4	91	16,6		360	3	49	49	43	27	28	43	53	61	42	35	58	30		
17	10	2004	,	,	23	640	750	9	0	10	79	23,5	11	140	1	0	10	96	14	11	230	2	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	1,2	0	0	
23	10	2004	,	,	11	640	1120	29	3	7	57	26	1	50	3	9,5	8	93	15		360	9	0	0	0	0	2,5	1,1	0	1,2	3,8	3	7,9	2,6	0	
24	10	2004	1290	1470	19	,	,	-1	3,1	10	87	18,7	2	140	1	5,7	10	100	12	7	140	5	20	20	32	5,7	4,8	8,5	11	30	4,3	4	30	4,3		
25	10	2004	630	1010	23	,	,	22	6,2	10	96	15,4	2	140	1	5,9	10	100	11,2	11	360	2	5	0	0	5,5	14	21	11	7,9	5,9	5	8,7	1,6	0	
26	10	2004	,	,	-8	280	440	6	3,2	0	69	17,7	1	360	2	3,6	0	55	12,4	13	90	1	1	0	4,9	1,4	2,3	3,4	1,3	0	2,1	1,5	4,5	4,3	0	
30	10	2004	0	60	-20	280	750	6	0,4	2	60	24	1	320	3	1,9	1	72	18,4		360	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	11	2004	,	,	30	0	25	35	3,2	10	95	21	2	0	0	18,4	10	99	14,6	7	320	2	0	0	1,1	1	2,1	0	2,7	0	0	0	4,9	2,5	0	
4	12	2004	830	1150	19	740	940	38	0	2	63	27,4	1	50	1	0	9	72	18,4		320	2	0	0	0		0	0	0	0	0	7	0	0	0	



Frente Fria em SC																																			
D	M	A	Sond - Fpolis			Sond -POA			Urussanga					São Joaquim					Ta	MA	So	Fo	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JÁ	BJ					
			Inversão		Índ K	Inversão		Índ K	Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prp												
			Base	Topo		Base	Topo							Dir	Int						Dir	Int													
6	1	2003	1	1	1			2	0	4	71	27,5	1	360	1	0	6	86	18,2		180	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
7	1	2003	1	1	1	930	1050	10	11,8	8	79	25,6		180	1	13,9	4	98	16	3	180	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
9	1	2003	1	1	1	0	80	34	0	10	80	27,5	1	90	1	0	10	100	18,4	2	360	3	13	15	0	0	0	6,3	12	5,1	9,2	0	5,1	1,3	
7	2	2003	1	1	1			41	13,1	4	75	30,5		50	1	8,2	2	81	21		0	0	48	24	58	21	7,1	26	27	52	28	4,7	45	56	
10	2	2003	1	1	1	780	930	29	8,4	6	84	26,6		50	1	9,8	9	91	18	7	0	0	3,8	56	0	14	55	20	97	48	18	29	11	4	
13	2	2003	1	1	1			20	29,4	3	85	24,5		360	1	16,6	3	91	16,4		320	2	13	15	43	0,2	6,6	12	2,4	16	9,8	0	8,4	0	
17	2	2003	1	1	1	940	1100	30	3,3	9	83	25,6		180	1	7,8	6	86	17,6		320	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	2	2003	1	1	1			36	0	10	90	25		0	0	8	10	94	19	11	320	4	11	3,5	0	25	21	5,6	17	15	12	8,6	14	14	
21	2	2003	1	1	1	1110	1180	32	16,9	10	94	20,1		140	1	17,8	10	81	18		360	1	0	0	0	1	0	1,1	0	1,5	0	0	2,7	0	
22	2	2003	1	1	1	1140	1280	10	0	10	85	21,7		360	1	0	10	96	18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0
4	3	2003	1	1	1	500	730	22	29,5	10	96	25	2	0	0	0,4	3	86	20,2		360	1	0	0	0	0,9	0	2,1	1,2	22	0,2	1,7	0	0,5	
16	3	2003	1	1	1			32	0	10	96	23,6	2	0	0	0	10	98	16,8		360	2	12	2,3	32	19	7	2,1	3,7	3,8	25	0	5,6	12	
21	3	2003	1	1	1			-19	11,4	10	95	19,5		230	3	14,7	10	100	12,2	7	140	3	15	0	33	30	25	0	9,2	1,9	15	9,8	2,4	0,5	
31	3	2003	1	1	1			34	0	7	83	24	2	180	1	0	4	68	18		360	3	0	1	0	0	3,9	0	2,4	0	107	94	0	4,1	
4	4	2003	1	1	1			36	7,9	9	98	19,5		180	1	13	10	91	13	8	320	8	0	0	18	4,7	0	3,7	0	0	1,1	3,7	2,8	4	
10	4	2003	1	1	1			20	0	10	92	21,2	2	180	1	0	10	96	14		320	3	0	0	0	0	0	4,8	0	0	1,2	1,3	3,9	0	
18	4	2003	1	1	1	0	190	13	0	8	68	25	1	50	3	0	6	87	14,8		320	6	6	9,2	0	20	0	4,5	7,7	5,5	2,3	5,4	20	13	
19	4	2003	1	1	1	1420	1580	-1	11,4	10	97	20,5	11	230	1	26,5	8	95	13,6	11	320	2	0	2,5	4,2	0	15	0	2,9	0	0	3,2	0	0	
28	4	2003	1	1	1			28	19,7	9	88	22	2	230	1	5,3	10	100	16	7	320	3	0	0	0	0,5	0,4	1	0	0	0	0	1,8	0,8	
29	4	2003	1	1	1			26	0	8	95	21	2	50	1	4	10	97	15,8	7	0	0	15	0	18	21	20	35	28	36	32	0	19	17	
30	4	2003	1	1	1	120	290	30	27,4	9	95	21,6	2	50	1	17	10	98	16	11	0	0	3	6,3	0	8,2	8	2,1	5,7	7,9	7,6	1,6	26	43	
6	5	2003	1	1	1	390	470	12	2,5	10	98	14,8	2	360	1	3,3	10	100	8	4	270	3	0	0	0	0	0,5	0	0,7	0	0	0	0	5,9	0,5
21	5	2003	1	1	1	120	300	29	0	0	84	19	2	360	1	0	0	84	13,6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	5	2003	1	1	1	0	750	36	0	10	82	20,5	2	360	1	0	10	72	16,6	1	360	3	34	22	26	17		10	19	22	21	0,7	26	22	
23	5	2003	1	1	1	0	40	34	28,1	10	99	19,2	2	0	0	39,9	10	100	11	11	270	3	0	0	0	0	0	1,7	0	0	0	0,4	10	1,6	
3	6	2003	1	1	1			29	10,8	10	99	16,6		0	0	16	10	100	10	11	140	2	17	35	18	21	33	13	13	17	15	18	13	9,4	
4	6	2003	1	1	1			21	16,6	10	100	14,5		270	1	6,8	10	100	7	4	140	3	2,6	15	22	1,9	18	0	3,7	4,3	2,6	12	1,4	1,5	
13	6	2003	1	1	1	200	490	33	0	10	100	13,1	2	140	1	4	10	98	14	2	320	2	3,6	2,2	0	0	0	2,3	4,2	1,5	3,2	1,2	8,2	3,4	
18	6	2003	1	1	1			34	4,4	10	100	17,1		180	1	6,9	10	99	11,6	7	0	0	17	20	26	27	22	25	16	7,8	26	45	11	8,6	
19	6	2003	1	1	1			-7	18,9	8	99	17,4	2	50	1	22	8	100	10,4	7	270	2	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0
7	7	2003			22	1480	1580	19	8,8	10	98	15,2	2	0	0	1,2	10	100	11	7	320	2	0	7	0	0,4	1,3	0,4	0	40	1,7	36	0	0	
9	7	2003	0	100	24	1120	1340	-29	30,4	10	97	15,9	11	320	1	38,1	10	100	11	11	320	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	7	2003			29	870	940	-12	0,2	10	94	14,5	2	230	1	10,1	10	100	9,4	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,1	0	1,3	5,9	
26	7	2003			23			24	1,8	10	100	17,2		0	0	0	4	98	11		50	1	11	2	11	14	5,8	14	21	13	1,3	0	0	0	
30	7	2003	0	60	22	1030	1220	-12	0	10	84	16	2	140	1	0	10	100	10,6	3	270	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	8	2003	1	1	1	480	770	-20	0	10	94	15	2	230	1	6,3	10	100	8,4	3	360	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	8	2003	1	1	1	1140	1390	-3	0	10	91	14,4	2	140	1	0	10	69	11,6		50	2	0	13	14	7,9	6,8	0	11	0	7,8	0	16	8,4	
24	8	2003	1	1	1	380	740	23	0	10	97	17,5	2	50	1	0	10	57	17	1	320	5	14	10	7,2	8,2	13	9,2	7,8	10	14	0	15	0	
9	9	2003	0	150	27			24	5,6	10	97	16,4		180	1	12	10	100	12,8	7	320	2	16	17	0	20	26	11	20	30	32	13	3,1	4,4	

