

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA OCEÂNICA

**ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO BRUSCA NA ZONA
URBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO SUL, RS.**

JÉSSICA STERN BEHLING

Rio Grande, 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA OCEÂNICA

**ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO BRUSCA NA ZONA
URBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO SUL, RS.**

JÉSSICA STERN BEHLING

Dissertação apresentada à Comissão de Curso de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Oceânica.

Orientador: Prof. Ph.D. Lauro Júlio Calliari -
PPGEO/FURG

Rio Grande, 2019.


**“ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO NA ZONA URBANA DO MUNICÍPIO
DE SÃO LOURENÇO DO SUL, RS”**

JÉSSICA STERN BEHLING

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de:

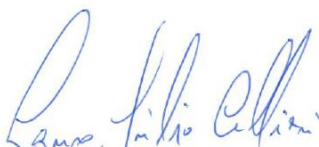
MESTRE EM ENGENHARIA OCEÂNICA

Tendo sido aprovada em sua forma final pela Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica




Prof. Dr. Lijércio André Isoldi
Coordenador do PPGEO/FURG


Banca Examinadora:




Prof. Dr. Lauro Júlio Calliari
Orientador – PPGEO/FURG



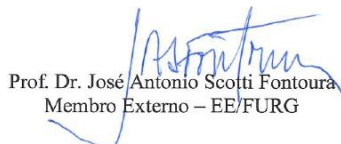
Profa. Dra. Natalia Lemke
Membro Externo – TGA/FURG



Profa. Dra. Angélica Cirolini
Membro Externo – UFPel/CEng



Prof. Dr. Paulo Roberto de Freitas Teixeira
Membro Interno – PPGEO/FURG



Prof. Dr. José Antonio Scotti Fontoura
Membro Externo – EE/FURG

Ficha Catalográfica

B419z Behling, Jéssica Stern.

Zoneamento das áreas de risco à inundação brusca na zona urbana do município de São Lourenço do Sul, RS / Jéssica Stern Behling. – 2019.

162 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica, Rio Grande/RS, 2019.

Orientador: Dr. Lauro Júlio Calliari.

1. Desastres Naturais 2. Zoneamento 3. Áreas de Risco à Inundação I. Calliari, Lauro Júlio II. Título.

CDU 502.58(816.5)

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a minha família, meu pais, Laurinha e Nestor, minhas irmãs, Gilvânia, Jaqueline e Lissiâni, por todo o apoio durante este período, pois foram essenciais para a realização desta etapa. Aos meus amigos e ao meu marido Ítalo que compreenderam minha ausência durante este período.

Ao meu orientador Lauro Calliari e a professora colaborada Angélica Cirolini, pela dedicação e apoio em todas as etapas de trabalho.

Agradeço a Angélica e ao professor Alexandre Felipe Bruch, os quais se fez presente na realização das coletas de dados em campo.

Também gostaria de realizar um agradecimento especial aos moradores da área urbana do município de São Lourenço do Sul que participaram da pesquisa, fornecendo informações sobre o evento extremo de inundação brusca de 2011, as quais foram de extrema importância para a realização deste trabalho. Assim como, os moradores da área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço que se disponibilizaram a participar do trabalho de registro dos dados pluviométricos, realizando anotações diárias durante o período de pesquisa.

RESUMO

Desastres naturais desencadeados a partir da geodinâmica externa da Terra, como os de origem hidrológica têm ocorrido com maior frequência na área de abrangência da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, localizada no município de São Lourenço do Sul. Baseado na recorrência destes eventos extremos realizou-se um estudo que visa o mapeamento e o zoneamento das áreas de risco à inundação na área urbana do município de São Lourenço do Sul, utilizando como ferramenta principal para o desenvolvimento deste, o Sistema de Informações Geográficas. Dentre os distintos eventos de inundações registrados nesta região, destacam-se ocorrências de inundações bruscas, as quais tendem a causar maiores danos, como o evento extremo registrado neste município no ano de 2011, no qual, verificou-se uma cota de inundação de, aproximadamente, 4,5 m acima do nível médio do arroio São Lourenço. Outra forma de inundação que atinge a área urbana do município de São Lourenço do Sul é a inundação gradual, que possui como principal característica a lenta elevação do nível das águas, ocasionando inundações em locais mais isolados e próximos aos arroios. A partir das características dos dois eventos de inundações que podem ser registrados nesta área, foram representadas as áreas de risco à inundação para cada um destes, utilizando como base para tais, os dados coletados por meio de levantamento geodésico. O mapeamento das áreas de risco a inundação gradual foi realizado a partir das cotas topográficas da área urbana do município, enquanto o zoneamento das áreas de risco à inundação brusca foi obtido a partir de entrevistas com moradores locais, onde foram adquiridas informações sobre o evento de inundação brusca ocorrido nesta região no ano de 2011. De acordo com os dados obtidos por meio das entrevistas foram realizados os zoneamentos de perigo à inundação e de vulnerabilidade, e, a partir da correlação destes, determinado o zoneamento das áreas de risco à inundação brusca para este município, os quais foram classificados em distintos graus de risco, sendo estes: risco baixo, médio, alto e muito alto. O zoneamento das áreas de risco à inundação é uma medida não estrutural de suma importância para auxiliar o processo de tomada de decisões em caso de ocorrência de eventos extremos.

Palavras-chave: Desastres Naturais; Zoneamento; áreas de risco à inundação.

ABSTRACT

Natural disasters triggered from Earth's external geodynamics, such as those of hydrological origin have occurred most frequently in the catchment area of São Lourenço stream sub-basin, located in the county of São Lourenço do Sul. Based on the perseveration of these extreme events, a study aimed at mapping and zoning the flood risk areas in the urban area of São Lourenço do Sul was made using the Geographic Information System as the main tool for its development. Among the different flooding events recorded in this region, there are sudden flooding events, which tend to cause greater damage, such as the extreme event recorded in this county in 2011, where there was a flood quota of approximately 4.5 m above the average level of the São Lourenço stream. Another form of a flood that reaches the urban area of São Lourenço do Sul is the progressive flooding, which has as its main feature the slow rise of water levels, causing flooding in more isolated places and near the streams. From the characteristics of the two flood events that can be recorded in this area, the flood risk areas were represented for each of them using the data collected by the geodetic survey as its premise. The mapping of areas at risk of gradual flooding was carried out from the topographic elevations of the urban area of the county, while the zoning of areas of sudden flooding risk was obtained from interviews with residents, where information about the event that happened in 2011 was acquired. According to the data obtained through the interviews, the flood hazard and the vulnerability zoning were carried out and based on their correlation, the county zoning areas of sudden flood risk were classified in different degrees of risk, namely: low, medium, high, and very high risk. Zoning of flood risk areas is a non-structural measure of extremely importance to assist decision-making in the event of extreme events.

