

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**RELAÇÃO ENTRE TIPOS DE TEMPO, EVENTOS DE  
PRECIPITAÇÃO EXTREMA E INUNDAÇÕES NO  
ESPAÇO URBANO DE SÃO SEPÉ –RS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Renata Dias Silveira**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2007**

**RELAÇÃO ENTRE TIPOS DE TEMPO, EVENTOS DE  
PRECIPITAÇÃO EXTREMA E INUNDAÇÕES NO ESPAÇO  
URBANO DE SÃO SEPÉ –RS**

**por**

**Renata Dias Silveira**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Geografia**

**Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup> Maria da Graça Barros Sartori**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2007**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Naturais e Exatas  
Programa de Pós-Graduação em Geografia**

A Comissão Examinadora abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**RELAÇÃO ENTRE EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO EXTREMA E  
INUNDAÇÕES NO ESPAÇO URBANO DE SÃO SEPÉ – RS**

elaborada por  
**Renata Dias Silveira**

Como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Geografia**

**Comissão Examinadora**

**Prof. Maria da Graça Barros Sartori, Dr<sup>a</sup>**  
(Presidente/Orientadora)

**Prof. Emerson Galvani, Dr (USP)**

**Prof. Mauro Kumpfer Werlang, Dr (UFSM)**

Santa Maria, 30 de novembro de 2007

*Dedico este trabalho à minha família  
e à cidade de São Sepé-RS*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar à Universidade Federal de Santa Maria, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, por permitir meu aperfeiçoamento enquanto acadêmica.

À minha orientadora Prof. Dr<sup>a</sup> Maria da Graça Barros Sartori, por seu fundamental auxílio e compreensão e acima de tudo por sua competência.

À minha família, em especial aos meus pais Pedro Renato e Tânia e meu irmão Renan pelo apoio e carinho, apesar da distância.

Ao Robson Rigão, pelo apoio em todos os sentidos e em todas as horas, sem o qual se tornaria mais difícil a realização desse trabalho.

À Prefeitura Municipal de São Sepé, jornais A Fonte e A Palavra, pelos dados disponibilizados.

Aos meus padrinhos Léo Fantinel da Silva e Marta Dias da Silva, pela extrema dedicação na coleta dos dados de precipitação e auxílio em várias etapas do trabalho.

Às demais pessoas que se mostraram dispostas a auxiliar na coleta dos dados dos pluviômetros: Carina e Ivanise Fernandes, Ceres e Alisson Ribeiro e funcionários da Rádio Comunitária de São Sepé.

Aos amigos que estiveram comigo em algum momento e contribuíram de alguma forma para que eu chegasse até aqui, em especial à Juliê Lourenço, Cristiane Michelin e Paula Silva.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia e todas as pessoas que passaram por mim e deixaram algo de bom.

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências  
Universidade Federal de Santa Maria

### **RELAÇÃO ENTRE TIPOS DE TEMPO, EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO EXTREMA E INUNDAÇÕES NO ESPAÇO URBANO DE SÃO SEPÉ-RS**

Autora: Renata Dias Silveira  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria da Graça Barros Sartori  
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 30 de Novembro de 2007.

Dentre os elementos naturais o clima assume importância no que se refere à questão ambiental das cidades. A escolha pelo canal do Impacto Meteorológico, dentre os subsistemas do Sistema Clima Urbano (SCU), justifica-se pelos constantes episódios de inundações na área urbana de São Sepé. Nesse contexto, o trabalho tem como objetivo relacionar os eventos de precipitação pluvial extrema com a ocorrência de inundações na zona urbana de São Sepé - RS, no período de 1980-2006. Para analisar a distribuição têmporo-espacial da precipitação na área urbana, bem como sua variação sazonal, optou-se pela instalação de 4 pluviômetros, confeccionados de forma artesanal. A coleta dos dados do pluviômetro foi realizada no período de 1 ano escolhendo-se o mês mais representativo de cada estação do ano como amostra: primavera – outubro de 2005; verão – janeiro de 2006; outono – abril de 2006; inverno – julho de 2006. Através do cruzamento dos eventos pluviais extremos encontrados na análise dos dados meteorológicos com os episódios de inundações noticiados pela imprensa local foram selecionados sete episódios de maior impacto no espaço urbano: episódio 1 - 05 a 07/05/1984; episódio 2 - 21/05/1984; episódio 3 - 16/12/1994; episódio 4 - 27 e 28/12/1997; episódio 5 - 03/10/2002; episódio 6 - 19/02/2003; episódio 7 - 10 e 11/09/2005. Com base na análise dos episódios observou-se que volume mínimo de precipitação capaz de originar esse tipo de impacto é de 38 mm registrado em 24 horas e o volume máximo de precipitação registrado em 24 horas foi de 121,8 mm. Quanto à intensidade da precipitação verifica-se que as inundações só ocorrem quando as precipitações são moderadas a fortes ou de intensidade superior (forte e muito forte). As precipitações moderadas são susceptíveis de causar inundações apenas se acompanhadas de intensidades menores. As inundações puderam ser distribuídas em 3 grupos quanto à gênese do episódio que lhes deu origem: inundações relacionadas a passagens frontais rápidas; inundações relacionadas a frentes estacionárias e inundações relacionadas à atuação conjunta de instabilidades tropicais e frentes polares. Quanto às repercussões das inundações no espaço urbano, em todos os episódios analisados ocorreram danos tais como a invasão das casas pelas águas e moradores desabrigados, além de danos materiais como a perda total ou parcial dos imóveis e pontes e danificação das vias urbanas. Por fim procurou-se espacializar as áreas susceptíveis a inundações bem como aquelas áreas que podem vir a ser atingidas por inundações à medida que a urbanização se intensificar. As áreas mais susceptíveis às inundações são aquelas situadas às margens do Lajeado do Moinho e Rio São Sepé. A definição e caracterização dos episódios pluviais intensos, no que se refere à gênese, intensidade e volume de chuva, mesmo que de forma preliminar, poderão servir de base para prevenção desses impactos bem como para estudos posteriores, além de contribuir ao planejamento urbano do município no sentido de auxiliar na organização e utilização racional do espaço urbano.

Palavras-chave: clima urbano, precipitação, inundação

## **ABSTRACT**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências  
Universidade Federal de Santa Maria

### **RELATION BETWEEN WEATHER TYPES, EXTREME PRECIPITATION EVENTS AND FLOODS IN THE URBAN SPACE OF SÃO SEPÉ – RS**

Autora: Renata Dias Silveira  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria da Graça Barros Sartori  
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 30 de Novembro de 2007

Among natural elements the climate assumes importance in that it relates to the ambient question of the cities. The choice for the channel of the Meteoric Impact, among the subsystems of Sistema Clima Urbano (SCU – System Urban Climate), justified for the constant episodes of floods in the urban area of São Sepé. In this context, the work has as objective to relate the extreme pluvial precipitation events with the occurrence of floods in the urban zone of São Sepé - RS, in the period of 1980 - 2006. To analyze the time-space distribution of the precipitation in the urban area, as well as its seasonal variation, it was opted to the installation of four rain gauges, made by craftwork form. The collection of the data of the rain gauge was carried through in the period of one year choosing the most representative month of each station of the year as sample: spring - October of 2005; summer - January of 2005; autumn - April of 2006; winter - July of 2006. Through the crossing of the extreme pluvial events founded in the analysis of the meteorological data with the episodes of floods notified in the local press, seven episodes of bigger impact in the urban space had been selected: Episode 1 - 05 the 07/05/1984; Episode 2 - 21/05/1984; Episode 3 - 16/12/1994; Episode 4 - 27 and 28/12/1997; Episode 5 - 03/10/2002; Episode 6 - 19/02/2003; Episode 7 - 10 and 11/09/2005. On the basis of the analysis of the episodes was observed that the minimum volume of precipitation capable to originate this type of impact is of 38 mm registered in 24 hours and the maximum volume of precipitation registered in 24 hours was of 121,8 mm. About the intensity of the precipitation it is verified that floods just occur when the precipitations are moderate to heavy or superior intensity (strong and very strong). The moderate precipitations are susceptible to cause floods only when followed by smaller intensities. Floods had been distributed in three groups about genesis of the episode that gave origin to them: floods related to the fast frontals crossing, the stationary fronts and the combined performance of tropical uncertainties and polar fronts. About the repercussions of floods in the urban space, in all analyzed episodes had occurred damages, such as invasion of the houses for waters and residents homeless, beyond material damages as the total or partial loss of the property and bridges and the damaged of the urban ways. Finally, it tried to mark the limits of the susceptible areas of floods, as well as those who can be reached as that the urbanization intensify. The susceptible areas of floods are situated at the edges of the Lajeado do Moinho and the river São Sepé. The definition and characterization of intense pluvial episodes, about the genesis, intensity and volume of rain, even thought of preliminary form, could be able to serve of base for prevention of these impacts, as well as posterior studies, being able to contribute directly for the urban planning of the city towards to assist the organization and rational use of the urban space.

Key-words: urban climate, precipitation, flood

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Organização dos temas abordados na fundamentação teórica.....	17
Figura 2 – Interação entre a natureza e a sociedade no ambiente urbano.....	22
Figura 3 – Sistema Ambiental Urbano (SAU), seus subsistemas e outputs: os problemas socioambientais.....	22
Quadro 1 – Quadro demonstrativo da influência da urbanização sobre os elementos climáticos.....	23
Quadro 2 – Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o clima urbano.....	28
Figura 4 – Escalas de atuação do clima urbano.....	30
Figura 5 – Terceiro Canal de Percepção do Clima Urbano - Impacto Meteorológico.....	31
Figura 6 – Importância dos projetos relacionados a recursos hídricos em áreas urbanas conforme o nível de desenvolvimento.....	39
Figura 7 – Dados pluviométricos de interesse para o controle da drenagem urbana.....	40
Figura 8 – Sistemas de correntes perturbadas atuantes no Sul do Brasil.....	45
Figura 9 – Posição da Frente Polar durante o inverno e o verão na América do Sul.....	50
Figura 10 – Aumento da precipitação no Estado entre os meses de outubro a dezembro sob influência do El Niño entre 1914-1998.....	53
Fotografia 1 – Modelo de pluviômetro instalado na área urbana de São Sepé.....	59
Figura 11 – Distribuição dos pluviômetros na área urbana de São Sepé.....	62
Quadro 6 – Classes de precipitação e intensidades correspondentes.....	65
Figura 12 – Localização do município de São Sepé no estado do Rio Grande do Sul.....	66
Figura 13 – Localização da área urbana no município de São Sepé.....	67



Figura 14 – Carta geomorfológica da área urbana de São Sepé e seu entorno.....	69
Figura 15 – Carta de declividade da área urbana de São Sepé e seu entorno.....	71
Figura 16 – Carta de orientação de vertentes da área urbana de São Sepé e seu entorno.....	72
Figura 17 – Carta de uso da terra da área urbana de São Sepé e seu entorno.....	73
Quadro 7 – Quadro demonstrativo da evolução da população urbana e rural em São Sepé entre 1970 e 2000.....	78
Quadro 8 - Produto Interno Bruto de São Sepé por setor da economia no ano de 2002.....	79
Quadro 9 – Número e função das empresas instaladas em São Sepé em 2003.....	80
Quadro 10 – Lixo seco em São Sepé: valor total coletado entre setembro de 2001 a março de 2003.....	80
Figura 18 – Malha urbana de São Sepé- divisão por bairros.....	81
Figura 19 – Carta-esboço do uso do solo urbano de São Sepé –RS.....	82
Fotografia 2 – Vista parcial dos usos residencial (Bairro Kurtz), misto e comercial na área urbana da São Sepé.....	84
Fotografia 3 – Ocupação das margens do Lajeado do Moinho: situação de cheia.....	84
Fotografia 4 – Ocupação da planície aluvial do Rio São Sepé: situação de cheia.....	85
Fotografia 5 – Arborização na Praça das Mercês: área verde.....	86
Quadro 11 – Episódios de impactos pluviais mais significativos na área urbana de São Sepé no período de 1980-2006.....	88
Quadro 12 – Distribuição da precipitação no mês de maio 1984.....	89
Figura 20 – Análise rítmica dos Episódios 1 e 2– 05 a 07/05 e 21/05/1984.....	90
Figura 21 – Repercussão do Episódio 2 na área urbana de São Sepé.....	91
Figura 22 – Análise rítmica do Episódio 3 – 16/12/1994.....	93
Figura 23 – Repercussão do Episódio 3 na área urbana de São Sepé.....	94
Figura 24 – Análise rítmica do Episódio 4 – 27 e 28/12/1997.....	95
Figura 25 – Repercussão do Episódio 4 na área urbana de São Sepé.....	96
Figura 26 – Análise rítmica do Episódio 5 - 03/10/02.....	98
Fotografia 6 – Inundação de casas na planície aluvial do Lajeado do Moinho – Bairro Kurtz durante o Episódio 5 (03/10/02).....	99
Figura 27 – Análise rítmica do Episódio 6 – 19/02/03.....	100
Fotografia 7 – Elevação do nível do Lajeado do Moinho (Bairro Kurtz) durante o Episódio 6.....	101
Figura 28 – Análise rítmica do Episódio 7 – 10 e 11/09/2005.....	102

Figura 29 – Repercussão do Episódio 7 na área urbana de São Sepé.....	104
Quadro 13 – Sistemas atmosféricos atuantes no mês de outubro/2005 em Santa Maria/RS.....	105
Figura 30 – Análise rítmica do mês de outubro de 2005- representativo da primavera.....	106
Quadro 14 – Sistemas atmosféricos atuantes no mês de janeiro/2006 em Santa Maria/RS.....	107
Figura 31 – Análise rítmica do mês de janeiro de 2006 – representativo do verão.....	108
Quadro 15 – Sistemas atmosféricos atuantes no mês de abril/2006 em Santa Maria/RS.....	110
Figura 32 – Análise rítmica do mês de abril de 2006 – representativo do outono.....	111
Quadro 16 – Sistemas atmosféricos atuantes no mês de julho/2006 em Santa Maria/RS.....	112
Figura 33 – Análise rítmica do mês de julho de 2006 –representativo do inverno.....	114
Quadro 17 – Precipitação mensal em São Sepé e Santa Maria–RS nos meses de outubro/2005, janeiro/2006, abril/2006 e julho/2006.....	117
Quadro 18 – Número de dias de chuva em São Sepé e Santa Maria–RS nos meses de outubro/2005, janeiro/2006, abril/2006 e julho/2006.....	117
Quadro 19 – Intensidade e volume total de precipitação nos episódios selecionados.....	118
Quadro 20 – Meses afetados pelos fenômenos El Niño e La Niña durante o período 1980-2006.....	120
Quadro 21 – Relação entre o fenômeno El Niño/La Niña e os episódios de inundação na área urbana de São Sepé.....	121
Figura 34 – Espacialização das áreas atingidas e áreas de risco de inundações na área urbana de São Sepé –RS.....	123
Fotografia 8 – Aspecto da impermeabilização do Lajeado do Moinho ao longo do Bairro Kurtz.....	125
Fotografia 9 – Retirada da cobertura vegetal nas proximidades da nascente do Lajeado do Moinho.....	125

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**SCU** - Sistema Clima Urbano

**MPA** - Massa Polar Atlântica

**MPV** - Massa Polar Velha

**FPA** - Frente Polar Atlântica

**MTA** - Massa Tropical Atlântica

**MTAc** - Massa Tropical Atlântica Continentalizada

**MTC** - Massa Tropical Continental

**ITs** - Instabilidades Tropicais

**APA** - Anticiclone Polar Atlântico

**ATA** - Anticiclone Tropical Atlântico

**N** - norte

**S** - sul

**E** - leste

**W** - oeste

**NE** - nordeste

**NW** - noroeste

**SE** - sudeste

**SW** – sudoeste

**OMM** - Organização Mundial de Meteorologia

**EMSM** - Estação Meteorológica de Santa Maria

**GMT** - Greenwich Mean Time

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A – Ficha de observação meteorológica do mês de outubro de 2005: Ponto 1 - Bairro Lôndero.....	143
Anexo B – Ficha de observação meteorológica do mês de outubro de 2005: Ponto 2 - Bairro Santo Antônio.....	144
Anexo C - Ficha de observação meteorológica do mês de outubro de 2005: Ponto 3 - Bairro Centro.....	145
Anexo D - Ficha de observação meteorológica do mês de outubro de 2005: Ponto 4 - Bairro Izolanda.....	146
Anexo E - Ficha de observação meteorológica do mês de janeiro de 2006: Ponto 2 - Bairro Santo Antônio.....	147
Anexo F - Ficha de observação meteorológica do mês de janeiro de 2006: Ponto 3 -Bairro Centro.....	148
Anexo G - Ficha de observação meteorológica do mês de janeiro de 2006: Ponto 4 -Bairro Izolanda.....	149
Anexo H - Ficha de observação meteorológica do mês de abril de 2006: Ponto 2 -Bairro Santo Antônio.....	150
Anexo I - Ficha de observação meteorológica do mês de abril de 2006: Ponto 3 -Bairro Centro.....	151
Anexo J - Ficha de observação meteorológica do mês de abril de 2006: Ponto 4 -Bairro Izolanda.....	152
Anexo L - Ficha de observação meteorológica do mês de julho de 2006: Ponto 4 -Bairro Izolanda.....	153

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	17
<b>1.1 A urbanização e a questão ambiental</b> .....	17
<b>1.2 O clima urbano</b> .....	22
1.2.1 As escalas climáticas e o clima urbano.....	26
<b>1.3 O impacto meteórico</b> .....	29
1.3.1 A precipitação pluvial.....	32
<b>1.4 As inundações em áreas urbanas</b> .....	34
<b>1.5 A circulação atmosférica regional do Rio Grande do Sul e seus atributos climáticos</b> .....	42
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	54
<b>2.1 Carta Geomorfológica segundo a Hipsometria</b> .....	55
<b>2.2 Carta de Declividade</b> .....	56
<b>2.3 Carta de Orientação de Vertentes</b> .....	56
<b>2.4 Carta de Uso da Terra</b> .....	57
<b>2.5 Carta-esboço do uso do solo urbano</b> .....	57
<b>3. OS CONDICIONANTES GEOCOLÓGICOS E GEOURBANOS DE SÃO SEPÉ E SEU ENTORNO</b> .....	66
<b>3.1 Aspectos geoecológicos</b> .....	68
<b>3.2 Aspectos geourbanos</b> .....	74
3.2.1 Povoamento e evolução urbana do Rio Grande do Sul.....	74

3.2.2 Síntese histórica do município de São Sepé.....	75
3.2.3 A evolução urbana de São Sepé a partir da década de 80.....	76
<b>4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>87</b>
<b>4.1 Episódios de inundações mais significativos entre 1980-2006 no espaço urbano de São Sepé –RS.....</b>	<b>87</b>
4.1.1 Episódio 1 – 05 a 07 de maio de 1984.....	88
4.1.2 Episódio 2 – 21 de maio de 1984.....	89
4.1.3 Episódio 3 – 16 de dezembro de 1994.....	92
4.1.4 Episódio 4 – 27 e 28 de dezembro de 1997.....	92
4.1.5 Episódio 5 – 03 de outubro de 2002.....	97
4.1.6 Episódio 6 – 19 de fevereiro de 2003.....	97
4.1.7 Episódio 7– 10 e 11 de setembro de 2005.....	101
<b>4.2 Sucessão dos tipos de tempo nos quatro meses representativos de cada estação do ano.....</b>	<b>103</b>
4.2.1 Outubro de 2005 – mês representativo da primavera.....	103
4.2.2 Janeiro de 2006 – mês representativo do verão.....	105
4.1.3 Abril de 2006 – mês representativo do outono.....	109
4.1.4 Julho de 2006 – mês representativo do inverno.....	112
<b>4.3 Distribuição da precipitação no espaço urbano de São Sepé – RS.....</b>	<b>113</b>
<b>4.4 Análise comparativa da precipitação em São Sepé e Santa Maria – RS.....</b>	<b>116</b>
<b>4.5 Classificação dos episódios de inundação na área urbana de São Sepé.....</b>	<b>118</b>
4.5.1 Inundações relacionadas a passagens frontais rápidas .....	119
4.5.2 Inundações relacionadas a frentes estacionárias.....	119
4.5.3 Inundações relacionadas a atuação conjunta de instabilidades tropicais e frentes polares.....	120
<b>4.6 Relação entre os episódios de inundação e o fenômeno El Niño/La Niña.....</b>	<b>120</b>
<b>4.7 Espacialização das áreas susceptíveis a inundações na cidade de São Sepé.....</b>	<b>122</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>127</b>
<b>BILIOGRAFIA.....</b>	<b>132</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>142</b>

## INTRODUÇÃO

A ação do homem no espaço faz com que as condições do sistema natural sejam alteradas, o que irá desencadear novos processos, num sistema de retroalimentação, uma vez que a natureza não é passiva às intervenções do homem.

O espaço urbano representa uma das maiores expressões das transformações provocadas pelo homem na paisagem natural. Essa natureza humanizada, vinculada a impermeabilização do solo, ocupação desordenada, retirada da cobertura vegetal, entre outros fatores, tendem a modificar os processos naturais, que muitas vezes acabam afetando de forma direta os habitantes.

O século XX foi considerado o ‘século da urbanização’, enquanto o século XXI, por sua vez, será o ‘século da cidade’. Nesse contexto, em países como o Brasil, a urbanização de forma completamente desordenada se intensificou após a década de 50 (fim da 2ª Guerra Mundial), associada ao êxodo rural. Essa expansão desorganizada faz com que hoje as cidades, no geral, apresentem graves problemas físicos e sociais (MENDONÇA, 1994, 2004).

Contudo, apesar dos avanços tecnológicos da sociedade moderna, esta permanece bastante vulnerável aos eventos naturais extremos, de origem climática, hidrológica e geológica. No Brasil os eventos de maior repercussão são aqueles de natureza climática, como os eventos pluviiais extremos (negativos e positivos), pois a relação clima-sociedade obedece, de acordo com Conti (1998), uma dialética onde os sistemas atmosféricos globais são organizados a partir de escalas superiores em relação às inferiores, enquanto a ação da sociedade evolui de forma inversa, das escalas inferiores para as superiores.

Uma sociedade torna-se mais vulnerável ao clima na medida em que sua economia depender dos fatores climáticos e quanto menos preparada estiver para lidar com os eventos climáticos adversos. Embora esses fenômenos sejam naturais, originados pelas disritmias dos sistemas meteorológicos, a ação antrópica, principalmente nas áreas urbanas, vem contribuindo para sua maior frequência, agressividade e expansão areolar (GONÇALVES, 2003).

Desse modo, dentre os elementos naturais o clima assume importância no que se refere à questão ambiental das cidades, pois fenômenos como precipitação, vento, temperatura e umidade relativa podem ser modificados pela conformação e estrutura do sítio urbano. O clima urbano consiste na alteração do clima local, imposto pela materialidade física das

cidades e das atividades dela decorrentes, que acabam promovendo alterações nos balanços energético, térmico e hídrico (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003). Essas alterações podem originar fenômenos como as ilhas de calor e de frescor, desconforto térmico, concentração da poluição e inundações (MENDONÇA, 2000).

Com respeito às inundações, relacionadas a episódios pluviais intensos, estas são favorecidas pela ocupação irregular das áreas marginais dos cursos d'água, associadas ao uso do solo urbano, predominantemente impermeabilizado. Dessa forma, torna-se relevante o monitoramento da precipitação em áreas urbanas, que pode sofrer alterações no tempo e no espaço em relação ao espaço rural (LANDSBERG, 1956 apud GRILLO;BRINO, 1994).

A circulação atmosférica do Rio Grande do Sul, por situar-se numa área climaticamente de transição, conta com a participação tanto dos sistemas atmosféricos extratropicais, quanto daqueles intertropicais, apesar dos primeiros controlarem os tipos de tempo do Estado. O confronto periódico desses sistemas proporciona sucessivas passagens frontais, o que permite a ocorrência de precipitações bem distribuídas ao longo do ano. Porém, os sistemas de circulação atmosféricos estão sujeitos a alterações, o que pode ocasionar “episódios de longas estiagens ou de enchentes, que podem acontecer em qualquer época do ano” (SARTORI, 2003, p.28).

Os desvios de precipitação, tanto aqueles referentes a episódios pluviais intensos como períodos de estiagem, são extremamente impactantes na área urbana, onde concentra-se 80% da população brasileira. De acordo com Monteiro (1976) a escassez de precipitações repercute negativamente na cidade, podendo levar a crises de abastecimento e energia. Porém são os aguaceiros, fortes impactos pluviais concentrados, o problema de especial interesse no Brasil, uma vez que diferentes regiões ou algumas cidades podem ser violentamente prejudicadas em certas épocas do ano.

A deterioração das cidades em seus vários aspectos tem motivado estudos, principalmente em áreas metropolitanas e cidades de grande porte, o que não significa, todavia, a ausência de problemas nas cidades médias e pequenas.

As cidades de porte médio e pequeno, segundo Mendonça (2000), apresentam características geográficas diferentes daquelas de grande porte e das metropolitanas, o que proporciona uma fácil identificação de suas particularidades. Todavia, percebe-se uma considerável carência no que se refere a subsídios que permitam o tratamento específico de cidades de porte médio e pequeno. Cabe destacar que as aglomerações com mais de 20 mil habitantes, outrora chamadas de médias, são as que cresceram mais depressa, se comparado à



população total e a população urbana, até pelo menos 1980 (SANTOS, 1996). Esse fato exige que propostas de estudos de clima urbano voltem-se a esses núcleos.

A escolha pelo canal do Impacto Meteórico, dentre os subsistemas do Sistema Clima Urbano (SCU), justifica-se pelos constantes episódios de inundações na área urbana de São Sepé. Estas ocorrem principalmente pelo transbordamento do Lajeado do Moinho, afluente do Rio São Sepé, que drena parte do centro da cidade e cerca de três bairros, no setor oeste e norte. Suas margens, pela expansão urbana, vem sendo intensamente ocupadas para fins imobiliários.

Essa ocupação desordenada, que acarreta impermeabilização e assoreamento das margens, retirada da vegetação nativa, juntamente com o acúmulo de lixo e lançamento de esgoto no leito do Lajeado, faz com que as inundações sejam freqüentes. Na periferia da cidade (setor Nordeste), o rio São Sepé também tem sua planície aluvial ocupada para moradias, principalmente por pessoas de baixa renda, o que aumentou consideravelmente nas décadas de 80 e 90.

Os episódios de inundações, constantemente noticiados pela mídia local, trazem conseqüências diretas à população ribeirinha, bem como gastos à administração municipal. Assim, torna-se indispensável mapear estas e outras possíveis áreas de risco, além de conhecer a gênese e características das precipitações responsáveis por inundações.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal relacionar os eventos de precipitação pluvial extrema com a ocorrência de inundações na zona urbana de São Sepé - RS, no período de 1980-2006. Para tanto buscou-se identificar áreas susceptíveis a impactos ambientais provocados por eventos de precipitação pluvial extrema, principalmente no que se refere a inundações, em função dos fatores geoecológicos e geourbanos.

Além disso, procurou-se conhecer as características dos eventos pluviais extremos quanto ao volume e intensidade da precipitação bem como os sistemas atmosféricos aos quais estão associados. Buscou-se ainda definir os tipos de tempo favoráveis a episódios de precipitação pluvial elevada e associar os eventos pluviométricos extremos com as inundações no perímetro urbano, de acordo com os registros da mídia local (jornais), e suas repercussões sócioeconômicas.

# 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O tema principal, no contexto em que se insere o presente trabalho, refere-se às inundações em áreas urbanas, considerando-se suas causas e efeitos sob enfoque do clima urbano, onde está inserida no canal do impacto meteórico. Contudo, faz-se necessário, num primeiro momento, dissertar a respeito da urbanização e suas conseqüências ao meio ambiente, principalmente nos países considerados periféricos onde o crescimento, na maioria das vezes, se dá de forma desordenada.

Entre os elementos naturais, o clima assume importância no que se refere à questão ambiental das cidades, o que torna necessário uma exposição a respeito do clima urbano. As inundações estão ligadas a episódios de precipitação intensa, portanto deve-se discutir, ainda, a cerca do conceito de precipitação, suas características e variabilidade a qual está sujeita. Por fim, as medidas de controle e prevenção desses episódios também consiste em tema a ser tratado. O esquema a seguir (Figura 1) demonstra a forma como estão organizados os conceitos trabalhados na presente fundamentação teórica.

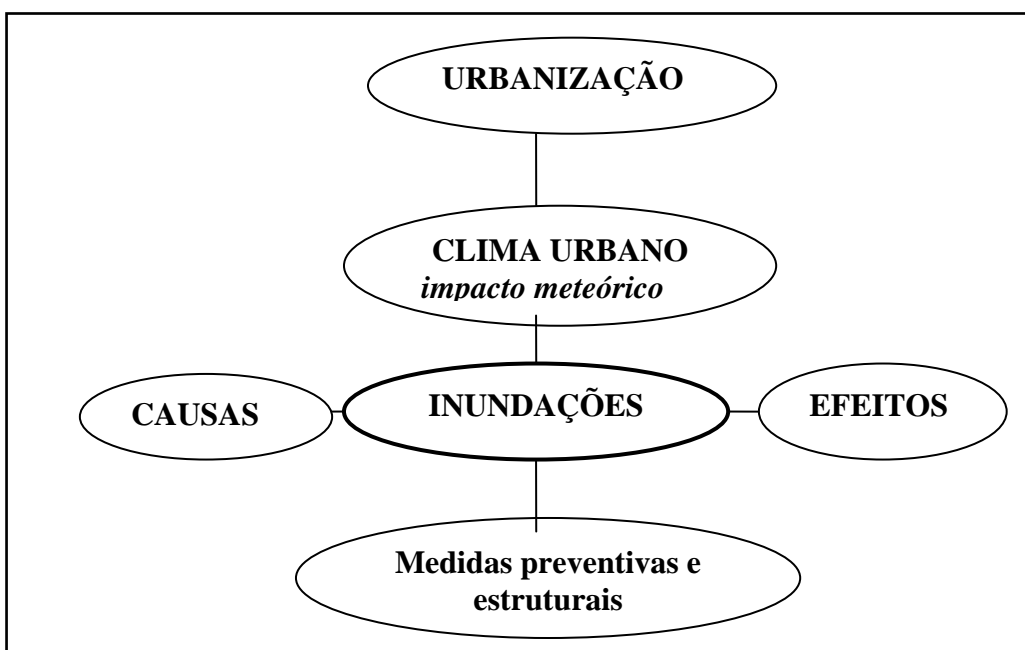


Figura 1- Organização dos temas abordados na fundamentação teórica.

Org.: SILVEIRA, R.D.

## 1.1 A urbanização e a questão ambiental

A organização urbana passou a assumir maiores proporções a partir do século XX, como afirma Conti (1998, p.42): “a cidade é a grande expressão geográfica deste século. A organização dos espaços em todo o globo manifesta, cada vez mais, o papel hegemônico da cidade na determinação de padrões regionais”.

Como resultado das relações capitalistas, as cidades passaram a centralizar a produção, o consumo, a circulação e, portanto, o poder, onde os interesses individuais suplantam os coletivos (MENDONÇA, 2003). Hoje, cerca de 47% da população mundial e cerca de 80% da população brasileira estão concentradas nas cidades (IBGE, 2000). Esse crescimento da população urbana originou grandes metrópoles, que possuem um núcleo principal e várias cidades circunvizinhas. A tendência dos últimos anos, porém, conforme Tucci (2002), tem sido a redução do crescimento populacional do país; pequena taxa de crescimento na cidade núcleo da região metropolitana e aumento da população em cidade que são pólos regionais, no chamado processo de desmetropolização. Portanto, os processos inadequados de urbanização observados nas regiões metropolitanas vêm se reproduzindo nas cidades de médio porte.

Para Santos (1981) assiste-se no Brasil tanto o fenômeno da metropolização quanto o da desmetropolização, já que tanto as cidades grandes quanto as médias vêm tendo incremento demográfico. Nesses sistemas urbanos a tendência à diferenciação e complexidade é cada vez maior, tanto entre uma cidade e outra, quanto no interior de um mesmo núcleo urbano. Ao abordar a heterogeneidade do espaço urbano, Mendonça (2003, p.192) afirma que

A cidade do presente constitui-se, então, num dos principais fenômenos a explicitar de maneira clara as contradições da modernidade.(...) Essa contradições atingem patamares mais elevados quanto menos desenvolvido, ou quanto mais dependente se encontra uma determinada parcela da população ou uma nação em relação às demais”.

A cidade como forma materializada do trabalho social e do processo de produção se expressa através dos diferentes usos e ocupações do solo, o que faz com que, para Santos (op cit), existam diversas cidade dentro da cidade, ou conforme Mendonça (op cit) criem-se os espaços intra-urbanos.

No Brasil, até o início dos anos 50 a política econômica privilegiou a atividade rural, porém a partir do processo de modernização incentivado por Juscelino Kubistcheck, somado às transformações no contexto mundial, a atividade industrial passou a ser valorizada em detrimento da rural. Esse fato desencadeou o aumento da população nas cidades sem um

planejamento que subsidiasse o processo de expansão urbana, o que resultou numa elevada degradação sócio-ambiental.

Fernandes (2004, p.100) compara a urbanização brasileira às catástrofes naturais, quanto aos impactos proporcionados, quando diz que

O modelo urbano-industrial intensivo e altamente predatório adotado ao longo do século passado já provocou mudanças socioespaciais drásticas no Brasil, bem como conseqüências ambientais muito graves, cujos impactos e implicações podem ser tecnicamente comparadas aos efeitos de grandes catástrofes naturais que até hoje têm poupado o país”.

A industrialização, de acordo com Santos (1996), leva não só à criação de atividades industriais, como também envolve um complexo processo social, que inclui a formação do mercado nacional, infraestruturas para tornar o território integrado, novas formas de consumo e terceirização, o que intensifica o processo de urbanização. Conforme o autor, entre as décadas de 40 até 80 há uma total inversão no que se refere ao local de residência da população brasileira, uma vez que o índice de urbanização passou de 26,35% para 68,86%.

Como conseqüência desse processo de urbanização são deixadas em segundo plano as características naturais dos lugares, como o relevo e outras características morfológicas do sítio urbano (ROMERO, 2001), que corresponde ao espaço físico sobre o qual a cidade se desenvolve.

Mayer (1975 apud SAYDELLES, 2005) define o sítio urbano como a área ocupada pela cidade. Com relação aos aspectos que devem ser avaliados no estudo do sítio urbano, o autor destaca o relevo, a inclinação e a configuração das áreas cobertas ou não por água, a vulnerabilidade a terremotos, deslizamentos de terra, inundações e outras condições catastróficas e a capacidade de sustentação e sobrecarga, referente ao substrato rochoso, à drenagem e às condições microclimáticas.

Dessa forma, o estudo do sítio em que o espaço urbano está assentado é pré-requisito para qualquer ação de planejamento urbano e análise climática das cidades, uma vez que o sítio urbano assume importante papel nas diversas funções que o espaço urbano apresenta (SAYDELLES, 2005).

O processo desordenado em que se dá o uso do solo no sítio urbano gera dificuldades na implantação de infra-estruturas e desconforto ambiental de ordem térmica, acústica, visual e de circulação (LOMBARDO,1985).Verifica-se nesse processo, portanto, a degradação do meio e a queda da qualidade de vida, o que vem despertando preocupações na esfera do poder público e nas mais diferentes áreas de pesquisa.

A ocupação de muitas cidades brasileiras, que até meados do século XX evitou a ocupação de terrenos problemáticos, por encontrarem-se geralmente distantes do centro e pelo fato da pressão pela ocupação não ser tão intensa, passou a partir dos anos 50 a sofrer um processo que Jacobi (2004) chama de 'periferização'. Esse fenômeno ocasionou a intensificação das intervenções na rede de drenagem, o aterramento e a incorporação das várzeas à área urbanizada, além do aumento do número de loteamentos na periferia.

Para Tucci (2002), o crescimento urbano vem sendo caracterizado pela expansão irregular da periferia, não obedecendo o Plano Diretor ou normas específicas de loteamentos, e ainda pela ocupação irregular de áreas públicas pela população de baixa renda, o que dificulta as ações não-estruturais de controle ambiental urbano.

Fernandes (2004) considera a crise de moradia como uma das questões graves resultantes do crescimento das cidades brasileiras, já que entre 40 a 80% da população vivem ilegalmente em áreas urbanas, no que se refere às condições de acesso ao solo e produção de moradia. Esse número, segundo o autor, não se refere apenas às camadas mais pobres, o que revela uma crise generalizada, no entanto a situação dos grupos mais vulneráveis é que necessita mais urgentemente de soluções.

Nesse sentido, Fernandes (2004, p.115) afirma que "tal processo de exclusão social e segregação espacial tem, ao mesmo tempo, causado e sido afetado por um processo crescente de degradação ambiental nas cidades brasileiras". A combinação entre mercados imobiliários especulativos e sistemas políticos excludentes têm forçado os 'pobres da cidade' a instalar-se ilegalmente em áreas públicas e de preservação ambiental, cujas características físicas e ambientais são inadequadas a esse tipo de ocupação, implicando em inúmeros riscos (FERNANDES, 2004; SÁNCHEZ; DAL BELLO, 2004).

Para Jacobi (2004) o uso e a ocupação do solo tem uma estreita relação com os riscos ambientais urbanos, que engloba grande variedade de acidentes, tais como riscos de enchentes, escorregamentos, contaminações do solo e da água, vazamentos em postos de gasolina, entre outros.

Os avanços nesse sentido podem ser percebidos na Constituição de 1988, através da elaboração da Agenda 21, da obrigatoriedade dos Planos Diretores para cidades com mais de 20 mil habitantes e com o Estatuto da Cidade. Esses fatores proporcionam a incorporação gradual da dimensão ambiental nos processos de planejamento e gestão das áreas urbanas, embora a realidade ambiental do país não melhore na mesma proporção do avanço das leis e políticas ambientais (FERNANDES, 2004). No entanto, para Jacobi (op cit) os problemas ambientais das áreas urbanas não são apenas conseqüências da precariedade das ações e

omissão do poder público, como também derivam do descuido dos próprios moradores, o que está ligado à questão do interesse coletivo.

Um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, implementada no Brasil pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA,1996), foi a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) como o objetivo de definir as responsabilidades pelos impactos ambientais, sejam estes no meio rural ou urbano. Assim, é considerado impacto qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultado de atividades humanas, que afetam mesmo que indiretamente a saúde, segurança e bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio e a qualidade dos recursos do ambiente.

Os estudos de ecologia urbana sofreram profundas mudanças a partir da década de 70, dada a emergência de uma consciência ambientalista e ecológica (AB'SABER, 1999). Nessa perspectiva o debate a cerca de 'cidades sustentáveis' vem ganhando espaço, principalmente a partir da década de 80, como afirma Mendonça (2004), com a pretensão de estabelecer condições de vida para o homem urbano, uma vez que sua condição biológica exige que o mesmo conviva com um ambiente não deteriorado. Associado a essas condições vitais básicas, o habitante da cidade necessita ainda de moradia, alimentação, escolaridade, lazer e cidadania.

Essa nova concepção de meio ambiente urbano assume cada vez mais importância dada a sua maneira integrada e holística de conceber as interações entre a natureza e a sociedade, como mostra a Figura 2. Mendonça (2004) destaca que os fluxos de matéria e energia naturais e/ou produtos da ação humana interagem no contexto urbano, formando a materialidade urbana e é dessa complexa interação que surgem os problemas ambientais.

Baseado nas considerações de Monteiro (1976) a respeito do Sistema Clima Urbano e no Sistema Ecológico Urbano proposto pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento/ Oficina de Serviços para Projetos das Nações Unidas (PNUD/UNOPS, 1997), foi criado por Mendonça (op cit) o Sistema Ambiental Urbano (SAU), constituído pelo Subsistema Natural e Subsistema Construído (input) e pelo Subsistema Social (atributos). O output desse sistema seriam os problemas socioambientais urbanos e as aplicações referem-se a propostas para a solução desses problemas (Figura 3).

Na perspectiva do SAU destacam-se os seguintes problemas socioambientais urbanos (outputs):

- Degradação e poluição do relevo, ar, vegetação, água e solo;
- Resíduos sólidos;

- Inundações, deslizamentos e erosão;
- Ocupações irregulares, favelas e invasões;
- Fome, miséria e doenças.



Figura 2 - Interação entre a natureza e a sociedade no ambiente urbano.  
Fonte: MENDONÇA, 2004.



Figura 3 – Sistema Ambiental Urbano (SAU), seus subsistemas e outputs: os problemas socioambientais.  
Fonte: MENDONÇA, 2004.

## 1.2 O clima urbano

É comum aos pesquisadores na área de Geografia considerar o meio urbano isento de atenção quanto aos aspectos físicos. No caso da Climatologia, conforme Garcia; Vide (2000), essa atitude é inadmissível, pois os habitantes das cidades respiram e estão sujeitos a ventos e chuvas, mesmo que estes sejam alterados em relação às áreas em seu entorno, da mesma forma que são afetados pelas mudanças de temperatura, umidade, entre outros elementos climáticos.

Foi a partir da tomada de consciência do fato urbano que o homem passou a perceber que a atmosfera sobre a cidade era sensivelmente diferente daquela do campo (MONTEIRO, 1976). Embora a urbanização de certos países europeus remontem ao século XVII, foi somente no século XX, que geógrafos e meteorologistas europeus e americanos passaram a dar atenção à atmosfera sobre as cidades (meteorologistas) e/ou “climas urbanos” (geógrafos).

A primeira sistematização sobre o tema foi formulada por Lansberg (1956) em Chicago, com o título “Man’s Role in Changing the Face of Earth”. Para este autor o clima urbano consiste na modificação do clima local em relação às áreas circunvizinhas, apresentando maior quantidade de calor e mudanças na composição da atmosfera, ventilação e umidade (LANDSBERG, 1956 apud GRILLO; BRINO, 1994). Chandler (1965) foi o autor da primeira monografia aprofundada sobre uma grande cidade (Londres). A partir de então cresceu o interesse pelo assunto na América e Japão.

A urbanização provoca modificações nos elementos climáticos (Quadro 1) como afirma Ayoade (1986, p.300): “O maior impacto do homem sobre o clima acontece nas áreas urbanas. O homem tem exercido um impacto tão grande nessas áreas que o clima urbano é bastante distinto, por suas características, do clima das áreas rurais circundantes”.

<b>ELEMENTOS</b>	<b>COMPARAÇÃO COM A ZONA RURAL</b>
<b>Poluentes</b>	
Partículas sólidas	10 vezes mais
Bióxido de enxofre	5 vezes mais
Bióxido de carbono	10 vezes mais
Monóxido de carbono	25 vezes mais
<b>Radiação</b>	
Total sobre a superfície horizontal	15 a 20% menos
Ultravioleta no inverno	30% menos
Ultravioleta no verão	5% menos
Duração da radiação	5 a 15% menos
<b>Nebulosidade</b>	
Cobertura de nuvens	5 a 10% a mais
nevoeiro no inverno	100% a mais
nevoeiro no verão	30% a mais
<b>Precipitação</b>	
Quantidade total	5 a 10% a mais
dias de chuva com 5 mm	10% a mais
queda de neve	5% menos
dias com neve	14% menos
<b>Temperatura</b>	
média anual	0,5 a 1°C a mais
mínimas de inverno	1 a 2°C a mais



<b>ELEMENTOS</b>	<b>COMPARAÇÃO COM A ZONA RURAL</b>
Aquecimento de graus-dia	10% menos
<b>Umidade Relativa</b>	
média anual	6% menos
Inverno	2% menos
Verão	8% menos
<b>Velocidade do Vento</b>	
média anual	20 a 30% menos
Movimentos extremos	10 a 20% menos
Calmarias	5 a 20% a mais

Quadro 1 - Quadro demonstrativo da influência da urbanização sobre os elementos climáticos.