16	9	2003	1	1	1	1	1	1	0,5	8	88	15,6	2	360	1	0,6	10	100	9	3	0	0	0	0	0	0,3	0,6	0	0	2,5	0	0	0	0	0			
20	9	2003	200	700	-23	370	810	-34	0	10	85	17,5	2	230	1	0	10	79	15		230	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
29	9	2003			26			-19	27,4	10	96	16,4	7	270	1	13	10	100	9,6	4	140	5	11	0	19	10	6,8	6,8	0	0	12	18	0	0	0	0		
6	10	2003	0	230	28			33	16,7	10	98	19,6	7	140	1	29	10	100	13,6	8	0	0	15	0	0,8	6,2	7,7	9,7	0	15	34	30	14	16	16	16		
9	10	2003	0	80	29	910	1080	17	6,6	10	94	19,5	11	320	1	28,5	10	100	11,6	11	180	2	1	3	0	1,5	2,5	0,9	0	4	13	0	2,4	21	21	21		
10	10	2003	860	1170	-14	260	410	12	1,3	9	66	18,6	1	360	2	3,3	1	35	13,4		90	3	3,8	0	1,9	0	1,6	1,6	0	0	2,3	0	0	1,7	1,7	1,7		
20	10	2003	0	50	-4	1050	1400	23	4,6	9	72	20,1	1	140	1	6,9	9	98	15		0	0	0	0	0	0	0	3	0	2,3	2,7	30	8,7	1	1	1		
21	10	2003			28	410	520	31	3,1	4	100	18,1	7	180	1	12,3	10	100	12,8	8	0	0	11	10	10	11	8,7	8,7	7,9	9,5	0	0	6,9	12	12	12		
26	10	2003	570	670	19			22	0	5	70	22	11	50	1	0	10	93	14,8	11	270	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	
27	10	2003	0	50	26	1130	1280	-3	0	8	78	18,8	1	180	2	0	10	100	13	2	90	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	11	2003			24			20	27	10	97	20,3	7	140	3	10,2	10	100	13,8	7	180	3	35	30	37	3,2	68	12	36	19	45	24	17	32	32	32		
13	11	2003	0	50	-26	730	930	22	0	5	47	24,8	1	230	4	3	10	82	10	11	230	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,6	1,2	1,2	
18	11	2003	0	40	36	450	560	25	0	8	60	29,8	1	50	1	5,2	10	99	18	4	320	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	1,5	
25	11	2003	0	50	29			29	0	10	90	22,4	2	140	1	1,2	4	75	20	7	320	5	0	0	0	0	0	0,4	0	1,2	0	0	0,1	3	3	3		
26	11	2003	1000	1160	32	330	700	37	7,7	10	87	23,5	2	50	1	12,2	10	94	18	4	360	2	0	0	0,9	0	3,5	4,6	0	1,4	2,3	0	3,1	0	0	0	0	
27	11	2003			29			33	3,8	9	92	24,1	2	230	1	0,7	10	100	17	7	320	5	0	10	0	0	0,8	1,6	10	0	14	0	1,8	15	15	15	15	
1	12	2003	270	650	30	570	750	28	0	2	74	25	1	50	2	0	4	75	19,2		270	3	0	0	0	0	0	1,7	19	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	12	2003	330	560	24			14	10,7	3	72	25,7	11	140	1	30,1	10	97	16,8	12	320	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	12	2003			-17			9	0	10	87	20,8	2	140	3	64,5	10	100	12,8	11	180	1	0	3,7	0	0	0,6	0	0	0	2,1	0	0	0	0	0	0	
16	12	2003			29			-26	8	10	96	22,1	2	0	0	0,7	10	100	14,4	7	270	5	0	0	0	3	0	0	0	0	0,2	0	0,1	0,8	0,8	0,8	0,8	
29	12	2003			33	800	150	-3	78,7	10	97	19,5	2	140	1	20,5	8	91	19	7	90	3	0	0	15	0,5	1,3	2,6	5,5	8,9	1,6	36	2,3	3,8	3,8	3,8	3,8	
5	2	2004	0	50	31			39	0	7		26,4	2	90	1	1,5	9		18,6	8	360	2	13	35	20	1,3	0,5	13	1,5	18	1,7	0	8,2	2,5	2,5	2,5	2,5	
18	2	2004	1450	1630	29	800	880	36	4,6	6		23,2	2	0	0	0,7	7		16,8	7	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	8,1	8,1	
19	2	2004			33	830	990	-12	6,7	10		20,5	7	0	0	2,4	4		13,8	11	140	2	0	0	0	0	6,3	0	0,6	0	0,5	0	0	0	0	0,2	0,2	
21	2	2004			25	270	590	-12	0,9	9		22,3	2	0	0	1,6	10		14,2	7	320	2	3,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0,6
22	2	2004			26			8	0	3		23	1	140	1	3,8	10		14,2	7	140	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	2004	0	60	28	1	1	1	0	2	96	23,5	2	140	1	0	10	90	15,6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	
9	3	2004	980	1150	32			40	0	3	84	24,2	2	140	1	0	8		18,6		320	2	4,8	6,5	0	0	0	1,6	4	10	0,2	0	0	0	0	0	0	
15	3	2004	0	70	12	1480	1510	13	6,1	4	98	21,6	2	50	1	0,2	4	100	14,2	4	50	2	0	17	9,7	9	18	2,6	0	19	9,6	29	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	
3	4	2004	1	1	1	1	1	1	9,9	10	99	22,5	2	0	0	6,6	10	100	15,2	7	320	1	0	0	0	0	8,2	6,5	0	0	9,2	0	1,2	0	0	0	0	
6	4	2004			30			32	0	3	93	23,5	2	50	1	0	9	100	15,4		360	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	4	2004			32	1	1	1	0	10	96	21,5	2	50	1	0,7	10	100	14,6	8	320	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	1,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
23	4	2004	140	360	31			9	0,1	10	87	20,8	11	140	2	1	10	93	14	8	320	5	0	0	5,2	0	0	0	5	0	0	2,8	0	0,3	0,3	0,3	0,3	
30	4	2004	880	1210	22	0	140	30	6,4	8	72	21,8	1	50	1	9	10	78	15		360	1	8,4	15	6,7	15	16	8,3	6,5	20	17	1,2	15	7,9	7,9	7,9	7,9	
1	5	2004			31			-12	0,8	10	98	16,3	2	50	1	0	10	100	9,6	4	90	3	0	0	0	2,1	6,8	0	0	7,4	0	0,1	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	
4	5	2004			29	1	1	1	60,9	10	97	18,7	9	50	1	0,5	9	100	12,8	7	90	1	60	87	42	61	90	81	64	81	67	0,1	17	9,5	9,5	9,5	9,5	
5	5	2004			31			35	58,7	10	97	18	8	140	1	10,4	10	100	11	7	90	1	61	74	96	35	97	63	84	41	71	4,3	15	21	21	21	21	
6	5	2004			30	1	1	1	32,8	10	97	18	8	0	0	4,1	10	100	11,6	7	140	3	29	24	3,5	4,5	36	85	13	38	10	102	3,5	3,7	3,7	3,7	3,7	
12	5	2004	1020	1460	29	1	1	1	1,3	10	98	15,6	7	0	0	1,5	10	96	9,2	7	0	0	3	4,3	3,7	0	1	4,5	0	10	1,6	0	4,5	5,9	5,9	5,9	5,9	
13	5	2004	0	210	27			26	11,3	10	98	17,3	2	0	0	4,8	10	100	12,2	3	0	0	20	19	19	31	17	27	3,7	21	15	0	27	11	11	11	11	
27	6	2004	0	180	26	0	130	37	1,4	10	99	17,6	2	0	0	9	10		12,4	7	320	1	0	0	0	1	0,4	0	0,3	4,5	0	0	3,7	7,6	7,6	7,6	7,6	
15	7	2004	1	1	1	550	930	36	7,4	10	96	18,4	12	320	1	6,8	10	94	11,6	11	0	0	4,2	20	0	15	16	11	7,7	8,7	7,2	8,2	1,9	8,8	8,8	8,8	8,8	
30	7	2004	0	120	-5			29	10,5	10	100	13,5	2	90	1	16,9	10	95	9,6	4	360	3	6,2	10	10	0	12	9	7,5	8,4	2,8	0	16	5,1	5,1	5,1	5,1	
31	7	2004	0	60	-6	1150	1350	25	0,4	9	98	10,7	2	320	1	2,1	10	98	0,4	4	320	5	6	0	0	6,9	1,5	7,1	0	0	0,9	0	4,7	0	0	4,7	4,7	
6	8	2004	210	470	11	650	1070	23	15,2	10	94	18,6	2	180	3	7,6	9	72	15,2		320	2	7	8	0	9,8	12	8,3	8,8	0	14	0	8,7	16	16	16	16	



### ANEXO B - SISTEMAS DE TEMPO INSTAVEL A SUPERFICIE

- \* CAVADO INVERTIDO
- \* BAIXA PRESSAO A SUPERFICIE NO PARAGUAI
- \* BAIXA PRESSAO NO RIO GRANDE DO SUL
- \* BAIXA PRESSAO A SUPERFICIE EM SANTA CATARINA
- \* BAIXA PRESSAO A SUPERFICIE SOBRE O OCEANO ATLANTICO
- \* CICLONE EXTRATROPICAL NO LITORAL DO RIO GRANDE DO SUL