Key-words: Natural Disasters; Zoning; Flood risk areas.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE FIGURAS.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. OBJETIVOS	14
1.1.1. OBJETIVO GERAL	14
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.2. JUSTIFICATIVA DO TRABALHO.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 DESASTRES NATURAIS	16
2.2 TIPOS DE DESASTRES NATURAIS	17
2.3 INUNDAÇÕES.....	19
2.4 CLASSIFICAÇÃO E TIPOS DE INUNDAÇÕES	22
2.4.1. INUNDAÇÃO BRUSCA.....	23
2.4.2. INUNDAÇÃO GRADUAL	24
2.5 CAUSAS E FORMAS DE PREVENÇÃO DE INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS	24
2.6 PRECIPITAÇÃO	26
2.6.1. TIPOS DE PRECIPITAÇÃO.....	27
2.6.2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DE UMA PRECIPITAÇÃO.....	28
2.6.3. VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO	28
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO.....	31
3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO SUL.....	32
3.2 GEOLOGIA GERAL	32
3.3 BACIA HIDROGRÁFICA.....	34
4. METODOLOGIA	37
4.1 LEVANTAMENTO GEODÉSICO.....	37
4.2 BANCO DE DADOS REFERENTE À ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO SUL	39
4.2.1 MAPA DE INUNDAÇÃO GRADUAL	39
4.3 DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	40
4.4 BANCO DE DADOS REFERENTE AO ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO	
BRUSCA.....	44
4.4.1 ANÁLISE E ZONEAMENTO DO PERIGO À INUNDAÇÃO BRUSCA	45
4.4.2 ANÁLISE E MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE À INUNDAÇÃO BRUSCA	47
4.4.3 ANÁLISE E MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO BRUSCA	49
5. RESULTADOS	51
5.1 REGISTROS HISTÓRICOS DAS INUNDAÇÕES NA ÁREA DE ESTUDO.....	51
5.2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SÃO LOURENÇO	54
5.2.1. MAPA DE HIERARQUIA DAS DRENAGENS REFERENTE À SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO	
ARROIO SÃO LOURENÇO	54
5.2.2. MAPA HIPSOMÉTRICO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SÃO LOURENÇO	56

5.2.3.	MAPA CLINOGRÁFICO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SÃO LOURENÇO	57
5.3	COLETA DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS NA ÁREA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SÃO LOURENÇO.....	58
5.3.1.	DADOS HISTÓRICOS DE PRECIPITAÇÃO REFERENTE À ÁREA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SÃO LOURENÇO	60
5.3.1.1.	VARIABILIDADE SAZONAL DA PRECIPITAÇÃO NO PONTO 6.....	60
5.3.1.2.	VARIABILIDADE SAZONAL DA PRECIPITAÇÃO NO PONTO 1	67
5.3.1.3.	VARIABILIDADE SAZONAL DA PRECIPITAÇÃO NO PONTO 13	72
5.3.1.4.	COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DOS PONTOS 6, 1 E 13	76
5.3.2.	REGISTROS PLUVIOMÉTRICOS	78
5.4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO SUL.....	79
5.4.1.	HIPSOMETRIA DA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO SUL.....	79
5.4.2.	REPRESENTAÇÃO DAS COTAS DE INUNDAÇÃO PARA UMA INUNDAÇÃO GRADUAL	81
5.4.3.	COLETA DE DADOS SOBRE A INUNDAÇÃO BRUSCA DE 2011	86
5.4.4.	SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO BRUSCA.....	86
5.4.5.	ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE PERIGO À INUNDAÇÃO BRUSCA NA ZONA URBANA.....	87
5.4.5.1.	BAIRRO BALNEÁRIO	87
5.4.5.2.	BAIRRO CENTRO SUL	89
5.4.5.3.	BAIRRO NAVEGANTES	93
5.4.5.4.	BAIRRO CENTRO.....	96
5.4.5.5.	BAIRRO BARRINHA	98
5.4.5.6.	BAIRRO LOMBA	100
5.4.5.7.	BAIRRO MEDIANEIRA	101
5.4.6.	ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE VULNERABILIDADE À INUNDAÇÃO BRUSCA NA ZONA URBANA	104
5.4.6.1.	BAIRRO CENTRO SUL	105
5.4.6.2.	BAIRRO NAVEGANTES	105
5.4.6.3.	BAIRRO CENTRO.....	106
5.4.6.4.	BAIRRO BARRINHA	106
5.4.6.5.	BAIRRO LOMBA	106
5.4.6.6.	BAIRRO MEDIANEIRA	107
5.4.7.	ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO BRUSCA NA ZONA URBANA	108
5.5	COMPARAÇÃO DAS ÁREAS AFETADAS EM EVENTOS DE INUNDAÇÕES BRUSCAS E GRADUAIS	111
5.6	INTERPRETAÇÃO DA OCORRÊNCIA DO EVENTO DE INUNDAÇÃO BRUSCA NA ÁREA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SÃO LOURENÇO.....	112
5.7	MEDIDAS ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS PARA O CONTROLE DE INUNDAÇÕES NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO SUL.....	116
5.8	SISTEMA DE ALERTA DE INUNDAÇÃO BRUSCA PARA A ÁREA REFERENTE À SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SÃO LOURENÇO	119
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	124
7.	REFERÊNCIAS.....	126

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: CLASSIFICAÇÃO DOS DESASTRES NATURAIS QUANTO À TIPOLOGIA. (MODIFICADO DE TOBIN E MONTZ, 1997).	18
TABELA 2: QUADRO REPRESENTATIVO DOS GRAUS DE PERIGO DE INUNDAÇÃO. (MODIFICADO DE MENEZES, 2014).	46
TABELA 3: QUADRO REPRESENTATIVO DOS GRAUS DE VULNERABILIDADE DE INUNDAÇÃO. (MODIFICADO DE MENEZES, 2014).	48
TABELA 4: QUADRO REPRESENTATIVO DOS GRAUS DE RISCO DE INUNDAÇÃO. (MODIFICADO DE MENEZES, 2014).	49
TABELA 5: REFERENTE AOS PONTOS ONDE FORAM INSTALADOS OS PLUVIÔMETROS.	59
TABELA 6: VOLUME DE PRECIPITAÇÃO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SÃO LOURENÇO NOS 15 PONTOS DE COLETA DE DADOS.	78
TABELA 7: QUADRAS ONDE FORAM REALIZADAS AS ENTREVISTAS NO BAIRRO CENTRO SUL.	92
TABELA 8: QUADRAS ONDE FORAM REALIZADAS AS ENTREVISTAS NO BAIRRO NAVEGANTES.	95
TABELA 9: QUADRAS ONDE FORAM REALIZADAS AS ENTREVISTAS NO BAIRRO CENTRO.	97
TABELA 10: QUADRAS ONDE FORAM REALIZADAS AS ENTREVISTAS NO BAIRRO BARRINHA.	99
TABELA 11: QUADRAS ONDE FORAM REALIZADAS AS ENTREVISTAS NO BAIRRO LOMBA.	101
TABELA 12: QUADRAS ONDE FORAM REALIZADAS AS ENTREVISTAS NO BAIRRO MEDIANEIRA.	102
TABELA 13: CLASSIFICAÇÃO DOS ALERTAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO BRUSCA.	120