Fonte: LANDSBERG , 1970 apud AYOADE , 1986

Org.: SILVEIRA, R.D.

O estudo do clima nas dimensões do ambiente urbano tem oferecido importantes subsídios à qualidade ambiental das cidades, já que este ambiente construído altera elementos meteorológicos como a temperatura, umidade relativa do ar, ventos e precipitação, dando origem ao clima urbano. Este é definido por Monteiro (1976, p.75) como “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”.

O clima urbano para Mendonça (1994) é o resultado das alterações no ambiente natural, tais como retirada da cobertura vegetal, modificação nas formas de relevo e na rugosidade da superfície, concentração de edificações, equipamentos e pessoas, impermeabilização do solo, canalização do escoamento superficial, acumulação de partículas e gases na atmosfera e produção de energia artificial.

São as modificações no recobrimento da superfície que conduzem à mudanças nas características climáticas originais, ao conduzir a um novo albedo, nova rugosidade e nova impermeabilidade de determinado local. Em seguida as funções para as quais se destinam tais usos resultam em mais alterações nas condições atmosféricas atuantes, ao gerar calor artificial e alterar a composição do ar. Contudo, a intensidade da interação dos atributos uso e ocupação do solo com a atmosfera está ligada a circulação secundária e a densidade de urbanização (DANNI-OLIVEIRA, 2000).

Em 1976, Monteiro, com sua tese de livre-docência ‘Teoria e Clima Urbano’, propôs um tratamento do clima urbano como um sistema aberto, altamente complexo e possivelmente auto-regulável. Nesse sistema denominado ‘Sistema Clima Urbano’(SCU), o clima da cidade passa a ser abordado geograficamente, ao se considerar tanto os elementos meteorológicos como os da dinâmica da paisagem urbana, que em conjunto constituem o ambiente urbano (MENDONÇA,1994).

Monteiro(op cit) considerou os problemas ambientais típicos das cidades brasileiras e constatou que a climatologia poderia contribuir na amenização dos mesmos. A partir dessa afirmação propôs uma metodologia que foi aplicada em inúmeros estudos de casos, mas que acabou fornecendo poucos subsídios ao planejamento urbano desses locais.

Por essa proposta não se assentar em fonte vinda do exterior, não foi de início bem aceita e somente após quase 30 anos, surge o reconhecimento da contribuição de Monteiro, que começou primeiramente, em teses na Arquitetura e Urbanismo (CARVALHO, 1992) e mais tarde na Geografia (GONÇALVES, 1992; MENDONÇA, 1994; BRANDÃO, 1996).

Mendonça (1994), procurando preencher essa lacuna, no que diz respeito ao estudo de climas urbanos numa abordagem geográfica, elaborou uma metodologia específica para estudos de cidades de porte médio e pequeno. Conforme esse autor, embora as cidades de médio e pequeno porte também apresentem problemas ambientais, mesmo que em níveis inferiores aos das áreas metropolitanas, não tem atraído a atenção dos pesquisadores, o que justifica sua proposta.

As cidades de porte médio e pequeno diferenciam-se das grandes metrópoles, principalmente pela inexistência de subúrbios, ou seja, ambientes de transição entre o urbano e o rural (MENDONÇA, 2000). Assim, quanto menor o fenômeno urbano, menos singularidade terá diante das condições atmosféricas regionais. O autor acima ressalta três aspectos fundamentais para a compreensão das particularidades do clima de cidades de porte médio e pequeno:

a) são cidades, no Brasil, geralmente com 20 a 100 mil habitantes (cidades pequenas) e de 100 a 500 mil habitantes (cidades médias), que necessitam desses estudos ao ganhar cada vez mais importância sócioeconômica, política e ambiental.

b) o planejamento nessas cidades apresenta-se mais eficaz, devido o estágio de desenvolvimento em que as mesmas se encontram.

c) o nível de detalhamento da representação cartográfica do fato urbano ganha maior riqueza, quanto maior for a escala da cidade.

A concepção do Sistema Clima Urbano (SCU) liga-se à percepção sensorial e comportamental do habitante da cidade (MONTEIRO, 1976). Por esse motivo, o autor propõe três canais de percepção, que não podem ser completamente dissociados, como subsistemas no estudo do SCU: Conforto Térmico (subsistema termodinâmico), Qualidade do Ar (subsistema físico-químico) e Impacto Meteorológico (subsistema hidromecânico).

O estudo de qualquer um desses canais requer a análise da morfologia e da tipologia do sítio, acrescidos da caracterização dos aspectos geourbanos, como o uso do solo, presença

de edificações, áreas verdes e espaços abertos, configuração vertical, fluxo de veículos e pedestres. A ‘função’ urbana e os aspectos culturais e socioeconômicos também devem ser considerados (MONTEIRO,1990).

Imamura-Bornstein; Borstein (1992 apud Mendonça, 1994) baseados na literatura internacional, reconhecem apenas dois grupos no estudo do clima urbano: o termodinâmico, associado a ilha de calor urbana e o dinâmico, que refere-se à poluição. A exclusão do subsistema hidromecânico referido por Monteiro (1976) é explicada pelo fato de haver pouca representatividade desse subsistema nas cidades de clima temperado. Por outro lado, as realidades tropicais, onde são comuns impactos relacionados a esse canal, possuem poucos estudos de repercussão internacional.

Assim, o subsistema privilegiado em estudos de clima urbanos têm sido o termodinâmico, favorecido pelo avanço do Sensoriamento Remoto, a partir do qual as imagens de satélite são capazes de auxiliar na identificação de ilhas de calor e de frio (MENDONÇA,1994). Esse subsistema adquire importância por servir de referencial teórico para onde convergem e se associam os outros componentes, já que não é possível desvincular o componente térmico dos barométricos, da ventilação, condensação e precipitação, por exemplo (MONTEIRO,2003). No Brasil as cidades que tiveram seu ambiente atmosférico estudado localizam-se principalmente na porção centro-sul, onde a densidade da população e as áreas urbanas são maiores, além de concentrarem a maior parte da população brasileira (MENDONÇA, 2003).

A análise rítmica, importante instrumento aos estudos de clima urbano, foi introduzida por Monteiro (1971). Para tanto o autor baseou-se no conceito de clima de Sorre (1951), que propôs a definição de ritmo como a sucessão de estados atmosféricos de determinado lugar, e Pédelarbode (1957). Este último, porém, ao aplicar o conceito de ritmo produziu apenas um catálogo dos tipos de tempo da Bacia Parisiense, não conseguindo enxergar o encadeamento entre estes.

Considerada um novo paradigma, a análise rítmica foi sistematizada por Monteiro e seus seguidores, e tem como ferramenta as respostas locais das variações diárias e horárias dos elementos do clima, através de medições em superfície (estações e postos meteorológicos), complementadas pelas cartas sinóticas do tempo e imagens de satélites meteorológicos (ZAVATINI,2002).

A partir da análise dessas informações, pode-se verificar o ritmo da sucessão dos tipos de tempo, ou seja, a dinâmica atmosférica, conforme Monteiro (1971) *apud* Zavatini (1998, p.9)

O ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo.

A abordagem geográfica é alcançada, de acordo com Monteiro (1969), a partir da análise dos tipos de tempo em seqüência contínua, seja de forma comparativa entre anos considerados padrões representativos da circulação atmosférica de determinado lugar, nas variações sazonais, ou até mesmo pela análise de um fenômeno local. Desde que seja seguida a noção de seqüência, de sucessão, o clima terá caráter geográfico.

### 1.2.1 As escalas climáticas e o clima urbano

Ao definir os níveis taxonômicos da organização geográfica do clima, Monteiro (1976) sugere as escalas climáticas que devem ser consideradas no estudo clima urbano (Quadro 2).

O autor enfatiza a flexibilidade e a interação necessária entre os níveis, dependendo, principalmente, da ordem de grandeza da cidade. Nesse contexto, o clima local, no qual se insere a maioria das grandes cidades, subdivide-se em categorias: *mesoclima*, que pode ser considerado como um conjunto de topoclimas; *topoclima*, derivado das diferentes feições topográficas e de uso do solo, e *microclima*, que consiste numa variação do topoclima, numa combinação especial que não atinge mais do que dezenas de metros.

Para Lombardo (1985), o clima urbano representa um mesoclima, incluído num macroclima e que sofre influência a nível de microclima, na proximidade do solo. Da mesma forma em que subdivide-se em microclimas, a cidade deve ser vista como uma parte inserida no espaço regional.

Ribeiro (1993) explica o sistema taxonômico para as escalas do clima, composto pelas seguintes ordens:

*Clima Zonal* – produzido pela distribuição latitudinal da radiação solar, onde se define a circulação geral da atmosfera. Os fenômenos nesta escala apresentam extensão horizontal de 1000 a 5000 km e a permanência de um estado climático pode durar de 1 semana até 6 meses.

Os registros necessários à sua compreensão devem ser analisados em períodos mínimos de 30 anos de observações.

*Clima Regional* – derivado da modificação da circulação geral da atmosfera por um conjunto de fatores da superfície como a rugosidade, correntes marítimas, continentalidade/ maritimidade, o que leva à definição das massas de ar e frentes. Sua extensão horizontal pode variar de 150 a 2500 km e verticalmente abrange os fenômenos que ocorrem na Troposfera. Os estados de tempo aí duram de 1 a 30 dias e a abordagem sugerida para sua compreensão baseia-se na busca do ritmo anual, sazonal e mensal dos sistemas atmosféricos.

Ordens de grandeza (Cailleux & Tricart)	Unidades de superfície	Escala cartográfica de tratamento	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégias de abordagem		
					Meios de observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	(milhões de Km)	1:45.000.000 1:10.000.000	Zonal	-	Satélites Nefanálises	Latitude Centros de ação atmosférica	Caracterização geral comparativa
III	(milhões de Km)	1:5.000.000 1:2.000.000	Regional	-	Cartas sinóticas Sondagens aerológicas	Sistemas meteorológicos (Circulação secundária)	Redes transectos
IV	(centenas de Km)	1:1.000.000 1:500.000	Sub-regional (fácies)	Megalópole Grande área metropolitana	Rede meteorológica de superfície	Fatores geográficos	Mapeamento sistemático
V	(dezenas de Km)	1:250.000 1:100.000	Local	Área metropolitana Metrópole	Posto meteorológico Rede complementar	Integração geológica Ação antrópica	Análise espacial
VI	(centenas de metros)	1:50.000 1:25.000	Mesoclima	Cidade grande Bairro ou subúrbio de metrópole	Registros móveis (Episódios)	Urbanismo	Especiais
-	dezenas de metros	1:10.000 1:5.000	Topoclima	Pequena cidade Fácies de bairro/ subúrbio de cidade	(Detalhe)	Arquitetura	
-	metros	1:2.000	Microclima	Grande edificação Habitação Setor de habitação	Baterias de instrumentos especiais	Habitação	

Quadro 2 - Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o clima urbano. Fonte: MONTEIRO, 2003

Org.: SILVEIRA, R.D.

*Mesoclima ou Clima Local* – são variações do clima regional por feições fisiográficas ou pela ação antrópica, que interferem no fluxo e transporte energético. É nessa escala em que se define o clima urbano, desde que a cidade tenha tamanho suficiente para se diferenciar do espaço não-urbano circundante. Os estados atmosféricos podem durar de 12 horas a 1 semana e seu limite vertical varia de 1200 a 2000 metros. Os registros necessários à sua análise devem ser derivados da rede meteorológica básica.

*Topoclima* – derivado do clima local devido à rugosidade do terreno, que o condiciona à exposição da radiação solar. Sua extensão horizontal varia de 0,5 a 5 km e pode interferir de 50 até 100 metros na estrutura vertical da atmosfera. Os dados necessários à sua compreensão devem ser originados de estações não convencionais, fixas ou móveis, elaboração de transectos e perfis geocológicos, sempre numa perspectiva de variação do tempo diurno e noturno.

*Microclima* – definido pela magnitude das trocas gasosas e energéticas entre as feições e estruturas particulares, como edificações e vegetação, que irão modificar o comportamento do ar circundante. Sua extensão irá depender da natureza da superfície que lhes dá origem e os registros necessários para seu estudo tem de ser obtidos através de aparelhos de alta sensibilidade e precisão.

De acordo com Oke (1978) e Sellers; Robinson (1986), o clima urbano está compreendido em três escalas: *urban boundary layer*- corresponde à camada limite urbana, que abrange o fato urbano e a atmosfera alterada por este, compreende fenômenos de meso-escala; *urban canopy layer*- camada de cobertura urbana compreendida entre a atmosfera e o espaço intra-urbano e definida por processo de micro-escala; *urban plume*- camada de ar sobre a área rural circunvizinha, resultado da área urbana (Figura 4).

### **1.3 O impacto meteórico**

Em comparação ao subsistema termodinâmico o canal do impacto meteórico vem sendo subexplorado. No Brasil, esse canal começa a ganhar espaço graças aos trabalhos de Monteiro (1978, 1980, 1984), Paschoal (1981) e Tarifa (1982) em São Paulo. Além desses, destacam-se Gonçalves (1992) em Salvador, Grillo; Brino (1994) em Rio Claro, Alves Filho (1996) na Região Metropolitana de São Paulo e Hack (2002) em Petrópolis. Em outras áreas, como a engenharia e a geologia, o estudo a respeito de inundações vem sendo bastante

explorado, porém com um enfoque mais técnico e não-climático, como Pastorino (1971), Tucci (1999, 1995, 2002).

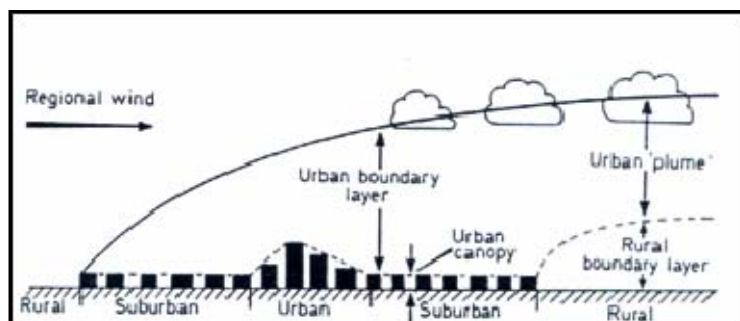


Figura 4 - Escalas de atuação do clima urbano.

Fonte: SELLERS; ROBINSON, 1986 apud MENDONÇA, 1994.

Esse campo, também chamado hidrometeorológico, hidrodinâmico ou hidromecânico, vem sendo alvo de estudos nas cidades médias e pequenas, porém é nas grandes cidades litorâneas do Brasil que o interesse por esse subsistema ganha destaque. Isso deve-se ao fato dessas cidades serem sazonalmente afetadas pelos excessos pluviométricos (verão), acentuados pelas ocupações irregulares em áreas de risco (MENDONÇA, 2003).

Conforme Monteiro (1976) o canal referente ao Impacto Meteorológico está muito ligado à natureza, já que depende dos insumos energéticos atmosféricos, e envolve manifestações meteorológicas como tempestades, granizos, tornados, furacões, fortes nevadas, aguaceiros, enfim fenômenos dessa espécie que causem impactos (Figura 5). Nesse sentido o autor explica

A idéia de impacto pressupõe conseqüências calamitosas, atacando a integridade física da cidade como artefato físico e perturbando, sensivelmente, as formas de circulação e comunicação internas e de ligação externa. São episódios ou eventos restritos no tempo, que estão presos ao modo de transmissão de energia, ou seja, ao ritmo de sucessão dos estados atmosféricos (MONTEIRO, 1976, p.136).

Estes eventos, segundo o referido autor, representam desvios em torno dos padrões habituais, sendo raros e excepcionais. No caso das precipitações pluviais, os desvios extremos levam à escassez ou ao excesso de chuvas e nesse último, resultam em inundações nas cidades.

As precipitações em excesso relacionam-se com o ambiente no qual se integram, estando inevitavelmente associadas às condições de drenagem e escoamento. A análise do sítio urbano, portanto, é de fundamental importância em estudos de clima urbano.

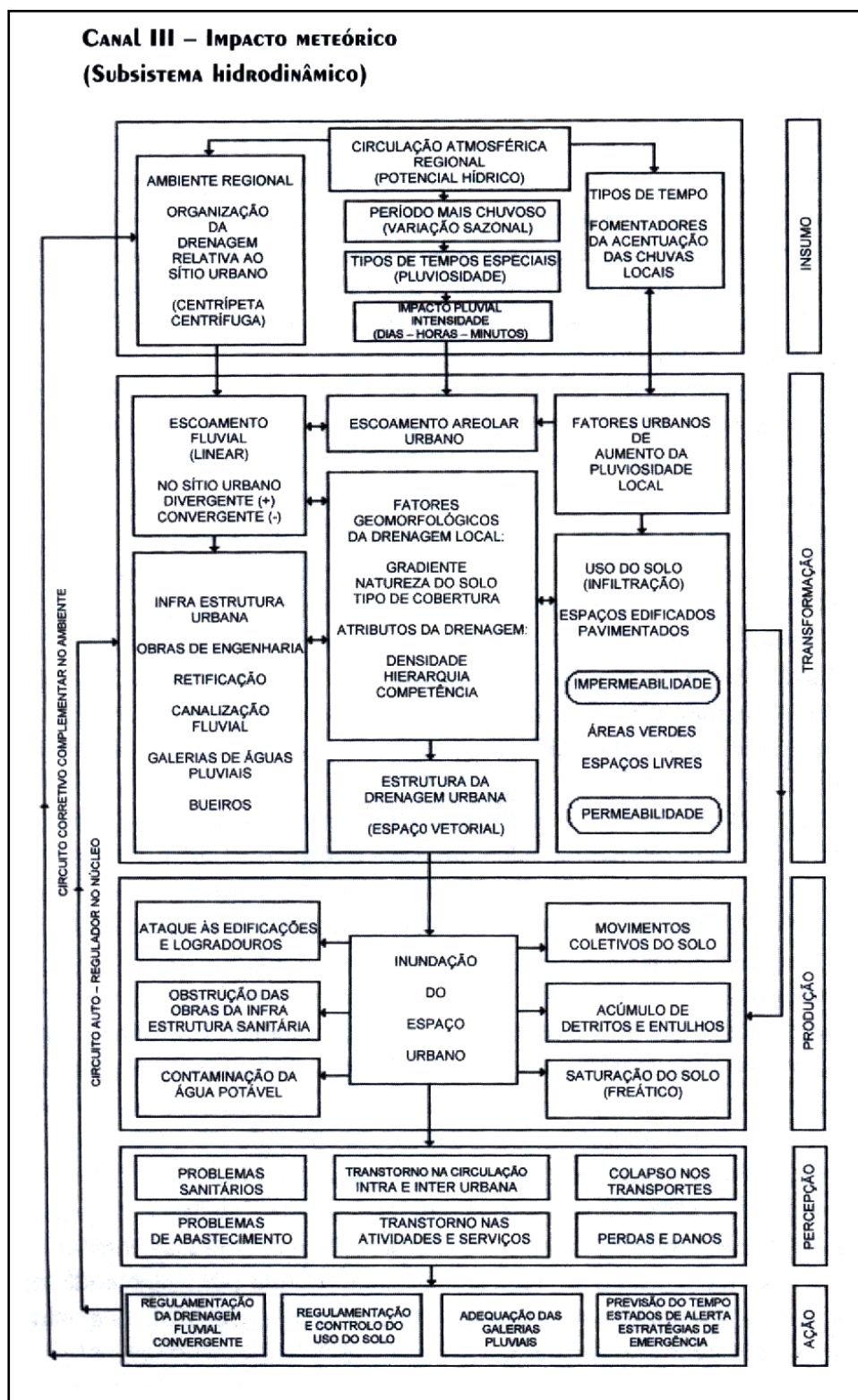


Figura 5 - Terceiro Canal de Percepção do Clima Urbano - Impacto Meteórico.

Fonte: MONTEIRO; MENDONÇA, 2003.

Monteiro (1999) salienta ainda que qualquer região climática do globo está sujeita a impactos meteóricos, mesmo que de diferentes tipos e intensidades. Todavia, os efeitos desses



fenômenos são agravados pela conformação da paisagem urbana, desde que o solo apresente-se impermeabilizado, a drenagem natural seja modificada, a limpeza urbana e o planejamento sejam ineficientes e as áreas verdes sejam escassas.

Dessa forma, para se compreender a repercussão dos fenômenos atmosféricos é imprescindível que se considere a dimensão social do espaço atingido, como salienta Sant'Anna Neto (2001). O fato de o espaço, na lógica capitalista, ser construído e apropriado de maneira desigual faz com que os efeitos de determinados tipos de tempo em determinado espaço sejam também desiguais.

Um dos grandes problemas evidenciados nos estudos relacionados ao canal hidromecânico é a incompatibilidade entre as estratégias de planejamento urbano e a realidade brasileira, uma vez que estas seguem muitas vezes o modelo das cidades de clima temperado. Assim, faz-se necessário um planejamento eficaz, que leve em conta o conhecimento do ritmo climático da área em estudo, o abandono do uso de médias estatísticas do clima e o redimensionamento das obras de engenharia urbanas (MENDONÇA, 2003).

### 1.3.1 A precipitação pluvial

Tucci (1993, p.177) entende a precipitação como “toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre (...). Por sua capacidade de produzir escoamento, a chuva é o tipo de precipitação mais importante para a hidrologia”. Para o autor, é importante a determinação da intensidade da precipitação para controlar a inundação e a erosão do solo.

Ayoade (1986) diz que o termo precipitação é usado, na meteorologia, para designar qualquer deposição em forma líquida ou sólida derivada da atmosfera, apesar de somente a chuva e a neve contribuírem significativamente para os totais de precipitação. Nos trópicos, onde a neve é quase inexistente, o termo precipitação pluvial é sinônimo de precipitação.

A precipitação pode variar em sua distribuição sazonal, diária e quanto à intensidade (Ayoade, 1986). Isso faz com que seja considerada como uma das variáveis climáticas de maior influência na qualidade do meio físico-natural, o que se reflete, direta ou indiretamente nas atividades humanas (Sartori, 1993).

Para Ayoade (1986), a intensidade da precipitação é sua quantidade dividida pela duração, em horas ou minutos, tendo a precipitação convectiva geralmente maior intensidade do que a ciclônica ou frontal. O autor propõe o índice de intensidade média, onde um dia é considerado chuvoso quando tem pelo menos 0,25 mm de precipitação.

Moreira (2002) propõe uma classificação da intensidade da precipitação, que vai de fraca até extremamente forte, de acordo com a quantidade em milímetros (Quadro 3).

<b>Classe de Precipitação</b>	<b>Tipo de Precipitação</b>
0-1 mm	Chuvisco
1-10 mm	Chuva Fraca
10-20 mm	Chuva Moderada
20-30 mm	Chuva Moderada a Forte
30-40 mm	Chuva Forte
40-50 mm	Chuva Muito Forte
>50 mm	Chuva Extremamente Forte

Quadro 3 - Classificação do tipo de precipitação conforme seu valor em milímetros.  
Fonte: MOREIRA, 2002.

De acordo com Brandão (2001), os eventos naturais extremos que mais repercutem nas atividades humanas no Brasil são os eventos climáticos. Estes são causados por fatores naturais, associados à disritmias no sistema meteorológico, embora venham sofrendo a atuação do homem, que contribui para sua maior frequência, intensidade e expansão areolar.

Assim, eventos pluviométricos excepcionais fazem parte da dinâmica ambiental, porém podem desencadear impactos ao ambiente físico, biológico e às atividades humanas (NUNES, 2003). Dessa forma, a caracterização do comportamento das precipitações em determinada área é importante na análise de susceptibilidade a enchentes (LUIS; HERRMANN, 2003).

De acordo com Monteiro (1969), essa caracterização não deve levar em conta apenas médias anuais ou mensais, mas também a análise episódica dos índices pluviiais extremos. A partir desses dados define-se os anos padrões secos ou chuvosos. Deve-se definir, também, o sistema atmosférico responsável por situações extremas de precipitação, levando-se em conta, ainda, as características naturais do sítio urbano, como a presença de planícies de inundação, por exemplo.

À situação extrema de precipitação Tucci (1993) denomina precipitação máxima, na qual a duração, distribuição temporal e espacial é crítica para determinada área. Essa precipitação pode ocasionar a erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas e causar danos a obras hidráulicas. Desse modo, o estudo das precipitações máximas é importante para se conhecer a vazão de enchente de uma bacia.

Com relação às áreas urbanas, Landsberg (1981 apud GRILLO, BRINO, 1994) destaca vários fatores que podem contribuir para o aumento das precipitações, porém a combinação entre estes faz com que não possam ser totalmente explicados separadamente. Romero (2001,

p. 52) também ressalta a dificuldade de estabelecer as modificações que a precipitação sofre nas áreas urbanas, sugerindo que “a maior parte da informação disponível parece apoiar uma hipótese em relação ao incremento das precipitações no clima urbano, mas recomenda-se não generalizar antes de se suceder a um estudo mais detido sobre o particular”.

Nesse sentido, Landsberg (op cit) destaca três causas que contribuem para o aumento e modificação da precipitação na área urbana, tais como a ilha de calor, o efeito obstáculo e os produtos da poluição:

*Ilha de calor* – sua combinação direta com outras condições de tempo pode iniciar a precipitação.

*Efeito obstáculo* – ocorre pela desigualdade aerodinâmica da estrutura urbana, que impede o progresso dos sistemas de tempo. Portanto se esse sistema for produtor de chuva pode aumentar o volume de precipitação.

*Produtos da poluição* – contribuem como núcleos higroscópicos para a formação de nuvens e mudanças no tamanho da gota de chuva.

Tucci (2002) sugere que o aumento da temperatura nas cidades cria condições de movimentação de ar ascendente, o que pode gerar o aumento da precipitação. Essas precipitações, geralmente intensas e de curta duração, contribuem para agravar as enchentes urbanas.

Grillo, Brino (1994); Gonçalves (2003) ao consultarem a literatura referente à variação da precipitação em áreas urbanas em relação às rurais, verificaram que as pesquisas apontam para o aumento do volume da precipitação nas áreas urbanas. Esse aumento está relacionado à direção do vento, aumento da ocorrência de tempestades, maior frequência das precipitações, porém com volumes menores, aumento de dias com tempestades de granizo e diminuição da precipitação de neve nos centros das cidades.

Deve-se levar em conta, no entanto, que a natureza da alteração não é comum a todas as cidades, pois cada área urbana apresenta características próprias devido a sua localização geográfica, topografia, estrutura e condições climáticas (LANDSBERG, 1981 apud GRILLO, BRINO, 1994).

#### **1.4 As inundações em áreas urbanas**

O crescimento urbano nem sempre segue um planejamento adequado, o qual se reflete na drenagem, uma vez que a urbanização provoca uma modificação no ciclo hidrológico,

cujos efeitos influenciarão na infiltração e velocidade do escoamento superficial. O aumento da impermeabilização do solo pelas edificações e pavimentações, sem que haja um manejo eficiente das águas pluviais, leva ao aumento da frequência das inundações urbanas (BERTONI,1998; BELINASO, 2002).

O que se observa, desse modo, principalmente em cidades com crescimento acelerado e desordenado, é o aumento da frequência e magnitude das inundações, mesmo que o regime pluvial permaneça inalterado (SAYAGO; GUIDO, 1990). Tucci (2000) relata as alterações no ciclo hidrológico, por ocasião da urbanização, tais como a redução da infiltração no solo, aumento do escoamento superficial, redução do escoamento subterrâneo e da evapotranspiração (Quadro 4). Nesse sentido Cabral; Hurtado (1990) destacam que a ação antrópica, principalmente nas cidades provoca modificações, muitas vezes irreversíveis, no comportamento natural do escoamento superficial e subterrâneo (Quadro 5).

ELEMENTOS DO BALANÇO	PRÉ-URBANO (%)	URBANO (%)
Evapotranspiração	40	25
Escoamento superficial	10	43
Escoamento subterrâneo	50	32
Total do escoamento	60	75

Quadro 4 – Elementos do balanço hídrico em situação urbana e pré-urbana, em relação à precipitação total (%) em clima temperado.

Fonte: Organization for Economic Cooperation and Development, 1986 apud TUCCI, 2000.

Org.: SILVEIRA, R. D.

As inundações nas cidades brasileiras são consequência da falta de saneamento e urbanização desordenada, que teve desenvolvimento acelerado a partir da década de 70 (TUCCI, 1993). A partir desse fenômeno, a população menos favorecida passou a ocupar áreas desfavoráveis, aumentando o risco de inundações. Estas levam a desorganização da vida da população atingida, pois acarreta deterioração da qualidade de vida e danos materiais (SANTIS; MENDONÇA, 2000).

As inundações inserem-se na categoria de *desastre* ou *acidente natural*, definidos como manifestações da natureza (induzidas ou não) que acarretam em danos econômicos ou sociais. A repercussão dos fenômenos caracterizados como acidentes naturais depende da capacidade de cada sociedade absorver, amortizar ou evitar os efeitos negativos, ou seja, do seu grau de vulnerabilidade(CERRI, 1999; GONÇALVES, 2003). De acordo com a Organização das Nações Unidas apud Cerri (2000), a frequência dos acidentes naturais e ampliação de suas

consequências provêm da ação do homem, principalmente por suas formas de ocupação, bem como da concentração e adensamento dessa ocupação, o que leva a uma maior exposição a riscos.

<b>ACCION ANTROPICA</b>	<b>OBRAS REALIZADAS</b>	<b>MODIFICACIONES AL COMPORTAMIENTO NATURAL</b>
a) Asentamientos poblacionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- calles asfálticas</li> <li>- desagües pluviales</li> <li>- pozos ciegos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- evitan la infiltración.</li> <li>- desvían y concentran el escurrimiento natural.</li> <li>- al subir la freática pueden saturarse y contaminar los acuíferos.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- perforaciones para agua potable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pueden invertir el flujo natural subterráneo.</li> <li>- pueden bombear agua contaminada por los pozos ciegos.</li> </ul>
b) Vias de comunicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rutas, calles, caminos vecinales</li> <li>- terraplenes de rutas o vias de FFCC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ejercen control del escurrimiento superficial.</li> <li>- el agua puede encausarse y actuar como verdaderos canales.</li> <li>- si se orientan transversales al escurrimiento producen endicamiento y desvío.</li> <li>- también al subir el nivel puede desviarse un curso aguas arriba, y cambiar la dirección natural del escurrimiento.</li> </ul>
c) Obras de arte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- puentes y alcantarillas</li> <li>- defensas de poblaciones</li> <li>- canalizaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pueden modificar el escurrimiento natural si la luz no ha sido bien calculada.</li> <li>- cambian la dirección del escurrimiento superficial.</li> <li>- desvío del escurrimiento natural y concentración de caudales.</li> <li>- si no están impermeabilizados pueden funcionar como drenes de agua freática.</li> <li>- pueden inundar áreas vecinas.</li> </ul>

Quadro 5 – Alterações no escoamento superficial e subterrâneo pela ação antrópica.

Fonte: CABRAL; HURTADO, 1990.

Org.: SILVEIRA, R. D.

Infanti Júnior; Fornasari Filho (1998) definem a inundação como o extravasamento das águas de um curso d'água para as áreas marginais, quando a vazão é maior que a capacidade da calha. Para esses autores, a inundação normalmente está associada à enchente ou cheia, que seria o acréscimo na descarga por determinado período de tempo. Nesse sentido, afirmam que “as cheias referem-se às maiores vazões diárias ocorridas em cada ano, independente do fato de causarem ou não inundação” (INFANTI JUNIOR; FORNASARI FILHO, 1998, p.142)

Nessa mesma linha de raciocínio, Cerri (2000) diferencia enchentes, inundações e alagamentos. Para o autor as enchentes constituem-se na elevação do nível normal da água de um rio, sem que haja extravasamento para fora do canal principal. Já as inundações são um tipo particular de enchente, caracterizada pelo extravasamento da água para fora do canal principal do rio, atingindo áreas normalmente secas. Os alagamentos, por sua vez, não estão ligados às drenagens, sendo consequência da incapacidade de drenagem das águas da chuva, devido a uma topografia muito suave ou insuficiência dos sistemas de captação das águas pluviais.

Esses dois processos hidrológicos (enchentes e inundações) podem ser de dois tipos, para o autor:

*Enchentes e inundações regionais* – associadas a longos episódios de chuvas (dias até semanas), e que atingem extensas áreas (urbanas e rurais) com certo período de recorrência. Nesse tipo a área pode permanecer inundada por semanas.

*Enchentes e inundações localizadas* – associadas a chuvas de grandes intensidade e de curta duração (horas), afetando áreas urbanas de forma descontínua. A área permanece inundada por apenas algumas horas.

A planície de inundação, também denominada de leito maior ou várzea, é encontrada em rios de todas as grandezas e tem importante papel na regulação das cheias. Christofolletti (1980) a define como a faixa do vale fluvial que bordejia o curso d'água, constituída de sedimentos aluviais, que é inundada periodicamente pelo transbordamento do rio. Por isso, com a ocupação das várzeas, que são um grande depósito de água amortecedor das cheias, a tendência é que estas atinjam cotas mais elevadas (PASTORINO,1971).

A inundação é para Tucci (1993) resultado da precipitação intensa, quando a quantidade de água que chega simultaneamente no rio é superior à sua capacidade de drenagem. Os problemas ocasionados por este fenômeno irão depender do grau de ocupação da várzea pela população, bem como da frequência com que ocorrem essas inundações. Para Cabral; Jesus (1994), as enchentes são fenômenos naturais que podem acarretar nas inundações das várzeas, quando a vazão suplanta a capacidade de escoamento.

Para Jacobi (2004), as inundações são um problema ambiental significativo e resultam da impermeabilização excessiva do solo urbano e da falta de áreas verdes, o que aumenta permanentemente o escoamento e diminui o tempo de concentração das águas. Em consequência disso aumentam os pontos de inundações, principalmente na periferia, o que se repete várias vezes a cada ano e leva a perdas de patrimônio e aumento do risco de doenças.

Moretti (2004) destaca que o processo de urbanização afeta a qualidade e quantidade da água no meio urbano, dando origem a impactos como o aumento da vazão nos períodos de chuva, em decorrência da impermeabilização, redução da vazão dos cursos d'água nos períodos de estiagem e aumento da erosão e da quantidade de sedimentos presentes na água. Além disso, contribui para a presença de lixo diretamente nos cursos d'água ou carreado pelos sistemas de captação das águas pluviais e presença de esgotos, oriundos das redes de coleta e dos lançamentos irregulares nos sistemas de drenagem de águas pluviais.

Esses impactos resultam “ocorrência de enchentes que se manifestam mais freqüentemente e com maiores conseqüências” (MORETTI, 2004, p.215). Como solução surgem, conforme o autor, a retificação e a canalização, que só aparentemente resolvem o problema, pois a maior velocidade nesses trechos acaba ampliando os impactos nas áreas a jusante. O assoreamento, que está associado aos processos erosivos na bacia hidrográfica, também podem potencializar os riscos de inundações, como afirma Augusto Filho (2000), ao reduzir a capacidade de drenagem.

Tucci (1999, 2002) define dois processos como responsáveis pelas inundações de áreas urbanas, que podem ocorrer isoladamente ou de forma integrada:

*Inundações de áreas ribeirinhas* - ocorre quando a população ocupa o leito maior dos rios, que é inundado em média a cada dois anos. Esse tipo de inundação está associada a ocupação inadequada do espaço urbano devido a inexistência de Plano Diretor, invasão de áreas ribeirinhas pela população de baixa renda e ocupação de áreas que são atingidas com menor freqüência.

Os principais impactos desse tipo de inundação são perdas materiais e humanas, interrupção das atividades econômicas das áreas inundadas e doenças associadas a contaminação da água, como leptospirose e cólera.

*Inundações devido à urbanização* - corresponde ao aumento da freqüência e magnitude das enchentes, devido à ocupação do solo por superfícies impermeáveis e escoamento através de canais e condutos que aumentam a vazão máxima, aumento da produção de sedimentos (erosão e resíduos sólidos), deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Soma-se a esses fatores a forma desorganizada da infra-estrutura urbana, que pode produzir obstruções ao escoamento, tais como pontes, aterros e obras de drenagem inadequadas.

Botelho; Silva (2004) também consideram os sistemas de drenagem urbana, que são responsáveis pela condução das águas pluviais, muitas vezes ineficientes no controle da erosão, assoreamento e enchentes, devido ao subdimensionamento ou pela falta de investimentos na melhoria da rede.

Braga (1998) afirma que a importância dada aos projetos de recursos hídricos urbanos varia conforme o nível de desenvolvimento (Figura 6).

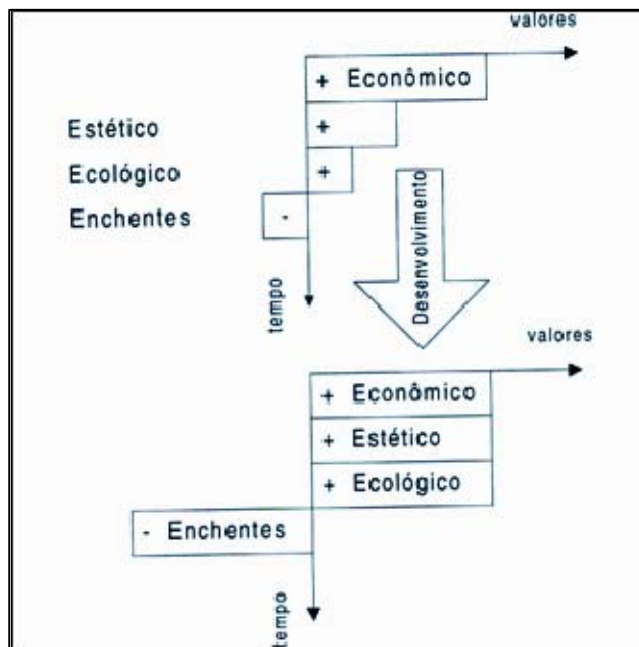


Figura 6 – Importância dos projetos relacionados a recursos hídricos em áreas urbanas conforme o nível de desenvolvimento.

Fonte: BRAGA, 1998.

Os problemas de drenagem urbana enfrentados pelos países em desenvolvimento são resultantes da rápida expansão urbana, baixo nível de conscientização da população, inexistência de planos a longo prazo e planos diretores, utilização precária de medidas não-estruturais e manutenção inadequada do sistema de controle das cheias.

Uma das iniciativas indispensáveis necessárias à previsão de enchentes em uma bacia hidrográfica, conforme salienta Botelho; Silva (2004), é o conhecimento das condições meteorológicas, principalmente quanto a distribuição da precipitação no tempo e no espaço. Nessa perspectiva, Braga (1998) define diferentes resoluções temporais e espaciais de dados pluviométricos que são importantes no controle da drenagem urbana (Figura 7).

Ao enfatizar as inundações em áreas ribeirinhas, Tucci (1999) classifica as medidas de controle de inundações em *estruturais*, que são obras de engenharia para reduzir o risco de enchentes; e *não-estruturais*, que são projetadas para uma proteção completa, porém economicamente inviável na maioria dos casos.

Dentre as medidas estruturais estão as *extensivas*, que agem na bacia, procurando modificar as relações entre a precipitação e a vazão, e as *intensivas*, que agem no canal com o propósito de acelerar, retardar ou desviar o escoamento. Por sua vez, as medidas não-



estruturais consistem na elevação das estruturas pré-existentes, regulamentação da ocupação da área de inundação por cercamento, regulamentação do loteamento, compra de áreas inundáveis, seguro de inundação, previsão de cheia e plano de evacuação.

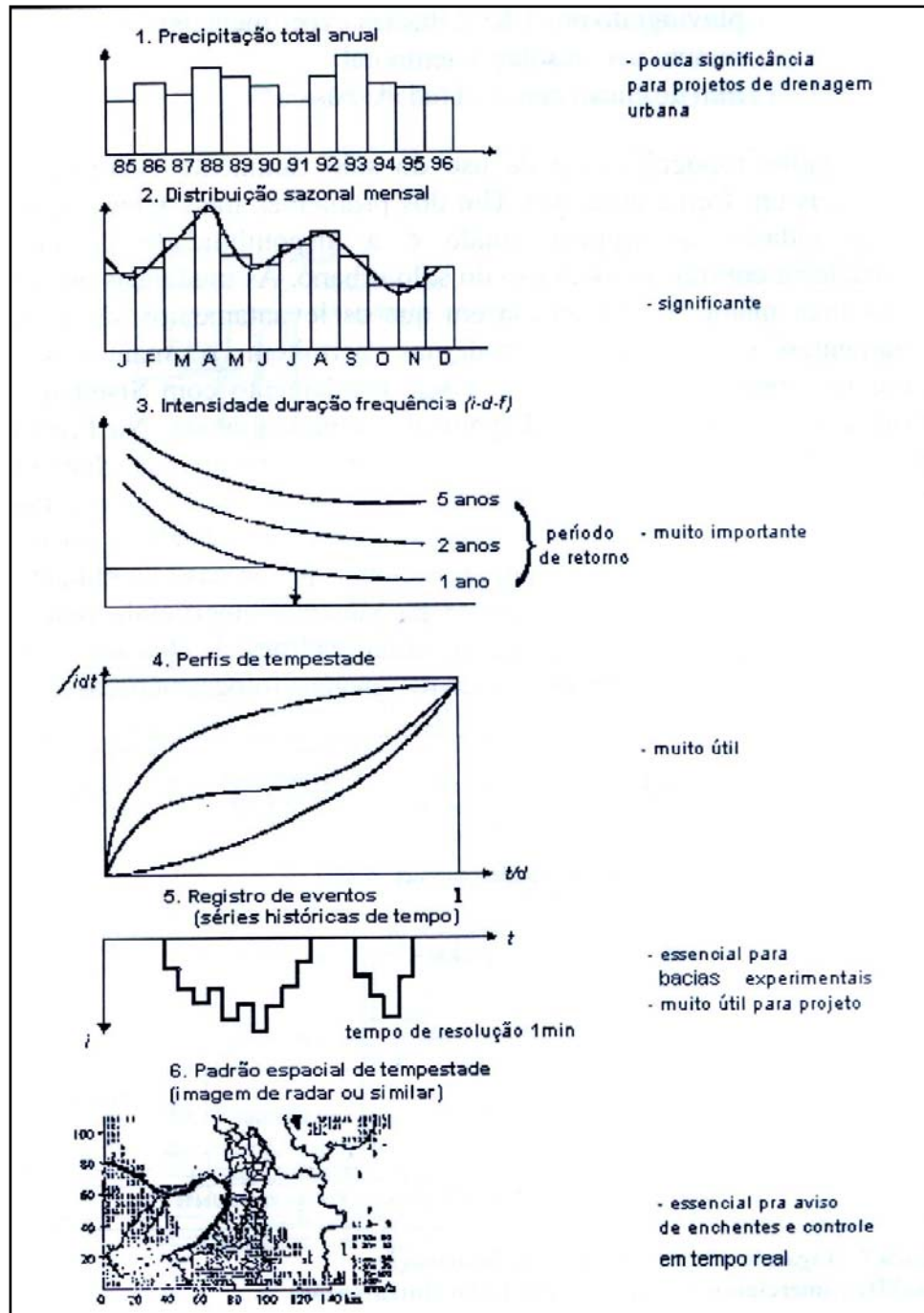


Figura 7 - Dados pluviométricos de interesse para o controle da drenagem urbana.  
Fonte: BRAGA, 1998.