			Cavado Invertido																																			
			Sond - Fpolis			Sond -POA			Urussanga					São Joaquim					Ta	MA	So	Fo	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JÁ	BJ								
D	M	A	Inversão		Índ K	Inversão		Índ K	Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prp															
			Base	Topo		Base	Topo							Dir	Int						Dir	Int																
1	1	2003	1	1	1			11	0	10	96	23,6	2	50	1	23,3	9	97	18,8	7	360	2	0	0	0	1,3	0	0	0	3	0	0	0	0	0			
13	1	2003	1	1	1			5	0	2	74	24,1	1	360	1	0	1	66	16		360	1	0	0	0	0	0	3	0	1,7	0	0	0	0	0			
14	1	2003	1	1	1			28	0	7	68	26,1		50	1	0,9	9	100	15,8	7	360	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
15	1	2003	1	1	1	1140	1190	32	0	8	75	25,6		140	1	10	10	99	16,6		360	2	0	0	0	0	0	0	3,6	0	0	0	0	0,5				
19	1	2003	1	1	1			-3	5,2	6	76	25,5		140	1	0	2	97	18		360	2	0	0	14	0	0	0,8	0	0	0	0	0	7,3	0			
26	1	2003	1	1	1			18	0	10	78	23,4		50	1	0	10	89	17	2	360	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93	0	4,4				
19	2	2003	1	1	1	780	1090	27	0	0	74	24,6		360	1	0	3	86	17,8		50	4	84	80	137	53	13	132	79	125	12	100	125	1,1				
2	3	2003	1	1	1			28	33,5	1	77	27,5	1	140	1	6,6	1	58	22		360	2	4	3,2	0	0	0	10	1,7	14	0,1	1	5,3	14				
5	3	2003	1	1	1			16	0	4	80	30	2	50	1	21	3	91	18,2		360	2	0	0	0	0	0	0	6,4	1,9	0	0	0	0				
27	3	2003	1	1	1	1	1	1	0	7	86	20,5	2	140	1	0	3	83	15,6		360	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5,1	0	0	0				
1	5	2003	1	1	1	200	340	24	12	10	88	21,4	2	230	1	61,8	10	100	14	11	320	3	0	0	0	1,3	1,6	0	0	0	0	0	2,4	0,3				
13	5	2003	1	1	1	410	770	-27	0	1	92	16,5	2	360	1	0	1	88	10,6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,7	0	0	0				
14	5	2003	1	1	1	1	1	1	0	2	92	18,5	2	360	1	0	2	90	12,8		50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
15	5	2003	1	1	1	0	170	-14	0	9	97	17,9	2	230	1	0,6	9	91	13	4	50	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
19	5	2003	1	1	1	860	1100	16	0	5	93	20,8	2	360	1	0	5	94	12		50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
26	5	2003	1	1	1	150	330	-10	0	0	94	9,5	2	230	1	0,7	0	74	4,4	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
16	6	2003	1	1	1			18	0	4	100	16	2	230	1	0	6	94	12,4		0	0	3,8	10	8,1	5,2	7,2	10	7,9	9,7	4,6	0	12	5,4				
13	9	2003	0	340	-4	160	280	-4	0	10	92	14	2	0	0	0	10	91	7,1	13	140	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
15	9	2003	0	40	2	870	1530	-2	0	3	79	13,9	1	50	1	0	1	100	6,8	13	360	2	0	2,3	0	2,9	1,6	0	1,2	0	15	0	0,1	0	0			
23	9	2003	0	50	17	1	1	1	0,3	3	76	20,6	1	320	1	0	0	55	19,6	1	360	3	16	0	25	14	15	25	0	12	11	0	1,2	0				
25	9	2003	920	1400	21	1100	1200	33	0,3	9	91	17,5	2	90	1	0	10	87	12,6		90	3	0	0	0	1,3	0	2,1	0	2,3	2,4	0	4,9	0	0			
26	9	2003			27	350	530	34	5,6	10	98	16,6	7	50	1	4,6	10	100	10,8	7	360	2	6,2	0	0	4,8	7	7,5	0	8,5	5,6	7,8	0	4,3				
3	10	2003	0	50	25	840	1200	-20	0	3	91	21,4	2	50	1	0	3	70	19,6		90	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
8	12	2003	0	110	25	1000	1160	14	3,4	1	64	26,7	1	50	3	0	9	91	15,6		50	6	13	36	18	0	9,5	27	11	17	13	0	35	21				
30	12	2003	1	1	1	1	1	1	19,7	10	98	18,5	11	140	1	37,8	10	100	15	11	0	0	27	0	21	0	18	18	39	17	1,3	0	35	48				
9	1	2004	1	1	1	1	1	1	0,3	3	75	26,6	1	140	1	0	10	90	17,4		360	3	0	18	0	0	0	23	0	28	0	3,9	0	4,5				
10	1	2004	0	60	25	390	450	30	0	6	85	24,5	2	0	0	0,9	5	80	18,2		360	2	0	0	0	0	0	0	4,5	3,7	4,7	24	4,8	2,3				

15	1	2004	,	,	29	,	,	10	0	4	91	23,1	2	270	1	16,5	9	98	15	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1,2	0,6	0	0	0	
6	2	2004	,	,	10	,	,	11	6,5	9		22,3	2	180	1	0	10	,	14,2	4	140	4	5	0	0	0	0	4,2	1	5	6,4	5,4	0	0	0,6
26	2	2004	,	,	29	800	1000	28	2	0		22,6	2	0	0	2,3	10	,	15	,	320	2	0	0	0	0	0,8	0	0	9,9	0,3	0	1,9	0,4	
1	3	2004	,	,	14	,	,	8	0	8	73	22,5	1	50	1	0	10	99	14	2	360	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	3	2004	0	40	20	1	1	1	0	7	77	25,4	1	360	3	0	7	93	15	,	360	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	
12	3	2004	,	,	27	,	,	-9	0,9	9	91	20,8	2	50	1	0	10	98	15	,	360	2	7,6	5	14	14	1,6	13	4,5	0	4,4	0	5,9	0	
13	3	2004	0	50	26	0	130	33	7,8	5	94	21,4	2	50	1	27,7	10	100	15	4	0	0	20	22	12	12	6,3	10	13	23	14	0	29	30	
14	3	2004	0	120	33	170	210	39	0	9	97	21,7	2	230	1	0,3	7	95	15	8	360	1	6,4	0	0	0	0,8	0	0	0,1	0,3	0	0	5,9	
16	4	2004	120	310	28	660	870	27	2,7	2	97	21,6	2	50	1	0	1	99	17,4	,	320	2	0	0	0	13	4,4	0	35	0	46	29	4,8	0	
21	5	2004	0	210	20	0	280	17	0	3	88	12,6	2	320	2	0	7	95	6,6	13	50	1	0	0	0	0,8	0	0	0	0,6	4,9	0	0	0	
23	5	2004	,	,	28	170	300	34	2,6	10	98	17,2	2	0	0	5,7	10	100	11	7	360	1	10	17	22	1	3,2	27	7,1	15	7,6	2	6,4	4,8	
31	5	2004	,	,	20	370	430	-7	1,6	10	100	,	2	180	1	0	9	97	7	13	90	1	1,6	0	0	3,9	5,2	0	2,3	0	1,7	7,8	0	1,2	
22	6	2004	0	100	20	0	30	31	0	10	100	14,8	2	140	1	0	2	75	13,8	,	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2	5,2	0	0	
4	7	2004	1	1	1	1160	1400	-2	1,2	10	95	13,8	2	0	0	2,2	10	100	12,6	7	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0,1	0	0	3,9	0	
13	7	2004	1	1	1	0	250	38	1,7	7	100	14,8	2	0	0	0	6	91	11,4	4	360	3	0	0	0	13	0	0	0	0	30	0	0	0	
27	8	2004	1070	1170	28	150	740	3	1,8	10	99	13,6	2	140	1	0,8	10	99	11	4	360	1	0	0	0	1,5	0	0	0	2,2	0	2,9	12	0	
19	9	2004	900	1100	11	0	240	30	0	4	77	23,5	1	50	1	0	0	89	16,6	,	320	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	9	2004	150	290	32	1200	1360	-1	0	10	99	16	2	140	1	0	10	100	13,2	2	360	1	0	0	0	1,5	0	1	0	0	0	0	0	0	
25	9	2004	,	,	-16	790	1170	2	0	8	82	21	2	50	1	0	0	73	16	,	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	9	2004	150	300	27	170	340	40	6,2	10	95	19	2	0	1	6,4	10	87	19	4	360	5	0	0	8,8	20	9,2	0,6	3	28	1,8	1,5	5,7	26	
15	11	2004	,	,	23	,	,	34	0,4	10	82	21,2	2	50	1	0,2	10	100	12,4	7	360	3	80	0	0	0	0	2,2	0	2	2	0	2,1	0	
10	12	2004	,	,	30	,	,	28	46,2	10	99	18,5	,	140	1	0,7	10	100	12,4	4	140	3	11	14	19	18	31	18	28	28	25	6,5	7,5	2,7	Ro
15	12	2004	,	,	5	920	1440	38	0	1	66	25,8	1	140	3	0	2	82	16	,	320	2	0	0	0	0	0,5	0	0,7	0	0	0	0	0	Prp
22	12	2004	,	,	8	,	,	10	0	10	78	19,3	1	50	2	0	10	88	11	4	140	3	0	0	0	0	0,4	0	1,2	0	9	0	0	0,4	
14	1	2005	,	,	-23	1100	1390	16	0	1	64	25,4	1	360	1	0	4	71	16	,	320	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	1	2005	0	60	-5	1	1	1	0	1	64	28,5	1	50	1	0	8	87	18,2	7	360	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,7	0	
24	2	2005	,	,	-5	330	370	16	0	5	87	26,2	2	90	1	0	4	95	19,6	,	360	3	0	0	0	0	0	0	0	0	8,3	0	0	0	0,2
25	2	2005	1	1	1	,	,	19	23,4	10	95	24,6	2	50	1	31,7	10	100	18	11	360	1	0	5	0	3,2	2	0	24	9,3	9,8	0	8,6	58	1,6
3	3	2005	1	1	1	,	,	17	0	0	72	22,5	1	50	1	0	4	79	13,6	,	360	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	4	2005	,	,	25	1	1	1	14,2	10	97	21,2	8	140	1	1	8	98	14	,	50	1	13	12	0	12	19	11	14	0	22	0	1,8	0	0
1	6	2005	0	170	18	0	260	32	0	9	89	19,6	2	50	1	0	10	85	13,4	,	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2
2	6	2005	,	,	27	0	27	29	0	3	100	16,8	2	320	1	0	6	94	13,6	,	50	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	6	2005	0	240	26	0	250	18	0	8	93	17,2	2	50	1	0	10	100	11,2	2	360	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0,2
28	6	2005	0	210	-9	0	240	32	0	9	94	16,4	2	140	1	0	9	83	12,6	,	320	1	0,2	0	3,4	0	0,8	0	0	0,2	0	1,3	0	0	0
Total			3309	6419	643	16240	24067	883	199,5	376	5122	1243			63	264	405	5311	874			115	310	225	303	209	175	340	282	375	224	352	311	260	2,6
Média			158	306	11	411	669	14,5		6,2	86,8	20,7	2	50	1		6,6	90	14,3	4	360	1,9													
Precipitação a partir de 21.12.04									37,6														14	17	3,4	15	21	12	37	11	40	9	13	65	2,6
Total de dias de chuva									24														17	12	12	19	23	22	19	26	32	19	23	24	5