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: REPRESENTAÇÃO DOS ASPECTOS DE INUNDAÇÃO URBANA. (FONTE: TUCCI, 2005).....	21
FIGURA 2: DIFERENÇAS ENTRE INUNDAÇÃO GRADUAL E BRUSCA. (FONTE: KOBAYAMA ET AL. 2006).	22
FIGURA 3: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO. (FONTE: BEHLING, 2015).	31
FIGURA 4: LOCALIZAÇÃO DAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, CONFORME: CEPSRM/UFRGS (2001), EM PRETO, ENCONTRA-SE DELIMITADO O MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO SUL. (FONTE: MODIFICADO DE ATLAS SOCIOECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL)	33
FIGURA 5: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO GRANDE DO SUL, CONFORME SEMA – 2002.....	35
FIGURA 6: PAR DE RECEPTORES GEODÉSICOS EM OPERAÇÃO SIMULTÂNEA: A) GPS BASE SOBRE O REFERENCIAL DE NÍVEL; B) GPS MÓVEL INSTALADO NA CAMIONETE.	38
FIGURA 7: PLUVIÔMETRO INSTALADO NO PONTO 10 DE COORDENADAS 31° 14' 28.2'' DE LATITUDE SUL E 52° 7' 51'' DE LONGITUDE OESTE E ALTITUDE DE 189 M.	43
FIGURA 8: IMAGEM AÉREA DA ÁREA URBANA DE SÃO LOURENÇO DO SUL, APÓS O EVENTO DE INUNDAÇÃO REFERENTE AO ANO DE 2011. FONTE: DEFESA CIVIL – RS.....	52
FIGURA 9: IMAGEM DA ESQUINA DO GRÊMIO ESPORTIVO LOURENCIANO, LOCALIZADO NA RUA MARECHAL DEODORO. FONTE: DEFESA CIVIL – RS.....	53
FIGURA 10: MAPA DE ORDEM DAS DRENAGENS REFERENTE À SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SÃO LOURENÇO. (MODIFICADO DE BEHLING, 2015).....	55
FIGURA 11: MAPA HIPSOMÉTRICO REFERENTE ÀS ÁREAS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA EM ESTUDO. (MODIFICADO DE BEHLING, 2015).	56
FIGURA 12: MAPA CLINOGRÁFICO REFERENTE ÀS ÁREAS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SÃO LOURENÇO. FONTE: MODIFICADO DE BEHLING (2015).	58
FIGURA 13: IMAGEM REFERENTE À LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS REFERENTE AOS PLUVIÔMETROS INSTALADOS NA ÁREA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SÃO LOURENÇO, NO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO SUL, RS.....	60
FIGURA 14: GRÁFICO REFERENTE AOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DO ANO DE 2006.....	61
FIGURA 15: GRÁFICO REFERENTE AOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DO ANO DE 2007.....	62
FIGURA 16: GRÁFICO REFERENTE AOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DO ANO DE 2008.....	63
FIGURA 17: GRÁFICO REFERENTE AOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DO ANO DE 2016.....	64
FIGURA 18: GRÁFICO REFERENTE AOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DO ANO DE 2017.....	65
FIGURA 19: GRÁFICO REFERENTE AOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DO ANO DE 2018.....	66
FIGURA 20: GRÁFICO REFERENTE AOS VOLUMES PLUVIOMÉTRICOS ANUAIS DO PONTO 6.....	67
FIGURA 21: GRÁFICO REFERENTE AOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DO ANO DE 2015.....	68
FIGURA 22: GRÁFICO REFERENTE AOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DO ANO DE 2016.....	69
FIGURA 23: GRÁFICO REFERENTE AOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DO ANO DE 2017.....	70
FIGURA 24: GRÁFICO REFERENTE AOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DO ANO DE 2018.....	71
FIGURA 25: GRÁFICO REFERENTE AOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO ANUAL DOS ANOS DE 2015, 2016, 2017 E 2018.....	72

FIGURA 26: GRÁFICO REFERENTE AOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DO ANO DE 2015.....	73
FIGURA 27: GRÁFICO REFERENTE AOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DO ANO DE 2016.....	73
FIGURA 28: GRÁFICO REFERENTE AOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DO ANO DE 2017.....	74
FIGURA 29: GRÁFICO REFERENTE AOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DO ANO DE 2018.....	75
FIGURA 30: GRÁFICO REFERENTE AOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS ANUAIS DO PONTO 13. .	76
FIGURA 31: GRÁFICO REFERENTE À PRECIPITAÇÃO ANUAL NOS PONTOS 13, 1 E 6.	77
FIGURA 32: MAPA HIPSOMÉTRICO REFERENTE À ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO SUL. (FONTE: MODIFICADO DE BEHLING 2015).	80
FIGURA 33: COTAS DE INUNDAÇÃO GRADUAL. A) COTA DE INUNDAÇÃO GRADUAL COM 1 M ACIMA DO NÍVEL DE REFERÊNCIA. B) COTA DE INUNDAÇÃO GRADUAL COM 1,5 M. C) COTA DE INUNDAÇÃO GRADUAL COM 2 M. D) COTA DE INUNDAÇÃO GRADUAL COM 2,5 M. E) COTA DE INUNDAÇÃO GRADUAL COM 3 M. F) COTA DE INUNDAÇÃO GRADUAL COM 3,5 M. G) COTA DE INUNDAÇÃO GRADUAL COM 4 M. H) COTA DE INUNDAÇÃO GRADUAL COM 4,5 M ACIMA DO NÍVEL DE REFERÊNCIA. (FONTE: MODIFICADO DE BEHLING, 2015).	82
FIGURA 34: MAPA DE SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO BRUSCA.	87
FIGURA 35: FIGURA DE LOCALIZAÇÃO DAS QUADRAS QUE COMPÕEM O BAIRRO BALNEÁRIO.	88
FIGURA 36: FIGURA DE LOCALIZAÇÃO DAS QUADRAS QUE COMPÕEM O BAIRRO CENTRO SUL.	90
FIGURA 37: FIGURA DE LOCALIZAÇÃO DAS QUADRAS QUE COMPÕEM O BAIRRO NAVEGANTES.	93
FIGURA 38: FIGURA DE LOCALIZAÇÃO DAS QUADRAS QUE COMPÕEM O BAIRRO CENTRO.96	
FIGURA 39: FIGURA DE LOCALIZAÇÃO DAS QUADRAS QUE COMPÕEM O BAIRRO BARRINHA.	98
FIGURA 40: FIGURA DE LOCALIZAÇÃO DAS QUADRAS QUE COMPÕEM O BAIRRO LOMBA.	100
FIGURA 41: FIGURA DE LOCALIZAÇÃO DAS QUADRAS QUE COMPÕEM O BAIRRO MEDIANEIRA.	102
FIGURA 42: MAPA DE ZONEAMENTO DO PERIGO À INUNDAÇÃO BRUSCA.	104
FIGURA 43: MAPA DE ZONEAMENTO DE VULNERABILIDADE À INUNDAÇÃO BRUSCA.	108
FIGURA 44: MAPA DE ZONEAMENTO DE RISCO À INUNDAÇÃO BRUSCA.	109
FIGURA 45: DEMONSTRAÇÃO DA DIREÇÃO PRINCIPAL DO FLUXO DA ÁGUA REGISTRADO NO EVENTO DE INUNDAÇÃO BRUSCA NO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO SUL NO ANO DE 2011.	110
FIGURA 46: DEMONSTRAÇÃO DA DIFERENÇA DOS NÍVEIS DE ÁGUA REGISTRADOS EM DUAS RESIDÊNCIAS QUE COMPÕEM O BAIRRO NAVEGANTES.....	111
FIGURA 47: PRIMEIRA PLANTA OFICIAL REFERENTE À ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO SUL. (FONTE: MUSEU HISTÓRICO MUNICIPAL DE SÃO LOURENÇO DO SUL).....	114
FIGURA 48: TUBULAÇÃO REFERENTE À MARGEM DIREITA DO ARROIO SÃO LOURENÇO.	115

1. INTRODUÇÃO

“Eventos extremos de clima têm se tornado cada vez mais comuns em diferentes regiões da América do Sul” (NATIVIDADE, 2017, p. 601). Dentre estes, destaca-se o considerável aumento nos registros de eventos de inundações. As inundações são oriundas, principalmente, de eventos de intensa precipitação, e geram graves danos à população e às áreas atingidas. Os efeitos negativos causados por estes eventos vêm se agravando ao passar dos anos devido a diversos fatores, tais como: a grande taxa de impermeabilização do solo em áreas urbanas, ocupação irregular das margens dos rios, erosão do solo devido à carência de vegetação, deposição de lixo em locais inapropriados, entre outros.

As inundações correspondem ao principal desastre natural registrado no Brasil (SILVEIRA *et al.*, 2009). Em regiões tropicais, devido às características físico-naturais, eventos de inundações e enchentes decorrentes de chuvas intensas são acontecimentos comuns. “A ocorrência de inundações tem se intensificado e tornado mais frequente a cada ano, áreas urbanas e ribeirinhas são afetadas em todo mundo e isso tem causado muitos prejuízos” (HORA e GOMES, 2009, p. 58).

Ao longo das últimas décadas, os estados brasileiros vêm apresentando um considerável crescimento na população urbana. De acordo com o Censo Demográfico realizado no ano de 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a taxa referente à população urbana brasileira, nesta ocasião, foi estimada em 84%, este aumento, pode estar diretamente ligado com o aumento das ocorrências de desastres naturais registradas em áreas urbanas, pois a concentração da população nos centros urbanos, atualmente, é consideravelmente maior do que a registrada em décadas anteriores.