No caso de inundações devido à urbanização, as medidas tomadas devem abranger toda a bacia, tais como: distribuição na fonte, na microdrenagem (em cada loteamento) e na macrodrenagem (riachos urbanos).

Para Custódio (2002), tanto as medidas estruturais (obras) como as não-estruturais (ações) são necessárias, porém historicamente valorizam-se as obras, num excesso de fé nas técnicas como forma de resolução dos problemas. As soluções, sobretudo as estruturais, segundo a autora, devem levar em conta a dimensão natural em vez de importar modelos técnicos, além de compreender que cada cidade tem uma relação única com o seu sítio. Já as medidas não estruturais exigem que se leve em conta a percepção da população a respeito do problema e das responsabilidades por este, pois somente dessa forma os projetos de educação ambiental serão eficazes.

No Brasil o que predomina são apenas ações isoladas de controle da ocupação das áreas de risco de inundação, uma vez que não existe nenhum programa abrangente. Desse modo, o problema só vem à tona por ocasião de sua ocorrência, caindo no esquecimento após cada episódio. Isso se deve, de acordo com Tucci (1999), à falta de conhecimento sobre o controle das enchentes por parte dos planejadores urbanos; desorganização do poder público; desgaste político do administrador público ao propor medidas não-estruturais, já que a população espera obras hidráulicas; falta de educação da população no que se refere ao controle de enchentes.

Nesse sentido, a Agência Nacional das Águas (ANA) vem propondo algumas estratégias de prevenção de inundações como:

*Implantação de sistemas de alerta contra enchentes:* medida não-estrutural que busca a minimização de prejuízos causados por cheias nas bacias hidrográficas. Seu objetivo é prever eventos de chuva para avisar às populações, com antecedência, que desocupem áreas sujeitas a inundações. Nesse caso, a Defesa Civil deve ser acionada à executar o seu Plano de Emergência, que consiste em ações como avisar a população que é preciso evacuar áreas de risco, colocar caminhões à disposição para retirada de móveis e objetos de valor, encaminhar pessoas para abrigos e recolher alimentos e agasalhos.

*Programa de indução à gestão da água no meio urbano e controle de inundações:* apresenta dois objetivos fundamentais que são: levar os municípios a adotarem uma visão integrada da drenagem urbana e do controle de inundações, e incentivar as 'boas práticas' no gerenciamento do meio urbano, com a implantação de medidas não-estruturais e não de simples construção de obras de engenharia. A aplicação do Programa pretende ajudar os municípios a realizar um planejamento no meio urbano, desde a coleta de lixo, uma das

principais razões de entupimento das galerias e canais de drenagem, até a delimitação de áreas ao longo dos rios para uso público, como parques recreativos e esportivos, evitando ocupação desordenada das margens e permitindo que os rios possam extravasar por ocasião das chuvas intensas, e até mesmo incentivos para a realocação de pessoas situadas nas áreas de risco.

Monteiro (2003) define algumas estratégias a serem formuladas no sentido de evitar, ou pelo menos minimizar, as inundações nas áreas urbanas. Dentre estas, se destacam a racionalização do uso do solo, para que seja favorecido o escoamento areolar, reformulação da infraestrutura urbana referente à canalização de águas pluviais e regulação dos cursos d'água, não só nas áreas urbanizadas, como naquelas imediatamente próximas e convergentes para estas.

Daí a importância, conforme o autor citado, das áreas verdes, pois além de reconhecidas como focos de purificação do ar, constituem-se em válvulas regulares do escoamento, por permitirem a infiltração em meio à massa de edificações e ruas pavimentadas. Guerra, Cunha (1998) concordam com essa idéia, ao afirmarem que a cobertura vegetal tem o importante papel de interceptar parte da precipitação. Essa interceptação se dá através do armazenamento da água nas copas e daí perdida para a atmosfera pela evapotranspiração.

Segundo Carvalho (2002), é imprescindível uma nova urbanização que valorize as áreas de preservação permanente, principalmente ao longo dos sistemas fluviais, importantes para drenagem das águas pluviais e para a viabilização de outros usos urbanos mais intensivos no mesmo sítio, e até mesmo como elemento da paisagem e da estética do lugar urbano.

### **1.5 A circulação atmosférica regional do Rio Grande do Sul e seus atributos climáticos**

A compreensão da circulação atmosférica regional consiste, segundo Sartori (2003), em fator indispensável na definição da sucessão habitual dos tipos de tempo ou dos seus distúrbios de comportamento. Dessa forma, ao se focar o espaço urbano não se pode negligenciar as íntimas relações deste com o ambiente regional no qual se insere, pois o SCU “se projeta tanto em escala ascendente para um número infinito de integrações em sistemas superiores, quanto se fraciona, também infinitamente, em sistemas inferiores” (MONTEIRO, 2003, p.20).

Para Ribeiro (1993), o clima local (e suas subdivisões), apesar da influência dos fatores fisiográficos e antrópicos, articula-se com o clima regional. Essa articulação se dá no momento em que quem comanda a gênese e permanência dos estados atmosféricos nessa

escala (local) é a sucessão habitual dos sistemas atmosféricos, que se configuram numa escala regional.

A compreensão do clima do Rio Grande do Sul teve certo avanço graças aos trabalhos de Araújo (1930), Machado (1950), Prunes (1960) e Moreno (1961), no que se refere ao comportamento dos elementos climáticos e sua relação com a organização do espaço.

A classificação climática mais utilizada por estes autores, e ainda hoje a mais empregada, é a de Köppen (1948), que baseia-se na temperatura e precipitação, sendo que a maior parte do estado do Rio Grande do Sul insere-se no tipo *Cfa*:

C- clima temperado chuvoso e quente

f- nenhuma estação seca

a- verão quente, mês mais quente com temperatura média maior do que 22°C e mês mais frio com temperatura superior a 3°C.

De acordo com Nimer (1977), o Rio Grande do Sul enquadra-se no Clima Mesotérmico Brando, por sua posição em latitudes subtropicais, o que proporciona constantes invasões de massas frias de origem polar. Neste tipo de clima, conforme o autor, existe pelo menos 1 mês com temperatura média inferior a 15°C.

Dentre os fatores estáticos ou geográficos que contribuem na definição do clima do Estado, salientam-se o relevo, a altitude, a latitude, a maritimidade e continentalidade como responsáveis pela diferenciação, por exemplo, de temperatura (Araújo, 1930; Moreno, 1961). Porém, são os fatores de natureza dinâmica, responsáveis pela gênese dos estados de tempo, que definem o clima ao longo do ano no Rio Grande do Sul, através do mecanismo sazonal de atuação dos sistemas atmosféricos regionais (SARTORI, 2003).

Nimer (1977) define a Região Sul, onde insere-se o estado do RS, como uma unidade uniforme, no que se refere aos processos genéticos que atuam sobre as condições de tempo, e ao ritmo estacional de precipitação. Dessa forma, os fatores geográficos, representados, sobretudo pelo relevo, não criam interferências significativas àquelas impostas pelos fatores dinâmicos.

No que se refere aos sistemas de circulação atmosférica, vista sob um enfoque dinâmico destaca-se Monteiro (1963a), que procurou caracterizar o clima da Região Sul através da dinâmica da sucessão de tempo, preocupando-se com fatores genéticos na caracterização de tipos de tempo, estes regulados pela circulação atmosférica regional e fatores geográficos.

O autor caracteriza os centros de ação e as massas de ar que atuam na América do Sul, definindo a Região Sul como campo de ação das seguintes massas de ar: Massa Polar Atlântica (Pa), Massa Tropical Atlântica (Ta), Massa Tropical Continental (Tc) e Massa

Equatorial Continental (Ec), que em seus deslocamentos acabam originando três correntes perturbadas de relevância para o Sul do Brasil, que é, portanto, “regulada pelo choque que se verifica no encontro das massas de ar intertropicais e polares – a Frente Polar- circulação atmosférica das *ondas de calor do NW*, que em geral, precedem as *ondas de frio do sul*, entrosadas pelas *ondas reguladoras do leste-nordeste*”(MONTEIRO, 1963a, p.127).

Nessa perspectiva, Sartori (1979, 2000, 2003) contribuiu significativamente através de estudos rítmicos comparativos, em clima urbano e em percepção climática, dando ênfase à Região Central do Estado. Ao situá-lo numa zona climaticamente de transição, afirma a exposição deste à participação tanto dos sistemas atmosféricos extratropicais quanto dos intertropicais, embora os primeiros exerçam controle dos tipos de tempo.

Ainda, segundo a autora acima, os sistemas que controlam a Circulação Secundária Regional são a Massa Polar Atlântica (MPA), Massa Polar Velha (MPV) e Frente Polar Atlântica (FPA), com pequena participação da Massa Tropical Atlântica (MTA), Massa Tropical Atlântica Continentalizada (MTAc), Massa Tropical Continental (MTC), Frente Quente de Nordeste e as Instabilidades Tropicais (ITs).

Para Nimer (1977), dentre as correntes perturbadas definidas como descontinuidades onde os ventos ciclônicos tornam o tempo instável, as que têm importância direta no Sul do Brasil são aquelas de sul e de oeste (Figura 8). As Correntes Perturbadas de Sul são representadas pela invasão do Anticiclone Polar (AP), precedido de sua descontinuidade frontal (FP), atuantes durante o ano todo.

As Correntes Perturbadas de Oeste, por sua vez, representadas pelas Instabilidades Tropicais (ITs), atuam por, no máximo, dois dias consecutivos em qualquer época do ano, embora sejam mais frequentes no verão. Por serem “depressões barométricas induzidas em pequenas dorsais” (Nimer, 1977, p.41), são favorecidas pelo decréscimo de pressão proporcionados pelo aquecimento do continente.

Sua origem liga-se ao movimento da Frente Polar (FP); a medida que esta se desloca para o Equador, as ITs se deslocam para leste, trazendo chuvas convectivas, conhecidas como ‘chuvas de verão’. Difere-se das chuvas frontais, pois dura geralmente poucos minutos, podendo ser acompanhadas de granizo, trovoadas e fortes rajadas de vento, devido a intensa convecção.

As precipitações no Rio Grande do Sul, de acordo com Sartori (2003), são essencialmente de origem frontal. O controle dos tipos de tempo pelos sistemas de origem polar se faz sentir, segundo a autora, em cerca de 90% dos dias do ano: 39% dos dias sob controle da Massa Polar Atlântica (MPA), 31% sob domínio da Massa Polar Velha (MPV) e

20% dominados pela Frente Polar Atlântica (FPA) – em média em 1/5 dos dias do ano, ocorrendo, habitualmente, de 4 a 6 passagens frontais por mês no Estado. A precipitação anual varia de 1250mm (Planície Litorânea) a 2250mm (Serra do Nordeste), o que demonstra a influência do relevo na distribuição da pluviometria.

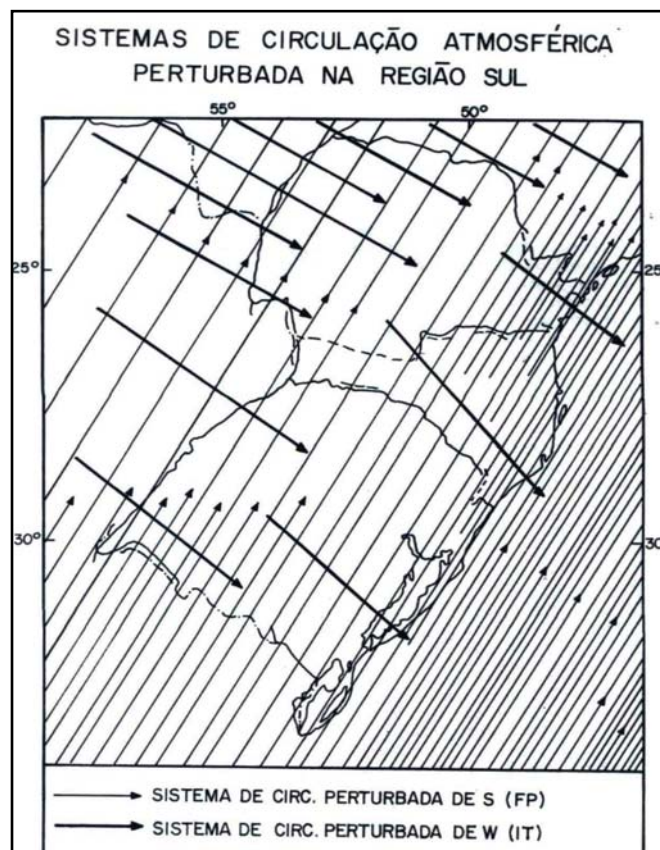


Figura 8 - Sistemas de correntes perturbadas atuantes no Sul do Brasil.  
Fonte: NIMER, 1977.

O fato das precipitações não serem estacionais faz com que seja praticamente impossível definir a época ou trimestre em que podem ocorrer concentrações máximas ou mínimas. Esses desvios positivos ou negativos estão condicionados, em qualquer época do ano, à estrutura da frente, à umidade absoluta da massa de ar dominante no momento da passagem da descontinuidade, bem como de sua velocidade. Não se exclui, entretanto, a possibilidade de se conhecer a tendência da variação pluviométrica durante o ano (NIMER, 1977).

Sartori (1993) analisou as variações pluviométricas e o regime das chuvas na Região Central do RS durante um segmento temporal de 78 anos. A autora utilizou-se de valores que vão desde 60mm a 150mm, para referir-se a meses secos até meses mais chuvosos e verificou

que nenhum mês registrou médias inferiores a 100mm. Como mais chuvosos (maior que 150mm) aparecem abril, junho e setembro e como chuvosos (100-150mm) caracterizam-se todos os demais meses, o que significa ausência de sazonalidade na distribuição mensal das chuvas.

Entretanto, foi possível determinar o trimestre menos chuvoso da série, representado pelos meses de outubro-novembro-dezembro. Como mais chuvosos aparecem os trimestres de janeiro-fevereiro-março e abril-maio-junho, embora o primeiro seja considerado o de maior variabilidade, por estar incluído também entre os menos chuvosos. O mês com mais baixo índice de precipitação da série analisada foi novembro, enquanto o mais alto foi junho. Apesar da distribuição sazonal comprovar que não há nenhuma estação mais ou menos chuvosa, o período de outono tem maior tendência a ser chuvoso.

Conforme a autora, a percepção popular de que o outono e inverno são as estações mais chuvosas não se confirmou. Assim, essa idéia deve-se ao fato do menor índice de insolação retardar o processo de evaporação, o que determina o excesso de água no solo. Também colaboram para isso altos índices de umidade e nebulosidade desse período, mesmo que as precipitações ocorram dentro dos padrões normais.

Por fim, o estudo permitiu a verificação de que não houve nenhuma mudança nos índices mensais ou anuais que evidenciasse algum aumento, decréscimo ou alterações na distribuição temporal das chuvas durante o período.

Nimer (op cit) argumenta que apesar de possuir baixos índices de variabilidade pluviométrica, o Estado apresenta anos com fortes desvios positivos, caracterizados por um maior número de invasões da frente polar. Em contrapartida, os anos de fortes desvios negativos leva à seca que pode durar até mais de três meses.

Ferigolo; Valmerate; Sartori (1987) analisaram a distribuição das chuvas no Rio Grande do Sul durante o período de junho de 1979 a maio de 1985, procurando identificar os tipos de tempo responsáveis pela ocorrência de secas ou enchentes. As autoras procuraram, ainda, determinar a variabilidade tempo-espacial das chuvas no Estado nesse período.

Através da análise das isoietas mensais verificou-se que no inverno as chuvas concentraram-se mais no Planalto, Serra do Sudeste e Depressão Central e na primavera estas alcançam maiores valores no Vale do Uruguai e Planalto. No outono, destacam-se a Depressão Central e Campanha, e no verão concentram-se no Litoral.

A análise sazonal permitiu ainda a constatação de que o período de maior volume de precipitações no Estado ocorreu de meados de outono a meados de primavera. Isso pode ser explicado, geneticamente, pela maior atividade frontal devido à fortificação tanto das massas

polares quanto das tropicais, nesse período. Já na análise anual encontrou-se o Planalto com os maiores volumes médios de chuva, enquanto a Campanha e o Litoral aparecem como os menores índices.

A partir dessas considerações as autoras selecionaram para análise alguns episódios representativos de secas (junho de 1979 e janeiro e fevereiro de 1980) e enchentes (abril e julho de 1983 e maio e junho de 1984). Nessa perspectiva, as causas das secas foram passagens frontais fracas e/ou rápidas e estacionamento das frentes polares no Sudeste do Brasil, o que deixa o Estado sob longo período de bom tempo, já que os centros de ação permanecem em equilíbrio. Por sua vez, as enchentes foram ocasionadas por frentes estacionárias ou semi-estacionárias sobre o RS, presença de frentes quentes resultantes do recuo das frentes polares, frentes oclusas (ciclogênese) e substituição de frente quente ou estacionária por nova frente polar.

Ao contrário das precipitações, as temperaturas apresentam significativa amplitude anual, determinada pelas alterações na entrada de radiação solar, de acordo com o ritmo das estações do ano (Sartori, 2003). O comportamento das temperaturas reflete o domínio dos sistemas atmosféricos, que, por sua vez, respondem aos processos de aquecimento e resfriamento do hemisfério.

Quanto à variação anual da temperatura, Araújo (1930) afirma que os meses de janeiro e fevereiro possuem as temperaturas mais altas do ano, já em março tem-se o início do declínio de temperatura, que se acentua em abril e adquire sua maior proporção em junho, julho e agosto. A partir do declínio máximo da temperatura, nos meses seguintes (setembro, outubro, novembro e dezembro) esta passa a crescer novamente, de forma gradativa.

Desse modo, no verão a temperatura média do mês mais quente (janeiro) é superior a 22°C na maior parte do Estado, devido ao superaquecimento das massas polares ou eventualmente relacionada ao domínio das massa tropicais. Na Depressão Central a temperatura máxima média é de 32°C.

As ondas de calor são comuns no verão, embora possam ocorrer em qualquer período do ano e caracterizam-se, de acordo com Sartori (2003), pela elevação das temperaturas acima de certos limites durante períodos de duração variável (3 a 7 dias consecutivos). Sua ocorrência está ligada ao domínio da MPV, MTAc ou MTC, efeito da continentalidade e fraca atividade dos Anticiclones Polares.

As temperaturas médias do mês mais frio (julho), ficam entre 10 e 15°C no Estado e entre 13°C e 15°C na Depressão Central, em resposta às constantes invasões polares (SARTORI, 2003). A persistente atuação dos sistemas polares favorecem a ocorrência de



geadas, principalmente nos meses de junho e julho (Machado, 1950), sendo que na Depressão Central o número médio de geadas normalmente é de 5 a 10 por ano. As baixas temperaturas podem caracterizar uma onda de frio, que tem duração de 3 a 9 dias, com maior frequência entre meados de outono e início de primavera, com destaque para o mês de julho (SARTORI, 2003).

A umidade relativa, que acompanha os valores de temperatura, permanece com altos índices durante o ano no Estado (70 a 85%), apesar de ser menor no verão e maior no inverno. Fenômenos climáticos como os nevoeiros são comuns nesse período, iniciando no outono (maio) até agosto, devido a condições térmicas e isobáricas favoráveis, associadas à maior umidade. Na região central do Rio Grande do Sul os nevoeiros mais comuns são os de radiação, frontal e pós-frontal (ALBRECHT; LOOSE; SARTORI, 1991).

A influência dos sistemas atmosféricos na direção do vento no Estado faz com que estes sejam predominantemente de SE, pela posição dos Anticiclones Polares, na maior parte do ano no Oceano Atlântico (SARTORI, 2003). Na Depressão Central, além de ventos de SE, predominam os de E, devido o condicionamento imposto pelo rebordo do Planalto. Pode-se dizer que no inverno e primavera tem maior frequência o vento E e no verão e outono, o vento SE.

De acordo com Araújo (1930), os ventos de W têm velocidade geralmente superior aos do quadrante S, porém têm duração mais curta que estes, que são mais duradouros e sopram de S e E, do oceano para o continente. Estes ventos de W, mais comumente de SW, é representado pelo Vento Minuano, frio e seco, e associado à trajetória continental da MPA, ao receber reforço da Massa Polar Pacífica, o que se limita ao período de inverno (ARAÚJO, 1930; MORENO, 1961; SARTORI, 2003).

Entre os ventos locais e/ou regionais do Estado, destaca-se o Vento Norte (quente), comum nas fases pré-frontais, e que pode adquirir grandes velocidades, especialmente em Santa Maria (MACHADO, 1950; SARTORI, 1981, 1993). O mesmo está associado ao domínio da MPV ou MTAc, principalmente entre outono e primavera, pela maior atividade dos anticiclones polares e tropicais.

A atuação dos sistemas atmosféricos sobre o Estado, segundo Sartori (2003), varia sazonalmente. Assim, no verão, há um maior destaque para a Massa Polar Velha (MPV), que domina em 45% dos dias dessa estação. Valida-se, desse modo, a consideração de que no verão a circulação secundária enfraquece, tornando-se os anticiclones menos intensos (MORENO, 1961).

Seguindo com Sartori (2003), a Frente Polar Atlântica (FPA) aparece em segundo lugar em número de dias sob seu domínio (20%), podendo provocar precipitações caracterizadas por ‘aguaceiros’, que em pouco tempo produzem precipitação igual ou superior a uma semana de chuva no inverno (MORENO, 1961). A Massa Polar Atlântica (MPA) domina o Estado por apenas um ou dois dias consecutivos (19%), entrando rapidamente em processo de tropicalização.

Os sistemas intertropicais nessa época, representados pela Massa Tropical Atlântica (MTA), Massa Tropical Atlântica Continentalizada (MTAc) e Massa Tropical Continental (MTC) dominam em 5% dos dias cada, sendo a época de maior domínio da MTC em relação ao inverno.

As perturbações atmosféricas de origem intertropical, como as ITs, atuam de 5 a 7%, provocando chuvas fortes e rápidas, tempestades e precipitações de granizo localizadas, em razão das nuvens cúmulo-nimbus (Cb) de grande desenvolvimento vertical, geradas por convecção térmica resultante do intenso aquecimento do interior do continente nessa época.

No outono, a frequência de atuação da MPA aumenta (45%), acompanhando a intensificação do Anticiclone Polar Atlântico (APA) e a gradativa diminuição da insolação. Por esse motivo a MPV reduz sua participação e atua em 30% dos dias. A FPA mantém sua participação em torno de 20% e os Sistemas Intertropicais, representados pela MTA, MTAc, MTC e Correntes Perturbadas (Frente Quente, ITs e Calhas Induzidas) atuam apenas de 1 a 6%.

Já no inverno, os sistemas atmosféricos de origem polar intensificam-se ainda mais e tornam-se mais duradouros (Araújo, 1930). Dessa forma, conforme Sartori (2003), acentua-se a atuação da MPA (60%), que permanece por até oito dias consecutivos, ao contrário da MPV, que domina em apenas 11% dos dias, e por, no máximo, dois dias consecutivos.

A FPA tem maior participação em relação ao período de verão (22%) devido ao aumento de frentes estacionárias, o que provoca um maior número de dias de precipitação (Araújo, 1930). A posição latitudinal da FPA durante o inverno, segundo Monteiro (1969, p.60), “(...) estaria provavelmente nos limites do Rio Grande e Santa Catarina(...)”.

Porém, há situações de inverno em que a participação polar é maior, com a FPA posicionada em menores latitudes, ou, ao contrário, a participação dos sistemas intertropicais, pode ser aumentada pela relativa fraqueza da atividade polar, e por consequência a frente será posicionada em latitudes maiores (em torno do Prata). Nesses casos é que as situações são consideradas extremas ou excepcionais. A MTA tem frequência de 6% no inverno, enquanto a

MTC, ao contrário do verão, reduz quase que totalmente sua participação, bem como as ITs (3%).

A atuação dos sistemas atmosféricos na primavera é semelhante ao verão, pois caracteriza-se pela liderança da MPV, que domina de 1 a 6 dias (45%). A MPA tem reduzida participação, graças ao progressivo aquecimento do hemisfério (30%) e a FPA volta a atuar em 20% dos dias. A MTC aumenta sua participação em relação ao outono e inverno, embora tenha pouca duração (1 dia). Já a MTA, as ITs e as Calhas Induzidas não aumentam sua frequência.

A característica do deslocamento da FPA varia sazonalmente, como constatou Monteiro (1969), que diferenciou o deslocamento da FPA durante o inverno e o verão (Figura 9). Além disso, o autor classificou as invasões polares no Brasil, durante o inverno, em seis tipos, que vai das condições máximas até nulas de abastecimento de ar frio e enfatizou que nem sempre há correspondência entre os graus de resfriamento e pluviosidade. Os tipos de invasões dos anticiclones polares são:

*Contínuo*- passagens rápidas e formação de um anticiclone com centro barométrico geralmente superior a 1036 mb, que progride rapidamente, muitas vezes com rota continental (pelo interior), podendo chegar à Amazônia. Esse tipo de invasão é relativamente raro e não ocorre mais do que uma ou duas vezes no mesmo inverno. O Sul do Brasil, nesse tipo de invasão, permanece sob forte onda de frio.

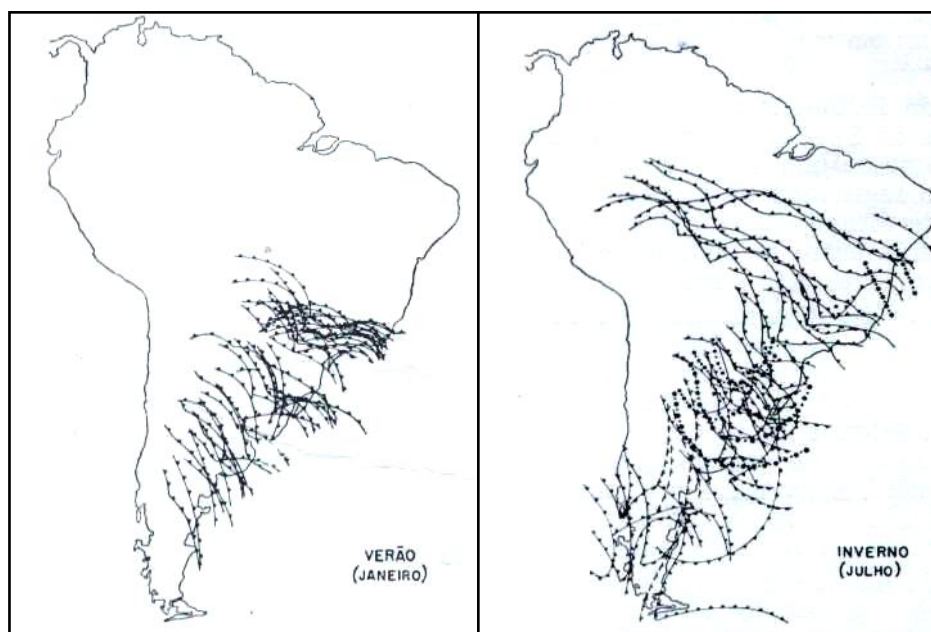


Figura 9 - Posição da Frente Polar durante o inverno e o verão na América do Sul.  
Fonte: MONTEIRO, 1963.

*Dominante*- o abastecimento de ar polar é menos significativo, porém, o anticiclone tem pressão suficiente para gerar uma frente de rápido deslocamento, que atinge ainda o interior, até pelo menos o norte de Mato Grosso. Nessa invasão as maiores perturbações do tempo ocorrem no litoral, à altura do trópico, enquanto no sul, após as chuvas frontais, o resfriamento é o elemento de destaque.

*Alternado*- quando há um certo equilíbrio de forças entre o Anticiclone Polar Atlântico (APA) e o Anticiclone Tropical Atlântico (ATA), embora a invasão polar possa atingir latitudes baixas, porém, sem domínio prolongado, e com tendência à tropicalização. As frentes sofrem amplas ondulações (geração de ciclones frontais).

*Interrompido*- o APA apresenta-se não muito poderoso, podendo o ATA causar o recuo da frente, gerando oclusões e estacionamento desta entre SC e RS, que recebem o máximo das perturbações e pluviosidade.

*Fraco*- os anticiclones polares são incipientes, com valores barométricos iguais ou até inferiores ao do ATA. Conseqüentemente, seus avanços não chegam até o Trópico e tendem ao recuo (frente quente). Nesse caso, as ondulações no eixo da Frente Polar são amplas e lentas, o que contribui à penetração do anticiclone para o interior e a canalização do ar frio pelo litoral.

*Nulo*- quando os anticiclones polares não avançam sobre o Brasil, pela carência de acúmulo de ar, causando, assim, um abaixamento das pressões e domínio do ATA.

Com base nos sistemas produtores de tempo, Sartori (1979) definiu, mais especificamente para a Região Central do Rio Grande do Sul, 15 tipos de tempo. Dentre eles os Tempos Anticlonais Polares são representados por Tempo Anticiclônico Polar Típico, Tempo Anticiclônico Polar Marítimo, Tempo Anticiclônico Polar Continental, Tempo Anticiclônico Polar Pós-Frontal, Tempo Anticiclônico Polar em Tropicalização e Tempo Anticlonal Aquecido. Os Tempos Associados a Sistemas Intertropicais são o Tempo Anticiclônico Tropical Marítimo, Tempo Anticiclônico Tropical Continentalizado e o Tempo Depressionário Continental. Já os Tempos Associados às Correntes Perturbadas são o Tempo Frontal de Sudoeste de Atuação Moderada, Tempo Frontal de Sudoeste de Fraca Atuação, Tempo Frontal Estacionário, Tempo Frontal de Nordeste, Tempo Frontal Ciclônico de Atuação Direta e Tempo Frontal de Atuação Indireta.

De acordo com a sucessão dos tipos de tempo, Sartori (1979) elaborou três modelos de sucessão típica no inverno do Rio Grande do Sul, divididas em fases. A cadeia de tipos de tempo mais freqüente e considerada pela autora como a ideal para as necessidades hídricas, térmicas e de insolação para as culturas, especialmente de inverno no Estado, é composta de 4

fases: Pré-Frontal, Frontal, Domínio Polar e Transicional, o que também é válido para as demais estações do ano. Ocorre quando o fluxo polar é contínuo ou dominante.

Os outros dois modelos representativos das sucessões dos estados de tempo no Estado, identificados por Sartori (1993), são também comuns, mas considerados, ao contrário da primeira seqüência, insuficiente para atender as necessidades hídricas, térmicas e de insolação, principalmente das culturas. O primeiro é composto de 6 fases: Pré-Frontal, Frontal para Pós Frontal, Frontal de Nordeste para Pré-Frontal, Frontal Estacionária ou Semi-Estacionária, Domínio Polar e Transicional, que acontece quando os fluxos polares são do tipo alternado ou interrompido. O segundo compõe-se de três fases: Pré-Frontal, Frontal e Domínio Polar Transicional, que ocorre quando os fluxos polares apresentam-se fracos ou nulos.

A circulação atmosférica do Estado é significativamente alterada por ocasião dos fenômenos El Niño e La Niña, principalmente no que se refere ao regime pluvial. O El Niño Oscilação Sul (ENOS), fenômeno de grande escala que ocorre no Pacífico tropical, consiste numa variação irregular das condições normais na relação oceano-atmosfera. Essa variação apresenta 2 extremos, o El Niño (fase quente) e a La Niña (fase fria), que provocam modificações na circulação atmosférica em nível regional e global.

De acordo com Berlato; Fontana (2003), no Brasil os efeitos desse fenômeno variam de acordo com a Região, embora os elementos mais afetados sejam sempre a temperatura e a precipitação. A Região Sul, sob influência do El Niño apresenta abundantes precipitações, concentradas na primavera do ano de início do fenômeno e entre o final do outono e início do inverno do ano seguinte. Isso acontece devido ao bloqueio atmosférico na circulação superior, o que retarda o avanço dos sistemas frontais e resulta no estacionamento das frentes frias no Sul do país.

O fenômeno La Niña, por sua vez, contribui para que na Região Sul as passagens frontais sejam rápidas, o que leva a diminuição da precipitação pluvial, especialmente na primavera e início de verão. Além disso, as temperaturas tendem a permanecer abaixo da média na primavera.

Pode-se afirmar que no Rio Grande do Sul os efeitos do El Niño/La Niña resumem-se na relação quente-úmido e frio-seco, respectivamente. Não somente os totais pluviométricos como também a distribuição das chuvas é afetada, uma vez que durante o El Niño há um incremento no número de dias com precipitação, enquanto na La Niña há redução, principalmente na primavera e início de verão. O mês de novembro é o mais afetado por esses

fenômenos e quanto à distribuição espacial, a Região Noroeste do Estado é a mais atingida (Figura 10).

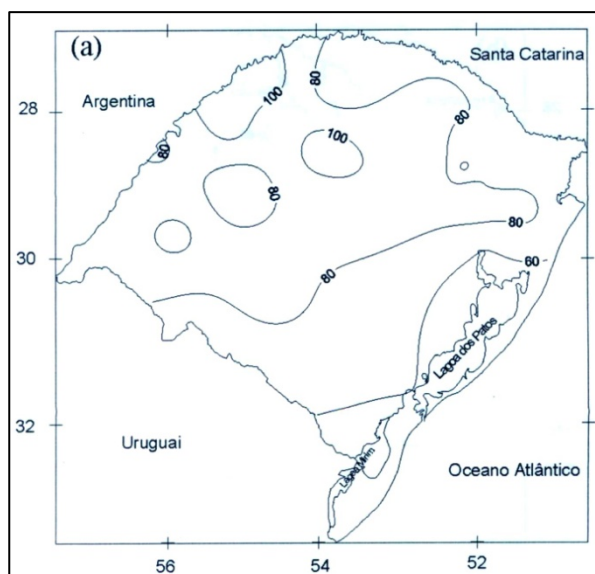


Figura 10 – Aumento da precipitação no Estado entre os meses de outubro a dezembro sob influência do El Niño entre 1914-1998.

Fonte: PUCHALSKI et al, 2001 apud BERLATO; FONTANA ,2003

## **2. METODOLOGIA**

As etapas previstas para o desenvolvimento do trabalho baseiam-se em Monteiro (1976), quando este propõe o Sistema Clima Urbano (SCU), mais especificamente ao terceiro Canal de Percepção do Clima Urbano (Figura 5), que corresponde ao Impacto Meteórico. Concomitantemente, utilizou-se a metodologia proposta por Mendonça (1994) no estudo do clima urbano de cidades de porte médio e pequeno.

A primeira etapa consistiu na definição do tema e objetivos do trabalho, bem como da justificativa para a escolha deste tema. Em seguida, partiu-se para a fundamentação teórica referente a temática, onde a discussão voltou-se, num primeiro momento, para a urbanização e a questão ambiental.

O clima urbano, neste contexto, pode contribuir significativamente, e sob essa ótica optou-se pelo canal do Impacto Meteórico, por ser este de maior interesse e prioridade ao planejamento do espaço urbano de São Sepé. Ainda relacionado ao Impacto Meteórico, procurou-se por autores que discorrem sobre a precipitação e as inundações, não apenas na área da ciência geográfica, como também em outras áreas de pesquisa como a Engenharia e a Geologia.

A respeito do termo inundação, a tentativa foi de resgatar sua correta definição, além de diferenciá-la de outros termos que, equivocadamente, são, muitas vezes, considerados sinônimos, tais como enchente e alagamento. Revisou-se, também, acerca das causas, conseqüências e medidas necessárias para evitar e atenuar os efeitos das inundações, conforme diferentes autores.

Partindo-se da afirmação de que o estudo de clima urbano, em qualquer dos seus subsistemas, necessita da compreensão da circulação atmosférica regional, procurou-se caracterizar a circulação atmosférica do Rio Grande do Sul e seus atributos climáticos básicos.

Na segunda etapa fez-se o reconhecimento do espaço urbano, uma vez que o sítio sobre o qual está assentada a cidade é algo peculiar, por sua capacidade de produzir repercussões nas esferas lito-biológicas e na atmosfera. Desse modo, é indispensável a elaboração de documentos cartográficos que permitam caracterizar a morfologia e a função urbana (MONTEIRO,1990).

Esses documentos, conforme Monteiro (1990) devem abranger não apenas o espaço urbano mas também seu entorno, para que sejam articuladas as relações do urbano com o

suburbano e o rural. Desse modo, auxiliarão também na análise da atmosfera regional e identificação dos condicionantes básicos para a formação do clima urbano, como salienta Mendonça (1994).

A partir da análise integrada de cartas temáticas o ambiente urbano pode ser setorizado, o que possibilita a identificação de elementos componentes da cidade responsáveis pela formação do clima urbano, ou no caso da presente pesquisa, dos condicionantes à ocorrência de inundações. É a partir da setorização, complementada por trabalho de campo, que se deve definir os pontos para o levantamento dos dados meteorológicos, no caso a precipitação.

O embasamento cartográfico elaborado para a caracterização do sítio urbano de São Sepé (aspectos geoecológicos) e suas derivações (aspectos geourbanos) foi composto de 5 cartas: carta geomorfológica, de declividade, orientação de vertentes, uso da terra. As quatro primeiras abrangeram o espaço urbano e seu entorno, não apenas pela importância da inserção do ambiente urbano no espaço local/regional, como também pela falta de documentos cartográficos de escala maior, que servissem de base mais precisa. A apresentação final destes documentos tem escala aproximada de 1:80000.

Para a elaboração destes documentos cartográficos utilizou-se o software SPRING 4.0, composto também pelo programa IMPIMA 4.0, SCARTA 4.0 e IPLOT 4.0. Para a apresentação final utilizou-se o programa Corel Draw 10. O quinto documento refere-se à carta de uso do solo urbano, numa escala maior, com o objetivo principal de ressaltar a função urbana, digitalizado no programa Corel Draw 10.

## **2.1 Carta Geomorfológica segundo a Hipsometria**

Esse documento teve como base a carta topográfica de São Sepé, de escala 1:50000 e índice de nomenclatura SH-22-Y-A-I-2 e MI 2982/2, elaborada pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro. O Mapa Geológico da região de São Sepé elaborado por Sartori (1978), na escala 1:100000, também serviu de base para a carta geomorfológica. A delimitação da área desta e das outras três cartas (de declividades, orientação de vertentes e uso da terra) corresponde às quadrículas das coordenadas UTM, cujos limites vão de 664000 a 665600 S e 248000 a 256000 W do Fuso 22. A partir dessa delimitação, foi possível situar o espaço urbano na compartimentação geomorfológica sub-regional. A carta geomorfológica foi



elaborada em meio analógico, escaneizada e posteriormente digitalizada no programa SPRING 4.0.

Foram definidos 2 compartimentos geomorfológicos, com base nos limites das curvas de nível, sendo que o compartimento das colinas ou coxilhas foi subdividido em outros dois, a saber:

Planície Aluvial – delimitada pela curva de 60 m e representada pela cor verde.

Colinas ou Coxilhas – compreende o intervalo entre a curva de 60m até altitudes superiores a 120 m e subdivide-se em:

Transicional – intervalo entre 60 e 120m, de cor amarela.

Topo das Coxilhas – compreende altitudes superiores a 120m, de cor laranja.

## **2.2 Carta de Declividades**

A base para a elaboração deste documento foi a carta topográfica de São Sepé, na escala 1:50000, conforme descrição anterior, cuja delimitação coincide com a da carta geomorfológica. Sua importância para este trabalho está ligada à possibilidade de se verificar a influência na relação escoamento-infiltração, que depende da declividade do terreno. O intervalo de classes utilizado baseou-se em De Biasi (1992):

Até 5% - considerado ideal para o uso urbano e industrial, na carta aparece em amarelo claro.

5-12% - limite máximo ideal para o emprego da mecanização na agricultura, representado pela cor amarelo-escuro.

12-30% - limite máximo permitido pela legislação para urbanização sem restrições, aparece na cor laranja na carta.

Acima de 30% - limite máximo permitido pelo Código Florestal para o corte raso, a partir do qual só é permitida a exploração se sustentada por cobertura florestal, representada pela cor vermelha.

## **2.3 Carta de Orientação de Vertentes**

A orientação das vertentes é elemento condicionante à incidência da energia solar, devido à movimentação aparente do sol e tem a capacidade de interferir nas precipitações

pluviais. Por isso assume importância na formação de topo e microclimas ao influenciar no sombreamento e insolação, conforto térmico, circulação do ar e volume de chuvas. No que se refere ao escoamento superficial é elemento importante ao definir a direção do fluxo d'água da chuva.

A elaboração da carta de orientação de vertentes baseou-se também na carta topográfica de São Sepé e sua abrangência corresponde à área das cartas já citadas. As 8 faces de orientação, conforme proposta de De Biasi (1977) foram representadas através de cores:

- Norte – vermelho
- Nordeste – amarelo-escuro
- Leste – amarelo claro
- Sudeste – verde-claro
- Sul – roxo
- Sudoeste – verde-escuro
- Oeste – lilás
- Noroeste – laranja

## **2.4 Carta de Uso da Terra**

Essa carta foi elaborada a partir da imagem de satélite LANDSAT 7, órbita-ponto 222/81, resolução 30m, datada de 24/08/1999. Corresponde a mesma área abrangida pelas cartas anteriores. A partir desse documento foi possível verificar os diferentes usos da terra no entorno urbano, o que influencia no albedo da superfície, no escoamento superficial e infiltração. Os diferentes usos foram classificados da seguinte forma:

- Floresta – verde
- Campo – amarelo
- Agricultura – laranja
- Solo exposto – vermelho
- Área urbana- lilás
- Lâmina d'água - azul

## **2.5 Carta-esboço do uso do solo urbano**

A carta de uso do solo urbano, de acordo com Mendonça (1994) é imprescindível a qualquer estudo de clima urbano, pois possibilita identificar os elementos responsáveis pela formação do clima urbano. Por isso, deve conter pelo menos a estruturação urbana, disposição horizontal e vertical das edificações, identificação de áreas verdes, asfaltamento e superfícies líquidas.

Devido à dificuldade de se obter imagem de satélite ou fotografia aérea de escala adequada para identificar detalhadamente o uso do solo urbano de São Sepé, elaborou-se um esboço, ou seja, sem a exigida precisão cartográfica, baseada na carta de uso da terra (descrita anteriormente), na carta de zoneamento do uso do solo de São Sepé (1982), de escala 1:12500, e no mapa turístico e comercial da área urbana (2005) de escala 1:5200. A escala da apresentação final da carta é de aproximadamente 1:15600.

Para atender aos objetivos propostos, não se considerou a zona urbana conforme a delimitação dada pela Lei do Perímetro Urbano e sim a malha urbana contínua, que tem maior possibilidade de influenciar no escoamento e infiltração. Desse modo, alguns núcleos urbanos descontínuos foram desconsiderados. Os dados levantados foram atualizados através de trabalho de campo. Os usos predominantes identificados na carta foram identificados por cores:

Uso comercial – rosa escuro

Uso misto (residencial e comercial) – amarelo

Uso residencial – rosa claro

Uso industrial – cinza

Área verde – verde claro

A terceira etapa consistiu na confecção e instalação dos pluviômetros, pois de acordo com Monteiro (2003), a pesquisa de aspectos do clima da cidade exige uma observação meteorológica específica, que revele o que a observação padronizada procura evitar. Nesse sentido, Mendonça (2003) destaca que além da utilização de dados meteorológicos oficiais, a distribuição de pontos dentro da cidade vem sendo amplamente utilizada no Brasil, cuja coleta é feita, na maioria das vezes, de acordo com os horários estabelecidos pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM).