Baixa Pressão à Superfície no Paraguai																																				
			Sond - Fpolis				Sond -POA				Urussanga					São Joaquim							Ta	MA	So	Fo	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JÁ	BJ		
D	M	A	Inversão		Índ K	Inversão		Índ K	Prec	Nuv	UR	Temp	CG T	VENTO		Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prp													
			Base	Topo		Base	Topo							Dir	Int						Dir	Int														
11	1	2003	1	1	1			7	6,1	4	74	25,5	1	0	0	19	3	74	18,8	3	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0				
16	1	2003	1	1	1			39	0	1	68	26,2	1	50	1	0	1	88	17,4		360	2	0	0	0	0	0	3,8	0	11	0	40	1,2	23		
9	2	2003	1	1	1			38	35,8	6	81	27,4		140	1	0,9	9	77	20		320	2	21	9,5	19	13	15	29	13	23	21	0	36	11		
11	5	2003	1	1	1	1	1	1	0	3	99	14,5	2	360	1	0	3	86	9,2		360	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16	5	2003	1	1	1	0	640	-9	0	9	95	19	2	50	1	0	9	89	12,8		360	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
13	12	2003	1	1	1	1	1	1	0,8	10	74	21,8		90	1	12,5	9	96	15,2		320	2	7,2	30	0	6	5,4	18	5,3	5	3,8	10	8,4	9,4		
14	12	2003			29	1	1	1	3,4	10	89	22,9	2	50	1	11,1	10	100	15,8	7	320	4	2,2	0	18	1,3	3,2	3	0	1,2	0	0	3,2	0,6		
17	2	2004	0	50	19	0	100	22	11	0	85	24,6	1	360	1	0,7	9	86	15,4		320	3	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	1,9	14		
27	2	2004	180	440	9	750	1060	16	16,6	2	82	21,7	1	50	1	2,6	7	90	17		0	0	19	8	0	0	5,5	0	4	3,5	4,7	0	0	0		
3	5	2004	160	260	8	1	1	1	51,3	2	95	18,6	2	140	1	12,7	9	100	13,4		0	0	75	48	69	38	125	77	33	71	36	65	20	17		
3	10	2004			8	540	650	19	0	10	94	17,4	2	140	1	0	2	70	15	1	270	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31	10	2004			33			29	0	10	90	20,5	2	50	1	0	10	100	14,6	7	270	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,4		
5	11	2004	1020	1130	23	0	60	34	0	10	82	24,1	2	140	2	5,5	10	72	19,6		320	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0		
10	11	2004			32	260	410	33	4	10	85	21,7	11	50	1	8,4	10	94	14,8	11	320	2	15	0	19	5,2	3,3	14	13	27	13	0	26	11	Ro	
26	11	2004	180	280	32	1	1	1	36,7	2	78	27,5	1	140	1	0	1	71	19,8		360	2	6,2	35	59	13	27	57	25	50	22	6,2	28	17	Prp	
2	1	2005	1260	1380	5	810	1030	18	0	8	74	27	1	50	1	0	9	79	18,2		50	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5,8	0	0	4,4		
13	1	2005	1190	1420	-28	520	690	7	0	0	70	25,6	1	360	1	0	2	95	17,4		320	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1	2005	180	330	24	370	450	25	0	3	70	28,5	1	90	1	0	9	96	20	7	320	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	1,7	8,6	0		
16	2	2005			0			-1	1,6	0	71	24,5	1	50	1	0	1	89	16,2		140	2	0	7	0	0,5	1,4	0,3	0	5,5	0	0,1	0	0	1	
21	2	2005			-4			19	0	1	83	24,5	2	320	1	0	7	99	17,4		360	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,4	
29	3	2005	1250	1480	-21	530	780	23	0	0	71	24,5	1	360	1	0	0	96	15,4		320	3	0	0	0	0	0	0	0	0,3	14	0	0	0,2		
24	4	2005	0	40	12	90	580	14	0	8	90	18	2	320	1	0	10	56	15,8		360	1	0	0	0	0	0	0	5,6	0	34	0	0	0		
9	5	2005			33			34	19,4	10	100	18,7	8	0	0	9,5	7	94	13,2	7	50	3	19	39	41	26	9,7	33	4,5	37	40	0	4,7	16	37	
Total			5420	6810	214	3870	6450	367	186,7	119	1900	524,7	2	50	22	82,9	147	1997	372	7	320	46	165	201	226	103	196	234	99	239	140	187	132	127	45	
Média			542	681	13	352	586	20,4		5,2	82,6	22,8		1		9,5	6,4	86,4	16,2		2		19	46	41	27	11	34	4,5	48	40	54	6,4	24	45	
Precipitação a partir de 21.12.04									21							9,5							19	46	41	27	11	34	4,5	48	40	54	6,4	24	45	
Total de dias de chuva									11							10							8	8	6	8	10	7	7	11	8	10	10	11	5	

## Baixa Pressão no RS

D	M	A	Sond - Fpolis		Sond -POA		Urussanga					São Joaquim					Ta	MA	So	Fo	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JÁ	BJ							
			Inversão		Índ K	Inversão		Índ K	Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prp												
			Base	Topo		Base	Topo							Dir	Int						Dir	Int													
10	1	2003	1	1	1		42	3,7	10	81	27		50	1	15,7	10	87	19,4	12	320	2	15	0	0	4,1	3,4	2	1	5,7	0	0	13,2	8,3		
6	2	2003	1	1	1		41	10	0	67	30,5	1	0	0	9,2	4	85	19,4	7	270	3	12	35	0	19	5	2	30	8,3	0,1	0	6,3	0		
8	2	2003	1	1	11		37	13,6	6	89	25,8		0	0	64	9	85	18	7	360	2	42	20	29,2	19	12	26,1	25	35,3	16,2	3,7	5,4	0,2		
11	2	2003	1	1	1		36	1	8	85	26,1		360	1	0,5	10	94	18,8		360	2	0	0	0	0	15,4	0	0	0	0	14	0	0		
10	5	2003	1	1	1	200	680	-49	0	3	91	15,8	2	360	1	0	3	87	8		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
8	1	2004			28		26	0	9	80	23,6	1	50	1	22,1	10	90	16,2	4	360	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	22		
2	4	2004	1020	1270	9	320	740	31	2,4	1	93	22	2	140	1	3,6	8	93	19		360	1	0	4,2	0	0	0	0	1	0	2	0	0,1	9,2	
9	4	2004			2	1	1	1	45,7	3	92	23,7	2	0	0	0,9	6	84	15,2		0	0	21	18	0	29	26,6	33,5	60	100	100	0	4,8	11	
24	5	2004	60	240	30		38	0	10	97	17,7	2	50	1	1	10	100	12	7	0	0	0	0	0	0	0	0,5	7,3	0	0	0	6,7	0		
17	8	2004	1400	1550	-24	0	170	25	0	4	77	18,6	1	320	3	0	5	92	10,8		320	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	9	2004	310	760	22	110	1520	20	0	1	59	26	1	50	1	0	0	54	21,8		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	9	2004	840	1020	27	1	1	1	0	0	82	21,8	2	360	2	0	0	55	20,8		0	0	10	34,3	0	0	1,1	0	1,9	3,3	0,5	1	0	0	
21	9	2004	550	790	13		34	1,8	10	93	19,8	2	50	1	7,4	10	55	18	7	50	5	0	0	0	3,3	1,2	1,3	0	10,6	10	2,5	3	0	0	
9	10	2004	1050	1450	-47		21	0	8	70	19,2	1	50	1	9,4	9	60	16		320	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	4,4	0	0	
12	10	2004			1	0	80	34	13,7	4	68	21,4	1	320	3	16	3	84	15		360	3	10	2,5	9,1	4,6	4,5	5,4	4,5	6,7	9	7	12,9	14	
18	10	2004			6	230	400	35	17,6	0	44	22	1	50	3	7,8	1	57	14,2		360	4	0	16	0	7,9	9	26,3	16	0	8,6	7,5	13,9	8,7	
3	11	2004	1020	1210	29	720	920	33	0	5	61	27,8	1	50	1	12,4	9	75	20		320	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	11	2004			-20	0	240	30	0	10	82	20,1	2	180	2	14	10	90	12	4	360	4	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	11	2004			30		39	0	6	71	24,5	1	320	3	4,2	9	98	16	4	320	3	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	4,5	0	0	Ro
25	11	2004	1	1	1	1	1	0	4	67	29	1	360	2	1,5	10	74	22,2	1	360	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6	0	0	0	Prp
15	3	2005			15		28	0	1	78	23,2	1	360	1	2,4	10	100	13	4	0	15	0	0	0	0	3,7	0	0	0	3,1	21	7,2	1,2	1,8	
21	3	2005	1310	1530	22	110	270	35	0	0	75	26,8	1	360	1	0	9	95	18	2	320	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	3	2005	0	70	21		31	1,3	10	95	22,5	2	50	1	0	7	80	17,8		360	3	0,7	5,5	29,8	4,4	2,1	24,7	0,9	5,6	3	0	1,5	2	6,4	
19	4	2005	920	1090	27	260	530	39	0	9	83	23,5	2	360	1	0	10	95	16,4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	
12	5	2005	0	150	25	520	690	28	8,9	8	98	19,2	2	0	0	19,2	5	73	16,6		320	3	27	24,2	14,6	0	11	19,8	26	20	13,5	15	25,9	15	25
16	6	2005			25	140	450	33	1,3	9	97	18,5	2	140	1	5,5	10	98	11,4	7	320	4	0	0	0	0,5	1	0	2,9	3,4	0	0	0,1	3,6	0,4
Total			8480	11130	251	2610	6690	667	121	139	2075	596,1		33	216,8	187	2140	426		89	139	175	82,7	89	98,1	142	179	206	167	84	101	102	33		
Média			606	795	12,6	218	558	29		5,3	79,8	22,9	1	50	1,3	8,3	7,2	82,3	16,8		7	360	3,4												
Precipitação a partir de 21.12.04								11,5														28	29,7	44,4	4,9	17,8	44,5	30	39	19,6	36	34,7	20	33	
Total de dias de chuva								12														8	10	4	8	13	10	13	11	12	10	14	13	4	