O alto índice de crescimento dos centros urbanos ocorre associadamente com a ocupação de áreas impróprias à habitação, ocorrendo, deste modo, uma utilização desordenada do espaço urbano, como observado em grandes metrópoles brasileiras, assim como, em centros urbanos menores, podendo este, ser configurado como um dos principais fatores associados ao acontecimento de desastres naturais.

Destaca-se, como um dos maiores problemas identificados em grande parte das cidades brasileiras, a construção de moradias em terrenos impróprios naturalmente (sujeitos ao desmoronamento ou inundação), o que aumenta, consideravelmente, o grau de exposição ao risco e a vulnerabilidade da população residente nestas áreas.

“O modelo de urbanização observado nas grandes cidades mundiais permite a ocupação das planícies de inundação dos cursos d’água urbanos e expõe a população ao risco de impactos de enchentes” (PEREZ FILHO *et al.*, 2006, p. 44).

“É importante salientar que inundações são fenômenos naturais e apresentam certo intervalo de recorrência que varia de acordo com as características climáticas regionais” (LEOPOLD *et al.*, 1964; TUCCI, 2003; CUNHA, 2007, *apud* BINDA, 2012, p. 37).

Eventos de inundação podem ocorrer devido ao comportamento natural dos rios, assim como, estes mesmos eventos podem vir a serem ampliados devido às alterações produzidas pelo homem em decorrência da urbanização de antigos ambientes naturais (TUCCI e BERTONI, 2003), como por exemplo, a impermeabilização de superfícies e a canalização de rios.

A área selecionada para a realização do estudo referente aos eventos de inundação e o posterior zoneamento das áreas de risco de inundações remete-se à zona urbana do município de São Lourenço do Sul, o qual carece de conhecimentos geológicos, cartográficos e ambientais, sendo estes fundamentais para o mapeamento e a proposta de minimização das situações de exposição ao risco à inundação, decorrentes de eventos de intensa precipitação.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é determinar, mapear e zonestar as áreas de risco à inundação na zona urbana do município de São Lourenço do Sul, utilizando como ferramenta principal para tal finalidade o Sistema de Informações Geográficas (SIG), com base em informações sobre o evento extremo ocorrido no ano de 2011 na sub-bacia

hidrográfica do arroio São Lourenço, o qual resultou em graves danos a área urbana do município.

1.1.2. Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral deste trabalho, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- Identificação das principais características físicas da área em estudo, as quais contribuem para ocorrência de eventos de inundação;
- Elaboração e interpretação dos mapas de inundações;
- Representação do evento extremo de inundação brusca ocorrido no ano de 2011;
- Zoneamento das áreas de risco à inundação;
- Determinação de medidas estruturais e não estruturais para prevenção de inundações;
- Sugestão de um sistema de alerta de inundação brusca para a área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço.

1.2. Justificativa do Trabalho

A realização deste estudo justifica-se pelo fato de consecutivas e recentes ocorrências de áreas inundadas serem registradas na região, principalmente, nas proximidades do arroio São Lourenço. Diversos casos de precipitação e inundação registrados no município indicam falhas na ocupação do espaço urbano de São Lourenço Sul, os quais causam distintos tipos de prejuízos para a população.

Destaca-se que esta área pode ser atingida por eventos de inundações distintos, sendo estes classificados como inundações bruscas e graduais. As inundações bruscas são eventos que ocorrem repentinamente, e causam maiores danos e prejuízos a população, enquanto as inundações graduais, as quais ocorrem com uma maior frequência, quando em comparação aos eventos de inundações bruscas, atingem áreas mais isoladas, alcançando, principalmente, as planícies de inundações dos arroios da área urbana do município.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Desastres Naturais

Desastre pode ser denominado como o resultado de eventos adversos que causam grandes impactos na sociedade, sendo distinguidos principalmente em função de sua origem, isto é, da natureza do fenômeno que o desencadeia (TOBIN e MONTZ, 1997). Os desastres naturais são causados pelo impacto de um fenômeno natural de grande intensidade sobre uma área ou região povoada, podendo ou não ser agravado por atividades antrópicas, acarretando riscos à população (CASTRO, 2005).

A Defesa Civil Nacional considera desastre como sendo resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais (CASTRO, 1999). Para a Defesa Civil Nacional, a intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado.

Em geral, o conceito de vulnerabilidade, estará sempre correlacionado a uma conotação negativa, e encontra-se relacionado com algum tipo de perda e/ou dano. A vulnerabilidade ocorre a partir de condições insatisfatórias no que concerne à relação entre: aspectos físicos, ambientais, sociais, econômicos, políticos, culturais, entre outros, e a ocorrência de determinado evento adverso (CEPED/UFSC, 2014).

De acordo com o INPE, a vulnerabilidade pode ser reduzida a partir da identificação das áreas de risco e proibição da ocupação, desenvolvimento de sistemas de alerta, preparação da população (cultura de prevenção de riscos) e com edificações e infraestrutura preparadas para o perigo.

O perigo é definido como a ameaça potencial de que eventos, naturais ou não, resultem em perdas à população (ZUQUETTE *et al.* 1995, *apud* MENEZES, 2014). O perigo pode estar associado à severidade das inundações, que variam quanto à recorrência, intensidade e poder destrutivo do processo, assim como, a área afetada

(MENEZES, 2014). A partir dos conceitos abordados, considera-se como área de perigo, regiões expostas a ocorrência de determinados processos naturais, como a inundação, podendo estes ser mais ou menos severos, de acordo com sua intensidade.

O conceito de risco é geralmente acompanhado por “um adjetivo que o qualifica: risco ambiental, risco social, risco tecnológico, risco natural, biológico, e tantos outros, associados à segurança pessoal, saúde, condições de habitação, trabalho, transporte, ou seja, ao cotidiano da sociedade moderna” (CASTRO; PEIXOTO; RIO, 2005, p.12). No caso do estudo realizado nesta pesquisa, o risco em destaque é o ambiental, abrangendo, áreas suscetíveis a desastres naturais causados por eventos de intensa precipitação dentro da área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, e por consequência deste, destaca-se também o risco social, o qual associa-se aos danos sofridos pela população em decorrência do risco ambiental.

Áreas de riscos são definidas como sendo locais que não são propícios à construção de casas, pois estão sujeitas a desastres naturais como desmoronamentos e inundações (BARBOSA; OLIVEIRA; ALVES, 2011). Estas áreas, em condições adversas do tempo tornam-se perigosas para ocupação humana, devido a ações antrópicas e a inserção de edificações urbanas, como por exemplo: alteração de cursos d’água, ocupação de margens de rios, entre outros (BEHLING, 2015).

“Na América do Sul, entre os anos de 1973 a 2002 foram registrados cerca de 240 eventos de inundação” (HORA e GOMES, 2009, p. 59). Estudos mostram que a maioria dos desastres naturais encontra-se associados aos fenômenos naturais extremos, geralmente de natureza atmosférica, como as instabilidades severas que causam dentre outras consequências, inundações e deslizamentos (MARCELINO, 2008).

2.2 Tipos de Desastres Naturais

Existem distintos tipos de fenômenos naturais (KOBAYAMA *et al.*, 2006, p. 19), com definições características, sendo estes:

Inundações, escorregamentos, secas, furacões, entre outros, são fenômenos naturais severos, fortemente influenciados pelas características regionais, tais como, rocha, solo, topografia, vegetação, condições meteorológicas. Quando estes fenômenos intensos ocorrem em locais onde os seres humanos vivem,

resultando em danos (materiais e humanos) e prejuízos (sócio-econômico) são considerados como “desastres naturais”.

Em termos gerais é possível caracterizar os desastres naturais quanto à geodinâmica externa (meteorológicos e hidrológicos) e interna (geológicos) da Terra, conforme exemplificado na Tabela 1.

Tabela 1: Classificação dos desastres naturais quanto à tipologia. (Modificado de Tobin e Montz, 1997).