Para analisar a distribuição têmporo-espacial da precipitação na área urbana de São Sepé, bem como sua variação sazonal, optou-se pela instalação de pluviômetros, como sugere Azevedo (2001, p.155) quando diz que “a investigação dos impactos da precipitação sobre as áreas urbanas implica numa abordagem de sua distribuição com detalhamento espacial e temporal específico”. Esse nível de detalhamento necessário justifica-se pelo fato de que as

redes pluviométricas existentes são inadequadas quando se tem a cidade como objeto de estudo, por terem escalas de generalização muito grandes.

A rede pluviométrica, composta por 4 pluviômetros, foi confeccionada de forma artesanal (Fotografia 1), concordando com Raquel et al (2003) que observa a correlação existente entre pluviômetros padrão e pluviômetros de menos custo. Para a confecção dos mesmos baseou-se na metodologia sugerida por Collischonn (2002) e Machado et al (2004), com algumas adaptações.



Fotografia 1 – Modelo de pluviômetro instalado na área urbana de São Sepé

Fonte: Trabalho de campo, 2006.

#### *Material utilizado:*

Garrafa PET com mesmo raio do gargalo até as proximidades da base.

Base de garrafas PET para suporte (cortadas próximo a linha que liga o cilindro a base).

Estacas de madeira com 1,8 m cada (devem ficar a 1,5 m do solo).

Pedaços de madeira com 12 cm de comprimento.

Arame.

Fita crepe e fita adesiva transparente.

Régua.

Caneta para retro-projetor.

*Procedimentos:*

1) Cortar a garrafas PET próximo ao gargalo para fazer uma espécie de funil. Este ficará encaixado na garrafa e pode ser removido após cada coleta (para retirar o excesso de água).

2) Colar um pedaço de fita crepe em todo o comprimento da garrafa, com graduação em milímetros feita com a ajuda da régua e caneta ou pode-se graduar diretamente na garrafa. Para atenuar o contato com a umidade sobrepor a fita adesiva transparente à numeração. O valor zero deve ficar em cima da linha de base.

3) Pregar 2 pedaços de madeira na estaca, embaixo da base da garrafa, para dar maior sustentação.

4) Fazer uma espécie de “anel” de arame em torno da parte superior do pluviômetro, com diâmetro tal que permita a remoção do mesmo para retirada da água após a coleta.

5) Manter o nível de água sempre na linha de base do pluviômetro, que serve como ponto zero nas medidas, pelo fato do fundo da garrafa não ser liso e com isso prejudicar a leitura correta. Depois de cada coleta tira-se o excesso e em dias com alta evaporação deve-se repor a quantidade evaporada.

O milímetro foi utilizado como unidade de medida para a leitura da precipitação, que de acordo com Azevedo (2001, p.156) “é a altura de uma coluna de água ideal sobre a área que está sendo amostrada, cujo volume é equivalente ao volume de água precipitado”.

A altura pluviométrica é definida por Tucci (1993, p.181) como “a espessura média da lâmina de água precipitada que recobriria a região atingida pela precipitação, admitindo-se que essa água não se infiltrasse, não se evaporasse, nem se escoasse para fora dos limites da região”. O autor considera o milímetro como unidade de medida habitual, definido como a quantidade de precipitação que corresponde ao volume de 1 litro por m<sup>2</sup> da superfície.

No que se refere à distribuição dos pluviômetros em áreas urbanas, autores como Zatlé-Podani, Schilling e Mutzner (1991 apud AZEVEDO, 2001) consideram como densidade ideal um pluviômetro por km<sup>2</sup>, argumentando que: o adensamento das atividades humanas e o uso do solo modificam a baixa atmosfera, havendo maior concentração de núcleos de condensação, rugosidade na superfície e evidências de temperatura maior que seu entorno; deve haver um incremento na frequência e intensidade das chuvas convectivas que não pode ser testada pela baixa densidade da amostragem; se as modificações na baixa atmosfera, pela

presença das cidades forem realmente significativas, conforme elas crescem as interferências devem ser cada vez maiores.

A partir desses argumentos, ao se considerar o porte da cidade em estudo, optou-se por um total de quatro pluviômetros distribuídos pela área urbana (Figura 11).

PONTO 1: Setor Noroeste - Rua Augusto César Pires Mota, nº 2060 – Bairro Lôndero

PONTO 2: Setor Leste – Rua João Tomás Soares Leal, nº 90 - Bairro Santo Antônio

PONTO 3: Setor Central – Rua Percival Brenner nº 1316 - Centro

PONTO 4: Setor Sul – Rua Cícero Brenner nº 1284 – Bairro Izolanda

A instalação foi feita com o cuidado de se deixar ao menos o raio equivalente a altura do pluviômetro sem obstáculos, uma vez que, de acordo com Ayoade (1986), o volume de chuva captado em determinado local vai depender de vários fatores, tais como a altura do pluviômetro do solo, a velocidade do vento e a taxa de evaporação. Portanto, o pluviômetro deve estar bem situado, longe de obstáculos como árvores e paredes que poderão influenciar no volume captado.

A coleta dos dados do pluviômetro foi realizada sazonalmente, no período de 1 ano (2005-2006), escolhendo-se o mês mais representativo de cada estação do ano como amostra:

Primavera – outubro de 2005

Verão – janeiro de 2006

Outono – abril de 2006

Inverno – julho de 2006

Os horários de coleta nos quatro meses de observação atendem aos recomendados pela OMM, ou seja, 9 horas, 15 horas e 21 horas (hora local). Nos meses de outubro e janeiro em função do horário de verão as coletas passaram a ser feitas às 10 horas, 16 horas e 22 horas.

Devido a irregularidade da coleta em certos meses em alguns pontos, os dados correspondentes deixaram de ser considerados. No mês de outubro de 2005 foram considerados os dados obtidos nos 4 pontos de coleta, já nos meses de janeiro e abril de 2006 o Ponto 1 deixou de ser utilizado, pois notou-se certa irregularidade na coleta por parte do observador encarregado. No mês de julho observou-se também grande discrepância entre os registros, por isso optou-se por considerar apenas o Ponto 4 como referência, pois apresentou maior precisão na coleta.

A coleta e análise dos dados meteorológicos e das notícias da imprensa local correspondem à quarta etapa do trabalho.

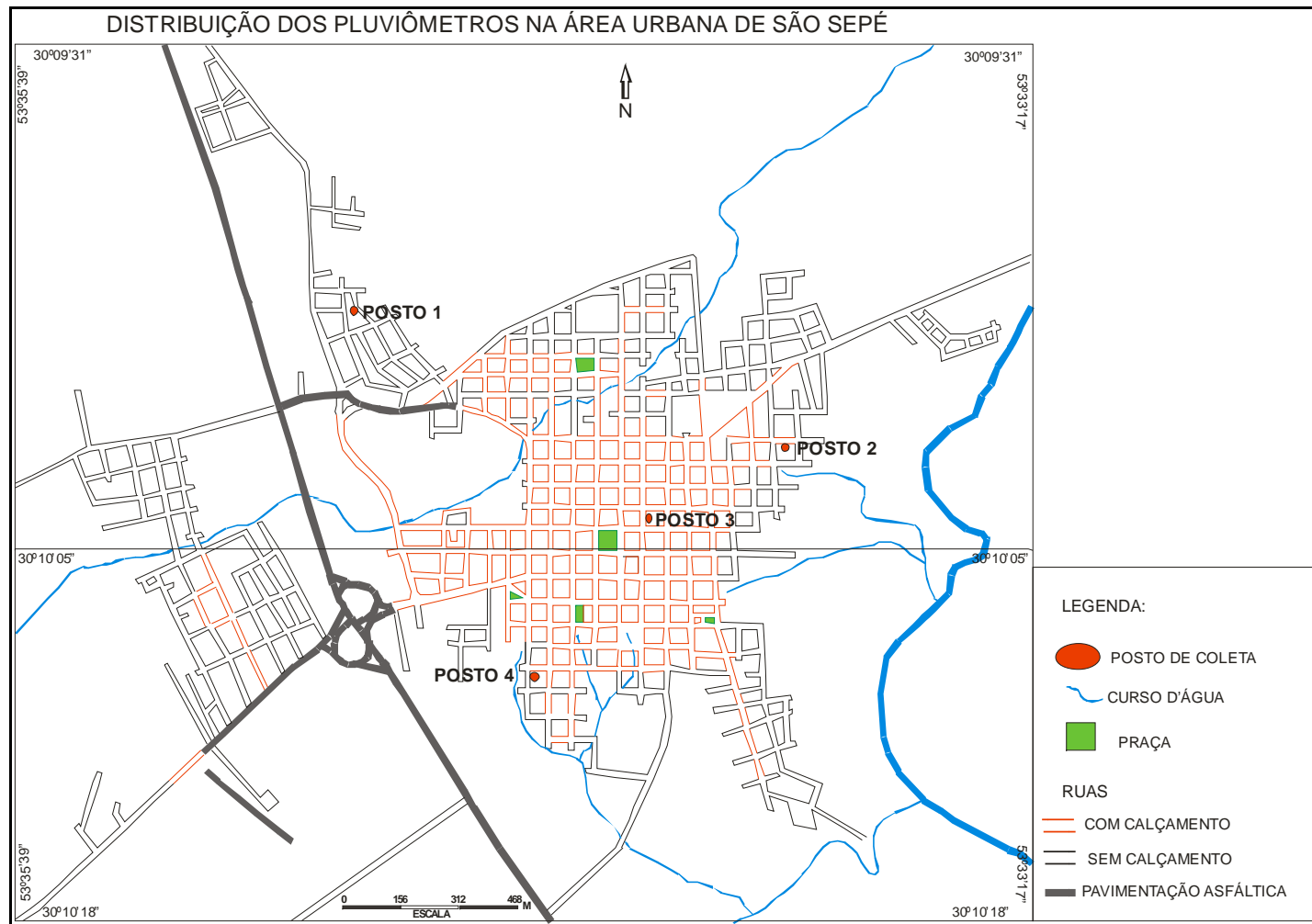


Figura 11 - Distribuição dos pluviômetros na área urbana de São Sepé  
 Fonte: Plano diretor – zoneamento de usos, 1982 e trabalho de campo  
 Org.: SILVEIRA,R.D

Os dados meteorológicos utilizados foram os da Estação Meteorológica de Santa Maria (EMSM), pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) referente ao período de 1980-2006, já que o município de São Sepé não possui estação meteorológica oficial. Além disso, os resultados baseiam-se nos dados de precipitação coletados através dos pluviômetros artesanais instalados na área urbana

Tendo os meses representativos de cada estação do ano como base – outubro de 2005, janeiro, abril e julho de 2006- procurou-se através da análise rítmica, conforme proposta de Monteiro (1971), conhecer a sucessão dos tipos de tempo e os sistemas atmosféricos atuantes em cada mês. Os dados meteorológicos utilizados foram os da Estação Meteorológica de Santa Maria.

Através dos dados de precipitação coletados nos 4 pontos de coleta distribuídos pela área urbana de São Sepé procurou-se analisar a distribuição da precipitação no espaço urbano bem como traçar uma comparação entre a precipitação em São Sepé e Santa Maria durante esses meses.

De acordo com Souza; Sant'Anna Neto (2004), a análise quantitativa dos elementos meteorológicos não é suficiente para se identificar os episódios climáticos extremos, uma vez que nem sempre os episódios mais excepcionais do ponto de vista climático são aqueles que causam os maiores impactos. A imprensa, nesse contexto, surge como forma de incorporar elementos qualitativos, baseados em acontecimentos reais à análise meteorológica desses episódios. Nessa perspectiva, Monteiro (1990) salienta que o canal do Impacto Meteórico exige, além da análise espacial dos episódios pluviais, uma análise junto à memória da cidade, seja através de revistas ou arquivos de jornais.

Concordando com essa idéia, buscou-se informações na imprensa local representados pelos jornais A Palavra (fundado em 1950), referentes aos 26 anos de estudo, e A Fonte somente a partir do ano de 2000 (fundação do jornal). As notícias levantadas foram aquelas que se referiam a impactos pluviais na área urbana de São Sepé entre 1980-2006. As notícias referentes a alagamentos, associados a problemas de drenagem urbana, não foram consideradas.

Através do cruzamento dos eventos pluviais extremos encontrados na análise dos dados meteorológicos com os episódios de inundações noticiados pela imprensa, surgiram episódios significativos. Nesse cruzamento foram identificados 11 episódios de relevância, dentre os quais foram escolhidos sete, por serem os de maior impacto no espaço urbano: 05 a 07/05/1984 (Episódio 1); 21/05/1984 (Episódio 2); 12 e 13/04/1992; 13 a 17/10/1994;



16/12/1994 (Episódio 3); 27 e 28/12/1997 (Episódio 4); 30/09/2001; 19/09/2002; 03/10/2002 (Episódio 5); 19/02/2003 (Episódio 6); 10 e 11/09/2005 (Episódio 7).

Através da análise rítmica (Monteiro, 1971) e das repercussões junto à imprensa local procurou-se conhecer os tipos de tempo responsáveis pela ocorrência desses eventos pluviais extremos e as características desses episódios. A análise rítmica dos sete episódios contemplou não apenas o(s) dia(s) em que ocorreu o impacto como também os dias anteriores e posteriores, para que fosse possível a compreensão da sucessão dos tipos de tempo.

Na análise rítmica desses episódios bem como dos meses de outubro de 2005, janeiro, abril e julho de 2006 considerou-se a variação diária dos elementos como a pressão atmosférica (às 12h GMT), umidade relativa (às 12h e às 18h GMT), temperatura (máxima e mínima), insolação (total de horas), precipitação (mm totais), vento (direção e velocidade às 12h, 18h e 24h GMT), nebulosidade (12h, 18h e 24h GMT) e sistemas atmosféricos atuantes em cada dia. Para a identificação dos sistemas atmosféricos utilizou-se cartas sinóticas da Marinha do Brasil, disponíveis no site <[www.dhn.mar.mil.br](http://www.dhn.mar.mil.br)> e imagens do satélite GOES 12 para a América do Sul, projeção cilíndrica, no canal visível e infravermelho, disponíveis no site <[www.cptec.inpe.br](http://www.cptec.inpe.br)>.

Para maior compreensão do comportamento da precipitação durante os eventos de precipitação extrema procurou-se identificar a intensidade horária da chuva, através da definição de classes de intensidade (Quadro 6). As classes foram definidas através do método de Sturges:

*1º passo* – determinar o número de classes

$$m = 1 + 3,3 \log.n \quad (1)$$

Para definir o número de observações (n) foram considerados todos os horários do período em que foi realizado a análise rítmica de cada episódio, desde que a precipitação fosse maior do que 0,1 mm. Assim encontrou-se um total de 55 observações.

$$m = 1 + 3,3 \log.55$$

$$m = \mathbf{6,742}$$

Optou-se por considerar 6 classes de intensidade da precipitação.

*2º passo* – determinar o intervalo de classes, segundo a fórmula (Equação 2):

$$h = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{m} \quad (2)$$

Considerou-se como o valor máximo de precipitação 80,2 mm (18h do dia 21/05/1984) e como mínimo o valor de 0,1 mm.

$$h = \frac{80,2 - 0,1}{m} \quad h = 11,88$$

O intervalo de classes considerado foi 12 mm.

<b>CLASSES DE PRECIPITAÇÃO</b>	<b>INTENSIDADE</b>
0,1 – 12 mm	muito fraca
12,1 – 24 mm	fraca
24,1 – 36 mm	moderada
36,1 – 48 mm	moderada a forte
48,1 – 60 mm	forte
Maior que 60 mm	extremamente forte

Quadro 6 - Classes de precipitação e intensidades correspondentes

Org.: SILVEIRA,R.D.

Com base na análise detalhada dos episódios selecionados foi possível caracterizá-los quanto ao volume e intensidade de precipitação como condição à ocorrência de inundações. Procurou-se, ainda, classificar os episódios quanto à sua gênese e associá-los aos fenômenos El Niño/La Niña.

Por fim na quinta etapa procurou-se espacializar as áreas susceptíveis à inundações, bem como aquelas áreas que podem vir a ser atingidas à medida que a urbanização se intensificar. Essa carta foi elaborada a partir da caracterização dos episódios de inundação ocorridos na área urbana de São Sepé entre 1980-2006 e da análise integrada das cartas geomorfológica, de declividade, orientação de vertentes, uso da terra da área urbana e seu entorno e da carta-esboço do uso do solo urbano.

### 3. OS CONDICIONANTES GEOCOLÓGICOS E GEOURBANOS DE SÃO SEPÉ E SEU ENTORNO

A interação entre o sítio, representado pelas características geocológicas do lugar, e a cidade propriamente dita, com suas formas de edificação e dinâmica funcional, são de extrema importância para se entender a geração do clima urbano, como defende Monteiro (1990). Apesar da pouca atenção dada, por parte dos autores estrangeiros, o autor ressalta a necessidade de se considerar tal relação, o que já vem sendo feito pelos pesquisadores brasileiros.

O município de São Sepé localiza-se no estado do Rio Grande do Sul (Figura 12), entre as coordenadas geográficas de 29°52'12" a 30°24'00" latitude sul e 53°09'36" e 53°58'26" longitude oeste. Insere-se na microrregião geográfica de Santa Maria, com uma área de 2056,80 km<sup>2</sup> e 24.621 habitantes, (Censo Demográfico IBGE, 2000).



Figura 12 – Localização do município de São Sepé no estado do Rio Grande do Sul.  
Fonte: Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, 2006  
Org.: SILVEIRA, R.D.

Limita-se ao norte com Santa Maria, Formigueiro e Restinga Seca, ao sul com Caçapava do Sul e Lavras do Sul, a oeste com São Gabriel e Vila Nova do Sul e a leste com Cachoeira do Sul. O município subdivide-se em 5 distritos: São Sepé ou sede (1º distrito); Cerrito do Ouro (2º distrito); Jazidas (3º distrito); Vila Block (4º distrito) e Tupanci (5º distrito). A área urbana está localizada no 1º distrito (Figura 13) e tem um população de 18926 habitantes, o que corresponde a 76,9% da população total.

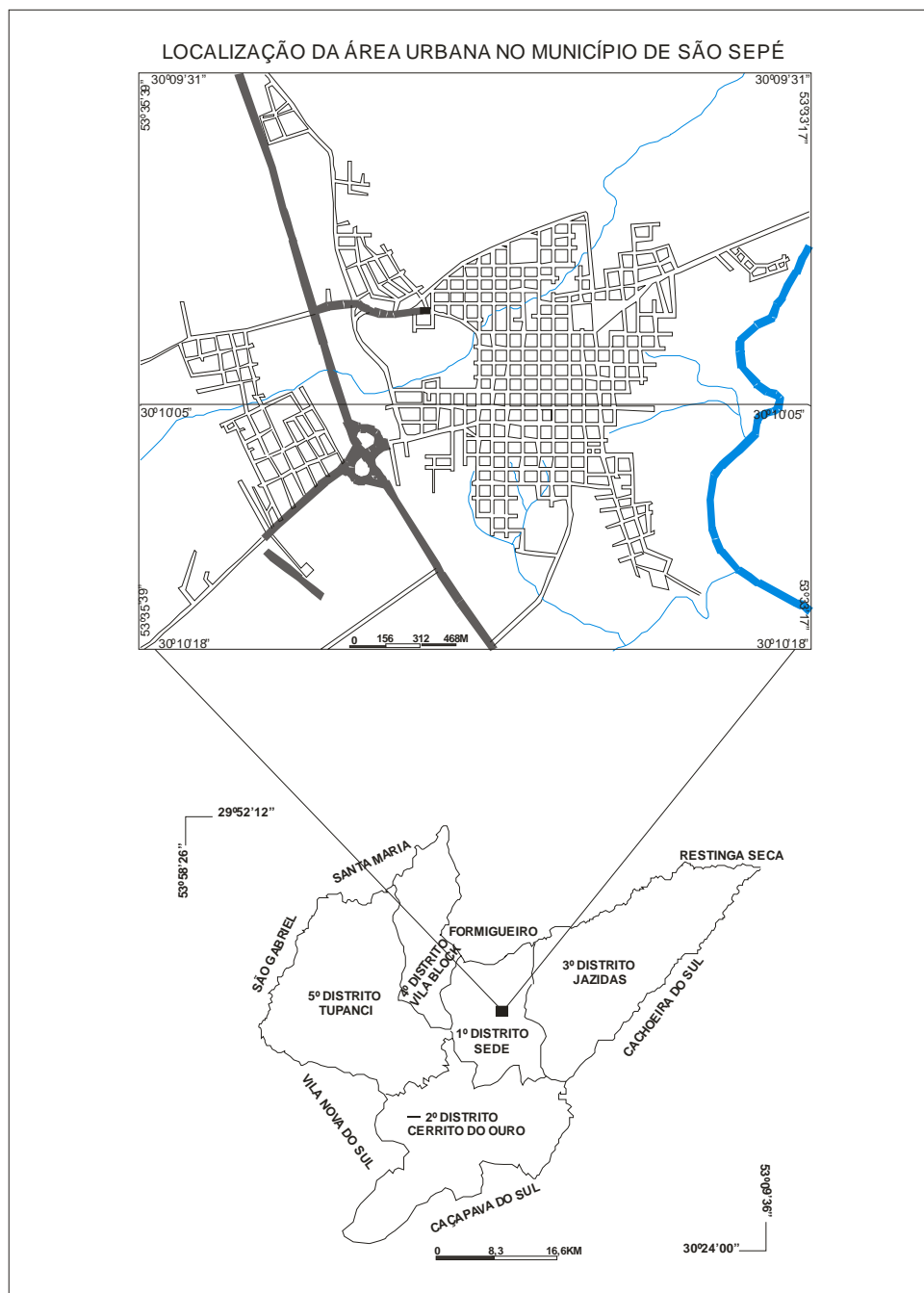


Figura 13 - Localização da área urbana no município de São Sepé

Fonte: Plano diretor – zoneamento de usos, 1982

Org: SILVEIRA, R.D.

### 3.1 Aspectos geocológicos

Os aspectos geocológicos de determinada área urbana estão relacionados ao sítio em que esta se insere, bem como às características naturais do município do qual a mesma faz parte. Assim, procurou-se coletar dados a cerca da geologia, geomorfologia, hidrografia e vegetação do município de São Sepé, como ponto de partida para se caracterizar o sítio sobre o qual a cidade está assentada.

A análise geocológica da área urbana e seu entorno foi realizada a partir de cartas temáticas. A delimitação da área abrangida por essas cartas corresponde às quadrículas das coordenadas UTM, cujos limites vão de 664000 a 665600 S e 248000 a 256000 W do Fuso 22. Essa delimitação justifica-se pela necessária interação do ambiente urbano ao espaço local e regional.

O município de São Sepé está localizado no contato entre a Depressão Periférica Sul-Riograndense e o Escudo Sul-Riograndense. Por esse motivo, tendo a área urbana como referência, ao norte tem-se uma morfologia de coxilhas com altitudes não superiores a 150m e extensas planícies aluviais, típicas da Depressão. Da mesma forma, em direção ao sul do município o relevo passa a se salientar, por apresentar altitudes entre 200-400m, correspondendo à morfologia do Escudo Sul-Riograndense.

A estrutura geológica da porção norte do município, essencialmente sedimentar, pertence, segundo Sartori (1978), à Formação Palermo constituída por siltitos, e pela Formação Rio Bonito, que apresenta arenitos, folhelhos e carvão. Ambas as formações pertencem ao subgrupo Guatá e Grupo Tubarão, de origem paleozóica (Período Permo-Carbonífero). Aparecem ainda nesta porção aluviões recentes do Período Quaternário, principalmente ao longo do Rio São Sepé.

A porção sul do município, inserida no Escudo Sul-Riograndense, profundamente dissecado, falhado e metamorfozido, tem sua estrutura geológica originária do Período Ordoviciano (Era Paleozóica) mais especificamente do Grupo Bom Jardim. Este grupo compõe-se de granitos, riólitos, intrusões andesito-basálticas, arenitos e ardósias. Também são encontradas aí rochas do Grupo Porongos (Pré-Cambriano Superior), como granitos, xistos e quartzitos, e rochas básicas-ultrabásicas e metamórficas do Grupo Cambaí do Pré-Cambriano Médio (SARTORI, 1978).

A proposta de compartimentação geomorfológica pela hipsometria, abrangendo a área urbana e seu entorno (Figura 14) demonstra o contato desses dois conjuntos morfoestruturais.

Foram delimitados dois compartimentos, de acordo com a altitude e morfologia: Planície Aluvial e Colinas ou Coxilhas, subdividido em Transicional e Topo das Coxilhas.

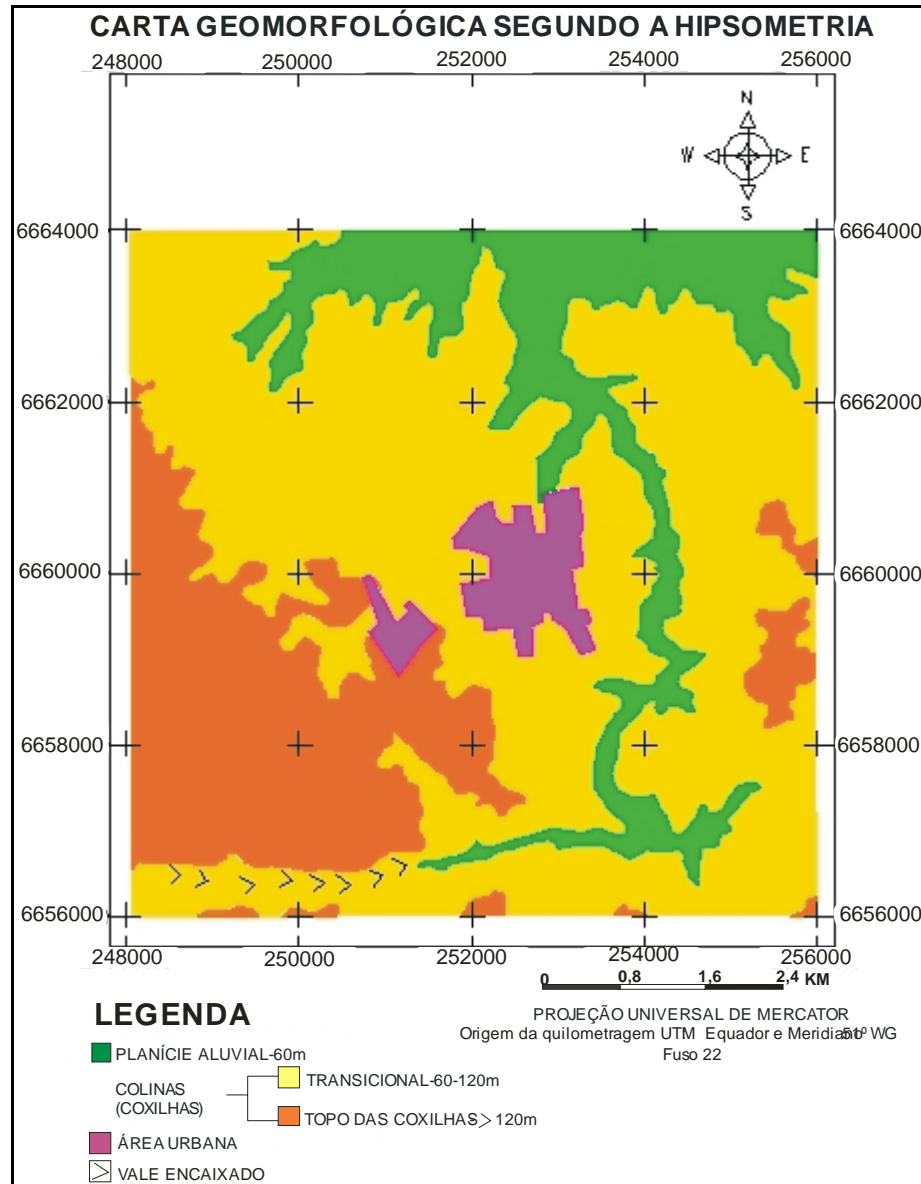


Figura 14 – Carta geomorfológica da área urbana de São Sepé e seu entorno.  
 Fonte: Carta topográfica de São Sepé, 1979  
 Org.: SILVEIRA,R.D.

A Planície Aluvial corresponde às áreas com altitudes de 60m, ao longo do Rio São Sepé e seus afluentes. Tem a forma estreita ao sul da área urbana e acompanhando a brusca inflexão sofrida pelo Rio, passa a localizar-se a leste e mais próximo desta. Vai se estendendo até encontrar a área urbana em seu setor nordeste. Ao norte abre-se numa extensa área, já em terreno da Depressão Periférica. Corresponde a 16,92% do total de 6410,55ha.

As Colinas ou Coxilhas correspondem às ondulações suaves, cujas altitudes vão de 60 a mais que 120m. Esta subdivide-se em:

1) Transicional – assim denominado por situar-se entre as várzeas e o topo mais elevado das coxilhas, cujas altitudes vão de 60 a 120m. Abrange a maior parte da carta, com 3809,31 ha (60,55% do total). A área urbana, a não ser por uma parte no seu setor oeste, está situada nesta transição.

2) Topo das Coxilhas – as altitudes são superiores a 120m e ocupam cerca de 22,53% da área total. Neste compartimento localizam-se as nascentes dos afluentes do Rio São Sepé, dentre eles o Lajeado do Moinho, que drena parte da área urbana. Sua extensão é maior no setor oeste, como pode ser visto na carta.

Dentre os rios que drenam o município, o rio São Sepé e seus afluentes são de especial interesse para a área urbana. O rio São Sepé pertence a Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí (afluente do Rio Jacuí) e tem suas nascentes nos limites entre São Sepé, Caçapava do Sul e Vila Nova do Sul. Tem como principal característica o forte controle estrutural, devido ao falhamento sofrido pelo substrato sobre o qual corre. Seu vale é predominantemente encaixado, até próximo à área urbana do município, quando muda de direção (de leste-oeste para sul-norte). Deste ponto em diante passa a apresentar estreita planície aluvial, que aumenta gradativamente quanto mais este se aproxima da foz, no rio Vacacaí. Dentre seus afluentes drenam a área urbana o Lajeado do Calixto (setor sul), Lajeado do Hospital (setor leste) e Lajeado do Moinho (oeste e norte).

Com relação à declividade da área urbana e seu entorno (Figura 15), o que predomina são valores abaixo de 5%, que ocupam 58,38% da área total. Se distribuem por toda a área, nos topos das coxilhas e nas planícies aluviais, porém com maior continuidade ao norte, acompanhando a extensa planície aluvial. O intervalo de 5 a 12% aparece em segundo lugar, com 26,7% e o de 12 a 30% em seguida, com 13,59%. Ambos estão relacionados às encostas das coxilhas. As declividades acima de 30% são pouco expressivas (1,27%) e aparecem principalmente ao longo do vale encaixado do Rio São Sepé, ao sul da área em estudo.

A área urbana, principalmente em sua área central, tem declividades inferiores a 5%, que corresponde, neste caso, ao topo de coxilha e serve como divisor de água. Partindo do centro tem-se, em todas as direções, o aumento nos valores de declividade, que ficam entre 5 e 12% e 12 e 30%.

Ao se analisar a orientação de vertentes da área urbana e seu entorno (Figura 16), percebe-se que as superfícies relativamente planas (vertentes sem orientação definida), que

são representadas na carta pela cor branca, representam 44,76% da área e correspondem às declividades inferiores a 5%, ou seja, ao topo das coxilhas e planícies aluviais.

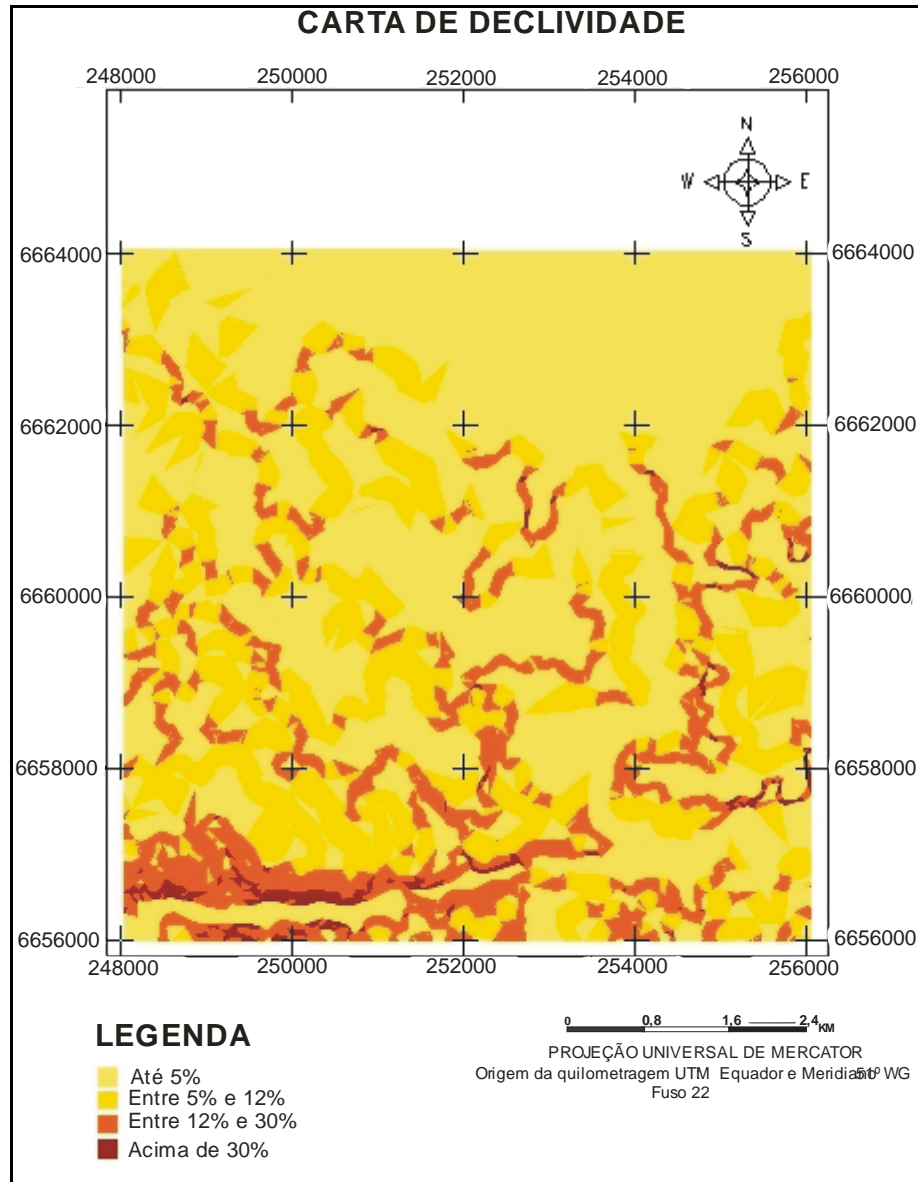


Figura 15 – Carta de declividade da área urbana de São Sepé e seu entorno.

Fonte: Carta topográfica de São Sepé, 1979

Org: SILVEIRA,R.D.

No que se refere às vertentes com orientação, predominam aquelas voltadas para o quadrante norte (norte -10,62%, nordeste - 12,31% e noroeste - 7,39%), nas cores vermelho, amarelo e laranja respectivamente, e para o quadrante leste (8,28%), em amarelo claro. As vertentes do quadrante sul correspondem, por sua vez, a um total de 12,02% (sul - 4,14%; sudeste - 4,48% e sudoeste - 3,4%), são representadas na carta pelo roxo, verde claro e verde escuro, e aparecem principalmente na margem esquerda do Rio São Sepé. As de orientação



oeste, que representam 4,62% aparecem na cor lilás e correspondem às vertentes ao longo da margem direita do Rio (quando este já corre na direção sul-norte).

Grande parte da área urbana não possui vertentes com orientação definida (setor centro e sul). No setor norte e oeste a orientação acompanha o Lajeado do Moinho, destacando-se as vertentes sudeste (roxo), norte (vermelho) e noroeste (laranja).

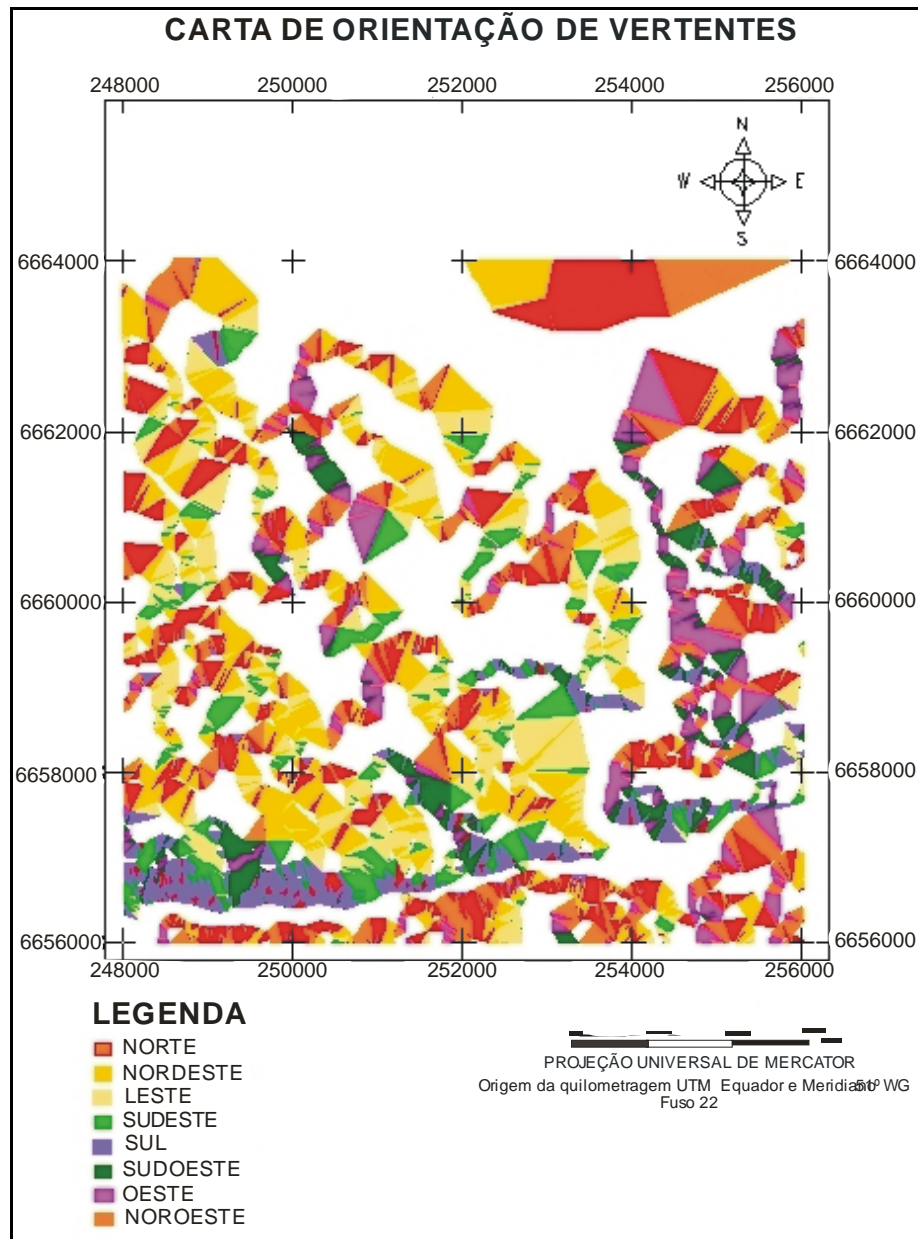


Figura 16 – Carta de orientação de vertentes da área urbana de São Sepé e seu entorno.  
Fonte: Carta topográfica de São Sepé, 1979  
Org: SILVEIRA,R.D.

A vegetação original predominante no município de São Sepé é a de campos, cuja ocorrência está ligada ao clima, aos solos e à topografia suave. Apresenta cobertura herbácea

contínua, em geral composta por gramíneas e ciperáceas (ALONSO,1977). Nas áreas de maior umidade, como as nascentes e vales fluviais, aparecem os capões e as matas galerias, respectivamente, onde podem ser encontradas espécies arbóreas como o ipê, cedro, cangerana e açoita-cavalo.

A carta de uso da terra (Figura 17) elaborada para a cidade de São Sepé e entorno demonstra que 48,16% da área é ocupada por campos (amarelo), que são utilizados para pastagens.

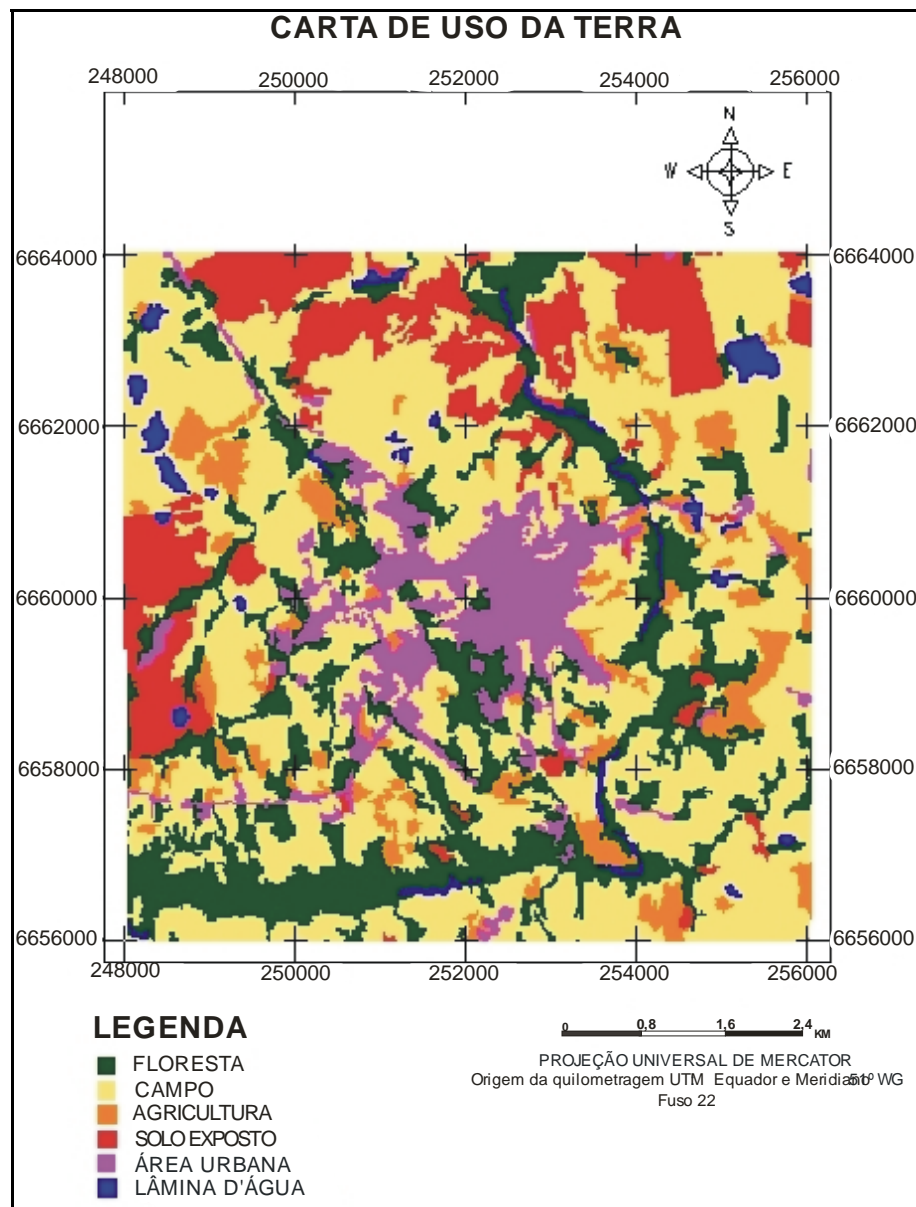


Figura 17 – Carta de uso da terra da área urbana de São Sepé e seu entorno.  
Fonte: Carta topográfica de São Sepé, 1979  
Org: SILVEIRA,R.D.