Ciclone Extratropical no litoral do RS

D	M	A	Sond - Fpolis			Sond -POA			Urussanga					São Joaquim					Ta	MA	So	Fo	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JÁ	BJ				
			Inversão		Índ K	Inversão		Índ K	Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prp	Prp	Prp	Prp	Prp	Prp	Prp	Prp	Prp	Prp	Prp	Prp
			Base	Topo		Base	Topo							Dir	Int						Dir	Int												
12	3	2003	1	1	1	0	40	37	69	4	80	27,5	140	1	23,4	10	100	15,2	7	320	4	28	20	0	0,9	2,9	4,3	10	7,3	8,8	0	7,4	0	
13	3	2003	1	1	1			25	5	10	92	23,5	180	1	5,1	10	100	16,4	7	230	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12,2	0	0,1	0
5	4	2003	1	1	1	930	1060	18	7,3	1	69	23	140	3	1,2	10	91	11	270	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
11	4	2003	1	1	1			-27	5,7	1	67	16	270	2	0,5	2	82	6	13	270	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,8	0	0	
16	8	2003	1	1	1	900	1110	-7	4,8	0	93	11,6	0	0	13,3	3	98	1,6	4	180	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	9	2003	1330	1580	-10	680	1050	8	0	8	98	10,7	3	140	1	0	10	97	6,6	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	11	2003			7			29	0	3	45	25,5	1	230	2	0	9	87	11,2	320	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	5	2004	370	600	18			20	0	3	87	14,9	2	0	0,8	9	98	5	270	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0		
25	5	2004	780	900	19	0	70	29	2,4	10	96	18	3	360	2	21,2	10	98	12	7	360	5	4	0	0	0,3	2,7	5,2	3,3	0	3	0	9,8	5,9
26	5	2004			-8	0	80	16	0	2	48	17,6	1	320	5	2	10	100	3,6	7	270	17	0	0	0	0	0	0	0	0	1,4	0		
12	11	2004			6			28	15,6	5	54	24	1	320	4	3,1	10	100	9,2	7	270	7	2,3	20	17,2	19	19,1	13,2	20	31,1	18	14	21,4	9,9
Total			2480	3080	32	2510	3410	176	109,8	47	829	212,3		21	70,6	93	1051	97,8		56	34	40	17,2	20	24,7	22,7	33	41,4	42	17	40,3	16		
Média			827	1027	5,3	418	568	16		4,3	75,4	19,3	1	140/230	1,9		8,5	95,5	8,9	7	270	5,1												
Total de dias de chuva								7							8						2	1	0	2	2	2	2	1	3	2	5	1		

### **ANEXO C - SISTEMAS DE TEMPO INSTAVEL EM ALTITUDE**

- \* JATO SUBTROPICAL
- \* COMPLEXO CONVECTIVO DE MESOESCALA (CCM)
- \* CAVADO EM MEDIOS E ALTOS NIVEIS DA ATMOSFERA (CMA)
- \* VORTICE CICLONICO



## Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM)

D	M	A	Sond - Fpolis		Sond -POA		Urussanga				São Joaquim						Ta	MA	So	Fo	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JÁ	BJ							
			Inversão		Ind K	Inversão		Ind K	Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prec													Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		
			Base	Topo		Base	Topo							Dir	Int																		Dir	Int	
2	10	2003	1350	1500	-25	130	720	29	0	3	70	20,8	1	320	3	0	10	80	14,4		360	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	10	2003	1300	1500	9	600	920	24	0	3	80	22,3	1	50	1	0	5	70	18		360	2	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	9,9	0,1	0
20	12	2003			30	170	500	38	27,1	8	92	23,8	2	140	1	45,6	9	100	15,8	7	50	3	14	27,8	9,2	0	13,5	14,2	18	24,3	35	22	60,9	52	
Total			1325	1500	14	900	2140	91	27,1	14	242	669				45,6	24	250	48,2		7	14	42,8	9,2	0	13,5	14,2	18	24,3	35	32	61	52		
Média			1325	1500	4,7	300	713	30,3		4,7	80,7	22,3	1	50	1,7		8	83,3	16,1		7	360	2,3												
Total de dias de chuva										1						1						1	2	1	0	1	1	1	1	1	2	2	1		

## Cavado em Médios e Altos Níveis da Atmosfera (CMA)

D	M	A	Sond - Fpolis		Sond -POA		Urussanga				São Joaquim						Ta	MA	So	Fo	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JÁ	BJ						
			Inversão		Ind K	Inversão		Ind K	Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prec													Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO	
			Base	Topo		Base	Topo							Dir	Int																		Dir	Int
1	2	2003	1	1	1		28	0	8	76	27,8	1	0	0	0	7	87	20,6		360	3	1	0	0	0	0	11,5	0	42,3	2,5	0	13,5	5,2	
2	2	2003	1	1	1	990	1350	33	0	7	69	29		0	0	43	7	81	19,5	7	360	3	6,6	14	0	1,6	0	18,3	24	21,9	5,2	0	0,1	5,2
14	2	2003	1	1	1	270	430	28	18,8	2	73	24,5		180	1	0	7	88	16,2		320	1	42	20	0	17	1,1	10,8	14	8,2	0	0	0	10
11	3	2003	1	1	1			36	0	8	84	27,8	2	360	1	9	10	97	17,8	7	320	3	30	2	0	47	53,7	3,9	1,5	10,9	31,2	0	12,9	15
5	11	2003			-1	1070	1290	22	0	10	80	17	2	140	1	0	10	65	11,4		90	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	11	2003			15		20	10,6	6	70	20,2	1	320	2	0,2	9	90	12,4		360	4	1	4	6,2	14	11,2	24,1	7,8	23,5	24,5	10	16,7	3,9	
7	11	2003	0	130	28	650	790	32	0,6	9	82	20	2	90	1	6,1	10	95	13	4	360	1	0	0	0	0	3,5	0,5	0,4	0	3,8	0	0	0,3
21	1	2004			28	0	100	34	23	10	90	22,1	4	50	1	1,3	10	100	15,2	4	360	2	0	15	0	0	0,7	5,2	7	5,6	8,9	0	5,3	0,1
22	1	2004	0	50	29		28	2,7	3	82	24,4	2	90	1	0	9	98	16		360	1	0	0	0	0,8	0,5	42	22	13,4	30,5	17	0	1,5	
23	1	2004	800	920	28	360	500	29	0	10	96	23	2	0	0	1,2	7	95	17,6		50	1	0	0	0	0,3	0	1,5	0	0,8	0,4	0	1,4	
24	1	2004			30	890	1240	37	57,7	7	78	25	1	140	1	8,9	9	91	17,8		0	0	63	8	2	21	34,4	9,5	35	30	45,2	0	13,4	6
25	1	2004	1	1	1	1	1	0,3	10	93	23	2	50	1	8,4	10	100	16,2	7	360	1	0	0	0	1	0,6	0	0	0,1	0,3	0	0	0	21
28	1	2004			36	190	330	39	0	1	88	24,5	2	90	1	0,4	4	92	18,8		360	5	0	0	7,9	0	0	15,8	2,1	16,7	2,7	85	0,1	20
29	1	2004			34			37	9,3	2	69	29,1	1	360	1	1,2	9	96	18,6	4	360	2	20	0	34,5	0	5,8	30,7	3,5	14,5	7	0	5,9	3,5
30	1	2004	0	60	32	940	1150	31	0	9	78	26,6	1	140	1	1,7	9	97	18	4	0	0	0	0	0	0	12,3	0	0	0	0	1,8	0	
31	1	2004	0	40	29	400	740	25	0,3	8	84	25	2	320	1	9	4	95	19		320	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0,5
4	4	2004	1	1	1	1	1	21,7	10	97	22,7	2	0	0	0,7	10	100	16	4	0	0	6,8	0	9,2	0,5	0	37,3	18	16,7	20,1	0	4,9	52	Ro
15	4	2004			26		29	5,7	8	87	24,4	2	50	1	0,1	10	99	16,6	4	320	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	Prp
24	1	2005			35	1	1	1,4	10	92	23,9	4	50	1	3,5	10	98	17,8		0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	9,2	1,2	2,2		
12	3	2005	1	1	1	1	1	0	4	64	26,5	1	320	1	0	6	86	19,6		50	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	3	2005	1	1	1	1	1	0	10	97	22	4	50	1	0	10	98	16,8	3	50	13	0	0	0	0	0	7,8	0	0	0	85	0,1	0	4,4
Total			800	1200	349	5760	7920	488	152,1	152	1729	508,5		18	94,7	177	1948	354,9		59	170	63	59,8	103	112	231	136	205	186	207	75,9	148	4,4	
Média			160	240	26,8	360	495	30,5		7,2	82,3	24,2	2	50	0,9		8,4	92,8	16,9		4	360	2,8											
Precipitação a partir de 21.12.04									0							0											7,8	0	0	0	85	0,1	0	4,4
Total de dias de chuva									12							15						8	6	5	9	9	15	11	13	16	5	12	16	1