Geodinâmica	Categoria	Tipos de Desastres
Externa	Meteorológicos	Furações, ciclones e tufões Vendaval Granizos Tornados Nevascas Geadas Ondas de frio Ondas de calor
Externa	Hidrológicos	Inundações Secas/Estiagem Incêndio Florestal
Interna	Geológicos	Terremotos Vulcanismos Tsunamis Escorregamentos Subsidências

Destacam-se, como principais desastres naturais ocorridos no país no ano de 2012: movimentos de massa (deslizamento), erosão (continental, fluvial e marinha), seca e estiagem, alagamento, enxurradas, inundações, granizo, vendaval, incêndios florestais, geadas e tornados (os dois últimos itens ocorrem em menores quantidades), entre outros (Anuário Brasileiro de Desastres Naturais, 2012).

Historicamente, a região Sul é marcada não somente pela ocorrência de grandes desastres, mas também pela frequência e variedade de eventos adversos (Anuário Brasileiro de Desastres Naturais, 2011). Esta região é frequentemente afetada por alagamentos, inundações bruscas e graduais, escorregamentos, estiagens, vendavais, tornados, nevoeiros e ressacas (Anuário Brasileiro de Desastres Naturais, 2011).

Dentre os eventos extremos que atingem a região Sul do Brasil, destacam-se também as ocorrências de ciclones extratropicais, os quais ocorrem mais precisamente na costa Sul e Sudeste do país, sendo esta comumente afetada por distúrbios meteorológicos, como frentes frias, que podem estar associadas a intensos ciclones extratropicais (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Eventos de ressacas associadas a ciclones extratropicais também podem causar inundações devido à alta de precipitação, por este ser um fenômeno que pode estar associado com condições meteorológicas extremas, especialmente com tempestades severas, e podem afetar a segurança e a economia (IPCC, 2007, *apud*, MACHADO, 2014).

Há também, a possibilidade de ocorrências de desastres naturais de origens distintas em um único evento extremo, como por exemplo: ressacas associadas a ciclones extratropicais que podem causar inundações, assim como, inundações associadas à ocorrência de localizados escorregamentos, entre outras associações de eventos, o que tende a potencializar os danos causados por estes.

A região Sul diferencia-se das demais regiões do país, pela ocorrência de expressivos desastres naturais ao longo das últimas décadas, sendo esta, marcada também pela frequência e variedade dos fenômenos que a atinge, como os citados anteriormente, destacando-se dentre estes, os eventos de inundações, os quais foram abordados ao decorrer do trabalho.

2.3 Inundações

“A inundações, popularmente tratada como enchente é o aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre as áreas próximas a ele” (KOBAYAMA *et al.*, 2006).

Com o avanço da urbanização ao decorrer das últimas décadas, eventos de inundações vêm ocorrendo com uma maior frequência, devido a realização de inúmeras mudanças, principalmente, no meio ambiente, como por exemplo, a retirada da cobertura vegetal nativa, a impermeabilização do solo, canalização e retificação de rios, construções inadequadas, além do crescimento urbano desordenado.

“Nas áreas urbanas, as inundações podem ser em função de dois processos, podendo estes, acontecerem de maneira isolada ou combinada: inundações de áreas ribeirinhas e inundações devido à urbanização” (KUREK, 2012). O primeiro tipo de inundação citado, inundações de áreas ribeirinhas, pode estar relacionado com a questão natural do curso d’água, que devido à ocorrência de eventos de intensa precipitação, tende a ocupar sua planície de inundação, enquanto as inundações devido à urbanização ocorrem, principalmente devido à impermeabilização do solo, assim como, por mudanças nos cursos d’água.

As inundações em áreas ribeirinhas são aquelas que fazem parte da dinâmica natural de um canal de drenagem (TUCCI, 1999).

As ocorrências de inundações, tanto em áreas urbanas ribeirinhas, como no restante do espaço urbano ocupado por moradias, podem ser tratadas como desastres naturais de origem hidrológica, os quais podem estar diretamente ligados com períodos e/ou eventos de extrema precipitação, podendo ser agravados, em áreas urbanas, pela impermeabilização do solo, ocasionando a diminuição da capacidade de infiltração de água no solo e potencializando a ocorrência de escoamento superficial, gerando transtornos dentro dos centros urbanos (BEHLING, 2015).

Por outro lado, destaca-se que as áreas ribeirinhas, que o rio utiliza durante os períodos chuvosos como zona de inundação, tem sido ocupadas pela população com construções, modificando, deste modo, o funcionamento natural dos rios (TUCCI, 2005).

Historicamente, eventos de inundações sempre ocorreram, porém, os mesmos vêm se agravando ao passar das décadas devido à ocupação desordenada de áreas urbanas e margens de rios. Com isto, os eventos de inundações tornam-se mais frequentes e intensos à medida que o solo é impermeabilizado com construções civis de diversas finalidades.

A ocupação de áreas ribeirinhas tende a resultar em prejuízos, como representado pela Figura 1, onde edificações ocupam a planície de inundação dos cursos d’água, causando grandes estragos em períodos de ocorrências de eventos extremos.

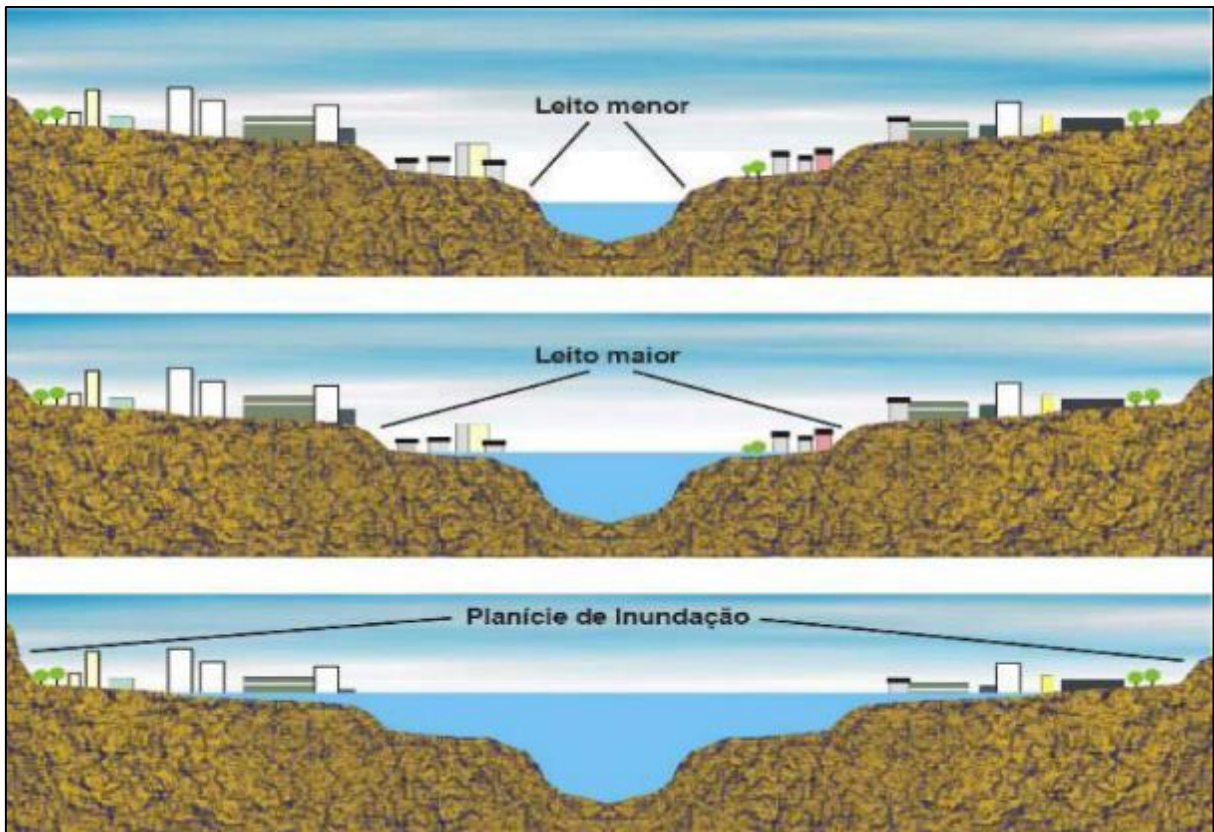


Figura 1: Representação dos aspectos de inundação urbana. (Fonte: Tucci, 2005).