Já as florestas (verde) localizam-se nas nascentes e vales dos rios (21,02%), principalmente ao longo do Rio São Sepé. Na área urbana (lilás) nota-se a ausência de mata ciliar ao longo dos canais, principalmente do Lajeado do Moinho. A área ocupada por lavouras (laranja) soma apenas 7,31% e o solo exposto (vermelho), que provavelmente também é utilizado para a agricultura, corresponde a 12,16%.

### **3.2 Aspectos geourbanos**

#### **3.2.1 Povoamento e evolução urbana do Rio Grande do Sul**

O espaço urbanizado, que implica em modificações no quadro geocológico, vai de acordo com sua evolução, adquirindo diversas feições e diversificação de suas funções (MONTEIRO, 1990). Neste sentido, o espaço urbano local articula-se como regional, que por sua vez, está subordinado ao nacional e ao global. A urbanização do município de São Sepé, assim, está ligada à própria evolução da urbanização no Rio Grande do Sul, que possui algumas fases características.

Pode-se distinguir dois núcleos principais de povoamento no Estado: o primeiro localizado na Serra do Sudeste e Campanha e o segundo abrangendo a Depressão Central e mais tarde o Planalto, ambas com estruturação socioeconômica bastante distintas (SINGER, 1977 apud VERDUM; BASSO; SUERTEGARAY, 2004). O núcleo do sul concentrou grandes latifúndios baseados na pecuária (produção de charque, lã e couro), constituindo-se numa sociedade de estancieiros, peões e escravos. Já o do norte constituiu-se de imigrantes de origem açoriana, alemã, italiana, polonesa dentre outros, que se organizaram em minifúndios e dedicaram-se principalmente á agricultura.

A partir da década de 50 (pós-guerra), o Rio Grande do Sul teve incentivada a diversificação econômica, com a implantação de indústrias do ramo calçadista, metalúrgico, mecânico e vinícola, principalmente no eixo Porto Alegre – Caxias do Sul.

Assim, entre 1950 e 1980 a urbanização teve como principal característica o deslocamento da população para os centros urbanos, com destaque para a Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), além da ampliação significativa das taxa de urbanização no restante do Estado. O crescimento populacional da RMPA começa a sofrer decréscimo entre as décadas de 70 e 80, quando a concentração urbana nas cidades de porte médio começa a ganhar espaço.

Ainda segundo os autores acima, no período de 1980 a 2000 há ampliação do contingente populacional das cidades, proporcionado pelo crescimento vegetativo, a migração urbana-urbana dentro do Estado e emancipações. A concentração populacional é maior em municípios com mais de 100 mil habitantes, porém é cada vez maior o número de municípios com população inferior a 10 mil habitantes.

Nesse período, as cidades com população superior a 100 mil habitantes que menos cresceram foram aquelas da metade sul (Uruguaiana, Bagé, Rio Grande), o que ratifica a estagnação econômica dessa porção do território sul-rio-grandense. No eixo entre a RMPA e o chamado Aglomerado Urbano de Nordeste (AUNE), que tem Caxias como pólo, é onde está concentrado o maior contingente populacional e as maiores taxas do Produto Interno Bruto (PIB) do Estado.

### 3.2.2 Síntese histórica do município de São Sepé

De acordo com Kraemer (1982) há duas versões para a denominação São Sepé, dada ao afluente do Rio Vacacaí e ao Município que se localiza em sua margem esquerda. A primeira versão, baseada na crença popular, afirma que esta denominação presta homenagem ao índio Sepé Tiaraju, que viveu nos sete Povos das Missões e morreu em combate onde hoje fica o município de São Gabriel. A segunda, baseada em documentos históricos, relata que a denominação São Sepé teve origem de uma estância missioneira chamada Estância de San Sepé.

O território do atual município, limitado pelo rio Vacacaí e o Rio Santa Bárbara, teve iniciado seu povoamento em 1780, quando foi concedida pelo governador da Capitania a primeira sesmaria a José Carneiro da Silva Fontoura. Até então as terras pertencentes aos atuais municípios de São Sepé, Caçapava do Sul e Lavras do Sul não tinham proprietários, devido à oscilação das fronteiras proporcionada pelos diferentes tratados, o que impedia a fixação de moradores. A partir daí foram concedidas outras sesmarias, até que no princípio do século XIX praticamente todas as sesmarias do município estavam distribuídas (KRAEMER, 1982).

A capitania de São Pedro do Rio Grande do Sul, ainda de acordo com Kraemer (op cit) foi dividida em 27 de abril de 1809 em 4 municípios, sendo que o atual município de São Sepé pertencia ao município de Rio Pardo. Porém, ainda neste ano, desmembrava-se de Rio Pardo a Freguesia de Nossa Senhora da Conceição de Cachoeira, hoje Cachoeira do sul, do

qual São Sepé, denominado Distrito de São Rafael (até 1827), pertenceu até seu desmembramento oficial.

Com a organização administrativa de Cachoeira, o território de São Rafael foi dividido em 2 distritos: São Rafael (7º distrito) e Formigueiro (8º distrito). Nova divisão administrativa converteu novamente os dois em um distrito com o nome de São Rafael, que foi aumentado com a anexação do 4º e 5º distritos de Cachoeira.

A origem do núcleo urbano de São Sepé começa no distrito de Formigueiro, que era o núcleo populacional mais desenvolvido da época. A população era formada principalmente por pequenos agricultores que haviam abandonado as estâncias, ex-soldados, ferreiros e carpinteiros. Os moradores do local desejavam ter sua própria capela e, liderados por Francisco Antônio de Vargas, decidiram fundar o templo às margens do Rio São Sepé, cujas terras pertenciam à família Fraga. Mesmo com a oposição dos proprietários foi concedida a licença pelo Vigário Geral para a construção da capela em honra a Nossa Senhora da Conceição, em 1829 (KRAEMER, op cit; EMATER, 2002).

Em 15 de fevereiro de 1830 cerca de 40 pessoas levantaram uma cruz de madeira no local escolhido. Os proprietários e vizinhos protestaram contra a invasão e Francisco Antônio de Vargas foi processado. Após a morte de Francisco, Plácido Gonçalves Dias conseguiu comprar o terreno da família Fraga e doou à construção da capela. A criação oficial da Capela Nossa Senhora da Conceição, porém, só aconteceu após a Revolução Farroupilha, em 1846 (KRAEMER,op cit)..

O povoado cresceu rapidamente, em 7 de dezembro de 1850 foi elevado à Freguesia de São Sepé e em 29 de abril de 1876 foi criado o município de São Sepé, ano em que começaram a chegar no município os primeiros colonos alemães. Por volta de 1910 chegaram os italianos, que também contribuíram para o desenvolvimento local. Além destas etnias, o município recebeu imigrantes libaneses, turcos, sírios, portugueses, poloneses e negros, que foram declarados livres a partir de 1884 (EMATER, 2002).

### 3.2.3 A evolução urbana de São Sepé a partir da década de 80

O fim da década de 70 e início de 80 são marcados por maior preocupação com a infra-estrutura urbana, motivado pelo aumento da população urbana devido a intensificação do êxodo rural. Nesse sentido, Kurtz (1989) ressalta que mesmo sendo uma cidade de porte médio, São Sepé sofre as conseqüências do êxodo rural, a partir do qual a cidade tem um

crescimento rápido ao mesmo tempo em que os serviços públicos não conseguem acompanhar as necessidades da população.

Nessa época foi criado o Plano Diretor de São Sepé, aprovado pela Lei Municipal 1328 de 27 de junho de 1978, com o objetivo principal de ordenar a expansão urbana. O mesmo foi complementado pela lei 2125 de 04 de maio de 1995 e dentre suas regulamentações estão a delimitação do perímetro urbano, definição e regulamentação de loteamento e parcelamento do solo urbano, instituição do Código de Edificações e criação do Conselho do Plano Diretor (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO SEPÉ, 1995). A Zona Urbana, delimitada pela lei do Perímetro Urbano foi dividida em:

Área Urbanizada (AU) – núcleo consolidado das atividades urbanas e que tem prioridade quanto às obras públicas.

Área de Expansão Urbana (AEU) – propícia à expansão física do tecido, por suas características topográficas, ambientais e pela proximidade da infra-estrutura urbana.

Área de Reserva (AR) – destinada à contenção do crescimento urbano a fim de evitar a expansão territorial excessiva.

Área de Preservação Permanente (APP) – destinadas à proteção da vegetação situada ao longo dos rios e nascentes, topos de morros e encostas declivosas.

Área de Conservação Natural (ACN) – áreas onde a utilização dos recursos naturais renováveis deve ser feita racionalmente. São destinadas ao reflorestamento e implantação de áreas de lazer.

Área Especial – situa-se às margens da BR-392, onde é permitido apenas o reflorestamento, cultivo de hortifrutigranjeiros e estacionamentos.

A Área Urbanizada de acordo com a Prefeitura Municipal (1995) foi subdividida em zonas com índices urbanísticos diferenciados, tais como:

Zona Central (ZC) – uso comercial e de serviços.

Zona Industrial (ZI) – destinada à instalação de estabelecimentos industriais.

Zona Mista (ZM) – uso residencial, comercial, serviços e indústrias leves.

Zona Residencial (ZR) – uso residencial

Zona Verde – destinada a atividades de lazer e recreação.

Os índices urbanísticos dizem respeito à regulamentação da ocupação do solo urbano pelas edificações, que devem ser compatíveis com a infra-estrutura de cada zona de uso. Esses índices referem-se à taxa de ocupação, taxa de aproveitamento, taxa máxima de impermeabilização do solo, recuos mínimos obrigatórios e cota mínima.

A partir da implementação do Plano Diretor e com o progressivo crescimento urbano, serviços como o abastecimento de água, eletricidade e telefonia tiveram expansão em sua rede, entre os anos de 1977 a 1982 (PREFEITURA MUNICIPAL, 1982). Várias vias urbanas foram abertas e outras pavimentadas com paralelepípedos (35 quarteirões entre 1977 e 1982), além de serem beneficiadas pela iluminação pública. Foram construídos novos prédios escolares, postos de saúde, creches, praças e quadras esportivas. Vários prédios públicos tiveram reformas e ampliações. A construção de pontes sobre o Lajeado do Moinho também ocorreram nessa época.

A Zona Industrial, localizada a noroeste da área urbana, às margens da BR-392 e com uma área de 20 ha, passou a dispor de toda a infra-estrutura necessária tais como vias de acesso, rede de água, luz e telefone. Em 1982 já contava com 6 indústrias, destinadas ao beneficiamento de cereais, lãs e couros e fabricação de móveis.

A evolução da população urbana do município entre os anos de 1970 a 2000 pode ser observada no Quadro 7.

<b>ANO</b>	<b>POPULAÇÃO URBANA</b>	<b>POPULAÇÃO RURAL</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1970</b>	8.621	18.053	26.674
<b>1980</b>	11.906	14.960	26.866
<b>1991</b>	19.195	8.880	28.075
<b>2000</b>	18.926	5.695	24.621

Quadro 7- Quadro demonstrativo da evolução da população urbana e rural em São Sepé entre 1970 e 2000.  
Fonte: FAMURS, 2006.  
Org.: SILVEIRA, R.D.

Como pode-se perceber, além da diminuição da população total, houve uma total inversão do local de residência da população, pois em 1970 mais da metade da população vivia na zona rural, enquanto em 2000 quase 80% da população é urbana. Esse fenômeno acarretou a intensificação da ocupação desordenada e levou a população a ocupar as margens dos cursos d'água.

Conforme pesquisa realizada por Silveira; Sartori; Rosa (2003) junto à população residente às margens do Lajeado do Moinho, cerca de 43% da população entrevistada vive no local entre 10 e 30 anos e 28,6% entre 1 e 10 anos, o que demonstra uma ocupação não tão recente e que só tende a aumentar.

A economia do município baseia-se no setor primário<sup>1</sup> (agropecuária) e terciário (comércio e prestação de serviços). O PIB do ano de 2002 pode ser visto no Quadro 8:

SETOR	MIL REAIS	PORCENTAGEM
AGROPECUÁRIA	81.645	38,21
COMÉRCIO E SERVIÇOS	78.475	36,73
INDÚSTRIA	41.134	19,25
IMPOSTOS	12.414	5,8
<b>TOTAL</b>	<b>21.3668</b>	<b>100</b>

Quadro 8 - Produto Interno Bruto de São Sepé por setor da economia no ano de 2002.

Fonte: IBGE, 2006.

Org.: SILVEIRA, R.D.

Dentre as empresas, a maior parte delas na área urbana, se destacam aquelas do ramo comercial – reparação de veículos automotores, objetos pessoais e domésticos; alimentício e alojamento e ramo industrial – indústrias de transformação (Quadro 9).

No que se refere ao sistema de esgoto, conforme dados da Federação das Associações de Municípios do Rio Grande do Sul - FAMURS (2005), a maior parte dos domicílios do Município (7647 domicílios) têm acesso à rede geral de esgoto ou rede pluvial, que correspondem às moradias localizadas na área urbana. Em segundo lugar destaca-se a fossa rudimentar como destino do esgoto (1865 domicílios). Outras maneiras como a fossa séptica (334 domicílios), rios (552 domicílios) e outros escoadouros (163 domicílios) também são utilizados.

Com relação ao lixo urbano, o mesmo era recolhido pela Prefeitura e depositado no popular “lixão”, localizado a oeste da área urbana e próximo a uma das nascentes do Lajeado do Moinho. Em 2001 a Secretaria Municipal da Agricultura e Meio Ambiente lançou a campanha da Coleta Seletiva na área urbana, que aos poucos foi se estendendo à zona rural. O lixo seco recolhido passou a ser armazenado separadamente, e vem gerando renda e emprego.

---

<sup>1</sup>Os produtos agrícolas de destaque no município são o arroz – 90620 t, a soja – 63.000 t, o milho – 11.100 t e o trigo – 5.568 t em 2003 (IBGE, 2006). Outros produtos como o sorgo, mandioca, cana-de-açúcar, batata-doce, batata inglesa, feijão, tangerina e laranja são cultivados em menor escala. Na pecuária, destaca-se o rebanho bovino (148.092 cabeças), seguido pelo ovino (56.735 cabeças), aves (45.607 cabeças), suínos 96.409 cabeças) e eqüinos (4.105 cabeças) segundo dados de 2003 (IBGE, 2006). Dentre os produtos de origem animal destaca-se o leite de vaca (5.194 litros), lã (123.712 kg), ovos (160.000 dúzias) e o mel (26.288 kg).



O lixo orgânico, por sua vez, continua sendo depositado no “lixão”, porém mais afastado do curso d’água. O volume de lixo coletado desde o início da coleta seletiva até o ano de 2003 pode ser visto no Quadro 10.

<b>EMPRESAS – FUNÇÃO</b>	<b>NÚMERO DE UNIDADES LOCAIS</b>
Indústrias extrativas	9
Indústrias de transformação	85
Produção e distribuição de eletricidade, gás e água	4
Construção	13
Comércio – reparação de veículos automotores, objetos pessoais e domésticos	732
Alojamento e alimentação	87
Transporte, armazenagem e comunicações	60
Intermediação financeira	14
Atividades imobiliárias	32
Educação	11
Saúde e serviços sociais	17
Administração pública	3

Quadro 9 - Número e função das empresas instaladas em São Sepé em 2003.

Fonte: IBGE,2006.

Org.: SILVEIRA,R.D.

<b>MATERIAL</b>	<b>QUANTIDADE (KG)</b>	<b>VALOR (R\$)</b>
PAPEL/ PAPELÃO	143.547	18.789
VIDRO	33.418	742
PLÁSTICO	32.851	7.165
ALUMÍNIO/ METAL	21.255	2.535

Quadro 10 - Lixo seco em São Sepé: valor total coletado entre setembro de 2001 a março de 2003.

Fonte: Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente/ Prefeitura Municipal de São Sepé, 2003.

Org.: SILVEIRA,R.D.

A área urbana é dividida atualmente em 14 bairros e uma zona industrial, como pode ser visto na Figura 18. São eles: Santos, Pontes, Kurtz, Lôndero, Lili, Centro, São Francisco, Santo Antônio, Cristo Rei, Tatsch, Bela Vista, Izolanda, Silveira e Rosa.

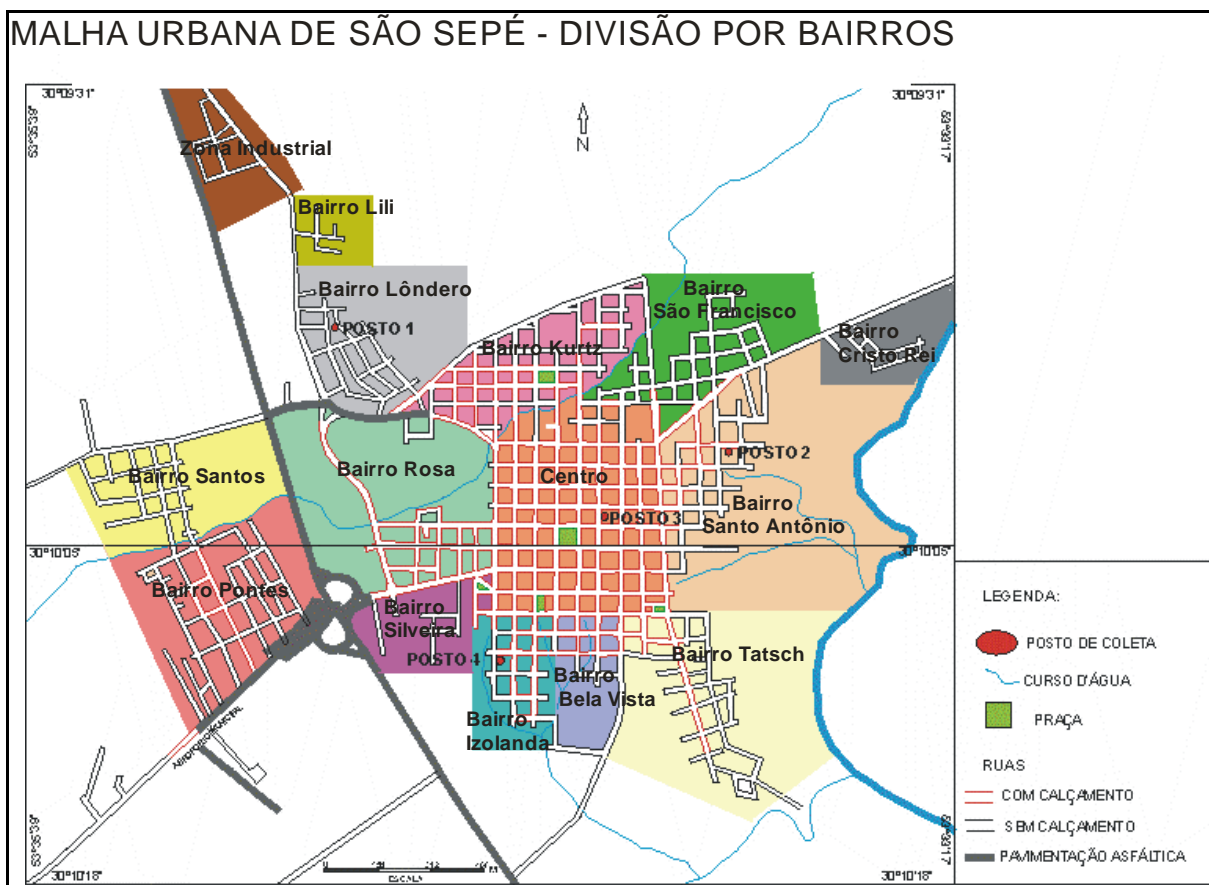


Figura 18 - Malha urbana de São Sepé- divisão por bairros

Fonte: Mapa turístico ilustrado, 2005

Org.: SILVEIRA,R.D.

Na carta-esboço representativa do uso do solo urbano (Figura 19) as áreas foram delimitadas conforme o seu uso predominante: comercial, misto, residencial, industrial e áreas verdes.

a) Uso comercial – abrange parte da zona central da cidade, onde estão os prédios da Administração Municipal e demais repartições públicas, agências bancárias, a Praça Nossa Senhora das Mercês e a Igreja Matriz. É constituída por edificações de 1 e 2 andares, utilizadas principalmente para o comércio e prestação de serviços. Nessa área estão alguns prédios de até 4 andares e um prédio de 9 andares, demonstrando inexpressiva verticalização.

A impermeabilização é alta, devido a pouca existência de pátios gramados e jardins. As ruas são todas pavimentadas com paralelepípedos, que embora contribua para a diminuição da infiltração, não é tão prejudicial quanto a pavimentação asfáltica. A arborização, embora presente é menor do que nas outras áreas da cidade, sendo mais expressiva na Praça Central.

b) Uso Misto – corresponde ao restante da zona central da cidade, onde além do uso para o comércio e prestação de serviços, há a ocupação por residências.

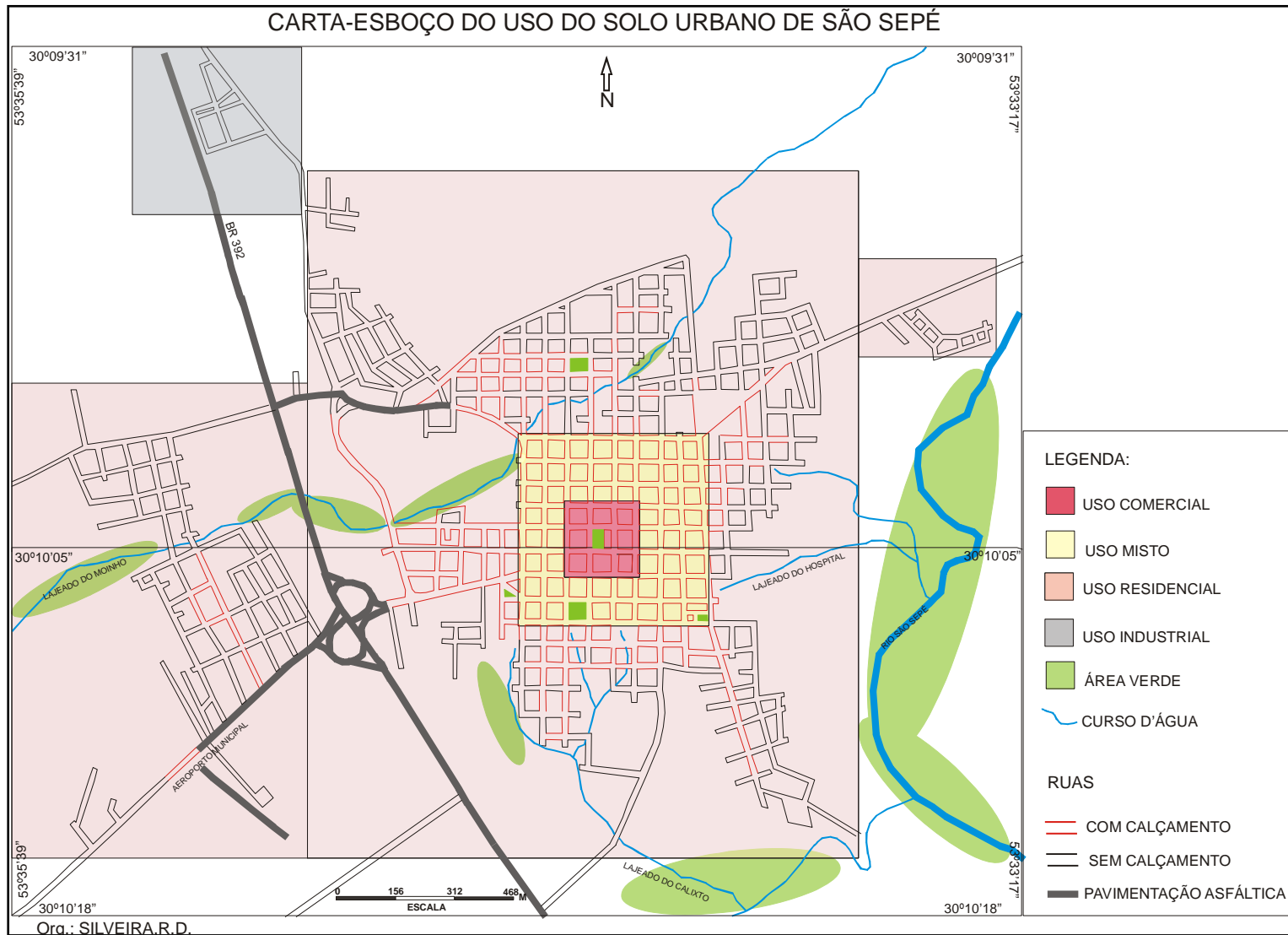


Figura 19 - Carta-esboço do uso do solo urbano de São Sepé –RS.  
 Fonte: Plano diretor – zoneamento de usos, 1982  
 Org.:SILVEIRA,R.D

As edificações são semelhantes à primeira área, de 1 a 2 andares, porém já se percebe menor impermeabilização, devido a presença de pátios gramados e jardins. A arborização das ruas é maior com relação à área descrita acima, porém não se distribui de forma homogênea e as ruas também apresentam-se calçadas com pedras. O posto de coleta 3 (pluviômetro) está localizado nesta área.

c) Uso residencial – estende-se para todas as direções, a partir da zona central. As edificações aí variam dependendo do bairro, mas no geral predominam casas térreas, com pomares e jardins. A arborização, da mesma forma, varia de bairro para bairro: é maior naqueles em que a ocupação é mais antiga e menor nos loteamentos recentes. A pavimentação das ruas segue essa mesma lógica, embora seja influenciada, ainda, pela classe social predominante no local, já que muitas ruas foram calçadas por empresas particulares.

Os demais postos de coleta foram instalados nessa área. O posto de coleta 1 está localizado no Bairro Londero (setor noroeste), área de loteamento recente com predomínio de casas populares, a maioria em terrenos cedidos pela Prefeitura. As ruas não são calçadas e a arborização ainda é escassa. O posto de coleta 2 foi instalado no Bairro Santo Antônio (setor leste), onde parte das ruas são calçadas, a arborização está presente e pátios sem impermeabilização são predominantes. Já o posto de coleta 4 localiza-se no Bairro Izolanda (setor sul). As ruas são em sua maioria calçadas e o grau de impermeabilização é semelhante ao posto anterior (Figura 19). As residências são ocupadas preferencialmente pela população de classes média e alta, e as edificações são, no geral, de maior porte em relação aos bairros onde estão os postos 1 e 4.

A vista parcial dos três usos descritos acima pode ser visto na Fotografia 2: em primeiro plano está o uso residencial (Bairro Kurtz- setor sul) e ao fundo estão as áreas de uso misto e comercial (zona central).

A ocupação da planície aluvial do Lajeado do Moinho (canalizado em alguns trechos), em alguns bairros de uso residencial (setor oeste e norte) contribuiu para a retirada da vegetação ciliar, assoreamento e poluição do canal que trazem conseqüências diretas à população. Dentre as conseqüências estão o aumento da freqüência de inundações, como pode ser visto na Fotografia 3, onde observa-se uma situação de cheia do canal, que leva à inundação (ao fundo, à esquerda).

Outra área de expansão urbana em situação de risco, ocupada para uso residencial, é aquela situada às margens do Rio São Sepé, no setor nordeste da área urbana. O bairro denominado Cristo Rei foi ocupado, primeiramente, de forma irregular por pessoas de baixa

renda. Entretanto, o bairro foi regularizado pela Prefeitura em 1987, ao mesmo tempo em que foi instalada a rede de abastecimento de água.



Fotografia 2 – Vista parcial dos usos residencial (Bairro Kurtz), misto e comercial na área urbana da São Sepé.  
Fonte: Trabalho de campo,2006.



Fotografia 3 - Ocupação das margens do Lajeado do Moinho: situação de cheia  
Fonte: Prefeitura Municipal, 2005.

Hoje, as moradias já começam a ocupar as margens do Rio, como pode ser visto na Fotografia 4. Algumas residências, porém, que estavam em situação de risco iminente,



localizadas às margens do Lajeado do Moinho e Rio São Sepé, foram desocupadas através de ação da Prefeitura. Seus moradores foram realocados no loteamento popular (Bairro Londero).



Fotografia 4 - Ocupação da planície aluvial do Rio São Sepé: situação de cheia  
Fonte: Prefeitura Municipal, 2005

d) Uso industrial – localizado no setor noroeste da área urbana, corresponde à área destinada à instalação de indústrias. É composta por edificações amplas e afastadas umas das outras, destinadas, dentre outros usos, ao recebimento e armazenamento de grãos e produtos perecíveis como o leite, reparação e garagens de veículos pesados como caminhões e máquinas agrícolas, além da fabricação de móveis.

A impermeabilização é pouco expressiva, pois já representa uma transição para o rural e as ruas não são calçadas, salvo a BR 392, que passa a oeste dessa área. A arborização está presente, principalmente através da plantação de eucaliptos.

e) Áreas verdes – correspondem às áreas de mata ciliar ao longo do Rio São Sepé e seus afluentes que drenam a área urbana. Pode-se perceber sua ausência nas áreas já urbanizadas, junto ao Lajeado do Moinho e sua progressiva diminuição no setor nordeste da área urbana, ao longo do Rio São Sepé. As praças, distribuídas nas áreas de uso comercial, misto e residencial também são consideradas áreas verdes ao concentrarem expressiva arborização, com destaque para a Praça das Mercês (área de uso comercial), como mostra a Fotografia 5.



Fotografia 5 - Arborização na Praça das Mercês: área verde  
Fonte: Trabalho de campo, 2006

## **4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Este capítulo contempla, num primeiro momento, a análise dos episódios de inundação de maior significância na área urbana de São Sepé- RS, no período de 1980-2006. Nessa etapa foi realizada a análise sinótica dos episódios e sua repercussão no espaço urbano.

Posteriormente, buscou-se compreender a sucessão dos tipos de tempo nos quatro meses representativos de cada estação do ano – outubro/2005, janeiro, abril e julho/2006, em que foram coletados dados de precipitação na área urbana de São Sepé. Procurou-se ainda analisar a distribuição da precipitação na área urbana do município além de análise comparativa entre a precipitação em São Sepé e Santa Maria durante esses meses.

A partir desses resultados os episódios de inundação foram classificados quanto à gênese e intensidade da precipitação. Por fim tentou-se espacializar as áreas susceptíveis a inundações na área urbana de São Sepé.

### **4.1 Episódios de inundações mais significativos entre 1980-2006 no espaço urbano de São Sepé –RS**

Ao associar as notícias relacionadas a impactos pluviais veiculadas nos jornais locais aos dados de precipitação da Estação Meteorológica da Santa Maria (EMSM) no período de 1980 a 2006, foram identificados onze episódios de relevância, como mostra o Quadro 11.

Dois episódios de inundação na área urbana de São Sepé, registrados pelos jornais locais, não corresponderam aos dados da EMSM: 22/12/1991 e 05/01/2002. Considerando a época do ano em que ocorreram, estes episódios provavelmente estão associados a chuvas convectivas, de pequena abrangência espacial, o que explica a ausência de registros de precipitação nesses dias em Santa Maria. Além disso, alguns episódios noticiados pelos jornais referem-se a alagamentos, que por não estarem associados a cursos d'água, não foram considerados.

Tendo por critério a repercussão do impacto pluvial no espaço urbano, foram selecionados sete episódios para análise mais detalhada, com vistas a conhecer as características desses eventos. Foram selecionados os seguintes episódios: 05 a 07/05 (Episódio 1), 21/05/1984 (Episódio 2), 16/12/1994 (Episódio 3), 27 e 28/12/1997 (Episódio 4), 03/10/2002 (Episódio 5), 19/02/2003 (Episódio 6) e 10 e 11/09/2005 (Episódio 7).



<b>EPISÓDIOS</b>	<b>PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)</b>
05 a 07/05/1984	132,7
21/05/1984	233,2 (referente aos dias 20 e 21/05)
12 e 13/04/1992	116,7
13 a 17/10/1994	107,4
16/12/1994	50
27 e 28/12/1997	40,7
30/09/2001	92,4
19/09/2002	72,2
03/10/2002	38,0
19/02/2003	62,2
10 e 11/09/2005	91,1

Quadro 11 - Episódios de impactos pluviais mais significativos na área urbana de São Sepé no período de 1980-2006

Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria, 1980-2006; Jornais A Palavra e A Fonte, 1980-2006.

Org.: SILVEIRA,R.D.

#### 4.1.1 Episódio 1 – 05 a 07 de maio de 1984

Os dois eventos ocorridos em maio de 1984 caracterizam-se por grande volume de precipitação durante longo período, o que contribui para a saturação do solo e conseqüentemente para o transbordamento dos canais fluviais. Além disso, o mês de abril já havia registrado altos índices de precipitação (382,6 mm). A distribuição da precipitação durante o mês de maio pode ser vista no Quadro 12.

A análise rítmica dos episódios 1 e 2 (Figura 20) mostra a passagem de quatro Frentes Polares no período de 05 a 22/05, denotando intensa atividade polar. Ao mesmo tempo o ATA oferece resistência à passagem dos sistemas polares, causando o estacionamento e o recuo das frentes.

A primeira FPA chega ao Estado no dia 05, acompanhada de queda de pressão, ventos de direção variada e precipitação, permanecendo estacionada até o dia 09. Entre os dias 05 e 07, em que foram registradas inundações na área urbana de São Sepé, a precipitação foi de 132 mm. A intensidade da chuva nesses dias foi muito fraca (24h do dia 5, 12h do dia 6 e 12h do dia 7), fraca (12h e 18h do dia 6 e 24h do dia 6) e moderada (18h do dia 6 e 18h do dia 7).

Dentre as repercussões no espaço urbano de São Sepé, no episódio de inundação registrado entre os dias 5 e 7/05/1984, destaca-se a invasão pelas águas de várias casas ao

longo do Lajeado do Moinho, particularmente nos Bairros Pontes e Santos (Figura 18) que são trechos urbanos mais próximos às nascentes do Lajeado do Moinho (A PALAVRA, 1984).

<b>PRECIPITAÇÃO (mm) – MAIO DE 1984</b>			
<b>DIA</b>	<b>12h GMT</b>	<b>18h GMT</b>	<b>24 h GMT</b>
<b>1</b>	0,2		
<b>2</b>	0,3		
<b>5</b>	17,8	13,6	10,4
<b>6</b>	7,0	25,8	21,4
<b>7</b>	4,0	32,7	
<b>9</b>	11,3	1,9	
<b>10</b>	1,4	4,1	
<b>12</b>	0,3		
<b>19</b>	6,8	10,0	0,6
<b>20</b>	0,2	56,4	55,0
<b>21</b>	41,6	80,2	
<b>22</b>	29,4	5,5	
<b>24</b>		7,0	
<b>29</b>	25,9		
<b>TOTAL</b>	<b>146,2</b>	<b>165,2</b>	<b>87,4</b>

Quadro 12 - Distribuição da precipitação no mês de maio 1984

Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria, 1984

Org.: SILVEIRA,R.D.

Do ponto de vista geomorfológico a área atingida neste episódio corresponde ao compartimento denominado transicional, além de apresentar declividades ente 12 e 30% (Figuras 14 e 15). Por essas características, portanto, não seria susceptível à inundação. Observa-se, porém, a ocupação das margens do Lajeado, neste trecho, pela urbanização, o que acarreta na retirada da mata ciliar (Figura 19), e torna essa área vulnerável, à medida que a impermeabilização aumenta.

#### 4.1.2 Episódio 2 – 21 de maio de 1984

Este episódio caracteriza-se pela atuação da FPA como frente estacionária no Estado entre os dias 19 e 22, trazendo significativo volume de precipitação (241 mm entre 19 e 22/05). No dia 19 a intensidade da precipitação foi muito fraca, já no dia 20 variou de muito fraca (18h) a forte (24h), como pode ser visto na Figura 20.

No dia 21 às 12h apresentou-se moderada a forte e às 18h muito forte, enquanto o dia 22 teve precipitação moderada (12h) e muito fraca (18h). O episódio de inundação foi registrado na noite do dia 21/05.

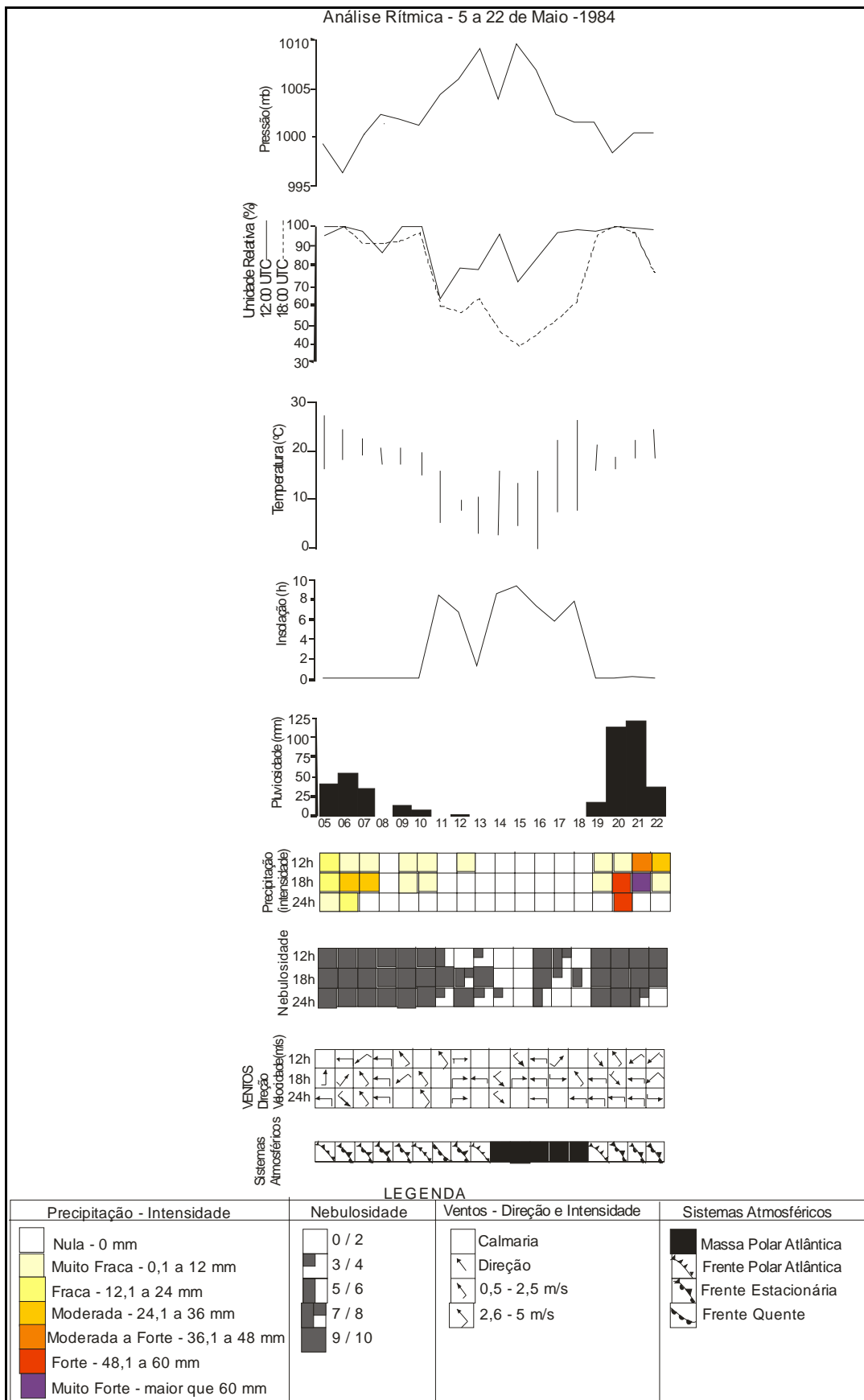


Figura 20 - Análise rítmica dos Episódios 1 e 2- 05 a 07/05 e 21/05/1984  
 Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria, 1984  
 Org.: SILVEIRA, R.D.

Os dois eventos pluviiais extremos no mês de maio de 1984, que causaram inundações, foram caracterizados por permanência do sistema frontal pelo menos por três dias sobre o Estado. O tipo de tempo associado a esses episódios é o “Tempo Frontal Estacionário”, segundo a classificação de Sartori (1993).

A inundação ocorrida durante a noite do dia 21/05 resultou em severos impactos no espaço urbano (Figura 21), de acordo com o jornal A Palavra (1984). No total mais de 500 pessoas ficaram desabrigadas, 29 casas foram completamente destruídas e 24 severamente danificadas ao longo do Lajeado do Moinho de um extremo a outro da área urbana – bairros Pontes, Santos e Kurtz principalmente (Figura 18).

A grande repercussão desse episódio deve-se ao grande volume e intensidade da precipitação, que suplanta a capacidade de vazão do Lajeado do Moinho, por ser um canal de pequeno porte, além de causar a saturação do solo. Os bairros mais atingidos estão em diferentes compartimentos, do ponto de vista geomorfológico – topo das coxilhas a transicional (Bairros Santos e Pontes) e transicional (Bairro Kurtz), porém ambos apresentam intensa ocupação das margens do Lajeado, o que explica a susceptibilidade à esses impactos (Figura 14).

## Mais de 500 pessoas desabrigadas em São Sepé

<p>O Prefeito Municipal e sua equipe juntamente com a COMDEC e Ação Social, encontram-se mobilizados prestando socorro aos flagelados atingidos pelas chuvas que, no município de São Sepé, propiciou mais de 500 pessoas desabrigadas, na zona urbana.</p> <p>Na noite de segunda-feira última, quando ocorreu a enchente no Lajeado do Moinho, que corta a cidade desde a Vila Santos até a Vila São Francisco no outro extremo, em torno de 20 casas foram levadas pelas águas, ultrapassando a 91 o número de moradias seriamente danificadas.</p> <p>No mesmo dia, cinco pontes ruíram, em consequência da pressão das águas, sendo 1 delas na zona urbana e três no interior do município.</p>	<p style="text-align: center;"><b>EQUIPES DE SOCORRO ATUAM DURANTE 24 HORAS</b></p> <p>Por determinação do prefeito municipal, foram formadas várias equipes de socorro, para atendimento de emergência, sendo que as mesmas foram distribuídas pelas várias localidades do município.</p> <p>Por ocasião das cheias do Lajeado do Moinho, na noite de segunda-feira, as equipes de socorro da prefeitura, estiveram atuando incessantemente, inclusive durante toda a noite, distribuindo agasalhos e abrigo a famílias cujas casas foram atingidas pelas águas.</p> <p>Segundo declarações de populares das imediações do Lajeado do Moinho, foram incansáveis, juntamente com as equipes de socorro da prefeitura, a Brigada Militar, COMDEC, vereador Mrad Ineu, Presidente</p>	<p>da Câmara Municipal, Sr. Colmar Gonçalves, da CEEE, João Luiz dos Santos Vargas, Prefeito Municipal, e inúmeros populares que auxiliaram na recuperação de mobiliários e utensílios em geral.</p> <p style="text-align: center;"><b>MORTE POR AFOGAMENTO NA PONTE NOVA</b></p> <p>Segundo informações de populares, na tarde de ontem, ocorreu um afogamento nas imediações da ponte nova, na saída para Cachoeira do Sul. Segundo ainda afirmações de pessoas que presenciaram a cena, a vítima, Miguel Francisco Medeiros, entrou na água e foi colhido pela mesma.</p> <p>Grupos de buscas estiveram no local durante a tarde de ontem, na tentativa de recuperar o afogado.</p> <p>Segundo o plantão da DP local,</p>
		<p>até as 17 horas de ontem o caso não havia sido oficialmente denunciado naquela delegacia.</p> <p style="text-align: center;"><b>NO INTERIOR PREJUÍZOS INCALCULÁVEIS</b></p> <p>Os prejuízos, no interior do município, atingiram proporções incalculáveis.</p> <p>Segundo a equipe de obras vistoria em todo o interior visando a apurar as dimensões dos danos causados pelas chuvas, 22 pontes no interior não estão em condições normais de trafegabilidade, sendo que dessas, quatro ruíram por completo, tendo que ser totalmente reconstruídas e 15 pontes precisam de sérios reparos. Ainda com relação as pontes no interior, todas as 22 pontes acima citadas encontram-se totalmente</p>
		<p>cobertas pelas águas.</p> <p>Além do estado das pontes, as estradas no interior encontram-se em estado total de precariedade, enquadrando nessa situação mais da metade do sistema viário do município.</p> <p style="text-align: center;"><b>ZONA NORTE DA CIDADE TEVE ABASTECIMENTO DE ÁGUA INTERROMPIDO</b></p> <p>Em decorrência das fortes chuvas foi interrompido o abastecimento de água potável em praticamente toda a zona norte da cidade. Desde as últimas horas de segunda-feira que a população da margem norte do Lajeado do Moinho está sem abastecimento de água. A CORSAN espera, para as próximas horas, restabelecer os serviços de água naquela localidade.</p>

Figura 21 – Repercussão do Episódio 2 na área urbana de São Sepé

Fonte: A Palavra, 23/05/1984, p.1

Org.: SILVEIRA, R.D.