## Vórtice Ciclônico

D	M	A	Sond - Fpolis		Sond -POA		Urussanga				São Joaquim						Ta	MA	So	Fo	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JÁ	BJ							
			Inversão		Índ K	Inversão		Índ K	Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prec													Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		
			Base	Topo		Base	Topo							Dir	Int																		Dir	Int	
7	3	2003	1	1	1	670	780	30	0	10	93	26	0	0	3	10	96	18	7	0	0	41	1	0	33	0,8	0	0	0	0,6	0	0	0,2		
8	3	2003	1	1	1	350	430	33	22,8	10	96	23,8	140	1	1,9	10	86	18	4	50	3	0	0	0	0	0	5,6	1,5	0	35,4	22				
5	6	2003	1	1	1	150	380	14	2,8	10	100	14,6	50	1	2,6	10	97	9	7	50	2	14	0	9,6	12	12,7	7	20	10,1	6,7	7,9	9,4	2,7		
27	7	2003			15	210	440	29	3,4	10	99	17,3	0	0	0	10	100	11,6	2	0	0	0	0	0	0	3,5	0	2,5	0,3	6,2	0	0			
28	7	2003	0	60	13	0	760	11	0,7	5	100	14,4	2	0	0	10	98	9,6	360	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
21	12	2003	1	1	1			28	31,7	10	91	24,4	2	50	1	13,6	9	98	17	7	320	2	0	0	7,4	0	5,6	7,3	4,5	8	0	0	2,5		
19	3	2004	1240	1290	33			25	17,9	9	94	21,5	2	50	1	5,3	9	99	15,8	360	2	22	12	103	95	12,7	26,8	35	21,2	52	0	28,4	25		
20	3	2004	0	60	27			22	7,1	3	97	20,7	2	0	0	1,1	10	100	13	4	90	2	7,2	2,5	0	3	6,9	7,7	3,5	17,8	4,6	0	1,4	2,6	
5	4	2004			30	510	730	37	26,1	10	98	22,5	8	50	1	1,7	10	100	15,2	4	90	1	0	13	5,2	1,2	21,6	12,9	3,5	0	5,2	0	0,6		
7	5	2004	130	240	28			33	18,4	10	97	18,3	7	50	1	16,4	10	100	11,6	7	90	2	50	50	20	19	46,6	62,5	55	0	31,7	3,3	19,4	25	
13	9	2004			26	860	990	25	42,7	10	97	14,4		50	1	35,7	9	80	11,8	7	90	3	0	25	46,9	0	43,6	37	44	40,1	32,3	28	40,2	23	Ro
14	9	2004			32			32	29,5	10	95	17,6	11	140	3	26,8	10	80	12,2	11	50	2	25	0	21,2	0	53,7	24,5	29	0	27,5	25	24,5	28	Prp
23	12	2004			21			24	11,1	10	86	19,4	2	140	2	4,5	10	84	11,6	7	90	3	0	0	1,9	5,2	2,1	6	0	0	1,5	0	1,7	8,6	
27	4	2005	1460	1550	-13	300	410	6	0	10	95	14,9	2	140	1	0	9	95	8,8	90	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
28	4	2005	0	70	22			22	1,9	10	92	16,6	2	140	1	2,1	10	100	9	4	360	2	8,5	0	6,9	4,5	6,6	15,7	12	0	13,3	0	19,4	1,6	23
29	4	2005	0	30	29	130	180	2	0	10	98	16,7	7	50	1	0,2	10	100	10,8	320	1	0	18	0	0,2	0	0	4	0	0,9	0	1,7	0	1	
Total			2830	3300	263	3180	5100	373	216,1	147	1528	303,1		15	114,9	156	1513	203		29	168	122	222	175	207	209	214	102	186	71	183	142	24		
Média			404	471	21,9	353	567	23,3		9,2	95,5	18,9	2	50	0,9		9,8	94,6	12,7	7	90	1,8													
Precipitação a partir de 21.12.04									1,9													8,5	18	6,9	6,7	6,6	15,7	16	0	14,2	0	22,1	1,6	24	
Total de dias de chuva									13													7	7	9	10	10	11	10	7	14	5	11	12	2	

## ANEXO D - SISTEMAS DE TEMPO ESTAVEL A SUPERFICIE

- \* ALTA PRESSAO NA ARGENTINA
- \* ALTA PRESSAO NO LITORAL DA ARGENTINA
- \* ALTA PRESSAO NO URUGUAI
- \* ALTA PRESSAO NO LITORAL DO URUGUAI
- \* ALTA PRESSAO NO RIO GRANDE DO SUL
- \* ALTA PRESSAO NO LITORAL DO RIO GRANDE DO SUL
- \* ALTA PRESSAO EM SANTA CATARINA
- \* ALTA PRESSAO NO LITORAL DE SANTA CATARINA
- \* ANTICICLONE SEMIFIXO DO ATLANTICO SUL (ASAS)

Alta Pressão na Argentina

D	M	A	Sond - Fpolis			Sond -POA			Urussanga						São Joaquim						Ta	MA	So	Fo	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JÁ	BJ				
			Inversão		Índ K	Inversão		Índ K	Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prp													
			Base	Topo		Base	Topo							Dir	Int						Dir	Int														
6	4	2003	1	1	1	1	1	1	0	1	77	21	1	140	1	0	10	91	9	270	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
12	4	2003	1	1	1	1	1	1	0	0	53	16,2	1	230	3	0	10	96	2,6	230	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
10	7	2003	1130	1420	19	250	390	-9	0	10	67	9	180	1	0	6	88	4,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
11	7	2003	0	50	-28				-13	0	1	100	4,8	13	230	1	0	1	93	3,40	15	230	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
17	8	2003	1	1	1	290	400	-10	0	0	92	8,5	2	140	1	0	10	100	1,2	14	180	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
25	8	2003	1	1	1				-29	9,2	8	73	12,8	1	180	3	22,2	10	100	3,2	4	140	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0			
20	11	2003	0	40	4	1	1	1	0	7	58	24,3	1	180	5	0	9	95	13,4	230	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
6	12	2003			3				-19	0	0	41	22,3	1	270	3	0	1	68	12	230	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
26	1	2004	0	80	26	760	1000	18	0	3	88	23,9	2	0	0	2	73	20	90	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
28	2	2004	0	50	19				26	0	1	85	21,4	2	0	0	0	80	15	90	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2,3	0	0	0			
16	5	2004	0	40	18				-21	0	0	87	13	2	0	0	8	100	4,6	7	140	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
17	5	2004			3	120	500	4	0	4	86	11,6	2	140	1	0	3	97	6,4	13	320	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
18	5	2004			-19				11	0	2	99	10,4	2	0	0	2	100	3,8	14	180	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	5	2004			5	1230	1750	6	0	10	92	13,8	2	140	1	0	10	100	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0			
27	5	2004	0	70	-19	1290	1460	-10	0	1	74	13,1	1	90	1	0	9	91	2,8	230	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
12	6	2004	1460	1670	11				6	0	2	64	12,2	1	140	1	0	10	100	0,4	6	320	2	0	0	0	3,7	0	0	0	0	0	0,1	0		
10	7	2004	1	1	1				11	0	10	100	10,3	2	320	3	0	10	85	4,6	320	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
23	8	2004	1230	1850	27	1170	1290	-26	0,2	10	98	12,5	2	140	1	12,7	10	100	10,2	5	320	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0		
16	9	2004			-25	1430	1510	-13	0	10	89	14,5	2	140	1	0	9	96	6,6	3	270	1	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
30	9	2004			-29	1480	1620	-40	0	6	66	15,2	1	230	1	0	8	84	8	90	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
11	10	2004			4				1	0	10	96	18,2	2	50	1	0	7	83	15	7	230	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	10	2004	1200	1400	-2				-2	0	10	79	18,8	1	230	3	0	10	90	9,8	2	140	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Ro
27	10	2004	700	900	14				-20	0	3	67	17	1	140	3	0	10	100	5,8	12	270	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Prp	
27	12	2004	0	70	22				19	0	2	68	24	1	180	3	0	8	76	14,4	230	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2,9	0	0	0		
Total			5720	7640	53	8020	9920	111	9,4	111	1899	368,8		38	34,9	173	2186	183,8		56	45	0	0	3,7	0	0	0	0	2,5	20	0,2	0	0			
Média			477	634	2,8	891	1102	-5,3		4,6	79,1	15,4	2	140	1,6		7,2	91,1	7,7	14	230	2,3														
Precipitação a partir de 21.12.04									0						0							0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,9	0	0	0		
Total de dias de chuva									2						2							1	0	0	1	0	0	0	0	2	2	2	0	0		



## Alta Pressão no Uruguai

D	M	A	Sond - Fpolis		Sond -POA			Urussanga						São Joaquim						Ta	MA	So	Fo	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JÁ	BJ					
			Inversão		Índ K	Inversão		Índ K	Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prp	Prp	Prp	Prp	Prp									
			Base	Topo		Base	Topo							Dir	Int						Dir	Int														
17	3	2003	1	1	1			-14	24,4	0	79	24,5	4	270	1	2,9	1	85	11		90	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	7	2003	0	50	-41	270	370	-36	0	0	99	3,7	13	0	0	0	0	42	2,4	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10	8	2003	1	1	1	1	1	1	0	0	87	7,2	13	230	1	0	9	100	2	15	180	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	9	2003	950	1360	2	1	1	1	0	10	65	11,4	1	180	1	0	8	100	6	3	360	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,9	0	0	0,8	
12	10	2003			-7			-10	0	2	77	15,7	1	230	3	0,2	8	84	9,6		320	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	
23	12	2003	780	1500	-18			-8	2,3	3	60	21,6	1	140	2	0	4	76	14,6		140	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	1	2004	1	1	1			-5	0	8	65	19,7	1	180	1	14,3	1	90	13		140	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	3	2004	0	70	9	870	1160	18	0	6	88	25,5	2	50	1	0	5	85	18,8		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,8	0	0	0,3		
9	5	2004			-33	1	1	1	0	0	85	16,8	2	50	1	0	0	87	10		140	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	8	2004			-48	630	900	-43	0	0	91	6	13	140	1	0	9	80	2,2	10	180	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Ro
26	8	2004	1200	1390	19	0	190	-14	0,6	9	95	12	2	140	1	0,3	10	67	9,4	1	90	2	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	Prp	
26	1	2005			-28	1	1	1	0,2	0	54	20,8	1	180	1	2	0	58	10,4		140	3	0	0	0	0	0,7	0	0	0	3,6	0	0	0	7,6	
Total			2930	4370	-145	1768	2620	-112	27,5	38	945	184,9		14	19,7	55	954	109,4		26	0	0	0	0	0,7	0	0,6	0	13,3	0	0	1,9	7,6			
Média			586	874	-16,1	442	655	-14		3,2	78,8	15,4	1	140/180	1,2		4,6	79,5	9,1	15	140	2,2														
Precipitação a partir de 21.12.04									0,2							2						0	0	0	0	0,7	0	0	0	3,6	0	0	0	7,6		
Total de dias de chuva									4							5						0	0	0	0	1	0	1	0	3	0	0	3	1		