O crescimento da população urbana causa intensa modificação no uso do solo, que por sua vez diminui a infiltração da água e aumenta o volume de escoamento superficial, alterando o ciclo hidrológico, causando inundações e alagamentos, atingindo negativamente a população e provocando prejuízos sociais e econômicos (BECKER, 2006).

As planícies de inundações da zona de armazenamento da bacia hidrográfica são as mais prejudicadas, assim como a população ribeirinha, pois com o aumento da vazão e dos níveis das águas do rio nestas áreas, a ocorrência de enchente e inundações, são maiores (KUREK, 2012).

O impacto das inundações à população ocorre, principalmente, quando a mesma ocupa o leito maior do rio e/ou a planície de inundação, ficando vulnerável a estes eventos com maior frequência (KUREK, 2012).

Um dos instrumentos que auxiliam a análise de áreas inundáveis é o mapeamento e, conforme Enomoto (2004), esta ferramenta é importante para auxiliar no controle e prevenção de inundações, pois os mapas deveriam ser um referencial para

programas de redução de danos por terem uma importância legal em termos de zoneamento e outras medidas não estruturais (FRIESECKE, 2004).

2.4 Classificação e Tipos de Inundações

A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado (CASTRO, 1998).

A caracterização das inundações, segundo a Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC) é feita de acordo com sua magnitude, podendo ser classificadas como: inundações excepcionais, inundações de grande magnitude, inundações normais ou regulares e inundações de pequena magnitude, e em função da evolução no tempo, as inundações são classificadas em: inundações graduais, inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar. (SEDEC, 2007).

Os dois tipos de inundações a serem abordados neste estudo, tratam-se de inundações classificadas quanto a sua evolução no tempo, sendo estas: as inundações bruscas (ou instantâneas) e as inundações graduais. As inundações bruscas ocorrem a partir de chuvas concentradas e de grande intensidade, as quais acontecem em um pequeno intervalo de tempo após o registro do início da precipitação, ocasionando, a rápida elevação do nível d'água (CASTRO, 1998). Enquanto as inundações graduais são caracterizadas pela lenta elevação do nível da água, são de maneira geral, mais previsíveis e, conseqüentemente, tendem a causar menos danos.

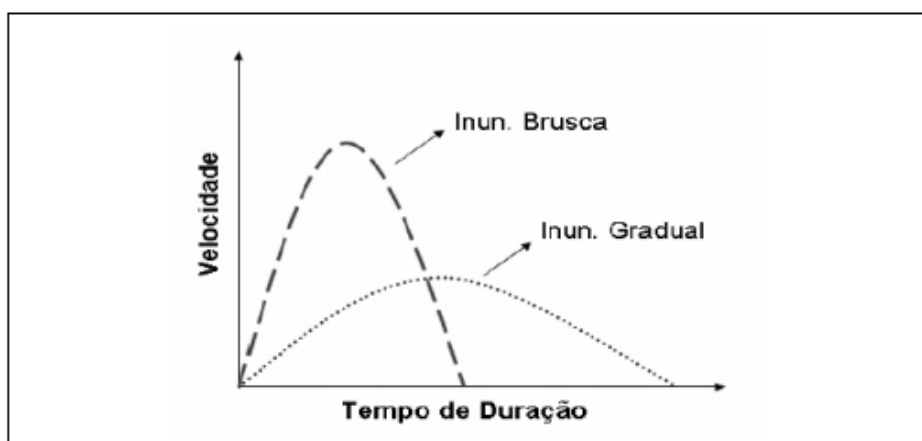


Figura 2: Diferenças entre inundação gradual e brusca. (Fonte: Kobayama *et al.* 2006).

2.4.1. Inundação Brusca

De acordo com United States Geological Survey (USGS), uma inundação brusca ou também chamada de instantânea é caracterizada como sendo o resultado de uma intensa quantidade de precipitação em um pequeno intervalo de tempo, usualmente menor do que 6 horas.

Uma inundação brusca é, em suma, caracterizada como sendo uma inundação repentina local de grande volume e curta duração, que ocorre dentro de um período de poucas horas de intensa precipitação, ou devido à falha de barragens ou dique (ASSOCIATED PROGRAMME ON FLOOD MANAGEMENT, 2007).

As inundações bruscas geralmente ocorrem no tempo próximo ao momento de ocorrência do evento que as causam, resultando em pouco, ou até mesmo nenhum tempo de alerta (GOERL e KOBIYAMA, 2005). Por estas desenvolverem-se bruscamente, geralmente atingem áreas suscetíveis a este tipo de inundação, de surpresa, não tendo tempo hábil para que os moradores tomem os devidos procedimentos para se protegerem ou salvar os seus bens (GOERL e KOBIYAMA, 2005).

Dentre as causas das ocorrências de eventos de inundação bruscas, podem destacar-se distintos fatores, dentre eles, os fatores topográficos, geológicos, hidrológicos e de precipitação.

Os fatores topográficos são fundamentais para a gênese e a evolução dos sistemas convectivos quase-estacionários, ou seja, das células de precipitação em movimento lento que liberam grandes quantidades de água em uma área relativamente pequena, as quais são frequentemente a causa das inundações bruscas (ASSOCIATED PROGRAMME ON FLOOD MANAGEMENT, 2007).

Do ponto de vista hidrológico, por outro lado, fatores que influenciam decisivamente a ocorrência de inundações bruscas - além da intensidade e duração das chuvas - são a topografia, as condições do solo e a cobertura do terreno (ASSOCIATED PROGRAMME ON FLOOD MANAGEMENT, 2007).

Além das condições topográficas e hidrológicas, outros fatores tendem a elevar o risco referente a ocorrências de inundações, sejam estas, inundações bruscas ou inundações graduais, dentre estes, podem ser destacados o aumento do escoamento superficial, devido à incapacidade do terreno de infiltração de água no solo, procedimentos de urbanização, ocupação de áreas impróprias para a construção de moradias, entre outros.

Existem diversos fatores que podem contribuir as ocorrências de inundações, alguns destes sendo influenciados por intervenções humanas e outros inteiramente independentes da ação humana (ASSOCIATED PROGRAMME ON FLOOD MANAGEMENT, 2007).

2.4.2. Inundação Gradual

As inundações graduais são aquelas que, como o próprio nome diz, ocorrem gradualmente, ou seja, a elevação do nível das águas e o conseqüentemente transbordamento ocorrem lentamente (GOERL e KOBIYAMA, 2005).

Utiliza-se como definição para um evento de inundação gradual o seguinte conceito: “as águas elevam-se de forma paulatina e previsível; mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam-se gradualmente” (CASTRO, 2003, p. 48).

Este tipo de inundação ocorre principalmente às margens dos rios, onde as águas de origem pluviométrica ocupam a planície de inundação, sendo causada por precipitações constantes, que podem estender-se por vários dias consecutivos. Normalmente, as inundações graduais são cíclicas e nitidamente sazonais (CASTRO, 2003).

2.5 Causas e Formas de Prevenção de Inundações em Áreas Urbanas

Segundo o IBGE, a urbanização na região Sul ocorreu lentamente, cerca de 44%, até a década de 1970, em razão de suas características econômicas, principalmente pelo predomínio da propriedade familiar e da policultura. Atingindo, nos anos 2000, a marca

de 80% referente à ocupação urbana, a partir de então, a taxa de crescimento tornou-se menos variável.

De acordo com o Censo realizado pelo IBGE no ano de 2010, a taxa da população brasileira residente em área urbana, nesta ocasião, era de, aproximadamente, 84% da população. O município de São Lourenço do Sul possui 43.111 habitantes, sendo que destes, 56% residem na área urbana (CENSO, 2010).