#### 4.1.3 Episódio 3 – 16 de dezembro de 1994

Este episódio caracterizou-se por intensa precipitação em curto espaço de tempo (50 mm às 24h do dia 16), o que leva à lavagem do solo e rápida elevação do nível das águas fluviais. O período destacado para análise rítmica (08 a 17/12) tem início com o domínio do APA na forma MPV, o que é no final da primavera, devido ao progressivo aquecimento do continente (Figura 22).

A pressão entra em declínio no decorrer dos dias (08 até 13), conforme a temperatura se eleva e os ventos, que no dia 08 e 09 são de SE, progressivamente vão mudando de direção, conforme o anticiclone avança para o norte. Entre os dias 13 e 14, nota-se a atuação de novo sistema frontal, que provoca um pequeno volume de precipitação em Santa Maria (dia 13), quando as pressões são as mais baixas do período analisado. No dia 15 o domínio é da MPV, as temperaturas se mantêm semelhantes aos dias anteriores e os ventos são do quadrante SE. Já no dia 16 a chegada de nova FPA traz precipitação de forte intensidade (50 mm) às 24h na EMSM e inundação na área urbana de São Sepé.

No dia 17 o sistema frontal ainda atua sobre o Estado, provocando chuvas de intensidade muito fraca durante todo o dia. O tipo de tempo definido por essas características é o “Tempo Frontal de Sudoeste de Atuação Moderada” (SARTORI, 1993).

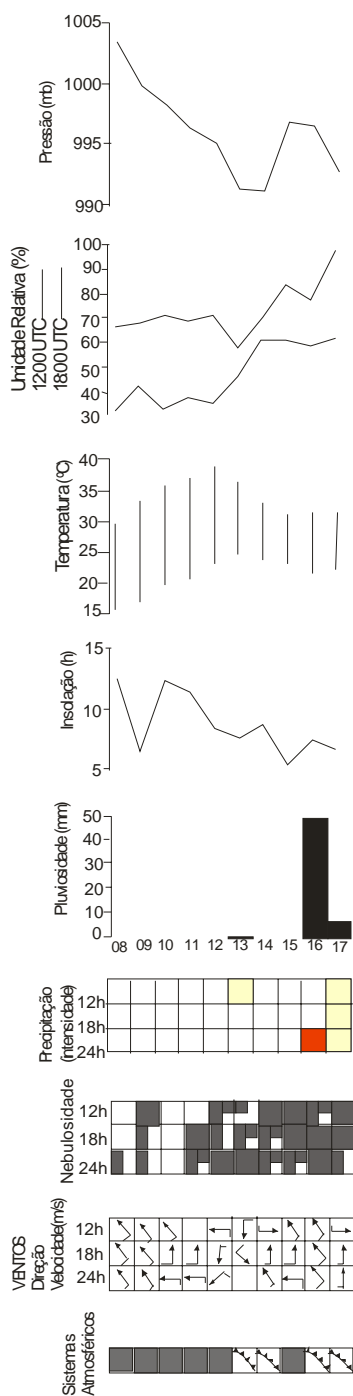
Dentre as repercussões desse episódio de impacto pluvial está a inundação de várias casas ao longo do Lajeado do Moinho, o que deixou cerca de 100 pessoas desabrigadas e levou o município a decretar Situação de Emergência (A PALAVRA, 1994), como mostra a Figura 23. A forte intensidade da chuva, neste episódio, foi responsável pela rápida elevação do nível das águas do Lajeado em toda a sua extensão, afetando áreas com diferentes níveis de altitude e declividade, desde que ocupadas por residências.

#### 4.1.4 Episódio 4 – 27 e 28 de dezembro de 1997

No episódio 4 o grande volume de precipitação nos dias anteriores contribuiu para que fossem registradas inundações, mesmo diante de um volume menor de chuva nos 2 dias.

Na análise rítmica entre os dias 20 e 31/12 (Figura 24), pode-se observar a passagem de três frentes polares num curto espaço de tempo.

Análise Rítmica - 08 a 17 de Dezembro -1994



LEGENDA

Precipitação - Intensidade	Nebulosidade	Ventos - Direção e Intensidade	Sistemas Atmosféricos
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nula - 0 mm</li> <li>Muito Fraca - 0,1 a 12 mm</li> <li>Fraca - 12,1 a 24 mm</li> <li>Moderada - 24,1 a 36 mm</li> <li>Moderada a Forte - 36,1 a 48 mm</li> <li>Forte - 48,1 a 60 mm</li> <li>Muito Forte - maior que 60 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>0 / 2</li> <li>3 / 4</li> <li>5 / 6</li> <li>7 / 8</li> <li>9 / 10</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calmaria</li> <li>Direção</li> <li>0,5 - 2,5 m/s</li> <li>2,6 - 5 m/s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Massa Polar Velha</li> <li>Fronte Polar Atlântica</li> </ul>

Figura 22 - Análise rítmica do Episódio 3 – 16/12/1994

Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria, 1994

Org.: SILVEIRA, R.D.

## **São Sepé em estado de emergência**

O Município de São Sepé, encontra-se em estado de emergência devido aos prejuízos causados pelas últimas chuvas.

Vários locais foram inundados e cerca de 100 pessoas foram abrigadas, durante a chuva, no Ginásio de Esportes Professor Nery Büeno Lopes.

Os locais mais atingidos foram os distritos de Jazidas e Tupanci, onde a força das águas chegou a destruir várias pontes.

Segundo o Prefeito Volney Teixeira, os prejuízos ainda não foram calculados. "Mas é certo que o município não poderá arcar com os custos", afirmou.

No dia de ontem, atendendo solicitação do Deputado João Luiz dos Santos Vargas junto ao Governo Estadual, técnicos da Defesa Civil estiveram em São Sepé para fazer o levantamento dos prejuízos causados pelas chuvas, visando a destinação de recursos para socorrer o município de São Sepé.

Figura 23 – Repercussão do Episódio 3 na área urbana de São Sepé

Fonte: A Palavra, 22/12/1994, p.8.

Org.: SILVEIRA,R.D.

A primeira FPA chega ao Rio Grande do Sul no dia 20 e permanece semi-estacionária até metade do dia 23, originando grande volume de precipitação de intensidade desde muito fraca a forte (total de 167,5 mm).

Após o avanço deste sistema passa a dominar o APA, representado pela MPV, caracterizado por ventos de E, temperaturas mínimas maiores que 15°C e máximas maiores que 25°C. No dia 25 há registro de precipitação de 21,4 mm às 12h GMT, por ocasião da atuação indireta de um ciclone frontal, localizado sobre o oceano.

A MPV atua até o dia 26, e a segunda FPA chega ao Estado no dia 27, trazendo precipitações de intensidade muito fraca às 12h e 24h GMT e moderada às 18h GMT (30,6 mm). No dia 28 permanece o domínio do sistema frontal, sendo registrada precipitação de intensidade muito fraca às 12h GMT, na EMSM. As inundações em São Sepé ocorreram entre esses os dias 27 e 28, quando o total de chuvas somou 40,7 mm.

No dia 29 ocorre o domínio da MPV com a formação de IT e já no dia 30 uma terceira FPA ganha espaço, quando é registrada precipitação de intensidade moderada a forte às 12h. Após o avanço da frente o domínio é de novo APA, na forma de MPV.

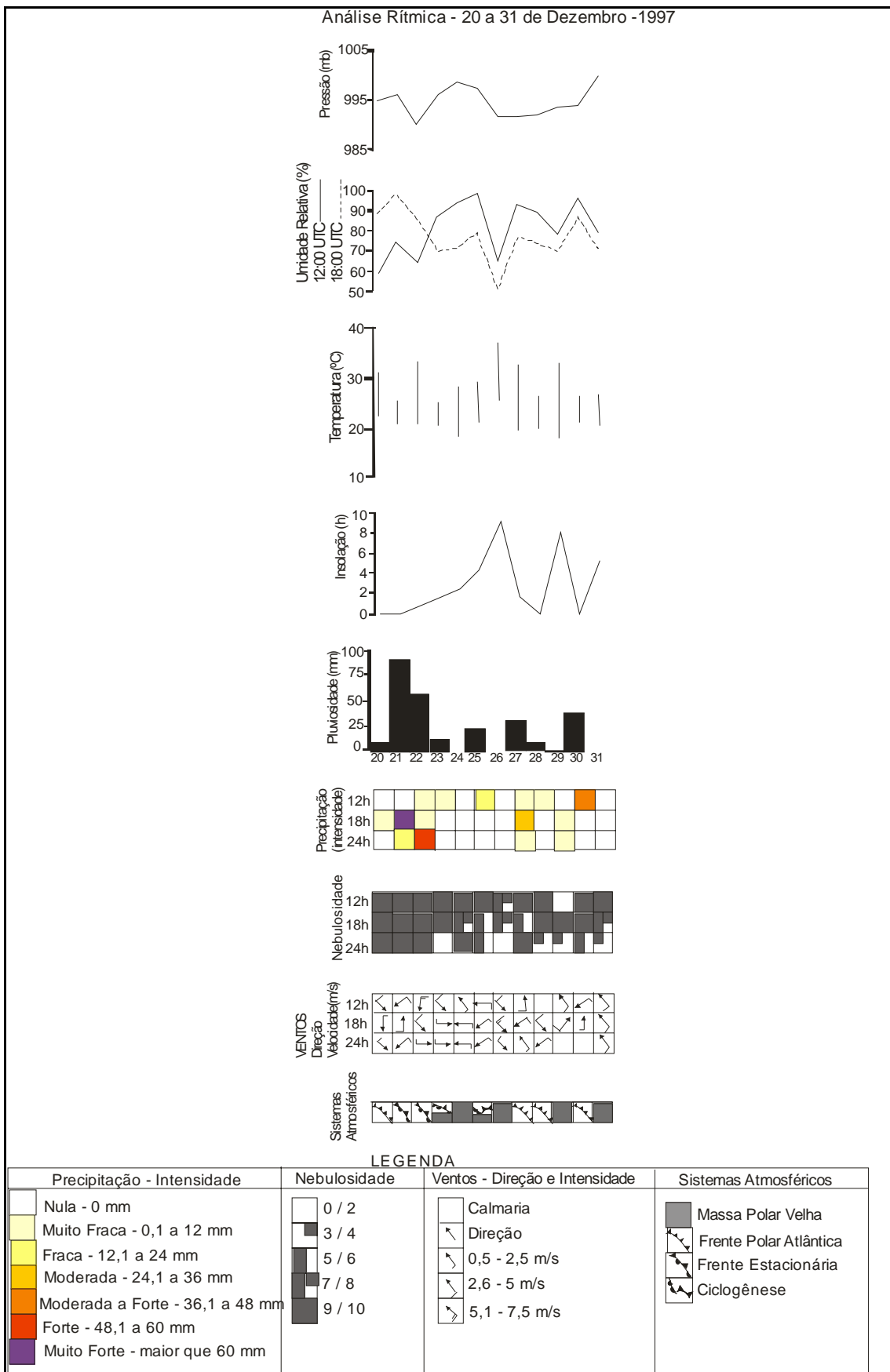


Figura 24 - Análise rítmica do Episódio 4 – 27 e 28/12/1997

Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria, 1997

Org.: SILVEIRA, R.D.



As características da segunda FPA do período, responsável pela ocorrência de inundações, definem o “Tempo Frontal de Sudoeste de Atuação Moderada” (SARTORI, 1993).

Entre as repercussões do impacto pluvial no espaço urbano relativas ao episódio 4 está o transbordamento do Lajeado do Moinho e Rio São Sepé, o que levou a inundação de casas e destruição de pontes, duas delas sobre o Lajeado: a da Arrozeira Sepeense e a do Engenho Medianeira (ambas entre o Centro e o Bairro Kurtz) de acordo com o jornal A Palavra (1997), como pode ser visto na Figura 25.

### **Fortes chuvas causam muitos prejuízos na cidade e no interior**

As fortes chuvas que caíram na região no último final de semana causaram inúmeros prejuízos em São Sepé. Problemas significativos na cidade e especialmente no interior.

A agricultura também foi muito afetada com várias lavouras de arroz completamente em baixo d'água, devido a enchente. O Rio São Sepé subiu muito, alagando casas e causando problemas nas lavouras.

Há mais de 8 anos não se via uma enchente como a que aconteceu nesta semana. O Lajeado do Moinho também transbordou, inundando casa e danificando pontes e bueiros. As pontes da Arrozeira e Engenho Medianeira tiveram problemas com a enchente.

A Ponte do Passo do Fraga, acesso ao Cerrito do Ouro também foi atingida e a Prefeitura Municipal interditou a passagem de caminhões.

No interior várias localidades ficaram isoladas e as estradas em péssimo estado.

Desde sábado, a Secretaria de Obras vem realizando um mutirão para solucionar os inúmeros estragos causados pela chuva.

A Defesa Civil foi acionada e o Prefeito Luiz Fernando Tonetto aguarda um relatório dos prejuízos em São Sepé para buscar ajuda junto ao Governo do Estado.

Figura 25 – Repercussão do Episódio 4 na área urbana de São Sepé

Fonte: A Palavra, 03/01/1997. p.8.

Org.: SILVEIRA,R.D.

O bairro mais atingido nesse episódio (Bairro Kurtz) encontra-se no compartimento denominado transicional - entre o topo das coxilhas e a planície aluvial (Figuras 14 e 18). A planície aluvial do Lajeado, não só neste setor como em toda a extensão da área urbana é estreita, com declividades entre 12 e 30%, porém densamente ocupada.

#### 4.1.5 Episódio 5 – 03 de outubro de 2002

A grande quantidade de precipitação num curto espaço de tempo, somado ao fato de o mês anterior ter sido extremamente chuvoso (em setembro de 2002 foram registrados 310 mm) e com registro de inundação em São Sepé motivou este episódio.

Através da análise rítmica do período de 01 a 04/10/2002 percebe-se a atuação da MPA no dia 01, quando a pressão atmosférica se mantém elevada, a umidade relativa apresenta queda e as temperaturas ligeira redução (Figura 26). Já no dia 02 ocorre a tropicalização da massa polar, caracterizada por elevação da temperatura e redução da pressão, enquanto nova FPA se desloca sobre a Argentina e chega ao Estuário do Prata à noite.

A FPA, com rápido deslocamento, atua no Estado na madrugada do dia 03, quando foi registrada precipitação de intensidade moderada a forte em Santa Maria às 12h GMT (38 mm) e inundações na área urbana de São Sepé. O tipo de tempo definido por essas características é o “Tempo Frontal de Sudoeste de Atuação Moderada” segundo Sartori (1993).

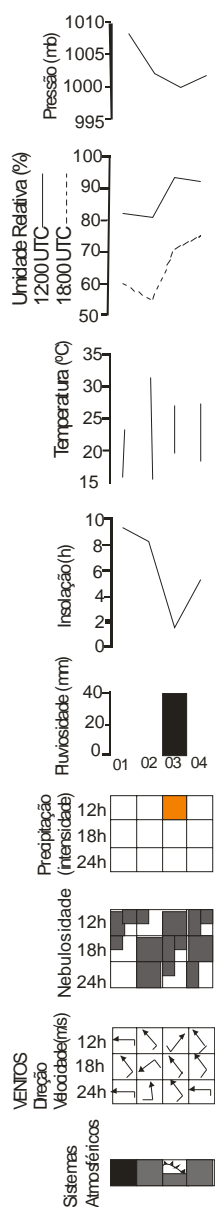
No decorrer do dia 03 a FPA já se afasta do Estado, proporcionando a entrada de novo centro de ação polar, que chega descaracterizado na forma de MPV (dias 03 e 04), quando as temperaturas se apresentam elevadas (máxima 27°C e mínima 19,2°C no dia 04) e os ventos são de S e E.

As repercussões do impacto pluvial no espaço urbano de São Sepé deveram-se ao caráter tempestuoso da rápida passagem frontal, responsável pelo transbordamento do Lajeado do Moinho, que invadiu cerca de 20 casas no Bairro Kurtz (Fotografia 6), elevou o nível do Rio São Sepé e inundou casas no Bairro Cristo Rei (Figura 18) de acordo com o jornal A Fonte (2002). Além disso, várias famílias ficaram desabrigadas devido ao vendaval e aos alagamentos, causados por problemas de drenagem urbana. Vários danos foram constatados, como a queda de árvores, muros e postes e destelhamento de casas.

Nesse episódio, além do Bairro Kurtz, o Bairro Cristo Rei também foi afetado pelo impacto pluvial. Este bairro situa-se na planície aluvial do Rio São Sepé (Figura 19 e Foto 4), e está cada vez mais sujeito a esses impactos a medida que a ocupação aumenta.

#### 4.1.6 Episódio 6 – 19 de fevereiro de 2003

Análise Rítmica - 01 a 04 de Outubro - 2002



LEGENDA

Precipitação - Intensidade	Nebulosidade	Ventos - Direção e Intensidade	Sistemas Atmosféricos
Nula - 0 mm	0 / 2	Calmaria	Massa Polar Atlântica
Muito Fraca - 0,1 a 12 mm	3 / 4	Direção	Massa Polar Velha
Fraca - 12,1 a 24 mm	5 / 6	0,5 - 2,5 m/s	Frente Polar Atlântica
Moderada - 24,1 a 36 mm	7 / 8	2,6 - 5 m/s	
Moderada a Forte - 36,1 a 48 mm	9 / 10		
Forte - 48,1 a 60 mm			
Muito Forte - maior que 60 mm			

Figura 26 - Análise rítmica do Episódio 5 - 03/10/02  
 Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria, 2002  
 Org.: SILVEIRA, R.D.



Fotografia 6 - Inundação de casas na planície aluvial do Lajeado do Moinho – Bairro Kurtz durante o Episódio 5 (03/10/02)

Fonte: Jornal a Fonte, 2002.

Este episódio difere-se dos demais analisados por registrar a atuação de uma instabilidade tropical quase concomitantemente à chegada do sistema frontal, situação resultante das condições térmicas de verão, quando são mais frequentes a formação de instabilidades convectivas.

O período analisado (16 a 21/02/03) se inicia com a passagem de um sistema frontal sobre o Rio Grande do Sul (Figura 27), que apresenta rápido deslocamento e traz pequeno volume de precipitação (intensidade muito fraca).

A MPV domina nos dias 17 e 18, ocasionando significativa amplitude térmica, com temperaturas máximas acima de 25°C, suave elevação da pressão e baixa umidade relativa. Enquanto isso a FPA, que esteve no Estado já avança em direção ao Nordeste do Brasil e nova frente se desloca na Argentina.

Na manhã do dia 19, a FPA chega ao Estuário do Prata enquanto uma linha de instabilidade vinda do oeste atua no centro do Estado. Em seguida, a FPA alcança a instabilidade, ocasionando uma grande massa de nuvens sobre o Rio Grande do Sul. São registradas precipitações de intensidade muito fraca às 12h GMT e moderada às 18h e 24h GMT, quando são registradas inundações em São Sepé. Define-se aí o “Tempo Frontal de Sudoeste de Atuação Moderada” (SARTORI, 1993), esse sistema frontal permanece estacionário sobre o Estado no dia 20 e volta a avançar no dia 21, quando o domínio passa a ser da MPV.

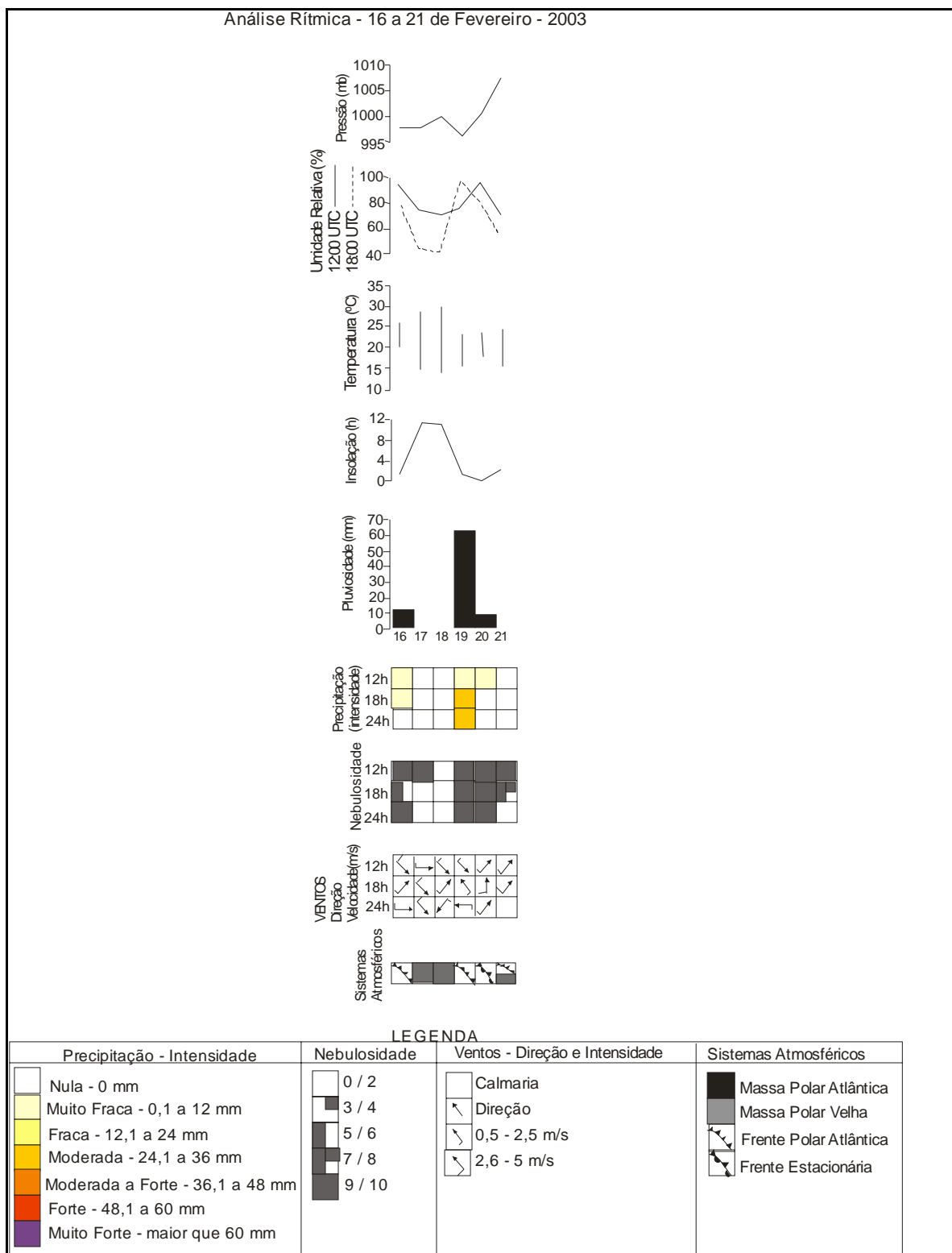


Figura 27 - Análise rítmica do Episódio 6 – 19/02/03  
 Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria, 2003  
 Org.: SILVEIRA, R.D.

Considerando-se as repercussões no espaço urbano a forte intensidade da chuva causou rápida elevação do Lajeado do Moinho, cujas águas interromperam pontes e inundaram casas na tarde do dia 19 (Fotografia 7). O bairro mais atingido foi o Kurtz.



Fotografia 7 - Elevação do nível do Lajeado do Moinho (Bairro Kurtz) durante o Episódio 6 (19/02/03)  
Fonte: Trabalho de campo, 2003.

#### 4.1.7 Episódio 7– 10 e 11 de setembro de 2005

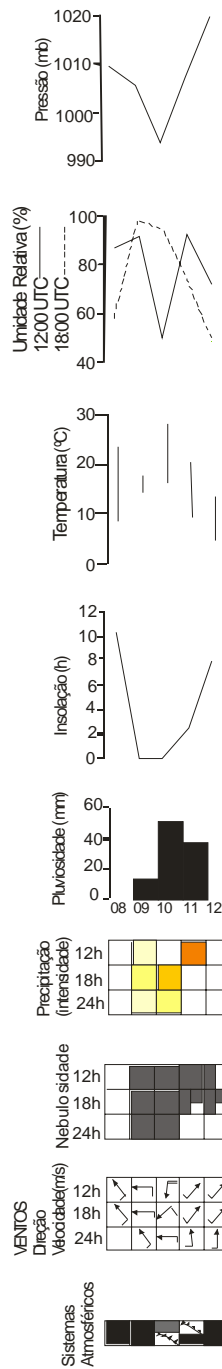
As inundações registradas entre os dias 10 e 11/09 foram provocadas por uma rápida passagem frontal, que trouxe volume significativo de chuvas num curto espaço de tempo. A análise rítmica dos dias 08 a 12/09 (Figura 28) mostra a atuação da MPA entre os dias 08 e 09.

Nesses dias são registrados ventos do quadrante S e E, céu limpo, baixa umidade relativa e significativa amplitude térmica (8,3°C a 23,2°C no dia 08). Já no dia 9 a amplitude térmica diminui, devido à alta nebulosidade causada por uma Linha de Instabilidade vinda de NW. Esta corrente perturbada foi responsável por precipitações de intensidade muito fraca e fraca durante todo o dia.

O sistema frontal chega ao Rio Grande do Sul no dia 10, após a atuação da MPA já tropicalizada (MPV) durante metade do dia. Esse sistema permanece até metade do dia 11 e durante esses dois dias são registradas queda significativa da pressão (993,6 mb às 12h do dia 10), precipitação de intensidade moderada e fraca no dia 10 e moderada a forte (38,7mm) às 12h GMT do dia 11.

As inundações em São Sepé ocorreram entre esses dois dias, sendo que o total de precipitação registrado foi de 91,1 mm e o tipo de tempo correspondente é o “Tempo Frontal de Sudoeste de Atuação Moderada” (SARTORI, 1993).

Análise Rítmica - 08 a 12 de Setembro - 2005



LEGENDA

Precipitação - Intensidade	Nebulosidade	Ventos - Direção e Intensidade	Sistemas Atmosféricos
<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: white; border: 1px solid black;"></span> Nula - 0 mm</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ffffcc; border: 1px solid black;"></span> Muito Fraca - 0,1 a 12 mm</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ffff00; border: 1px solid black;"></span> Fraca - 12,1 a 24 mm</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ffcc00; border: 1px solid black;"></span> Moderada - 24,1 a 36 mm</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ff6600; border: 1px solid black;"></span> Moderada a Forte - 36,1 a 48 mm</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ff0000; border: 1px solid black;"></span> Forte - 48,1 a 60 mm</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #800080; border: 1px solid black;"></span> Muito Forte - maior que 60 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: white; border: 1px solid black;"></span> 0 / 2</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #cccccc; border: 1px solid black;"></span> 3 / 4</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #999999; border: 1px solid black;"></span> 5 / 6</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #666666; border: 1px solid black;"></span> 7 / 8</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #333333; border: 1px solid black;"></span> 9 / 10</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; border: 1px solid black;"></span> Calmaria</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; border: 1px solid black;"></span> Direção</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; border: 1px solid black;"></span> 0,5 - 2,5 m/s</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; border: 1px solid black;"></span> 2,6 - 5 m/s</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; border: 1px solid black;"></span> 5,1 - 7,5 m/s</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; border: 1px solid black;"></span> 7,6 - 10 m/s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: black; border: 1px solid black;"></span> Massa Polar Atlântica</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #cccccc; border: 1px solid black;"></span> Massa Polar Velha</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; border: 1px solid black;"></span> Frente Polar Atlântica</li> </ul>

Figura 28 - Análise rítmica do Episódio 7 – 10 e 11/09/2005  
 Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria, 2005  
 Org.: SILVEIRA, R.D.

Mais uma vez as repercussões do impacto pluviométrico foram provocadas pela precipitação de forte intensidade, de caráter tempestuoso, que causaram danos na rede elétrica, alagamentos devido à insuficiência do sistema de drenagem pluvial e inundações nas áreas próximas ao Lajeado do Moinho – principalmente no Bairro Kurtz e Rio São Sepé - Bairro Cristo Rei (Figura 18). Várias moradias foram danificadas e pessoas ficaram desabrigadas, além de terem inúmeros prejuízos materiais (A FONTE,2005) como mostra a Figura 29.

A situação geomorfológica e de ocupação urbana desses bairros já foi anteriormente descrita no Capítulo III e nos demais episódios.

## **4.2 Sucessão dos tipos de tempo nos quatro meses representativos de cada estação do ano**

### **4.2.1 Outubro de 2005 – mês representativo da primavera**

O mês de outubro de 2005 foi caracterizado pelo domínio absoluto dos sistemas extratropicais, representado pela MPA. Nota-se, no entanto, significativa atuação da Massa Polar Velha ou Tropicalizada (MPV), embora esta ainda fique atrás da MPA em frequência (Quadro 13).

Esse fato deve-se ao progressivo enfraquecimento dos sistemas polares devido à aproximação do verão do hemisfério. Os centros de ação polares, dessa forma, apresentaram trajetória marítima, motivado pelo gradativo aquecimento do continente.

Os sistemas frontais apresentaram-se, na maioria das vezes, bem definidos, originando grande volume de precipitações. A atuação da FPA como frente estacionária e seu recuo como frente quente também contribuiu para que fossem registrados valores significativos de precipitação.

Nos dias 01 e 02/10 o Rio Grande do Sul encontra-se sob o domínio da MPA (Figura 30) que posteriormente passa a denominar-se MPV, devido ao aquecimento em seu interior e domina durante o dia 03/10.

A FPA chega ao Estado na noite do dia 03 e permanece sobre este no dia 04, mostrando-se bem definida e originando grande volume de precipitações.



# Os estragos causados pelas chuvas

As fortes chuvas e rajadas de vento registradas no último final de semana, deixaram a população de São Sepé e região em alerta. No sábado à noite, duas casas na rua Capitão Elautério foram inundadas pelas águas. A rede elétrica ficou danificada e faltou luz por mais de cinco horas na cidade. No bairro Bela Vista, a energia só retornou por volta das 23h e, no interior, várias localidades ficaram sem energia, inclusive no domingo. O rio São Sepé transbordou interrompendo o acesso à ponte do Fraga e à ponte do Morcego. Na residência de João Almeida um cano da tubulação da rede de água e esgoto da cidade, estourou, inundando o local. A Defesa Civil, equipe da Secretaria de Obras e moradores, mobilizaram-se rápido para a retirada dos móveis e objetos de dentro da casa. Em outra casa, as águas provocaram inundações e o morador perdeu grande parte do que tinha. Na madrugada

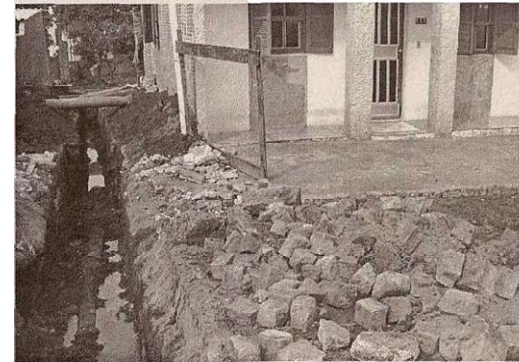
de sábado, moradores da região do lajeado do Moinho ficaram em alerta com enchente no local. Falando ao Jornal **A Fonte**, domingo pela manhã, os moradores pediram uma solução para o problema. A senhora Nilza Oliveira Rodrigues, disse que os moradores não conseguem mais dormir tranquilos quando chove. "O lajeado enche, depois que as casas estão cheias de água, aí aparece o pessoal para recolher. Nós queremos que haja uma prevenção. A solução é limpar o lajeado e tirar sujeira", disse Nilza Rodrigues. Já Mirian Mathias contou que já enfrentou três enchentes e perdeu quase tudo na última vez. "Não durmo, preocupada com a chuvurada. O pessoal da prefeitura tem que fazer uma campanha de conscientização para que as pessoas não joguem lixo", disse ela. Eva Borges, moradora na região do Lajeado do Moinho há mais de 40 anos, disse que não dormiu na noite de

sábado para domingo, preocupada que o Lajeado fosse invadir sua casa. Lúcia Fraga contou que perdeu uma máquina de lavar roupa na outra enchente. Disse que, no último final de semana, não dormiu e que o filho teve que ficar de plantão preocupado com a enchente. Lúcia sugeriu que a máquina que veio para cortar pedra seja usada para a limpeza do Lajeado. Ela reclamou dos moradores daquela região que jogam lixo direto no Lajeado, ao invés de colocarem na lixeira. O secretário de Obras, Nenê Oliveira disse que no início do próximo mês, inicia o trabalho de limpeza do Lajeado. Quanto ao problema na rede na rua Capitão Elautério, disse que a obra é mais complexa e que será feito um serviço separando a rede de esgoto da que dá vazão à água da rua. Disse ainda que os moradores que abandonaram suas casas receberão um outro local para morar provisoriamente.

FOTOS/DIVULGAÇÃO/AF



Muitos entulhos após a enxurrada



Bairro Kurtz teve cerca de 10 pedidos para reparos de esgotos



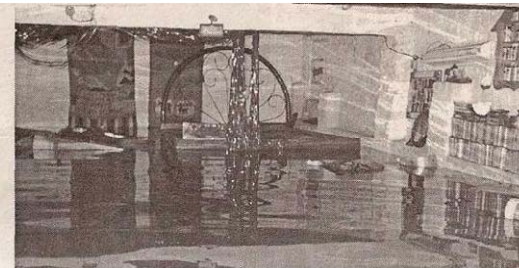
Piso desmoronando com a chuva



Moradores das áreas atingidas



Defesa civil presente nos locais alagados



Móveis flutuaram em casa na Capitão Elautério

Figura 29 – Repercussão do Episódio 7 na área urbana de São Sepé  
Fonte: A Fonte, 17/09/2005, p.9, 17 Org.: SILVEIRA,R.D.

<b>Sistemas Atmosféricos</b>	<b>Frequência (dias)</b>
Massa Polar Atlântica	14
Massa Polar Velha	08
Frente Polar Atlântica	06
Frente Estacionária	04
Frente Quente de Nordeste	03
Ciclone Frontal	01

Quadro 13 - Sistemas atmosféricos atuantes no mês de outubro/2005 em Santa Maria/RS.  
Org.:SILVEIRA,R.D

No dia 4 às 12h GMT foi registrada precipitação de intensidade muito forte em Santa Maria (maior que 60 mm). Novo sistema polar avança sobre o Estado, na forma de MPA, que domina entre os dias 05 e 06. No dia 07 a FPA que se afastou do Estado em dias anteriores recua como frente quente, originando alta nebulosidade e precipitações de pequena intensidade. Esse sistema frontal permanece estacionário sobre o Estado no dia 08.

Entre os dias 09 e 10 há novamente a atuação da MPA no Rio Grande do Sul, que a partir do dia 11 até o dia 13 atua como MPV. Nova FPA avança entre a noite do dia 13 e dia 14, trazendo volume significativo de precipitação (intensidade forte às 12h GMT em Santa Maria). Essa mesma descontinuidade frontal recua no dia 15, após curto domínio de nova MPA, permanecendo estacionária nos dias 16 e 17. Entre os dias 17 e 19 a MPA volta a atuar, passando a denominar-se MPV no dia 20.

No dia 21 nota-se a atuação de um ciclone frontal no litoral do RS, que proporciona nebulosidade no interior do continente e origina precipitações de intensidade muito fraca e fraca em Santa Maria. Após o avanço da frente, a MPV volta a dominar no dias 22, 23 e 24, quando nova FPA passa a se deslocar sobre o estuário do Prata e chega ao Estado dia 25, trazendo quantidade insignificante de chuva em Santa Maria.

Entre os dias 25 e 26 o domínio é de novo centro de ação polar, na forma de MPA e no dia 27 há o recuo da FPA como frente quente. A mesma permanece estacionária no dia 28 e volta a avançar no dia 29, quando o domínio é mais uma vez da MPA (dias 29 a 31/10).

#### 4.2.2 Janeiro de 2006 – mês representativo do verão

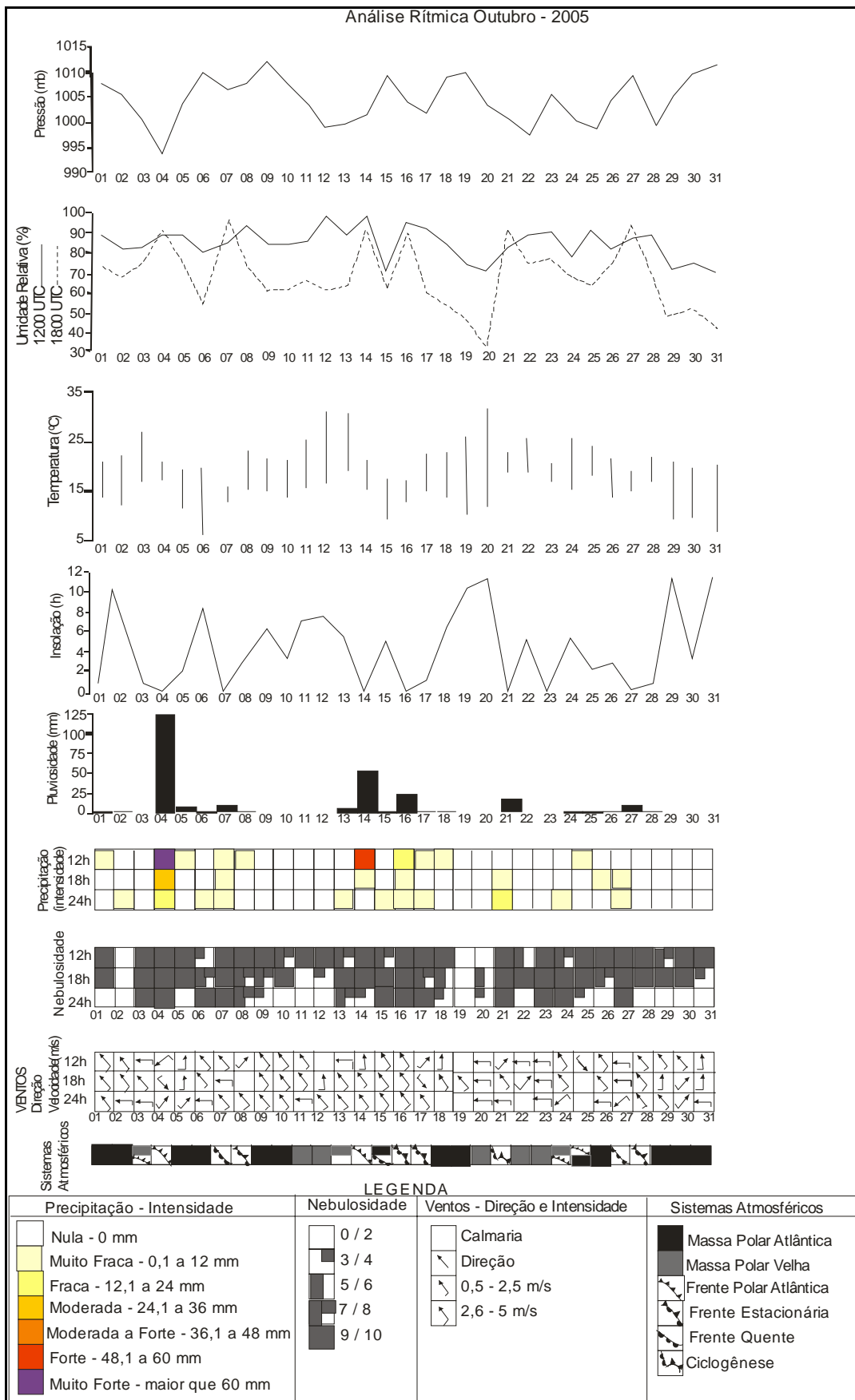


Figura 30 - Análise rítmica do mês de outubro de 2005- representativo da primavera

Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria, 2005

Org.: SILVEIRA,R.D.

O mês de janeiro apresentou características típicas do período de verão, quando a incidência solar proporciona maior atividade dos sistemas tropicais do Hemisfério Sul, concomitantemente ao progressivo aquecimento do continente e menor intensidade dos centros de ação de origem polar.

Assim os sistemas extratropicais se fizeram presentes em maior número de dias, porém na forma de MPV, ou seja, quando a MPA chega ao Estado sem suas características originais de pressão e temperatura (Quadro 14). Os sistemas tropicais, representado pela MTA, tiveram participação nesse mês, por ocasião da fusão entre o ATA e o APA, já enfraquecido ao chegar em latitudes mais baixas.

<b>Sistemas Atmosféricos</b>	<b>Frequência (dias)</b>
Massa Polar Velha	15
Massa Tropical Atlântica	07
Frente Polar Atlântica	07
Frente Estacionária	05

Quadro 14 - Sistemas atmosféricos atuantes no mês de janeiro/2006 em Santa Maria/RS.  
Org.: SILVEIRA,R.D.

Os sistemas frontais, devido à homogeneidade das massas em confronto, no que se refere à pressão e temperatura, estiveram no geral mal definidos nesse mês, dissipando-se ou desviando para o oceano ao chegar na latitude do Rio Grande do Sul. Mesmo assim, as precipitações foram significativas durante o mês, por ocasião de frentes estacionárias e instabilidades tropicais, essas últimas associadas ao intenso aquecimento e alta umidade no corpo da massa de ar, devido sua trajetória marítima.

Os dias 01 e 02/01 são dominados pela MPV, enquanto a FPA avança sobre o estuário do Prata e atinge o Estado no dia 03, porém sem provocar precipitações em Santa Maria (Figura 31).

Novo sistema polar, na forma de MPV, atua entre os dias 04 e 08, e nova FPA traz precipitações de intensidade moderada na noite de 08/01 em Santa Maria. Após sua passagem pelo Estado a FPA se dissipa proporcionando a fusão do APA e o ATA, deixando o RS sob o domínio da MTA nos dias 09 e 10/01. A trajetória continentalizada dessa massa tropical é responsável pela baixa umidade relativa e altas temperaturas nesses dois dias.