## Alta Pressão no Litoral do Uruguai

D	M	A	Sond - Fpolis			Sond -POA			Urussanga					São Joaquim					Ta	MA	So	Fo	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JÁ	BJ					
			Inversão		Índ K	Inversão		Índ K	Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prec	Nuv	UR													Temp	CGT	VENTO		
			Base	Topo		Base	Topo							Dir	Int																		Dir	Int	
2	1	2003	1	1	1			23	0	10	95	22,4		140	1	0	10	95	18	3	360	2	0	3	0	1,8	1,4	7,7	0	8,1	0	0	0	0	
8	1	2003	1	1	1	1	1	1	0	5	74	25	1	50	1	0	0	63	18		360	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
12	1	2003	1	1	1			11	0	8	79	24	1	140	1	0,5	8	79	16,2		140	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	5	2003	1	1	1			-21	0,3	9	77	18	1	180	2	2	9	100	7	3	180	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
8	5	2003	1	1	1			-12	0	10	84	16,8	2	360	1	3,7	10	100	6	4	180	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	0		
12	5	2003	1	1	1		0	340	-51	0	96	15,7	2	320	1	0	0	72	10,4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	0	0,1			
30	6	2003	1	1	1	550	860	-45	0	2	96	13	2	320	1	0	1	48	11,4	13	360	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
31	8	2003	1	1	1	1	1	1	6,7	10	97	12,1		180	1	4,5	8	94	5,4		360	2	0	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
13	10	2003			-13			-13	0	0	54	17	1	230	1	0	6	100	8	3	320	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
28	10	2003	1270	2000	23	1320	1540	4	2,8	7	80	17,8	2	180	1	0	7	76	13,2		90	3	0	5,7	0	4,1	4,2	0,6	0	6,5	1,4	0	1,2		
12	1	2004			16			22	2,9	9	85	22,9	2	140	1	8,7	5	90	14,8		90	4	0	0	0	0	1,3	7,8	4,8	0,7	5,2	0	5,3	6,5	
13	1	2004	900	950	7			15	0	5	79	23,3	1	140	1	0	2	61	17,6		90	1	0	15	0	0	0,5	0	0,2	24,9	0,3	0	2,9	2	
3	2	2004			20			38	0	10		24,3	2	140	1	0	6		19,6		360	3	2,6	0	2,2	2,3	0	26	0,4	2,3	0,6	100	10,2	0	
8	2	2004			25			8	0,3	10		20,6	2	140	1	0	8		13,2	4	90	2	0	0	0	3,5	1,6	0,3	2,5	1	3	0	9,5	8,9	
25	2	2004			10			-9	0	9		21,6	1	50	1	0	9		15		50	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,2	2	
4	3	2004	1300	1500	-16	950	1250	-12	0	0	73	20,2	1	50	1	0	0	22	17,8		90	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	3	2004			21			18	9	9	98	22,1	7	140	1	0	8	94	14,8	4	140	2	7	0	0	0	10,4	11,3	16	26,7	16,3	22	0	3,6	
21	3	2004			7	1	1	1	0	10	90	20,9	2	50	1	0	8	99	11,6	4	140	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	3	2004	1	1	1	1	1	1	0	3	98	19	2	90	1	0	1	89	11,6		140	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	3	2004			6	180	290	9	0	10	82	20,5	2	320	1	0	1	90	13,2		90	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	3	2004	160	260	23	1	1	1	0	9	94	21	2	140	1	0	2	84	17,2		360	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	4	2004			29	1310	1520	14	9	9	97	21,2	2	140	1	0	8	96	13,6		140	4	16	32	31,1	4,7	12,1	13,2	11	0,7	11,4	0	1,2	0	
11	4	2004			31	250	390	28	4,7	4	87	22,2	2	140	1	0	9	98	14,6		50	1	10	0	0	0	0,2	0	1,3	2	0	3	0	1,9	0
12	4	2004			26	100	200	32	0	0	80	23,5	2	50	1	0	0	74	16,2		360	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	4	2004	1360	1510	5	150	520	-27	0	2	67	18,8	1	50	1	0	2	100	12		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	4	2004			7			-2	0	1	81	15,2	2	90	1	0	7	100	5	13	140	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	6	2004	0	70	25	0	310	27	3,5	10	98	14,8	7	90	3	0,8	10	100	9	2	140	1	3	6	0	1,5	3,1	5	3,3	0	1,5	6,8	0	0,8	
4	6	2004			19			-13	0,5	8	99	14,8	2	50	1	0	5	95	7	5	140	4	1	0	10	0	1,1	0	0	0	1,5	0	0,2	0,2	0
4	9	2004	0	40	7	330	460	15	0	10	80	19	1	50	1	0	4	95	12,8		320	3	0	0	0	0	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0
7	10	2004			-36	1290	1520	0	0	9	69	16	1	320	1	0	1	81	7,6	13	90	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	11	2004	1	1	1	1	1	1	0	8	82	21	2	140	1	0	5	75	16,4		0	0	0,2	0	0,8	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0,5	Prp
28	12	2004	0	120	12	860	1120	12	0	2	61	23,1	1	140	2	0	2	55	17		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	2	2005			19			6	8	10	92	21,5	2	230	1	0,4	5	97	14,8		140	3	5,5	0	9,1	4,9	9,9	2,6	4,1	0	70	0	2,7	1,5	4,2
20	2	2005	0	40	13			16	17,4	0	87	24,9	2	140	1	18,3	3	95	18,2	7	360	3	0	0	0	0	1,1	0	0	7,5	3,9	0	15	35	
28	2	2005	1	1	1	270	320	16	0,5	0	88	23,9	2	90	1	0	2	95	16		360	1	0	10	8,9	2,3	14,9	7,8	0	12,3	3,2	0	0	0	0,4
26	4	2005			-29			-5	0,6	8	87	16,4	4	50	1	1,6	10	100	7	4	140	5	2,1	0	3,5	8,8	6,9	0	0	1,2	0	2,3	2,9	0,2	
19	6	2005	0	70	-5			28	0	10	97	16,3	2	140	1	0,3	10	100	11	4	270	3	0	0	0	0	13,5	0	14	0	8,6	0	1,2	0	0,6
20	6	2005	1020	1150	19	540	820	-6	3,7	10	87	13,5	2	140	1	0,8	10	100	6,4	4	180	3	0	17	12,5	2	0	1,4	0	5,6	0	0	2,8	1,1	12
21	6	2005			-34	1190	1660	-22	0	3	100	7	2	140	1	0	9	91	1,6	5	140	1	0	0	0	0	2,7	0	2,1	0	0	0	0	0	0
30	6	2005	0	380	-6	100	230	11	0	8	100	17	2	0	0	0,1	9	100	13,8		230	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total			6010	8090	231	9390	13350	500	69,9	257	3170	768,3		43	41,7	220	3203	500			85	48	95,2	78,1	37	83,6	87	60	88,8	135	134	44,6	46	52	
Média			501	674	8	552	785	12,5		6,4	85,7	19,2	2	140	1,1		5,5	86,6	12,5	4	140	2,1													
Precipitação a partir de 21.12.04								30,2															7,6	27	34	18	47,9	12,9	21	17,9	90,5	3,9	9	21	52
Total de dias de chuva								15															9	8	8	12	14	14	11	10	15	5	13	14	6