A urbanização no município de São Lourenço do Sul iniciou no século XIX, ano de 1884, com a primeira planta referente à área urbana, que possui um planejamento de ocupação da cidade às margens do arroio São Lourenço, áreas estas, que atualmente, são caracterizadas como áreas de preservação permanente (APP), nos séculos passados eram as primeiras a serem habitadas.

Historicamente, as áreas ribeirinhas ao arroio São Lourenço, sofrem com os danos causados pelas cheias e inundações, e conforme a expansão da população ribeirinha e área urbana, os problemas causados por eventos de intensa precipitação intensificaram-se.

Em suma, pode-se destacar algumas das causas de recorrentes eventos de inundações serem registrados na área em questão, como por exemplo, o aumento do grau de exposição ao risco, devido à ocupação de áreas impróprias, o acréscimo da impermeabilização do solo e, conseqüentemente, da urbanização, assim como, o uso e ocupação do mesmo, seguidos da ocupação desordenada de áreas urbanas, dentre outras causas.

Dentre as formas de prevenção e/ou minimização de inundações urbanas, podem ser destacadas, a utilização de medidas estruturais e medidas não estruturais.

As medidas são caracterizadas como estruturais (quando modificam o sistema fluvial evitando os prejuízos decorrentes das enchentes) e não estruturais (quando melhoram a convivência da população com as enchentes) (BARBOSA, 2006).

A escolha de medidas de controle e proteção de inundações deve ser bem analisada para o melhor aproveitamento das áreas vulneráveis. As medidas estruturais são medidas físicas de engenharia desenvolvidas pela sociedade para reduzir o risco de enchentes (BARBOSA, 2006), como exemplo destaca-se, principalmente, a construção de diques e bacias de amortecimento.

Enquanto as medidas não estruturais defendem na sua concepção a melhor convivência da população com as cheias (BARBOSA, 2006), como exemplo de uma medida não estrutural, ressalta-se o conceito de zoneamento das áreas de risco à inundação, que consiste na setorização das áreas mais expostas ao risco, assim como o planejamento territorial, a fiscalização, a conscientização da população, educação ambiental, entre outras medidas.

2.6 Precipitação

A distribuição geográfica da chuva depende, fundamentalmente, de quatro fatores: latitude, distância do oceano, ação do relevo e efeito das correntes marítimas (AB'SABER, 1950). A precipitação é uma variável hidrológica com grande aleatoriedade, tanto temporalmente quanto espacialmente (TASSI e COLLISCHONN, 2009).

Por conta destas características, podem ocorrer eventos de precipitação, dentro de um determinado município ou região, que são registrados somente em algumas áreas do mesmo, e em poucos quilômetros de distância, o fenômeno já não é registrado, ou até mesmo eventos de precipitação que ocorram em regiões próximas, porém com intensidades distintas. Por isto, pode se dizer que a precipitação é uma das variáveis hidrológicas mais difíceis de ser avaliada (TASSI e COLLISCHONN, 2009), por se tratar, como dito anteriormente, de um fenômeno de grande aleatoriedade.

As principais preocupações quanto às chuvas são relativas à intensidade e à frequência de suas ocorrências pelos seus efeitos potencialmente danosos, quando em excesso ou por sua escassez (MURTA *et al.*, 2005).

Para a medição da quantidade de precipitação são utilizados conceitos adotados pela Agência Nacional das Águas (ANA), como expresso a seguir:

A quantidade de precipitação é normalmente expressa em termos da espessura da camada d'água a se formar sobre uma superfície horizontal, plana e impermeável, com 1m² de área. A unidade adotada é o milímetro, que equivale à queda de um litro de água por metro quadrado da projeção da superfície terrestre. Assim, 1 litro/m² = 1 dm³ /100 dm² = 0,1 cm = 1 mm. Por

exemplo: uma precipitação de 50 mm equivale à queda de 50 litros de água por metro quadrado de projeção do terreno (500.000 litros por hectare).

2.6.1. Tipos de Precipitação

A partir das características de localização, intensidade e abrangência, o ar úmido eleva-se sob diferentes condições, e dá origem a três tipos básicos de precipitação, sendo estas: convectiva, orográfica e frontal (TASSI e COLLISCHONN, 2009).

- Precipitação convectiva: é uma precipitação típica de zonas equatoriais, onde, o movimento do ar é essencialmente vertical. Nas zonas temperadas ocorrem nos períodos quentes, na forma de tormentas de verão, localizadas e violentas. A precipitação convectiva é conhecida popularmente no sul do país como chuva de verão, onde suas principais características são: pequena duração, intensidade elevada, e ocorrência concentrada em pequenas áreas. Problemas de inundação em áreas urbanas estão, muitas vezes, relacionados às chuvas convectivas (TASSI e COLLISCHONN, 2009), tendo como exemplo o evento de precipitação que ocasionou a inundação ocorrida na área urbana do município de São Lourenço do Sul no ano de 2011. Esse tipo de precipitação é importante para o planejamento de projetos em pequenas bacias hidrográficas (CARVALHO e DA SILVA, 2006), como na sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, área de abrangência desta pesquisa.
- Precipitação Orográfica: é caracterizada por ventos carregados de umidade, soprando normalmente do oceano para o continente, os mesmos encontram uma barreira montanhosa onde as massas de ar úmido elevam-se para transpor o obstáculo, resultando num resfriamento que pode alimentar a formação de nuvens e desencadear precipitações (TASSI e COLLISCHONN, 2009). Esse tipo de precipitação na maioria das vezes tem ocorrência localizada, podendo atingir grande intensidade (TASSI e COLLISCHONN, 2009).

- Precipitação Frontal: é caracterizada por ser o encontro entre duas grandes massas de ar, de diferente temperatura e umidade e de acordo com Carvalho e Da Silva (2006) é o tipo mais comum de precipitação, que é resultante da ascensão do ar quente sobre o ar frio na zona de contato entre duas massas de ar de características distintas. As massas de ar que formam as chuvas frontais têm centenas de quilômetros de extensão e movimentam-se de forma relativamente lenta, o que as caracteriza como chuvas de longa duração, as quais atingem grandes extensões, sendo estas, no Brasil registras com frequência na região Sul (TASSI e COLLISCHONN, 2009).

2.6.2. Características Gerais de uma Precipitação

Do ponto de vista da engenharia, são necessários três parâmetros para definir completamente uma precipitação: sua altura pluviométrica, sua duração e sua frequência de ocorrência ou probabilidade (TASSI e COLLISCHONN, 2009). Os conceitos explicados a seguir são referenciados de Tassi e Collischonn (2009).

A altura pluviométrica corresponde à espessura média da lâmina da água precipitada, medida em milímetros, que recobriria a região atingida pela precipitação, admitindo-se que esta água não infiltrasse, não evaporasse ou escoasse para fora dos limites da bacia. A quantidade total de chuva (lâmina de água), dividida pela duração, indica a intensidade média dessa precipitação.

A duração é o tempo transcorrido entre o início e o fim da chuva, podendo ser expresso em horas ou minutos.

Frequência de ocorrência é a quantidade de ocorrências de eventos iguais ou superiores ao evento de chuva considerado. Chuvas muito intensas tem frequência baixa, isto é, ocorrem raramente. Chuvas pouco intensas são mais comuns.

2.6.3. Variabilidade da Precipitação

Dentre as variabilidades da precipitação, destaca-se a variabilidade espacial, que pode ser exemplificada a partir do evento extremo, de intensa precipitação, ocorrido no

ano de 2011, que atingiu o município de São Lourenço do Sul, onde foram registrados volumes de precipitação variando entre 229 e 630 milímetros na área rural do município, na noite do dia 10 de março (SAUSEN *et al.*, 2012).