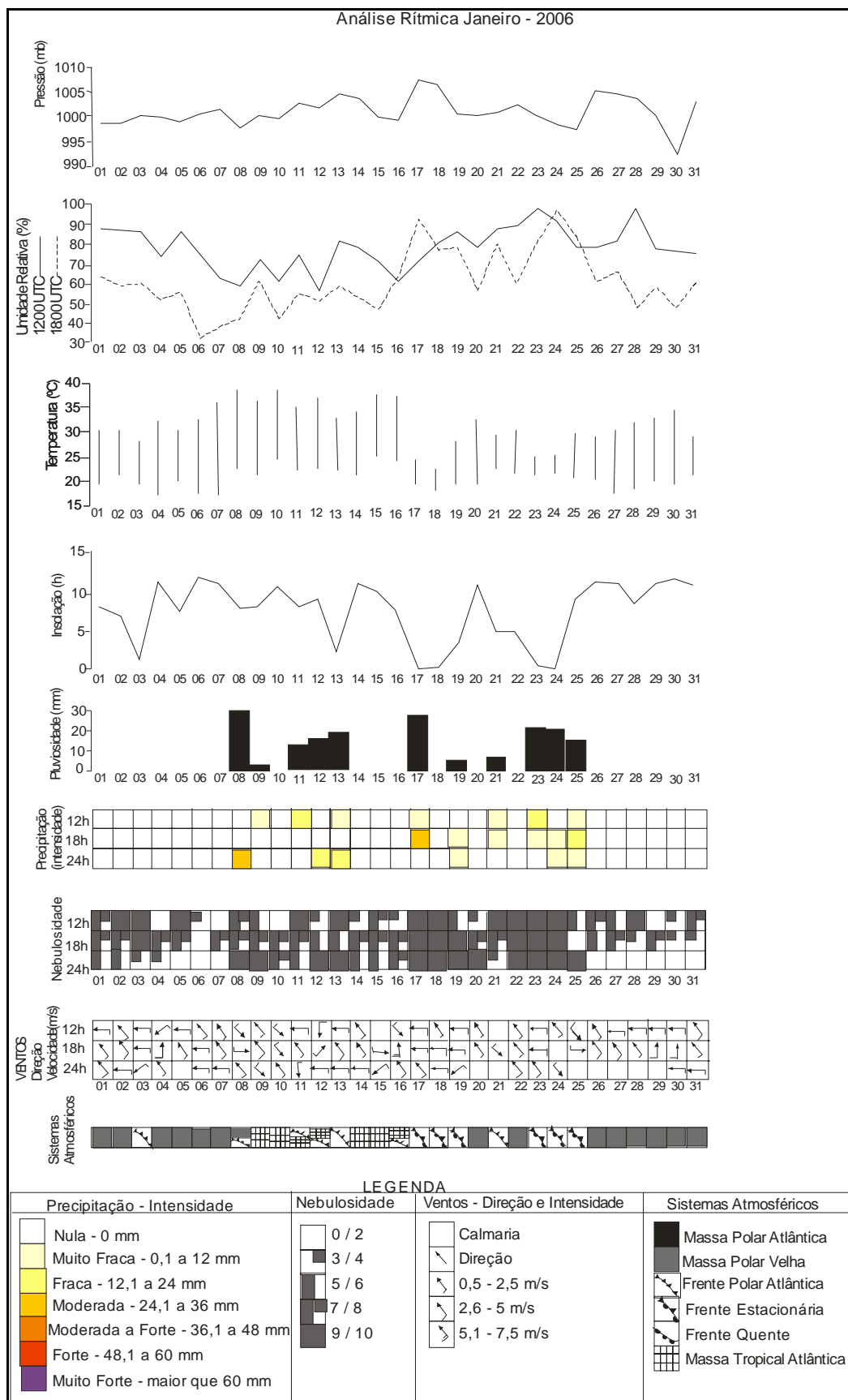


Figura 31 - Análise rítmica do mês de janeiro de 2006 – representativo do verão  
 Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria, 2006  
 Org.: SILVEIRA, R.D.

No dia 11 nova FPA se define sobre o Estado, trazendo precipitações de fraca intensidade em Santa Maria, porém o recuo da mesma para o Uruguai faz com que à tarde o domínio volte a ser da MTA. Esse sistema tropical permanece sobre o Estado até o dia 12, enquanto a FPA permanece estacionária no Uruguai.

A FPA avança novamente sobre o sul e centro do Estado entre os dias 12 e 13, ocasionando precipitações de intensidade fraca e muito fraca em Santa Maria, porém encontra-se mal definida e mais uma vez recua, permanecendo em frontólise no estuário do Prata até o dia 16/01.

No dia 16 a FPA ganha força e avança sobre o Rio Grande do Sul, onde permanece estacionária até o dia 19, sendo registradas precipitações de intensidade muito fraca e moderada em Santa Maria. No dia 20 a MPV passa a dominar e já no dia 21 uma nova FPA ganha espaço, trazendo baixo volume de precipitações, de intensidade muito fraca em Santa Maria.

A MPV passa a dominar após a passagem da frente no dia 22, porém já no dia 23 nota-se a chegada de nova FPA que permanece estacionária sobre o estado entre os dias 23 e 25/01 e traz volume significativo de precipitação. Em Santa Maria foram registradas chuvas de intensidade fraca e muito fraca.

Entre os dias 26 e 31 o domínio é novamente da MPV, cujo domínio impede a entrada de frentes frias sobre o continente. Estas acabam desviando para o oceano ao mesmo tempo em que são registradas altas temperaturas no Estado.

#### 4.1.3 Abril de 2006 – mês representativo do outono

No mês de abril, quando o hemisfério já demonstra gradativo resfriamento, os sistemas extratropicais se mostraram melhores definidos em relação ao mês de janeiro. Dessa forma, a atuação da MPA torna-se mais freqüente, a partir da segunda quinzena do mês, embora a MPV ainda domine na maior parte dos dias (Quadro 15).

Os sistemas frontais apresentaram-se no geral mal definidos, o que contribuiu para o reduzido volume de precipitação registrado nesse mês. Além disso, o predomínio foi de frentes de deslocamento rápido, sem estacionar ou recuar sobre o Estado.

A MPV domina entre os dias 01 e 04 quando são registradas altas temperaturas no Rio Grande do Sul, em situação pré-frontal (Figura 32). No dia 05, a FPA que estava no Sudeste do Brasil se dissipa, ocasionando a fusão do ATA e o APA atuante sobre o Estado. O domínio

nesse dia, portanto, passa a ser da MTA. No mesmo dia, porém, ocorre o avanço de nova FPA, que atua no RS até metade do dia 06. Por estar mal definida sobre o continente, provoca pequeno volume de precipitação.

<b>Sistemas Atmosféricos</b>	<b>Frequência (dias)</b>
Massa Polar Atlântica	09
Massa Polar Velha	14
Massa Tropical Atlântica	1
Frente Polar Atlântica	08

Quadro 15 - Sistemas atmosféricos atuantes no mês de abril/2006 em Santa Maria/RS.  
Org.: SILVEIRA,R.D.

Novo centro de ação polar passa a atuar até o dia 08, na forma de MPV. Nota-se a formação de um ciclone frontal no oceano, na latitude do RS. No dia 09, nova FPA chega ao Estado, entrando em processo de frontólise no dia 10, na latitude do RS. Enquanto isso nota-se a formação de um ciclone frontal no oceano, próximo ao litoral do Estado, resultante da ondulação da FPA que se encontra no sudeste brasileiro. O domínio passa a ser da MPV até o dia 13 e no dia 14 ocorre o avanço de novo sistema frontal, este bem definido sobre o Rio Grande do Sul, que permanece atuante no dia 15 quando passa a se deslocar em direção aos demais estados da Região Sul. Nesses dois dias são registradas precipitações de fraca intensidade em Santa Maria.

Entre os dias 16 e 18 o Estado é dominado pela MPA, que traz consigo o predomínio de alta pressão, declínio das temperaturas e baixa umidade relativa. A partir do dia 19 a MPA entra em processo de tropicalização (MPV) que atua no Estado até o dia 20, quando são registradas queda da umidade relativa e elevação das temperaturas.

O início do dia 21 é marcado pela atuação da FPA que traz precipitações de intensidade fraca e muito fraca em Santa Maria. À tarde esse sistema já se afasta em direção aos demais estados da Região Sul do Brasil, proporcionando o domínio da MPA no Estado entre os dias 21 e 23/04.

As temperaturas durante esses dias sofrem redução, há redução da umidade relativa e o céu permanece limpo. No dia 24 a massa polar entra em processo de tropicalização, onde a temperatura máxima ultrapassa 25°C em Santa Maria.

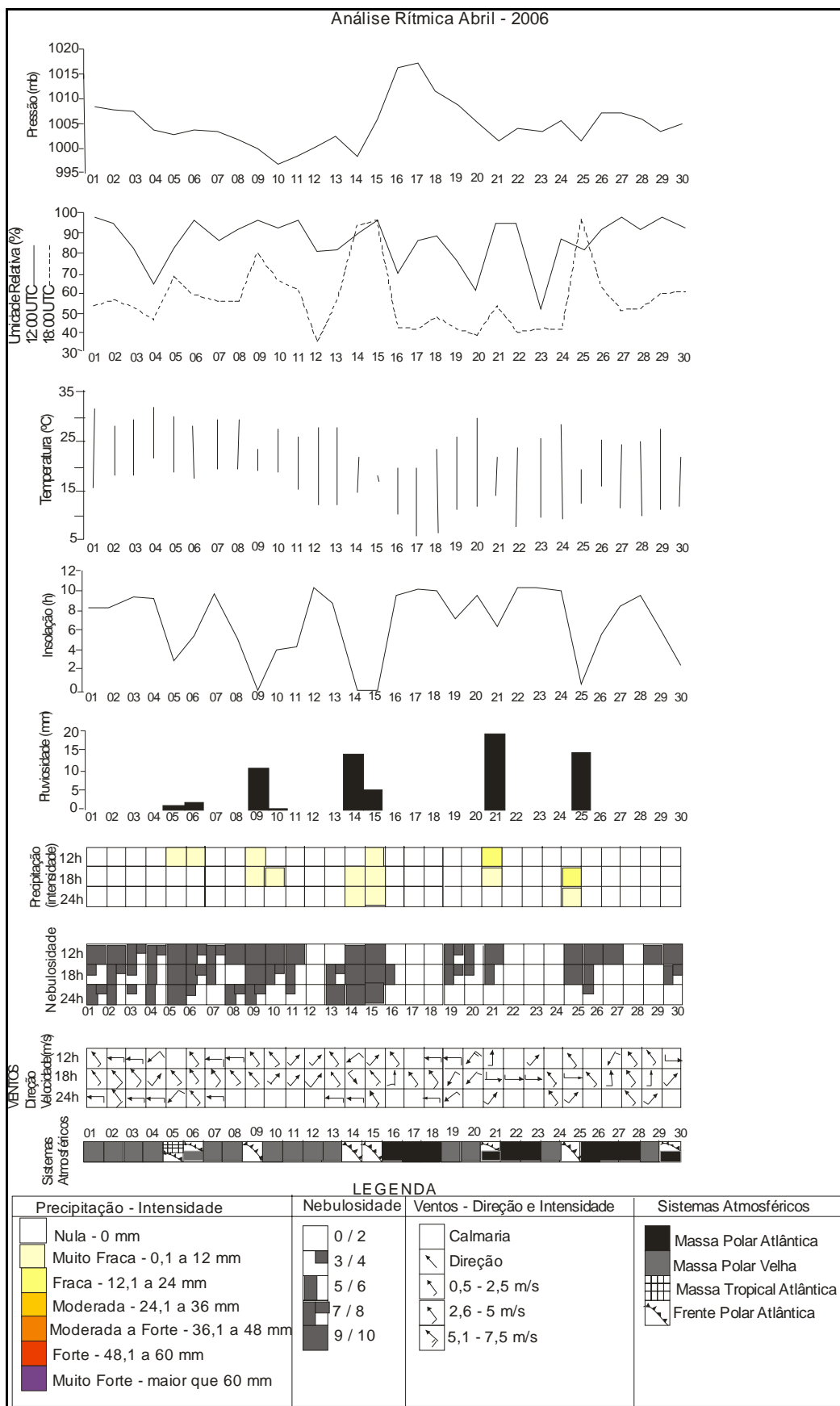


Figura 32 - Análise rítmica do mês de abril de 2006 – representativo do outono  
 Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria, 2006  
 Org.: SILVEIRA,R.D.



Novo sistema frontal bem definido sobre o continente avança sobre o RS no dia 25, caracterizado pelo rápido deslocamento, quando são registradas precipitações de intensidade muito fraca e fraca em Santa Maria. Entre os dias 26 e 28 o domínio é da MPA, que no dia 29 passa a atuar como MPV. Nova FPA chega ao Estado no dia 30, porém por estar mal definida sobre o continente não ocasiona precipitações em Santa Maria. A partir da metade do dia a FPA se afasta e o domínio é mais uma vez da MPA.

#### 4.1.4 Julho de 2006 – mês representativo do inverno

O inverno do Rio Grande do Sul tem como principal característica a intensificação dos sistemas extratropicais, devido ao progressivo resfriamento do Hemisfério. Assim, constatou-se que no mês de julho de 2006 a MPA aumentou sua participação e tempo de permanência sobre o Estado (Quadro 16).

<b>Sistemas Atmosféricos</b>	<b>Frequência (dias)</b>
Massa Polar Atlântica	11
Massa Polar Velha	07
Massa Tropical Atlântica	05
Frente Polar Atlântica	06
Frente Estacionária	02
Frente Quente de Nordeste	02

Quadro 16 - Sistemas atmosféricos atuantes no mês de julho/2006 em Santa Maria/RS.  
Org.: SILVEIRA,R.D.

Esse fato está ligado ao aumento das pressões dos anticiclones polares, associadas às baixas temperaturas dessa época do ano. Estas retardam e /ou impedem a tropicalização do APA, mesmo que este permaneça por vários dias consecutivos em latitudes médias e baixas.

A MTA, por sua vez, teve sua participação semelhante ao mês de janeiro de 2006, porém por razões diferentes. A aproximação do ATA do continente, por ocasião do resfriamento deste, justifica a ocorrência de tipos de tempo associados a sistemas tropicais no inverno do Rio Grande do Sul. A maior frequência de frentes estacionárias e frentes quentes

em relação ao outono também se deve à intensificação do ATA, ao mesmo tempo em que os anticiclones polares encontram-se melhores definidos.

No dia 01, o Estado é dominado pela FPA que, por estar mal definida, não traz queda de pressão significativa e não são registradas precipitações em Santa Maria (Figura 33). Do dia 02 a 06/07 nota-se a permanência da MPA sobre o Rio Grande do Sul, que mantém a pressão atmosférica elevada e amplitude térmica significativa. Nesse período a FPA, que esteve no Estado, permanece estacionária no Sudeste do Brasil.

Já no dia 07 a FPA se dissipa, o que resulta no domínio da MTAc entre os dias 07 e 08 no Rio Grande do Sul. As temperaturas máximas nesses dias ultrapassam 25°C, enquanto a umidade relativa e a pressão declinam, caracterizando situação pré-frontal. Ao mesmo tempo, nova FPA se desloca sobre a Argentina e chega ao Estuário do Prata na noite do dia 08.

A FPA atinge o Estado no dia 09, porém de forma rápida e sem trazer precipitações em Santa Maria. No mesmo dia, novo anticiclone polar passa a atuar, permanecendo até o dia 11. Nos dias 12 e 13 nota-se mais uma vez o domínio da MTAc acompanhada de queda da pressão e umidade relativa, aumento das temperaturas e ventos do quadrante norte de forte intensidade típica de situação pré-frontal.

Novo sistema frontal, este bem definido, chega ao Estado no dia 14, onde permanece estacionário no dia 15 e sofre recuo no dia 16. Entre esses dias são registradas precipitações de intensidade muito fraca e fraca em Santa Maria. A MPA passa a dominar no dia 17, porém já no dia 18 adquire características de MPV, que atua até o dia 21/07. No dia 22, a MTA atinge o Rio Grande do Sul, após a dissipação da FPA na latitude do Nordeste brasileiro.

Entre os dias 23 e 27 o Estado permanece sob o domínio de outra FPA, que atua como frente estacionária nos dias 24 e 25 e como frente quente de nordeste no dia 26, para novamente avançar como frente fria no dia 27. Entre esses dias ocorrem precipitações de intensidade muito fraca e fraca em Santa Maria. O domínio passa a ser então de nova MPA, que traz predomínio de alta pressão, queda das temperaturas e umidade relativa e ventos do quadrante sul.

#### **4.3 Distribuição da precipitação no espaço urbano de São Sepé - RS**

A precipitação no Rio Grande do Sul, embora seja caracterizada por ser bem distribuída ao longo do ano, pode sofrer modificações dependendo da variabilidade dos sistemas atmosféricos.

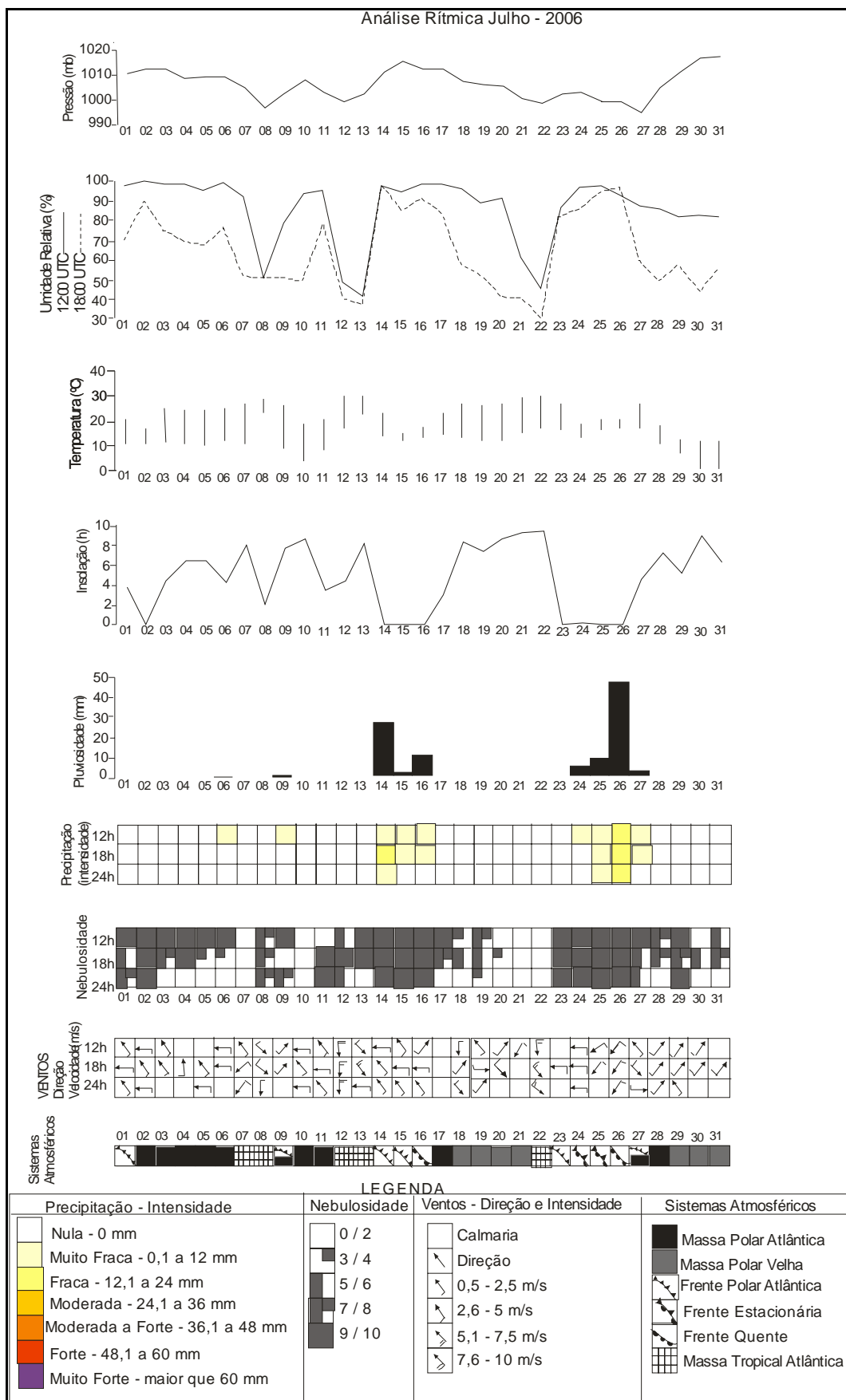


Figura 33 - Análise rítmica do mês de julho de 2006 –representativo do inverno

Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria, 2006

Org.: SILVEIRA,R.D.

Desse modo a análise da sucessão dos tipos de tempo torna-se indispensável no estudo da distribuição têmporo-espacial da precipitação. Tendo por base os mesmos meses em que foi feita a análise da sucessão dos tipos de tempo – outubro de 2005, janeiro, abril e julho de 2006, esses representativos de cada estação do ano, optou-se pela instalação de 4 pluviômetros na área urbana de São Sepé, conforme exposto na metodologia, para analisar a distribuição da precipitação, bem como sua variação sazonal.

Com relação ao Ponto 1, no entanto, foram considerados apenas os dados coletados em outubro/2005, pois nos demais meses notou-se certa irregularidade nos índices de chuva coletados em relação aos obtidos nos demais pontos. No mês de julho devido a grande discrepância entre os registros, optou-se por considerar apenas o Ponto 4 como referência, pois neste os dados apresentaram-se mais confiáveis se comparados aos dados da EMSM.

Durante os meses de outubro de 2005 e abril de 2006 a precipitação não apresentou variação significativa entre os pontos, tanto no total mensal quanto na distribuição horária. Essa relativa homogeneidade provavelmente deve-se ao fato de os pontos de coleta estarem distantes, aproximadamente de 500 m a 1 km um do outro. Como as precipitações são predominantemente frontais, abrangem maior extensão espacial do que as de natureza apenas convectiva.

O mês de janeiro foi o que mais se destacou, não só pela diferença dos valores de precipitação entre os pontos, como pela descontinuidade espacial. Esta constatação deve-se, de acordo com Sartori (1979), ao fato de que no inverno a distribuição das chuvas é mais homogênea, devido à participação mais contínua e freqüente dos sistemas frontais. Já o verão caracteriza-se por maiores discrepâncias entre os totais, uma vez que aumentam as chuvas pré-frontais, calhas induzidas e instabilidades de noroeste, que são mais variáveis e descontínuas espacialmente. Assim, o menor volume registrado no mês de janeiro foi no Ponto 2 – 79 mm, localizado no setor nordeste da área urbana (Bairro Santo Antônio) enquanto o Ponto 3, localizado na área central, registrou 114 mm e o Ponto 4, situado no setor sul (Bairro Izolanda) totalizou 148 mm.

O mês de outubro registrou altos índices de precipitação em todos os pontos de coleta (acima de 200 mm) e a distribuição espacial apresentou-se bem homogênea. O total de precipitação foi de 224 mm no Ponto 1, 203 mm no Ponto 2, 202 mm no Ponto 3 e 231 mm no Ponto 4. Mesmo sendo um período de transição, em que os sistemas polares vão adquirindo características do verão, o mês de outubro apresentou sistemas frontais bem definidos sobre o continente, capazes de originar volume significativo de precipitações. Além disso, a atuação de frentes estacionárias e frentes quentes contribuíram para que os valores de

precipitação fossem elevados, conforme evidenciado na análise das sucessões dos tipos de tempo no item 4.1.

O mês de abril apresentou-se como o menos chuvoso dentre os quatro meses, mas, da mesma forma que outubro, manteve certa homogeneidade no volume e distribuição espacial da precipitação: Ponto 2 – 70 mm; Ponto 3 – 86 mm, Ponto 4 – 92 mm. A relativa uniformidade entre os três pontos deve-se ao fato das precipitações terem sido essencialmente de origem frontal, cuja característica é a grande abrangência espacial das chuvas. Por outro lado, os sistemas frontais mal definidos sobre o continente contribuíram para o reduzido volume de precipitação registrado nesse mês.

No mês de julho não foi possível verificar a distribuição espacial da precipitação, pois somente Ponto 4 foi usado como referência. O total de precipitação registrado foi de 145 mm. Esse período do ano (inverno), porém, caracteriza-se por chuvas melhor distribuídas espacialmente.

Nos meses de janeiro e abril os menores valores de precipitação estão no Ponto 2, localizado a nordeste da área urbana. Esse fato possivelmente deve-se à sua posição, que o torna menos susceptível aos impactos do sistema frontal, em relação aos demais pontos. Além disso, esse ponto está em um nível de altitude mais baixo, próximo à planície aluvial do Rio São Sepé (Figuras 14 e 18). Da mesma forma, o Ponto 4, posicionado ao sul da área urbana, apresentou, em todos os meses analisados, o maior volume de precipitação, o que provavelmente está associado ao maior impacto das frentes frias sobre esse ponto, devido a sua localização e nível de altitude. Nos quatro meses de coleta não foram registradas inundações na área urbana de São Sepé.

#### **4.4 Análise comparativa da precipitação em São Sepé e Santa Maria – RS**

Dos três pontos amostrados, o Ponto de Coleta 4 (sul da área urbana) foi onde os dados coletados foram mais confiáveis, ao serem comparados aos dados da EMSM). Desse modo, tomou-se esse ponto como referência, para análise comparativa da precipitação em São Sepé e Santa Maria.

O volume de precipitação foi maior em Santa Maria nos meses de outubro e janeiro enquanto em abril e julho os maiores índices foram registrados em São Sepé (Quadro 17). A maior discrepância no total de precipitação entre duas cidades é encontrada no mês de janeiro, com 32 mm a mais em Santa Maria, e em julho, com 38,3 mm a mais em São Sepé. Percebe-

se, portanto, nos meses amostrados, que não há tendência, para que nenhuma das duas cidades seja mais ou menos chuvosas.

Meses	PRECIPITAÇÃO MENSAL (mm)	
	São Sepé	Santa Maria
Outubro/2005	231,0	251,5
Janeiro/2006	148,0	180,3
Abril/2006	92,0	68,6
Julho/2006	144,5	106,2

Quadro 17 - Precipitação mensal em São Sepé e Santa Maria–RS nos meses de outubro/2005, janeiro/2006, abril/2006 e julho/2006

Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria e Trabalho de campo, 2005/2006.

Org.: SILVEIRA,R.D.

A distribuição horária e o número de dias de chuva são semelhantes nas duas cidades, embora em alguns casos perceba-se certa diferença na quantidade de chuva em cada horário. O número de dias de chuva registrados em Santa Maria diferente dos dias de chuva em São Sepé corresponde à precipitação de pouca relevância, provavelmente associada às chuvas convectivas esparsas e de pequena abrangência espacial (Quadro 18).

Meses	NÚMERO DE DIAS DE CHUVA		
	São Sepé	Santa Maria	Dias de chuva em comum
Outubro/2005	13	17	11
Janeiro/2006	13	10	07
Abril/2006	05	08	04
Julho/2006	06	09	06

Quadro 18 - Número de dias de chuva em São Sepé e Santa Maria–RS nos meses de outubro/2005, janeiro/2006, abril/2006 e julho/2006

Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria e Trabalho de campo, 2005/2006.

Org.: SILVEIRA,R.D.

Essa constatação está de acordo com Sartori (1979), que ao comparar a precipitação em três cidades (Júlio de Castilhos, Santa Maria e São Gabriel), notou relativa regularidade na distribuição e intensidade, uma vez que as chuvas estão quase sempre submetidas a uma mesma circulação, e quase a totalidade dos índices pluviométricos no Rio Grande do Sul estão associados a sistemas frontais.

De posse desses dados, verifica-se a aplicabilidade dos dados da Estação Meteorológica de Santa Maria para se identificar episódios de inundação na área urbana de

São Sepé. As discrepâncias de valores de precipitação entre as duas cidades são insignificantes do ponto de vista da potencialidade de causar inundações, pelo menos aquelas que resultam em maiores impactos.

#### 4.5 Classificação dos episódios de inundação na área urbana de São Sepé

Tendo por base os sete episódios de inundação seleccionados nota-se que o volume mínimo de precipitação capaz de originar esse tipo de impacto é de 38 mm registrado em 24 horas (Episódio 5), como pode ser visto no Quadro 19. No outro extremo, o volume máximo de precipitação registrado em 24 horas foi de 121,8 mm durante o Episódio 2.

<b>EPISÓDIO</b>	<b>INTENSIDADE DA CHUVA</b>	<b>VOLUME TOTAL (em 24 horas)</b>
EPISÓDIO 1 05 a 07/05/1984	muito fraca, fraca e moderada	Dia 05 – 41,8 mm Dia 06 – 54,2 mm Dia 07 – 36,7 mm) <i>TOTAL</i> - 132,7 mm
EPISÓDIO 2 21/05/1984	muito fraca, moderada, moderada a forte, forte e muito forte	121,8 mm
EPISÓDIO 3 16/12/1994	forte	50 mm
EPISÓDIO 4 27 e 28/12/1997	muito fraca e moderada	Dia 27 – 31,5 mm Dia 28 – 9,2 mm <i>TOTAL</i> - 40,7 mm
EPISÓDIO 5 03/10/2002	moderada a forte	38,0 mm
EPISODIO 6 19/02/2003	muito fraca e moderada	62,2 mm
EPISÓDIO 7 10 e 11/09/2005	fraca, moderada e moderada a forte	Dia 10 – 52,4 mm Dia 11 - 38,7 mm <i>TOTAL</i> - 91,1 mm

Quadro 19 - Intensidade e volume total de precipitação nos episódios seleccionados  
Org.: SILVEIRA,R.D.

Quanto à intensidade da precipitação verifica-se que as chuvas muito fracas (1 a 12 mm), fracas (12,1 a 24 mm) e moderadas (24,1 a 36 mm), desde que registradas isoladamente, não são capazes de provocar inundações. As inundações passam a ocorrer quando as precipitações são de moderadas a fortes (36,1 a 48 mm) ou de intensidade superior (forte e muito forte), como pode ser visto nos episódios 2, 3, 5 e 7. As precipitações moderadas também são susceptíveis de causar inundações desde que acompanhadas de intensidades menores (Episódios 1, 4 e 6).

Outros fatores, porém, influenciam no volume e intensidade capazes de causar inundações como, por exemplo, a ocorrência de precipitações em dias anteriores, o que contribui para que o solo esteja saturado e o nível dos cursos d'água elevados.

#### 4.5.1 Inundações relacionadas a passagens frontais rápidas

Nesse tipo de evento pluviométrico inserem-se os episódios de inundações 3 (16/12/1994), 4 (27 e 28/12/1997), 5 (03/10/2002) e 7 (10 e 11/09/2005), que foram caracterizados pela ocorrência de precipitações de significativa intensidade em curto espaço de tempo. No caso do Episódio 7 a FPA chega ao Estado na metade do dia 10 e se afasta já no início do dia 11, o que caracteriza o rápido deslocamento do sistema frontal. Esse tipo de precipitação proporciona a lavagem do solo e a rápida elevação dos níveis dos cursos d'água, principalmente se estes estiverem obstruídos ou forem de pequeno porte.

O aspecto tempestuoso da precipitação está associado ao rápido deslocamento da frente polar sobre o Rio Grande do Sul, que pode ocorrer em qualquer época do ano, dependendo da intensidade do sistema polar à sua retaguarda. O tipo de tempo definido por essa característica de deslocamento do sistema frontal é o “Tempo Frontal de Sudoeste de Atuação Moderada”.

#### 4.5.2 Inundações relacionadas a frentes estacionárias

Corresponde aos episódios 1 (05 a 07/05/1984) e 2 (21/05/1984), onde a permanência da Frente Polar Atlântica sobre o Estado durante vários dias proporciona grande volume de precipitação, o que contribui para o encharcamento do solo e conseqüente elevação dos níveis dos cursos d'água. No Episódio 2 nota-se a permanência do sistema frontal estacionário no



Estado durante os dias 19 e 22, embora fossem registradas inundações apenas no dia 21. O tipo de tempo imposto por essas características é o “Tempo Frontal Estacionário”.

#### 4.5.3 Inundações relacionadas a atuação conjunta de instabilidades tropicais e frentes polares

O episódio 6 (19/02/2003) corresponde a essas características, quando a atuação da instabilidade tropical ocorre concomitantemente à chegada de uma frente fria, atraída pela baixa pressão imposta pela aproximação da descontinuidade frontal. As precipitações originadas da instabilidade, nesse caso, são seguidas por aquelas de origem frontal, proporcionando intensa precipitação em curto espaço de tempo.

#### 4.6 Relação entre os episódios de inundação e os fenômenos El Niño e La Niña

No Rio Grande do Sul os totais pluviométricos e a distribuição das chuvas são afetados, por ocasião dos fenômenos El Niño e La Niña, uma vez que durante o primeiro há um incremento no número de dias com precipitação, enquanto no segundo há redução, (PUCHALSKI et al, 2001 apud BERLATO; FONTANA, 2003). As anomalias positivas (El Niño na cor azul) e negativas de temperatura (La Niña na cor vermelha) no Oceano Pacífico entre 1980 e 2006 podem ser vistos no Quadro 20.

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1980	0.5	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.1
1981	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1
1982	0.0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0	1.5	1.9	2.2	2.3
1983	2.3	2.0	1.6	1.2	1.0	0.6	0.2	-0.2	-0.5	-0.8	-0.9	-0.8
1984	-0.5	-0.3	-0.2	-0.4	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.3	-0.6	-1.0	-1.1
1985	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3
1986	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.2	0.5	0.7	0.9	1.1	1.2
1987	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.2	1.5	1.6	1.6	1.5	1.3	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.3	-0.8	-1.2	-1.2	-1.1	-1.3	-1.6	-1.9	-1.9
1989	-1.7	-1.5	-1.1	-0.9	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1
1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4
1991	0.5	0.4	0.4	0.4	0.6	0.8	0.9	0.9	0.8	1.0	1.4	1.7
1992	1.8	1.7	1.6	1.4	1.1	0.8	0.4	0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.1
1993	0.3	0.4	0.6	0.8	0.8	0.7	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2
1994	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.9	1.2	1.3
1995	1.2	0.9	0.7	0.4	0.2	0.1	0.0	-0.3	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8
1996	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4
1997	-0.4	-0.3	0.0	0.4	0.9	1.4	1.7	2.0	2.3	2.4	2.5	2.5

<b>1998</b>	<b>2.4</b>	<b>2.0</b>	<b>1.4</b>	<b>1.1</b>	0.4	-0.1	<b>-0.8</b>	<b>-1.0</b>	<b>-1.1</b>	<b>-1.1</b>	<b>-1.3</b>	<b>-1.5</b>
<b>Year</b>	<b>DJF</b>	<b>JFM</b>	<b>FMA</b>	<b>MAM</b>	<b>AMJ</b>	<b>MJJ</b>	<b>JJA</b>	<b>JAS</b>	<b>ASO</b>	<b>SON</b>	<b>OND</b>	<b>NDJ</b>
<b>1999</b>	<b>-1.6</b>	<b>-1.2</b>	<b>-0.9</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.8</b>	<b>-0.8</b>	<b>-0.9</b>	<b>-0.9</b>	<b>-1.0</b>	<b>-1.2</b>	<b>-1.4</b>	<b>-1.6</b>
<b>2000</b>	<b>-1.6</b>	<b>-1.5</b>	<b>-1.1</b>	<b>-0.9</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.6</b>	-0.4	-0.3	-0.4	<b>-0.5</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.7</b>
<b>2001</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.5</b>	-0.4	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	-0.1	-0.2	-0.2
<b>2002</b>	-0.1	0.1	0.3	0.4	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	<b>1.1</b>	<b>1.3</b>	<b>1.5</b>	<b>1.3</b>
<b>2003</b>	<b>1.1</b>	<b>0.8</b>	<b>0.6</b>	0.1	-0.1	0.0	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.5
<b>2004</b>	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	<b>0.8</b>
<b>2005</b>	<b>0.6</b>	<b>0.5</b>	0.3	0.4	0.5	0.3	0.2	0.0	0.0	-0.2	-0.4	-0.7
<b>2006</b>	-0.8	-0.7	-0.4	-0.2	0.0	0.1	0.3	0.4	<b>0.7</b>	<b>0.9</b>	<b>1.1</b>	<b>1.1</b>

Quadro 20 - Meses afetados pelos fenômenos El Niño e La Niña durante o período 1980-2006.

Fonte: NOAA/ NATIONAL WEATHER SERVICE, 2007

Org: SILVEIRA,R.D.

Nesse contexto, procurou-se relacionar a ocorrência de episódios de inundação na área urbana de São Sepé a esses fenômenos. Para tanto foram considerados os 11 episódios de inundação encontrados ao se associar as notícias relacionadas a impactos pluviiais veiculadas nos jornais locais aos dados de chuva da EMSM no período de 1980 a 2006 (Quadro 21). Pode-se perceber grande relação entre o fenômeno El Niño e a ocorrência de episódios de inundações, já que dos 11 episódios considerados entre os anos de 1980-2006, 9 deles ocorreram em meses em que se definiu esse fenômeno.

<b>EPISÓDIO</b>	<b>EL NIÑO</b>	<b>LA NIÑA</b>
05 a 07/05/1984	X	
21/05/1984	X	
12 e 13/04/1992	X	
13 a 17/10/1994	X	
16/12/1994	X	
27 e 28/12/1997	X	
30/09/2001		
19/09/2002	X	
03/10/2002	X	
19/02/2003	X	
10 e 11/09/2005		

Quadro 21 - Relação entre o fenômeno El Niño/La Niña e os episódios de inundação na área urbana de São Sepé.

Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria; Jornais A Palavra e A Fonte.

Org.: SILVEIRA,R.D.

Com relação ao fenômeno La Niña não foi observada nenhuma relação, uma vez que durante sua atuação nenhum episódio de inundação foi registrado na área urbana de São Sepé. Os demais episódios - 30/09/2001 e 10 e 11/09/2005- ocorreram em anos neutros, ou seja, em que não foram sentidas a influência dessa anomalia.

#### **4.7 Espacialização das áreas susceptíveis a inundações na cidade de São Sepé**

Tendo por base a carta geomorfológica segundo a hipsometria (Figura 14), percebe-se que o sítio urbano de São Sepé não está numa área de planície aluvial. De acordo com Tucci (1999, 2002), a ocupação dessas áreas, que são inundadas em média a cada dois anos, leva à inundação de áreas ribeirinhas. Esse tipo de inundação ainda é pouco comum em São Sepé, mas tende a tornar-se mais freqüente, devido à expansão irregular da urbanização em direção à planície aluvial do rio São Sepé (a nordeste da área urbana).

O tipo de inundação mais freqüente no sítio urbano de São Sepé é aquela associada à urbanização, que de acordo com Tucci (1999, 2002) ocorre pela impermeabilização do solo e desorganizada infra-estrutura urbana.

A partir da caracterização dos episódios de inundação ocorridos na área urbana de São Sepé entre 1980-2006 e da análise integrada das cartas geomorfológica, de declividade, orientação de vertentes, e de uso da terra do entorno da área urbana, além da carta-esboço do uso do solo na cidade, procurou-se espacializar as áreas mais susceptíveis a inundações. Além disso, foram identificadas aquelas áreas de risco, que podem vir a ser atingidas por inundações à medida que a urbanização se intensificar (Figura 34).

Pode-se verificar que as áreas mais atingidas são aquelas situadas às margens do Lajeado do Moinho e Rio São Sepé. Uma série de fatores contribui para que essas áreas sejam mais susceptíveis à inundações. O primeiro deles refere-se ao fato de que a área central da cidade está em um nível de altitude mais elevado, possui declividade praticamente nula, cujos valores aumentam em direção à periferia e vertentes sem orientação definida, servindo como dispersor de água em todas as direções (Figuras 14, 15 e 16). Além disso a impermeabilização desse setor contribui para o maior escoamento em direção às áreas mais baixas. Assim, durante um evento de impacto pluvial a água chega rapidamente aos canais, que por serem de pequeno porte, possuem estreita planície aluvial, praticamente impermeabilizada e sem mata ciliar, acabam transbordando.

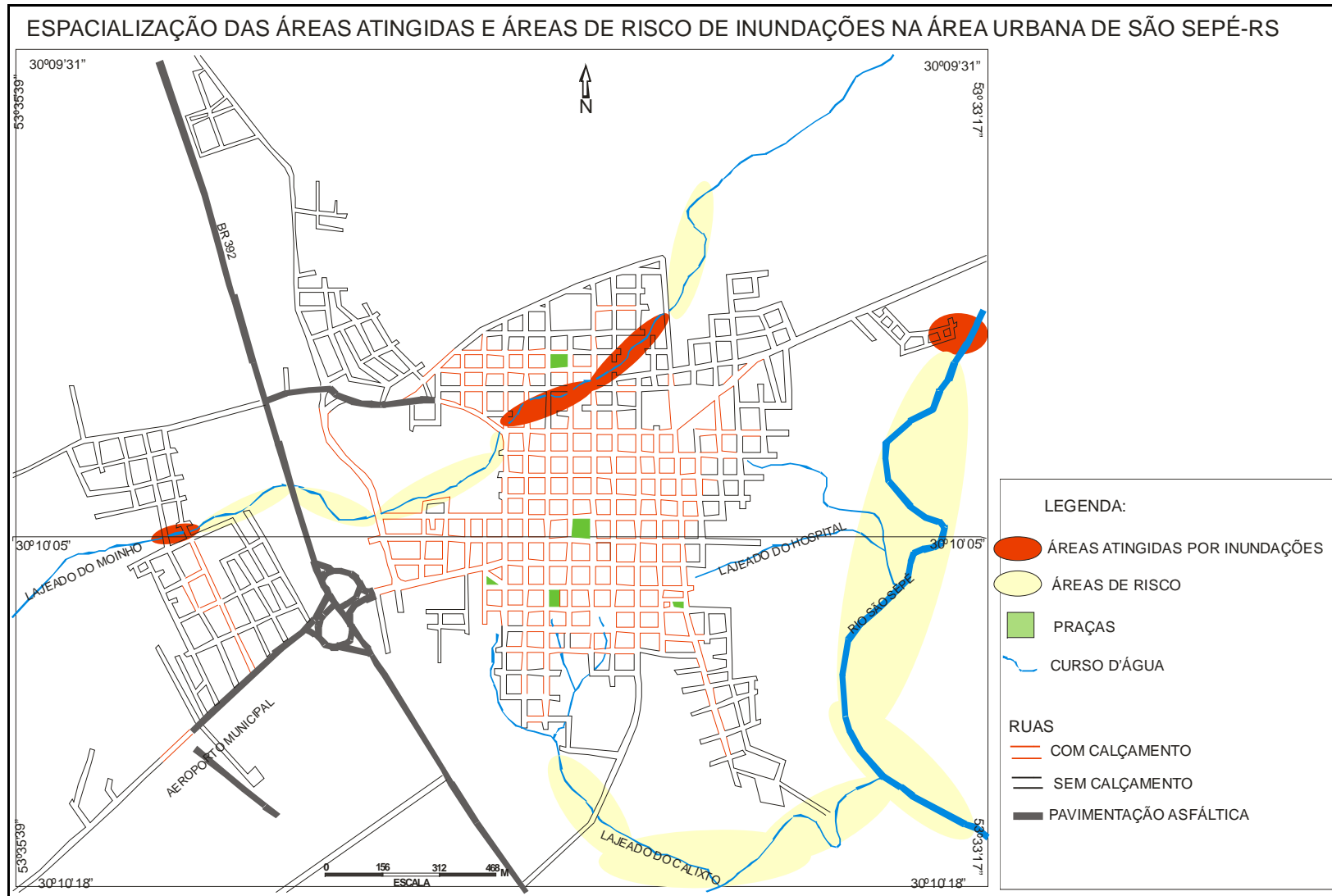


Figura 34 - Espacialização das áreas atingidas e áreas de risco de inundações na área urbana de São Sepé –RS

Fonte: Plano diretor – zoneamento de usos, 1982 e trabalho de campo

Org.: SILVEIRA,R.D.