## Alta Pressão no RS (44)

D	M	A	Sond - Fpolis			Sond -POA			Urussanga						São Joaquim						Ta	MA	So	Fo	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JÁ	BJ							
			Inversão		Índ K	Inversão		Índ K	Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prp																
			Base	Topo		Base	Topo							Dir	Int						Dir	Int																	
24	1	2003	1	1	1			-7	4,4	6	63	24,5	180	1	5,4	4	85	13,8	7	140	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
7	4	2003	1	1	1	1	1	1	0	0	90	18	2	50	1	0	0	73	11	13	0	0	0	0	0	0	1	0	1,7	0	0	0	0	0					
13	4	2003	1	1	1	220	360	-1	0	4	81	15,2	2	230	1	0	1	89	8,8	13	90	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
20	4	2003	1	1	1	470	560	-30	0	1	88	17,2	2	0	0	0	6	98	6	13	230	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,7	0	0	0				
24	5	2003	1	1	1			-5	0	8	74	15,4	1	50	1	1,9	8	94	4,6	7	270	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	0	0	0				
31	7	2003	230	390	-12	190	410	-58	0	0	98	10,6	2	140	1	0	0	41	11	15	180	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
7	8	2003	1	1	1	1140	1300	13	0	1	92	11,5	2	180	1	0	1	77	2,8	14	320	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
11	8	2003	1	1	1	410	550	-8	0	3	88	10	2	180	1	0	10	100	0,00	15	90	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
26	8	2003	1	1	1	1	1	1	0	1	98	8,4	2	140	1	0	0	71	1	15	230	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
11	9	2003			-27	300	500	-28	3,2	0	90	9	2	140	1	3	0	81	1	15	180	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	11	2003			-10			-5	0,4	1	55	18,4	1	180	1	0	3	75	9	13	140	3	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
28	11	2003	1150	1310	-24	290	790	-21	0	4	80	21,8	2	180	1	0	4	36	16,2		140	5	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
17	12	2003			-30			-63	0	2	54	19,9	1	320	1	0	2	50	12		90	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	6	2004	180	230	-40	240	280	0	0	0	91	6,1	14	0	0	0	0	90	2	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	7	2004	1	1	1	210	360	-19	0	7	93	10,2	2	140	1	0	4	74	5,2	14	320	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	
11	7	2004	1	1	1	0	210	-23	0	0	88	4,2	14	180	1	0	0	63	3,4	15	140	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	8	2004			4	820	930	-1	0	0	71	18,6	1	320	1	0	2	83	10,2		320	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	8	2004			-25	1300	1540	-4	0	2	54	17,4	1	140	2	0	0	58	9	13	90	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	10	2004			4	820	930	-1	0	0	71	18,6	1	320	1	0	2	83	10,2		320	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	10	2004			-25	1300	1540	-4	0	2	54	17,4	1	140	2	0	0	58	9	13	90	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Ro
20	11	2004	1	1	1	1	1	1	0	4	58	20,3	1	320	3	0	5	71	11		140	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Prp
16	4	2005			-15	1040	1150	-25	0	0	89	18,8	2	50	1	0,1	10	98	10	4	0	0	0	0	0	1,1	7,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
22	5	2005	0	60	-23	790	1050	-28	0	0	89	8,5	2	140	1	0	0	88	0,2	15	230	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2		
26	5	2005	0	60	-37	1	1	1	0	0	99	10,6	2	140	1	0	0	94	4	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2		
Total			1560	2050	-260	9536	12464	-318	8	46	1908	350,6		264	10,4	62	1830	171,4		66	0	0	0	13	1,7	8,3	0	1,7	0	8,9	0	0,3	0,4	0,4	0,4				
Média			312	410	-20	596	779	-15,9		1,9	79,5	14,6	2	140	1,1		2,6	76,4	7,1	15	90/14	2,9																	
Precipitação a partir de 21.12.04									0						0,1							0	0	0	0	1,1	7,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4			
Total de dias de chuva									3						4							0	0	0	1	2	2	0	1	0	2	0	1	2	2	2			













		Massa Tropical (ASAS)																																		
D	M	A	Sond - Fpolis				Sond -POA				Urussanga						São Joaquim						Ta	MA	So	Fo	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JÁ	BJ		
			Inversão		Ind K	Inversão		Ind K	Prec	Nuv	UR	Temp	C G T	VENTO		Prec	Nuv	UR	Temp	CG T	VENTO		Prp													
			Base	Topo		Base	Topo							Dir	Int						Dir	Int														
7	1	2003	1	1	1	790	910	6	0	0	73	26,5		180	1	0	4	72	18,2		230	2	0	0	0	0	0	0	0	8,5	0	0	0	0		
31	1	2003	1	1	1	440	780	-5	0	0	66	27,6		360	1	0	0	63	19		360	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
3	2	2003	1	1	1	240	530	38	0	0	58	31,5		360	1	6,9	2	90	21		360	1	0	0	0	0	0	0	0	6,6	1,6	0	0			
4	2	2003	1	1	1	250	440	36	0	2	65	30,1	1	50	1	0	3	81	22		360	2	0	0	0	0	0	0	3,4	0	6,1	2,8	32			
5	2	2003	1	1	1	230	680	40	0	2	62	30,5	1	90	1	22,5	5	78	21,4		360	2	32	40	26	17	5,1	46	15	1,7	9,2	0,3	17	8,5		
15	2	2003	1	1	1	1270	1370	14	16,7	0	83	24,4		0	0	0,3	5	87	17,6		360	4	0	0	0	6,2	0	0	0	0	0	0	0	0		
26	2	2003	1	1	1	230	570	25	63,8	2	79	27,5		140	1	9,7	5	90	20	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,7	0	0			
27	2	2003	1	1	1	120	280	35	0	0	77	27,6	1	50	3	0	0	83	20,6		360	3	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0,3			
28	2	2003	1	1	1	240	460	32	3,9	0	77	29,9	1	50	1	0	0	82	22,4		140	1	0	0	0	0	0	1,7	0	16	16	0	0	0		
1	3	2003	1	1	1	240	470	36	1,3	3	85	27,3	2	50	1	0	1	85	22		360	1	29	26	92	5,7	7,2	10	36	13	25	3,7	2,6	2,5		
29	3	2003	1	1	1	150	340	30	0	0	77	22,2	1	360	3	0	0	71	16,2		360	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
17	4	2003	1	1	1	180	680	-15	0	0	92	19	2	50	1	0	0	73	14,6		320	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
23	4	2003	1	1	1	0	660	9	0	0	87	22,8	2	360	1	0	0	85	16,6		360	2	0	8,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
24	4	2003	1	1	1	350	560	21	0	1	90	22,5	2	360	1	0	2	86	16,4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0			
7	5	2003	1	1	1	1	1	1	0	10	94	12	2	320	1	4,2	10	100	3	7	230	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8	1,6			
31	5	2003	1	1	1	0	250	-22	0	4	88	15,1	2	320	1	0	4	58	12,6	13	360	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16	6	2003	0	240	-12	40	440	16	0	2	68	12,1	1	50	3	0	2	50	12,8	13	360	1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0		
17	6	2003	0	240	-18	0	130	28	0	0	91	16,4	2	230	1	0	0	81	13,4		320	2	7,2	3,5	0	1	1	0,5	0	0	1	0	0	0		
18	6	2003	850	1090	27	660	850	-5	0	9	91	16	2	230	1	0	9	89	13		270	2	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0		
23	6	2003	620	830	24	0	610	32	0	8	95	16,5	2	320	4	0	0	74	15		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
29	6	2003	110	300	29	0	580	28	0	1	94	18,6	2	320	3	0	0		13,8		360	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
30	6	2003	1	1	1	0	390	34	0	3	95	18	2	140	1	0	3		15,4		50	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,1	0	0		
3	7	2003	900	1010	13	390	540	28	0	9	92	15,5		50	3	0	3	100	10	3	320	1	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0		
4	7	2003	210	400	17	0	510	13	0	2	92	16,8	2	320	1	0	4	84	12		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5	7	2003	0	370	-7	100	260	33	0	10	100	13	2	230	1	0	10	88	10		0	0	22	19	25	0	11	0,2	20	24	9,8	0	20	0		
19	7	2003	180	400	17	0	210	23	0	8	90	17,4	2	320	3	0	8	98	11,8		320	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	7	2003	0	90	-6	0	230	27	0	0	92	17,5	2	0	0	0	0	85	14,4		320	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	8	2003	1300	1540	-27	0	620	-13	0	3	68	20,4	1	360	3	0	5	88	11		360	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	0	0	0	
16	8	2003			-11	0	180	3	0	1	82	17,6	2	50	1	0	1	94	10,6		320	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	8	2003	520	970	26	140	620	9	0	6	94	12,5	2	140	1	0	10	84	13		320	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	9	2003	1290	1560	7	170	690	-1	0	3	100	13	3	50	1	0	5	58	16,6		360	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	9	2003	690	910	24	0	550	33	0	3	90	18,5	2	140	1	0,6	8	68	15,4		320	1	0	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	10	2003	950	1360	-12	100	760	-1	0	10	49	24	1	320	3	0	0	49	18		320	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	11	2003	1000	1100	-9	320	780	14	0	3	75	23,4	1	360	1	0	8	70	18,4	4	320	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	11	2003	620	900	9	510	790	11	0	8	82	23	2	180	1	0	4	30	21,8		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	11	2003	1100	1400	-1	780	990	18	0	2	60	26,2	1	50	1	0	6	78	16,6		320	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	1	2004			-4			15	0	3	70	26,2	1	50	1	0	8	90	16		360	3	0	0	0	0	0	0	0	3,3	0	15	0	0		
7	1	2004	1390	1500	23			30	14,9	7	70	27	1	360	2	0	7	90	17,4	2	360	2	0	0	0	0	6,8	0	0	12	0,3	0	0	0		
13	2	2004	0	40	8			6	0	0		24,5	1	360	1	0,3	3		15,6		360	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,4	6,7			
2	3	2004			22	690	960	12	5,6	2	82	24,4	2	50	2	0	7	90	17,8		360	3	0	0,2	35	30	5,5	5,5	28	0	31	0	0	0,5		



## ANEXO E - FURACAO CATARINA

			Furacão Catarina																															
D	M	A	Sond - Fpolis			Sond -POA			Urussanga					São Joaquim					Ta	MA	So	Fo	Iç	PG	Me	TS	Se	MH	JÁ	BJ				
			Inversão		Índ K	Inversão		Índ K	Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prec	Nuv	UR	Temp	CGT	VENTO		Prp	Prp	Prp	Prp	Prp	Prp	Prp	Prp	Prp	Prp	Prp	
			Base	Topo		Base	Topo							Dir	Int						Dir	Int												
26	3	2004	1	1	1	1	1	1	2	3	92	19,4	2	140	1	0	9	100	13,2	2	90	2	7	5	0	0	4,2	1,2	0	0	0,8	0	1,3	0
27	3	2004	270	380	20	1400	1520	25	73,5	10	97	21,5	2	50	1	55,5	10	100	13,8	2	90	2	76	54,2	55,1	29	110	58,5	0	55,7	53,5	46	70,8	38
Total			270	380	20	1400	1520	25	75,5	13	189	409			2	55,5	19	200	270				83	59,2	55,1	29	114	59,7	0	55,7	54,3	46	72,1	38
Média			270	380	20	1400	1520	25		6,5	94,5	20,5	2	140/50	1		9,5	100	13,5	2	90	2												
Total de dias de chuva									2							1						2	2	1	1	2	2	0	1	2	1	2	1	