Os Bairros Santos e Pontes (Figura 18), situados a oeste do perímetro urbano são atingidos por inundações nas áreas situadas ao longo do Lajeado do Moinho. Esses bairros estão situados no compartimento geomorfológico denominado topo das coxilhas (altitudes maiores que 120 m), que representa as maiores altitudes presentes na área urbana.

As declividades aí variam entre 5 e 12%; quanto ao uso da terra e uso do solo urbano caracterizam-se por serem áreas urbanizadas para fins residenciais, sem a presença de mata ciliar ao longo das margens do canal fluvial, no limite entre os dois bairros, e com predominância de ruas sem pavimentação.

Já as áreas atingidas diretamente pelas inundações - às margens do Lajeado - situam-se no compartimento geomorfológico denominado transicional, cujas altitudes variam de 60 a 120 m (Figura 14) e as declividades estão entre 12 e 30%. Percebe-se por essas características que apenas por fatores naturais não se explica a ocorrência de inundações nesse ponto da área urbana, uma vez que, conforme as declividades e situação geomorfológica, essas áreas encontram-se próximas à nascente, ainda no alto curso do canal fluvial. O que ocorre, não só nessa área como na maior parte das áreas atingidas por inundações na cidade é a modificação dos processos naturais, a partir da impermeabilização das margens juntamente com a retirada da cobertura original.

A área onde as inundações atingem maior continuidade espacial corresponde ao Bairro Kurtz, localizado ao norte da área urbana (Figura 18 e 37), no compartimento geomorfológico transicional, cujas altitudes variam de 60 a 120 m (Figura 14). Já as declividades na maior parte estão entre 12 e 30%, principalmente nas áreas voltadas para o Lajeado do Moinho, enquanto nas partes mais elevadas bem como naquelas junto ao canal são inferiores a 5% (Figura 15). A expressiva urbanização que acompanha o Lajeado do Moinho neste bairro, ocupado para fins residenciais, associada à ausência de cobertura vegetal e impermeabilização do solo, são os responsáveis pela ocorrência desses impactos (Fotografia 8). Nota-se, nesse setor, uma planície aluvial mais expressiva em relação às áreas atingidas nos bairros Santos e Pontes, que vai tornando-se mais ampla em direção à foz.

As inundações ao longo do Lajeado são agravadas ainda pelo fato de que em seu trecho não urbanizado (em direção às nascentes) o canal apresenta mata ciliar pouco expressiva e ocupação do solo para pastagens e lavouras (Fotografia 9).

O setor da área urbana atingido por inundações devido ao transbordamento do Rio São Sepé corresponde ao Bairro Cristo Rei, a nordeste do perímetro urbano (Figura 18). Esse bairro está situado entre os compartimentos geomorfológicos transicional e planície aluvial - menor que 60 m e as declividades estão abaixo de 5% (Figuras 14 e 15). Esse setor, embora



naturalmente susceptível, só atualmente vem sendo atingido por inundações, pois a ocupação urbana ainda é recente (Fotografia 4).



Fotografia 8 – Aspecto da impermeabilização do Lajeado do Moinho ao longo do Bairro Kurtz.  
Fonte: Trabalho de campo, 2006.



Fotografia 9 – Retirada da cobertura vegetal nas proximidades da nascente do Lajeado do Moinho.  
Fonte: Trabalho de campo, 2006.

Além disso, foram identificadas áreas susceptíveis a futuros episódios de inundações, desde que a urbanização continue avançando desordenadamente em direção aos cursos d'água e a impermeabilização das áreas já urbanizadas se intensifique. Nota-se, nessas áreas, a relativa ausência de cobertura vegetal e em algumas delas a urbanização já está presente, o que torna iminente o risco de impactos.

Uma dessas áreas corresponde a todo o trecho da área urbana ao longo do Lajeado do Moinho, que ainda não foi impermeabilizado, e cuja cobertura vegetal original não foi totalmente destruída. Os bairros abrangidos por essa área são Santos, Pontes, Rosa e São Francisco (Figura 18), porém já se nota o acúmulo de lixo às margens e no interior do canal fluvial. Além disso, mesmo que no Plano Diretor (1995) as áreas situadas ao longo da BR 392 sejam denominadas Área Especial, onde é permitido apenas o reflorestamento, cultivo de hortifrutigranjeiros e estacionamentos, nota-se tendência à ocupação urbana desse setor, ainda que de maneira lenta. O compartimento geomorfológico é o transicional e as declividades são inferiores a 5% na maior parte, o que mostra a susceptibilidade dessa área desde que a urbanização se intensifique (Figuras 14 e 15).

As áreas situadas ao longo do Lajeado do Calixto, que drenam o sul do perímetro urbano, também podem, na medida em que a ocupação urbana se intensificar tornar-se sujeitas a inundações. As declividades nas suas nascentes, que estão na área urbana, são de 12 a 30%, porém predominam aquelas inferiores a 5%. O que deve ser destacado nesse setor e que pode levá-lo a ser atingido por inundações é que, mesmo sendo um canal de pequeno porte, a mata ciliar das nascentes do Lajeado do Calixto vem sendo continuamente destruída para fins de loteamento. Nota-se ainda, neste setor, a presença de estabelecimento comerciais como engenhos de arroz e olarias, além da expressiva expansão da área ocupada por moradias (Bairros Izolanda e Bela Vista), como pode ser visto na Figura 18.

Por fim, destacam-se as áreas situadas ao longo da estreita planície aluvial do rio São Sepé, cujas declividades estão entre 5 a 12% e inferiores a 5%, nas áreas mais próximas ao rio. Além da expansão desordenada do Bairro Cristo Rei, que já é um fato, a possível expansão dos bairros Santo Antônio e Tatsch pode torná-los susceptíveis, uma vez que a planície aluvial já é inundada por eventos pluviiais extremos, porém sem trazer danos à população até o presente momento.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho pretendeu-se estudar aspectos do clima urbano da cidade de São Sepé sob a ótica do canal de percepção referente ao impacto meteórico, uma vez que é o problema mais agravante à ordenação urbana.

Nessa perspectiva a caracterização do sítio urbano, da estrutura da cidade e sua dinâmica funcional demonstraram ser indispensáveis à caracterização dos episódios pluviais intensos, bem como à espacialização das áreas sujeitas a esses impactos pluviais. Confirma-se aqui a importância de se considerar os aspectos geocológicos e geourbanos nos estudos do clima urbano.

Na seleção dos episódios de inundação mais significativos observou-se a importância da imprensa, nesse caso os jornais, na identificação de episódios pluviais extremos, uma vez que de acordo com Souza; Sant'Anna Neto (2004) nem sempre os episódios mais excepcionais do ponto de vista climático são aqueles que causam os maiores impactos. Assim, só a partir do cruzamento entre os dados meteorológicos e as notícias dos jornais foi possível estabelecer a relação entre precipitação e inundação na área urbana de São Sepé. Ressalta-se, porém, a devida cautela a ser tomada quando se trabalha com dados da imprensa, pois algumas vezes os verdadeiros fatos podem ser omitidos ou supervalorizados.

Os sete episódios selecionados para análise, nesse contexto, teve por critério a repercussão do impacto pluvial no espaço urbano, e não o volume de chuvas. Algumas considerações podem ser feitas a partir da análise dos episódios como, por exemplo, o volume mínimo de precipitação capaz de originar esse tipo de impacto, que é de 38 mm registrado em 24 horas (Episódio 5). Já o volume máximo de precipitação registrado em 24 horas foi de 121,8 mm durante o Episódio 1.

Quanto à intensidade da precipitação verifica-se que as inundações só ocorrem quando as precipitações são de moderadas a fortes (36,1 a 48 mm) ou de intensidade superior (forte e muito forte), como pode ser visto nos episódios 2, 3, 5 e 7. As precipitações moderadas são susceptíveis de causar inundações apenas se acompanhadas de intensidades menores (Episódios 1, 4 e 6). As chuvas de intensidade muito fraca (1 a 12 mm), fraca (12,1 a 24 mm) e moderada (24, 1 a 36 mm), portanto, desde que registradas isoladamente, não são capazes de provocar inundações. Nesse sentido, devem ser considerados outros fatores que irão influenciar no volume e intensidade capazes de causar inundações como, por exemplo, a



ocorrência de precipitações em dias anteriores, o que contribui para que o solo esteja saturado e o nível dos cursos d'água elevados.

As inundações puderam ser distribuídas em 3 grupos quanto à gênese do episódio que lhes deu origem: inundações relacionadas a passagens frontais rápidas, à frentes estacionárias e à atuação conjunta de instabilidades tropicais e frentes polares.

As inundações relacionadas a passagens frontais rápidas, referem-se a ocorrência de precipitações de significativa intensidade em curto espaço de tempo, proporcionando a rápida elevação dos níveis dos cursos d'água. O rápido deslocamento da frente polar sobre o Rio Grande do Sul, nesse caso, pode ocorrer em qualquer época do ano e caracteriza-se por seu aspecto tempestuoso. O tipo de tempo definido por essa característica de deslocamento do sistema frontal é o “Tempo Frontal de Sudoeste de Atuação Moderada”. Nesse caso, mesmo um pequeno volume de precipitações, é capaz de provocar inundações, uma vez que ocorre em curto espaço de tempo. Nos episódios analisados predominaram as inundações com essas características.

No outro grupo estão as inundações relacionadas à frentes estacionárias, ou seja, ocorrem devido à permanência da Frente Polar Atlântica sobre o Estado durante vários dias. Nesse caso, o grande volume de precipitação durante vários dias consecutivos contribui para o encharcamento do solo e conseqüente elevação dos níveis dos cursos d'água. O tipo de tempo imposto por essas características é o “Tempo Frontal Estacionário”.

As inundações relacionadas à atuação conjunta de instabilidades tropicais e frentes polares mostraram-se menos freqüentes, e se referem à atuação da instabilidade tropical concomitantemente à chegada de uma frente fria, atraída pela baixa pressão imposta pela aproximação da descontinuidade frontal. As precipitações originadas da instabilidade, nesse caso, são seguidas por aquelas de origem frontal, proporcionando intensa precipitação em curto espaço de tempo.

Além da seleção e análise de episódios de inundações, buscou-se caracterizar as precipitações no espaço urbano de São Sepé, no que se refere à sua distribuição têmporo-espacial. Para tanto foram escolhidos quatro meses representativos de cada estação do ano, durante os quais foram coletados dados de precipitação através de pluviômetros artesanais em quatro pontos da área urbana. A coleta dos dados, porém, apresentou problemas que fizeram com que os dados coletados no Ponto 1 fossem considerados apenas durante o mês de outubro de 2005 e durante o mês de julho de 2006 fossem considerados apenas os do Ponto 4. Procurou-se, ainda, conhecer a sucessão dos tipos de tempo nesses quatro meses representativos de cada estação do ano, tendo por base os dados climáticos da EMSM.

O mês de outubro de 2005 foi caracterizado pelo domínio absoluto dos sistemas extratropicais, representado pela MPA. Os sistemas frontais bem definidos, a atuação de frentes estacionárias e frentes quentes originaram grande volume de precipitações. Na área urbana de São Sepé, assim, foram registrados altos índices de precipitação em todos os pontos de coleta (acima de 200 mm) e a distribuição espacial apresentou-se bem homogênea.

Em janeiro de 2006 os sistemas extratropicais se fizeram presentes em maior número de dias, porém na forma de MPV, já que a MPA chega ao Estado sem suas características originais de pressão e temperatura. As frentes frias se apresentaram, no geral, mal definidas, dissipando-se ou desviando para o oceano ao chegar na latitude do Rio Grande do Sul. As precipitações, todavia, foram significativas durante o mês, por ocasião de frentes estacionárias e instabilidades tropicais. Por esse motivo, de acordo com os dados coletados em São Sepé, esse mês se destacou dentre os quatro, não só pela diferença dos valores de precipitação entre os pontos, como pela descontinuidade espacial.

No mês de abril de 2006, os sistemas extratropicais se mostraram melhores definidos em relação ao mês de janeiro e a atuação da MPA, assim, torna-se mais freqüente, embora a MPV ainda domine na maior parte dos dias. Os sistemas frontais apresentaram-se, no geral, mal definidos e com rápidas passagens sobre o Estado, o que contribuiu para o reduzido volume de precipitação registrado nesse mês. Dessa forma, o mês de abril apresentou-se como o menos chuvoso dentre os quatro meses, mas, da mesma forma que outubro, manteve certa homogeneidade no volume e distribuição espacial.

No mês de julho de 2006 a MPA aumentou sua participação e tempo de permanência sobre o Estado. Além disso, houve maior freqüência de frentes estacionárias e frentes quentes em relação ao outono devido intensificação do ATA, ao mesmo tempo em que os anticiclones polares estiveram mais bem definidos. Nesse mês não foi possível verificar a distribuição espacial da precipitação, pois somente Ponto 4 foi usado como referência.

Do ponto de vista da distribuição espacial da precipitação no espaço urbano de São Sepé, nos meses de janeiro e abril os menores valores de precipitação estão no Ponto 2, localizado a nordeste da área urbana. Esse fato possivelmente deve-se à sua posição, que o torna menos susceptível aos impactos do sistema frontal, em relação aos demais pontos. Além disso, esse ponto está em um nível de altitude mais baixo, próximo à planície aluvial do Rio São Sepé.

Nos quatro meses analisados, o Ponto 4, posicionado ao sul da área urbana, apresentou o maior volume de precipitação, o que provavelmente está associado ao maior impacto das frentes frias sobre esse ponto, devido a sua localização e nível de altitude.

Com o intuito de verificar a aplicabilidade dos dados da EMSM ao se trabalhar com impactos pluviais na área urbana de São Sepé buscou-se uma análise comparativa entre os valores de precipitação registrados na estação e os dados de precipitação coletados na área urbana de São Sepé durante os meses em estudo. Observou-se, dessa forma, que o volume de precipitação foi maior em Santa Maria nos meses de outubro e janeiro enquanto em abril e julho os maiores índices foram registrados em São Sepé.

A maior discrepância no total de precipitação entre duas cidades foi encontrada no mês de janeiro, com 32 mm a mais em Santa Maria, e em julho, com 38,3 mm a mais em São Sepé. Percebe-se, portanto, nos meses amostrados, que não há tendência para que nenhuma das duas cidades seja mais ou menos chuvosa. Observa-se, nesse contexto, que as discrepâncias de valores de precipitação entre as duas cidades são insignificantes do ponto de vista da potencialidade de causar inundações, pelo menos aquelas que resultam em maiores impactos.

Ao se considerar que o fenômeno El Niño interfere no volume de precipitação do Rio Grande do Sul de forma a incrementar os totais pluviométricos, procurou-se relacioná-lo a ocorrência dos impactos pluviais extremos na área urbana de São Sepé. Pode-se perceber grande relação entre o fenômeno El Niño e a ocorrência de episódios de inundações, já que dos 11 episódios considerados entre os anos de 1980-2006, 10 deles ocorreram em meses em que se definiu esse fenômeno. Com relação ao fenômeno La Niña não foi observada nenhuma relação, uma vez que durante sua atuação nenhum episódio de inundação foi registrado na área urbana de São Sepé.

De posse de todos esses dados partiu-se para a espacialização dos episódios de inundação na área urbana de São Sepé, onde definiu-se áreas sujeitas a impactos dessa natureza, seja por fatores de ordem natural ou pela interferência humana, bem como aquelas áreas que podem vir a ser susceptíveis desde que a ocupação desordenada se intensifique.

O tipo de inundação mais freqüente no sítio urbano de São Sepé está associado à urbanização, que, de acordo com Tucci (1999, 2002), ocorre pela impermeabilização do solo e desorganizada infra-estrutura urbana. Essa urbanização desordenada ocorreu entre o fim da década de 70 e início de 80 devido a intensificação do êxodo rural. Tal fenômeno acarretou na ocupação das margens dos cursos d'água.

Na espacialização das áreas susceptíveis à inundações pode-se verificar que os pontos mais atingidos são aqueles situados às margens do Lajeado do Moinho e Rio São Sepé. O que deve ser destacado é que do ponto de vista natural essas áreas não deveriam estar sujeitas a esses impactos, mas são provocados pela ocupação humana.

Na análise dos episódios verifica-se que as áreas situadas nos bairros Santos e Pontes são atingidas por inundações desde a década de 80, uma vez que correspondem a um núcleo urbano mais antigo em relação ao Bairro Kurtz e Cristo Rei, por exemplo. As repercussões dos impactos pluviais são mais sentidas no Bairro Kurtz a partir da década de 90 e no Bairro Cristo Rei somente a partir de 2000, o que comprova a interferência da urbanização na definição de episódios de inundação. A área onde as inundações atingem maior continuidade espacial corresponde ao Bairro Kurtz, drenado pelo Lajeado do Moinho.

Dentre as áreas susceptíveis a futuros episódios de inundações destaca-se o trecho da área urbana ao longo do Lajeado do Moinho, as áreas situadas ao longo do Lajeado do Calixto e as situadas ao longo da planície aluvial do rio São Sepé. Nota-se, nessas áreas, a relativa ausência de cobertura vegetal e em algumas delas a urbanização já está presente, o que torna iminente o risco de impactos.

Quanto às repercussões das inundações no espaço urbano, em todos os episódios analisados ocorreram danos, tais como a invasão das casas pelas águas e moradores desabrigados, além de danos materiais como a perda total ou parcial dos imóveis e pontes e danificação das vias urbanas. Os episódios 1 e 2, ocorridos em maio de 1984 foram os de maior volume total de precipitação e impactos, o que permite afirmar que nenhuma anomalia na precipitação vem acontecendo no presente, no sentido de contribuir para o aumento no volume das chuvas ou para a ocorrência de impactos maiores nas áreas ribeirinhas.

O que se nota, no entanto, é o maior número de episódios significativos registrados pelos jornais a partir da década de 90, mesmo que com menores volumes de chuvas e repercussões com relação aos ocorridos na década de 80. Esse fato possivelmente está associado à evolução dos meios de comunicação, nesse caso os jornais, que dispõem hoje de maiores recursos materiais e humanos, além de que atualmente a imprensa vem dando ênfase às questões urbanas e ambientais.

A definição e caracterização dos episódios pluviais intensos, no que se refere à gênese, intensidade e volume de chuva, mesmo que de forma preliminar, poderão servir de base para prevenção desses impactos bem como para estudos posteriores. A partir da definição das áreas sujeitas às inundações bem como daquelas que futuramente poderão ser vulneráveis pretende-se contribuir ao planejamento urbano de São Sepé no sentido de auxiliar na organização e utilização racional do espaço urbano, procurando minimizar os impactos daquelas áreas constantemente atingidas, bem como evitar que novas áreas venham a ser afetadas por inundações. Pretende-se, dessa forma contribuir para que haja melhoria da infra-estrutura urbana e da qualidade de vida da população.

## BIBLIOGRAFIA

AB'SABER, A. sociedade urbano-industrial e o metabolismo urbano. In: CHASSOT, A.; CAMPOS, H. (orgs). **Ciências da terra e meio ambiente: diálogos para (inter) ações no planeta.** São Leopoldo: Ed. da UNISINOS, 1999.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Prevenção de inundações.** Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/UsosMultiplos/inundações.asp>>. Acesso em: 14 out.2005.

ALONSO, M.T.A. Vegetação. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil: Região Sul.** Rio de Janeiro: Ed. IBGE, vol.5, 1977.

ALVES FILHO, A.P. **Episódios pluviais intensos na Região Metropolitana de São Paulo: uma avaliação do decênio 1982-1991.** 1996. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

ARAÚJO, L.C.de. **Memória sobre o clima do Rio Grande do Sul.** Rio de Janeiro: Serviço de Informação do Ministério da Agricultura, 1930.

ASSOCIAÇÃO RIOGRANDENSE DE EMPREENDIMENTOS DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (EMATER). **Relatório de ações e resultados.** São Sepé, 2002.

AUGUSTO FILHO, O. Geologia aplicada a problemas ambientais – processos do meio físico. In: CHASSOT, A.; CAMPOS, H. (orgs). **Ciências da terra e meio ambiente: diálogos para (inter) ações no planeta.** São Leopoldo: Ed. da UNISINOS, 1999.

AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** São Paulo: Difel, 1986.

AZEVEDO, T.R. Distribuição espacial da chuva: um ensaio metodológico. In.: TARIFA, J.R. AZEVEDO, T.R. de. **Os climas na cidade de São Paulo.** São Paulo: USP/FFLCH/Laboratório de Climatologia, 2001. p.155-164. (GEOUSP-Coleção Novos Caminhos-4)

BELINASO, T.B. **Monitoramento hidrossedimentométrico e avaliação da produção de sedimentos em eventos chuvosos em uma pequena bacia urbana de encosta.** 2002. 300f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

BERLATO, M. A; FONTANA, D.C. **El Niño e La Niña**: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2003.

BERTONI, J.C. Simulação matemática de uma cheia urbana sob condições de registros escassos: aplicação do modelo SWMM. In.: BRAGA, B.P.F.; TUCCI, C.E.M.; TOZZI, M. **Drenagem urbana**: gerenciamento, simulação e controle. Porto Alegre: ABRH/ Ed. da UFRGS, 1998.

BRAGA, B.P.F. Controle de cheias urbanas em ambiente tropical. In.: BRAGA, B.P.F.; TUCCI, C.E.M.; TOZZI, M. **Drenagem urbana**: gerenciamento, simulação e controle. Porto Alegre: ABRH/ ed. Da UFRGS, 1998.

BRANDÃO, A .M. P. M. Clima urbano e enchentes na cidade do Rio de Janeiro. In.: GUERRA, A.J.T; CUNHA, S. B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

BOTELHO, M. H.C. **Águas de chuva**: engenharia das águas pluviais nas cidades. São Paulo: Edgard Blucher, 1985.

BOTELHO, R. G. M; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

CABRAL, L.M; HURTADO,M. Riesgo de inundación en la area sur de la pampa arenosa, provincia de Buenos Aires. In: 1º SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 1990, São Paulo. **Anais...**São Paulo: ABGE,1990.

CARVALHO, P. F.de. Áreas de preservação permanente em cidades. **Território & Cidadania**. Rio Claro: UNESP, ano II, n.1, jan/jun 2002.

CERRI, L. E.S. Riscos geológicos urbanos. In.: CHASSOT, A.; CAMPOS, H. (orgs). **Ciências da terra e meio ambiente**: diálogos para (inter) ações no planeta. São Leopoldo: Ed. da UNISINOS, 1999.

CHANDLER, T.J. **The climate of London**. London: Hutchinson University, 1965.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

COLISCHONN, E. Variação temporal e espacial da precipitação: uma experiência didática. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2002. p.1130-1138. 1 CD-ROM.

CONTI, J. B. **Clima e meio ambiente**. 4. ed. São Paulo: Atual, 1998.

CRISTO, S.S.V. de; HERRMANN, M. L. de P. Mapeamento e análise de áreas susceptíveis a riscos naturais de enchentes e deslizamentos no setor leste da bacia hidrográfica do Rio Itacorubi, Florianópolis, SC-Brasil. **Ciência e Natura**. Santa Maria: Ed. da UFSM, ago. 2004. p.235-252 .(edição especial).

CUSTÓDIO, V. **A persistência das inundações na Grande São Paulo**. 2002. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. O planejamento urbano e o clima das cidades sob a perspectiva das feições intra-urbanas, o exemplo de Curitiba/PR. 2000. Mesa redonda apresentada no **IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica** em 28 nov. 2000.

DE BIASI, M. et al. Cartas de Orientação de Vertentes: confecção e utilização. **Cartografia**. São Paulo : Instituto de Geografia / USP. n.4., p. 2-11, 1977.

DE BIASI, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo: FFLCH/USP, n.6, 1992. p.45-60.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Rio Grande do Sul Carta: SH-22-Y-A-I-2-SE. In: MIRANDA, E. E. de; COUTINHO, A. C. (Coord.). **Brasil Visto do Espaço**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em: <<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 21 out. 2005.

FEDERAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES DE MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL. **Dados indicadores**: SãoSepé/RS. Disponível em: <<http://www.portalmunicipal.org.br/entidades/famurs>>. Acesso em: 16 fev.2006.

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

FERNANDES, E. Impacto socioambiental em áreas urbanas sob a perspectiva jurídica. In: MENDONÇA, F. (org.) **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2004.

FORTES chuvas causam muitos prejuízos na cidade e interior. **A Palavra**, São Sepé, p.8, 03 jan.1998.

FRANCISCO, C.N. Análise do comportamento da precipitação na ocorrência de inundações na Baixada de Guanabara-RJ. In: V SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Departamento de Geografia/FFLCH/USP, 1993. p.263-266.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil**: Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, v.5, 1977.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **São Sepé – RS**: informações estatísticas. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em 16 fev.2006.

GARCIA, M. del C. M; VIDE, M. J. **Algunas ideas propias de la climatología urbana de cara a la planificación urbana y rural**. 2000. Conferência realizada no IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica em 28 nov. 2000.

GONÇALVES, N. M. S. Impactos pluviais e desorganização do espaço em Salvador. In: MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. (org). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

GRILLO, R. C.; BRINO, W. C. O impacto da precipitação pluvial na cidade de Rio Claro-SP. **Geografia**. Rio Claro, v.19 n.1, abr. 1994. p.39-60.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B.(orgs). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

INFANTI JÚNIOR, N.; FORNASARI FILHO, N. Processos de dinâmica superficial. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de. **Geologia de engenharia**. São Paulo; Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p.131-152.



JACOBI, P. Impactos socioambientais urbanos: do risco à busca da sustentabilidade. In: MENDONÇA, F. (org.) **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2004.

KRAEMER, T.J.M. Síntese histórica de São Sepé. In: PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO SEPÉ. **São Sepé**- Rio Grande do Sul, 1982 – informativo, 1982.

KURTZ, C.S. **Lixo urbano**: situação em São Sepé. 1989. 53f. Monografia (Especialização em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras Imaculada Conceição, Santa Maria, 1989.

LANDSBERG, H. E. **Man's role in changing the face of the earth**. Chicago: The University of Chicago Press, 1956.

LANDSBERG, H. E. **The urban climate**. New York: Academic Press, 1981.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: HUCITEC, 1985.

LUIS, E.L. & HERRMANN, M. L. de P. Influência do comportamento das precipitações na análise de susceptibilidade a enchentes e deslizamentos em zonas subtropicais: O caso da Grande Florianópolis. In: X SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Departamento de Geografia/UERJ, 2003. 1 CD-ROM.

MACHADO, D. V. et al. Mapeamento pluvial: uma experiência didática- pedagógica para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2004, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Núcleo de Pós-Graduação em Geografia/ UFS, 2004. 1 CD-ROM.

MACHADO, F.P. **Contribuição ao Estudo do Clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1950.

MAIS de 500 pessoas desabrigadas em São Sepé. **A Palavra**, São Sepé, p.1, 23 maio.1984.

MENDONÇA, F.A. (org). **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba: ed. da UFPR, 2004.

MENDONÇA, F.A. O estudo do clima urbano no Brasil: evolução, tendências e alguns desafios. In: MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. (org). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

\_\_\_\_\_.O clima urbano de cidades de porte médio e pequeno: aspectos teóricos-metodológicos e estudo de caso. In: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J.A. (Org.). **Variabilidade e mudanças climáticas-implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: ed.da UEM, 2000. p.167-192.

\_\_\_\_\_.**O Clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno**: proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina-PR. 1994. 322f. Tese (Doutorado em Geografia)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO – Diretoria de Serviço Geográfico. **Carta topográfica São Sepé SH-22-Y-A-I-2**, escala 1:50000, 1979.

MONTEIRO, C.A.F. Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. (org). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

\_\_\_\_\_. O estudo geográfico do clima. **Cadernos Geográficos**. Florianópolis, ano I, n.1, maio, 1999.

\_\_\_\_\_.Por um suporte teórico e pratico para estimular estudos geográficos do clima urbano no Brasil. **Geosul**. Florianópolis, ano V, n. 9, 1 sem, 1990.

\_\_\_\_\_.A cidade como processo derivador ambiental e a geração de um clima urbano: estratégias na abordagem geográfica. **Geosul**. Florianópolis, ano V, n. 9, 1 sem, 1990.

\_\_\_\_\_.**Teoria e clima urbano**. São Paulo: EDUSP, 1976. (Série Teses e Monografias, n.25).

\_\_\_\_\_.Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia**. São Paulo, n.1, 1971.

\_\_\_\_\_.**A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil**. São Paulo: ed. da USP, 1969. (Série Teses e Monografias, n.1).

\_\_\_\_\_.O Clima da Região Sul.In: **Geografia Regional do Brasil**: Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, v.4, p.117-169, 1963a.

MOREIRA, J.L.B. **Estudo da distribuição espacial das chuvas em Belo Horizonte e seu entorno**. 2002. 107f. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura/Seção de Geografia,1961.

MORETTI, R.S. Transformações em curso nas cidades brasileiras e seus impactos na qualidade da água no meio urbano. In: MENDONÇA, F.A. (org). **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba: ed. da UFPR, 2004.

NIMER, E. Clima. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: ed. do IBGE, vol.5, 1977.

NOAA/ NATIONAL WEATHER SERVICE. **ENSO: Impacts: Previous Events.(1951-present)** - Cold e warm episodes by season. Disponível em: <[http://: www.nws.noaa.gov](http://www.nws.noaa.gov)> Acesso em: 25 abr. 2007.

NUNES, L.H. Uso de sistemas de informação geográfica na análise da anomalia pluviométrica.In: X SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Departamento de Geografia/UERJ, 2003. 1 CD-ROM.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. 2<sup>nd</sup> ed. London: Methuen & CO, 1978.

OLIVEIRA, R. C. de. A problemática das enchentes e o planejamento urbano. **Geografia**. Rio Claro, v. 24, n. 2, 1999.

OS estragos causados pelas chuvas. **A Palavra**, São Sepé, p.9, 17 set.2005.

PASCHOAL, W. **As inundações no Cambuci**: percepção e reação do habitante e usuário de uma área central da metrópole a um de seus problemas mais sérios. 1981. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981.

PASTORINO, L.A. O problema das enchentes na região de São Paulo. **Caderno de ciências da terra**. São Paulo, n.19, 1971. p.1-36.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO SEPÉ. **Mapa turístico ilustrado**, escala 1:5200, 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO SEPÉ. **A coleta seletiva em São Sepé**, 2003.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO SEPÉ. Lei nº 2125, de 04 de maio de 1995. **Lei do Plano Diretor**. São Sepé, 1995, 106 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO SEPÉ. **São Sepé**- Rio Grande do Sul, 1982 – informativo, 1982.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO SEPÉ. **Plano diretor – zoneamento de usos**, escala 1:12500, 1982.

RAQUEL, R. et al. Correlação existente entre pluviômetro padrão e pluviômetros de menor custo. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UNIFRA/ SBA, 2003. p.405-406.

RIBEIRO, A.G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro, n. 23, v. 45-46, 1993. p.288-294.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do planejamento e gestão. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<http://www.scp.rs.gov.br/atlas>>. Acesso em jan. 2006.

ROMERO, M.A.B. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: Ed. da UNB, 2001.

SANCHEZ, P.S.; DAL BELLO, E.A. Ocupação periférica de baixa renda em áreas de mananciais. In: FELICIDADE, N; MARTINS, R.C.; LEME, A. A. (orgs). **Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil: velhos e novos desafios para a cidadania**. 2 ed. São Carlos: RiMa, 2004.

SANT'ANNA NETO, J.L. Clima e organização do espaço. **Boletim de Geografia**. Maringá, ano 16, n.1, p.119-131, 1998.

\_\_\_\_\_. História da Climatologia no Brasil. 2001. Tese (Livre Docência) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2001.

SANTIS, D.G.D.; MENDONÇA, F. de A. Inundações e seus impactos em áreas urbanas: o caso de Francisco Beltrão/PR. In: IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Climageo/UFRJ, 2000. 1 CD-ROM.

SANTOS, M. **Manual de geografia urbana**. São Paulo: HUCITEC, 1981.

SÃO Sepé em estado de emergência. **A Palavra**, São Sepé, p.8, 22 dez.1994.

SARTORI, M.G.B. A dinâmica do clima no Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico. **Terra Livre**. São Paulo, ano 19, v.1, n.20, p.27-49. jan/jul.2003.

\_\_\_\_\_. **Clima e percepção**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

\_\_\_\_\_. Distribuição das chuvas no Rio Grande do Sul e a variabilidade têmporo-espacial no período de 1912-1984. In: V SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Departamento de Geografia/FFLCH/USP, 1993. p.275 -280.

\_\_\_\_\_. As variações pluviométricas e o regime das chuvas na Região Central do Rio Grande do Sul. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro, n.23, vol. 45-46, 1993. p.70-84.

\_\_\_\_\_. A Circulação atmosférica regional e os principais tipos de tempo no inverno do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência e Natura**. Santa Maria, n15, p.69-93, 1993.

\_\_\_\_\_. **O clima de Santa Maria, RS: do regional ao urbano**. 1979. 166fl. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

SARTORI, P.L.P. **Petrologia do complexo granítico de São Sepé-RS**. 1978. 196fl. Tese (Doutorado em Petrologia e Mineralogia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1978.

SAYAGO, J.M; GUIDO, E.Y. Caracterización de los riesgos geológicos y geomorfológicos en la ciudad de Chilecito (La Rioja), Argentina. In: 1º SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 1990, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1990.

SAYDELLES, A. P. **Estudo do campo térmico e das ilhas de calor em Santa Maria-RS**. 2005. 222 fl. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

SELLERS, A. H.; ROBINSON, P.J. **Contemporary climatology**. New York: Longman Group Limited, 1986.

SILVEIRA, R.D; SARTORI, M.G.B; ROSA, J.L. Integração meio ambiente- comunidade na sub-bacia hidrográfica Lajeado do Moinho, São Sepé-RS. In: X SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Departamento de Geografia/UERJ, 2003. 1 CD-ROM.

SOUZA, C. G.; SANT'ANNA NETO,J.L. Ritmo climático e eventos extremos no Oeste Paulista: a imprensa como fonte de informações geográficas. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. 2004, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Núcleo de Pós-Graduação em Geografia/ UFS, 2004. 1 CD-ROM.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, v.7, n.1, jan/mar, 2002.

\_\_\_\_\_ Drenagem urbana e controle de inundações. In: CHASSOT, A.; CAMPOS, H. (orgs). **Ciências da terra e meio ambiente: diálogos para (inter) ações no planeta**. São Leopoldo: ed. da UNISINOS, 1999.

\_\_\_\_\_ **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre, ABRH/ ed. da UFRGS, 1993.

ZAVATINI, J.A. A climatologia geográfica brasileira, o enfoque dinâmico e a noção de ritmo climático. **Geografia**. Rio Claro, v. 23, n. 3, p.5-24, dez.1998.

\_\_\_\_\_ O tempo e o espaço nos estudos do ritmo do clima no Brasil. **Geografia**. Rio Claro,v. 27,n. 3, p.101-131, dez.2002.

## **ANEXOS**

ANEXO A - Ficha de observação meteorológica do mês de outubro de 2005: Ponto 1 - Bairro Lôndero

<b>OUTUBRO/ 2005</b>			
<b>HORÁRIO DE COLETA</b>			
<b>DIA</b>	<b>9 HORAS</b>	<b>15 HORAS</b>	<b>21 HORAS</b>
01	10 mm		
02			
03			
04	60 mm	20 mm	10 mm
05	5 mm		
06			9 mm
07	1 mm	2 mm	20 mm
08			
09			
10			
11			
12			
13			10 mm
14	40 mm		
15			
<b>HORÁRIO DE VERÃO</b>			
<b>DIA</b>	<b>10 HORAS</b>	<b>16 HORAS</b>	<b>22 HORAS</b>
16			
17			
18			
19			
20			
21			10 mm
22		1 mm	
23			
24			30 mm
25			
26			
27	5 mm		
28			
29			
30			
31			
<b>TOTAL: 224 mm</b>			



ANEXO B - Ficha de observação meteorológica do mês de outubro de 2005: Ponto 2 - Bairro Santo Antônio

<b>OUTUBRO/ 2005</b>			
<b>HORÁRIO DE COLETA</b>			
<b>DIA</b>	<b>9 HORAS</b>	<b>15 HORAS</b>	<b>21 HORAS</b>
01	9 mm		
02			4 mm
03			
04	55 mm	22 mm	3 mm
05			
06			5 mm
07			5 mm
08			
09			
10			
11			
12			
13			5 mm
14	47 mm		
15			2 mm
<b>HORÁRIO DE VERÃO</b>			
<b>DIA</b>	<b>10 HORAS</b>	<b>16 HORAS</b>	<b>22 HORAS</b>
16	10 mm		
17			
18			
19			
20			
21			12 mm
22		9 mm	
23			
24			
25			15 mm
26			
27			
28			
29			
30			
31			
<b>TOTAL: 203 mm</b>			

ANEXO C - Ficha de observação meteorológica do mês de outubro de 2005: Ponto 3 - Bairro Centro

<b>OUTUBRO/ 2005</b>			
<b>HORÁRIO DE COLETA</b>			
<b>DIA</b>	<b>9 HORAS</b>	<b>15 HORAS</b>	<b>21 HORAS</b>
01	7 mm		
02			
03			
04	42 mm	18 mm	10 mm
05			
06			6 mm
07			13 mm
08		4 mm	6 mm
09			
10			
11			
12			
13			
14	35 mm		
15			
<b>HORÁRIO DE VERÃO</b>			
<b>DIA</b>	<b>10 HORAS</b>	<b>16 HORAS</b>	<b>22 HORAS</b>
16	10 mm		
17		1 mm	
18			
19			
20			
21			15 mm
22		6 mm	
23			
24			22 mm
25			
26			
27			4 mm
28			
29			
30			
31			
<b>TOTAL: 231 mm</b>			

ANEXO D - Ficha de observação meteorológica do mês de outubro de 2005: Ponto 4 - Bairro Izolanda

<b>OUTUBRO/ 2005</b>			
<b>HORÁRIO DE COLETA</b>			
<b>DIA</b>	<b>9 HORAS</b>	<b>15 HORAS</b>	<b>21 HORAS</b>
01	9 mm		
02			
03			
04	71 mm	24,5 mm	5 mm
05			
06			3 mm
07		3 mm	13 mm
08			
09			
10			
11			
12			
13			5 mm
14	43 mm		
15			3 mm
<b>HORÁRIO DE VERÃO</b>			
<b>DIA</b>	<b>10 HORAS</b>	<b>16 HORAS</b>	<b>22 HORAS</b>
16	7 mm		
17			
18			
19			
20			
21			15 mm
22		10 mm	
23			
24			15 mm
25			
26			
27			3 mm
28			
29			
30			
31			
<b>TOTAL: 202 mm</b>			

ANEXO E - Ficha de observação meteorológica do mês de janeiro de 2006: Ponto 2 - Bairro Santo Antônio

<b>JANEIRO/ 2006</b>			
<b>HORÁRIO DE COLETA</b>			
<b>DIA</b>	<b>10 HORAS</b>	<b>16 HORAS</b>	<b>22 HORAS</b>
01		11 mm	
02	5 mm		
03			11 mm
04			
05			
06			
07			
08			
09			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16		7 mm	
17	3 mm		
18			
19			
20			
21			
22			
23	24 mm		
24		12 mm	6 mm
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
<b>TOTAL: 79 mm</b>			

ANEXO F - Ficha de observação meteorológica do mês de janeiro de 2006: Ponto 3 -Bairro Centro

<b>JANEIRO/ 2006</b>			
<b>HORÁRIO DE COLETA</b>			
<b>DIA</b>	<b>10 HORAS</b>	<b>16 HORAS</b>	<b>22 HORAS</b>
01			6 mm
02			
03			11 mm
04			
05			
06			
07			
08			3 mm
09			
10			10 mm
11			
12			
13			
14			
15			
16		20 mm	
17			
18			
19			
20		15 mm	
21			
22			
23	10 mm	11 mm	
24	3 mm	8 mm	12 mm
25	2 mm	3 mm	
26			
27			
28			
29			
30			
31			
<b>TOTAL: 114 mm</b>			

ANEXO G - Ficha de observação meteorológica do mês de janeiro de 2006: Ponto 4 -Bairro Izolanda

<b>JANEIRO/ 2006</b>			
<b>HORÁRIO DE COLETA</b>			
<b>DIA</b>	<b>10 HORAS</b>	<b>16 HORAS</b>	<b>22 HORAS</b>
01			2 mm
02	3 mm		
03	4 mm		
04	7,5 mm		
05			
06			
07			
08			4 mm
09			
10			2 mm
11	25 mm		
12			
13			1,5 mm
14			
15		7,5 mm	
16		15 mm	
17			
18			
19			
20			
21	8 mm		
22			
23	10 mm	14 mm	
24		17,5 mm	15 mm
25	2 mm	2 mm	
26			
27			
28			
29			
30			
31			
<b>TOTAL: 148 mm</b>			

ANEXO H - Ficha de observação meteorológica do mês de abril de 2006: Ponto 2 -Bairro Santo Antônio

<b>ABRIL/ 2006</b>			
<b>HORÁRIO DE COLETA</b>			
<b>DIA</b>	<b>9 HORAS</b>	<b>15 HORAS</b>	<b>21 HORAS</b>
01			
02			
03			
04			
05		5 mm	
06			
07			
08			
09			
10	18 mm		
11			
12			
13			
14			2 mm
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21	25 mm		
22			
23			
24			
25		20 mm	
26			
27			
28			
29			
30			
31			
<b>TOTAL: 70 mm</b>			

ANEXO I - Ficha de observação meteorológica do mês de abril de 2006: Ponto 3 -Bairro Centro

<b>ABRIL/ 2006</b>			
<b>HORÁRIO DE COLETA</b>			
<b>DIA</b>	<b>9 HORAS</b>	<b>15 HORAS</b>	<b>21 HORAS</b>
01			
02			
03			
04			
05			
06	2 mm	7 mm	
07			
08			
09			
10	25 mm		
11			
12			
13			
14		5 mm	
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21	25 mm		
22			
23			
24			
25		18 mm	4 mm
26			
27			
28			
29			
30			
31			
<b>TOTAL: 86 mm</b>			



ANEXO J - Ficha de observação meteorológica do mês de abril de 2006: Ponto 4 -Bairro Izolanda

<b>ABRIL/ 2006</b>			
<b>HORÁRIO DE COLETA</b>			
<b>DIA</b>	<b>9 HORAS</b>	<b>15 HORAS</b>	<b>21 HORAS</b>
01			
02			
03			
04			
05			
06	9 mm		
07	18 mm		
08			
09			
10			
11			
12			
13			
14		4 mm	9 mm
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21	32 mm		
22			
23			
24			
25		10 mm	10 mm
26			
27			
28			
29			
30			
31			
<b>TOTAL: 92 mm</b>			

ANEXO L - Ficha de observação meteorológica do mês de julho de 2006: Ponto 4 -Bairro Izolanda

<b>JULHO/ 2006</b>			
<b>HORÁRIO DE COLETA</b>			
<b>DIA</b>	<b>9 HORAS</b>	<b>15 HORAS</b>	<b>21 HORAS</b>
01			
02			
03			
04			
05			
06			
07			
08			
09	7 mm		
10			
11		3 mm	11 mm
12			
13			
14	30 mm	40 mm	2,5 mm
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25	15 mm		
26	2 mm	18 mm	12 mm
27	4 mm		
28			
29			
30			
31			
<b>TOTAL: 144,5 mm</b>			