Este evento atingiu pontos isolados da área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, concentrando-se principalmente nas áreas de maiores cotas topográficas, a montante da sub-bacia, em contrapartida, a poucos quilômetros de distância, na área urbana do município, localizada a jusante da sub-bacia, não foi registrado este evento de intensa precipitação. De acordo com moradores locais, a ocorrência da chuva na área urbana somente foi registrada na manhã do dia seguinte (11 de março).

Outra característica importante a ser destacada é a diferença na quantidade de precipitação, registrada em um mesmo evento, quando comparadas áreas mais altas topograficamente em relação às áreas com cotas topográficas mais baixas.

A variabilidade espacial identificada em eventos de precipitação é maior se originada por um processo de precipitação convectiva, quando comparada com precipitações orográficas ou frontais (TASSI e COLLISCHONN, 2009). Por exemplo, quando estudada a ocorrência de uma precipitação convectiva dentro de uma bacia hidrográfica, o volume de precipitação observado no pluviômetro pode apresentar uma alta taxa de variação, em pequenas distâncias.

Estas variações referentes ao volume de precipitação foram exemplificadas nos resultados da pesquisa a partir da malha amostral pluviométrica instalada na sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, a qual foi utilizada para análises referentes ao comportamento pluviométrico da região. Ressalta-se que os dados de precipitação registrados a partir de estações pluviométricas são dados pontuais, os quais não representam a variabilidade espacial da precipitação, porém auxiliam no entendimento do comportamento das chuvas.

Um dos aspectos mais importantes do clima e da hidrologia de uma região é a época de ocorrência das chuvas (TASSI e COLLISCHONN, 2009). A variabilidade sazonal da precipitação muda de acordo com a região a ser estudada. No Rio Grande do Sul, historicamente, a chuva é relativamente bem distribuída ao longo de todo o ano, mesmo assim, podem ocorrer variações nestes padrões. A partir de dados históricos referentes ao município de São Lourenço do Sul, observou-se que grandes volumes de precipitações podem ocorrer em qualquer época do ano, sendo alguns destes eventos

descritos no capítulo referente ao histórico de eventos extremos e outros podem ser observados a partir dos dados de precipitação cedidos por moradores locais.

As observações indicam que, em geral, o volume de precipitação aumenta com a altitude até atingir um volume máximo, a partir do qual, o mesmo decresce (TASSI e COLLISCHONN, 2009). Sendo esta uma característica que não pode ser desprezada nas estimativas de volumes de precipitação registradas dentro de bacias hidrográficas com relevo acidentado, como é o caso da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A área de estudo encontra-se localizada no estado do Rio Grande do Sul e refere-se ao município de São Lourenço do Sul (Figura 3). O enfoque principal da pesquisa é direcionado à sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, localizada neste município, sendo esta, alvo de recorrentes eventos de inundações, afetando principalmente a zona urbana do mesmo, situada na porção sul da área da sub-bacia. A área urbana do município possui uma extensão de, aproximadamente, 18 km² e é caracterizada por possuir uma topografia relativamente plana, apresentando uma amplitude altimétrica de, aproximadamente, 27 metros, de acordo com o levantamento geodésico/topográfico realizado (BEHLING, 2015).

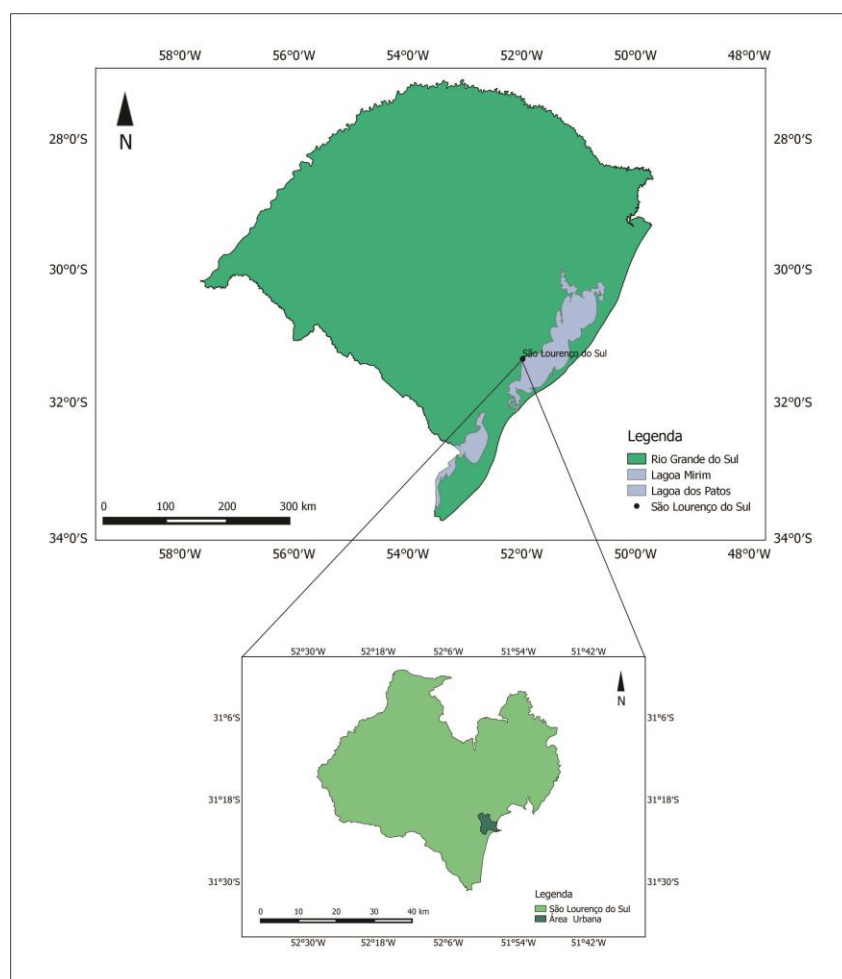


Figura 3: Mapa de localização da área em estudo. (Fonte: Behling, 2015).

3.1 Características Gerais do Município de São Lourenço do Sul

De acordo com o IBGE, o município de São Lourenço do Sul possui uma área total de 2.036,13km², onde 18 km² correspondem à zona urbana do mesmo e, cerca de, 56% da população reside na área urbana deste município.

Segundo a Secretaria de Estado e Meio Ambiente (SEMA), o município está inserido na região da Bacia Hidrográfica Litorânea, sendo a hidrografia da região composta pelas águas do rio Camaquã e da Lagoa dos Patos. Além da contribuição do arroio São Lourenço, localizado na porção oeste da área em estudo e que abastece a rede de distribuição de água da cidade.

A topografia da região é composta por duas distintas províncias geomorfológicas, uma delas, representada pelas terras mais altas da região na chamada zona colonial, direção oeste, onde se encontra o ponto mais alto do município (LIMA, 2006). Em contato com esta, encontram-se áreas de relevo mais suave, na direção leste-sul, até tornar-se uma área relativamente plana (proximidades da Lagoa dos Patos).

O clima predominante no município é subtropical úmido, constituído por quatro estações bem definidas, com invernos moderadamente frios (podendo atingir temperaturas negativas) e verões quentes (temperaturas que se aproximam dos 40°C), separados por estações intermediárias com, aproximadamente, três meses de duração cada uma delas e apresentando um regime de chuvas bem distribuído ao longo do ano, como consta no site da Prefeitura Municipal de São Lourenço do Sul. No mesmo, também foram obtidos registros pluviométricos do município, que usualmente, oscilam entre 1.300 e 1.400 mm anuais.

3.2 Geologia Geral

O município de São Lourenço do Sul é composto por duas distintas Províncias Geomorfológicas, as quais compõem parte da geomorfologia do Rio Grande do Sul, sendo estas denominadas como Escudo Sul-Rio-Grandense e Planície Costeira (Figura 4). A área localizada a norte do município compreende a região do Escudo Sul-Rio-

Grandense, e pode ser caracterizada por possuir maiores altitudes em relação à Planície Costeira, localizada na porção sudeste do município (BEHLING, 2015).

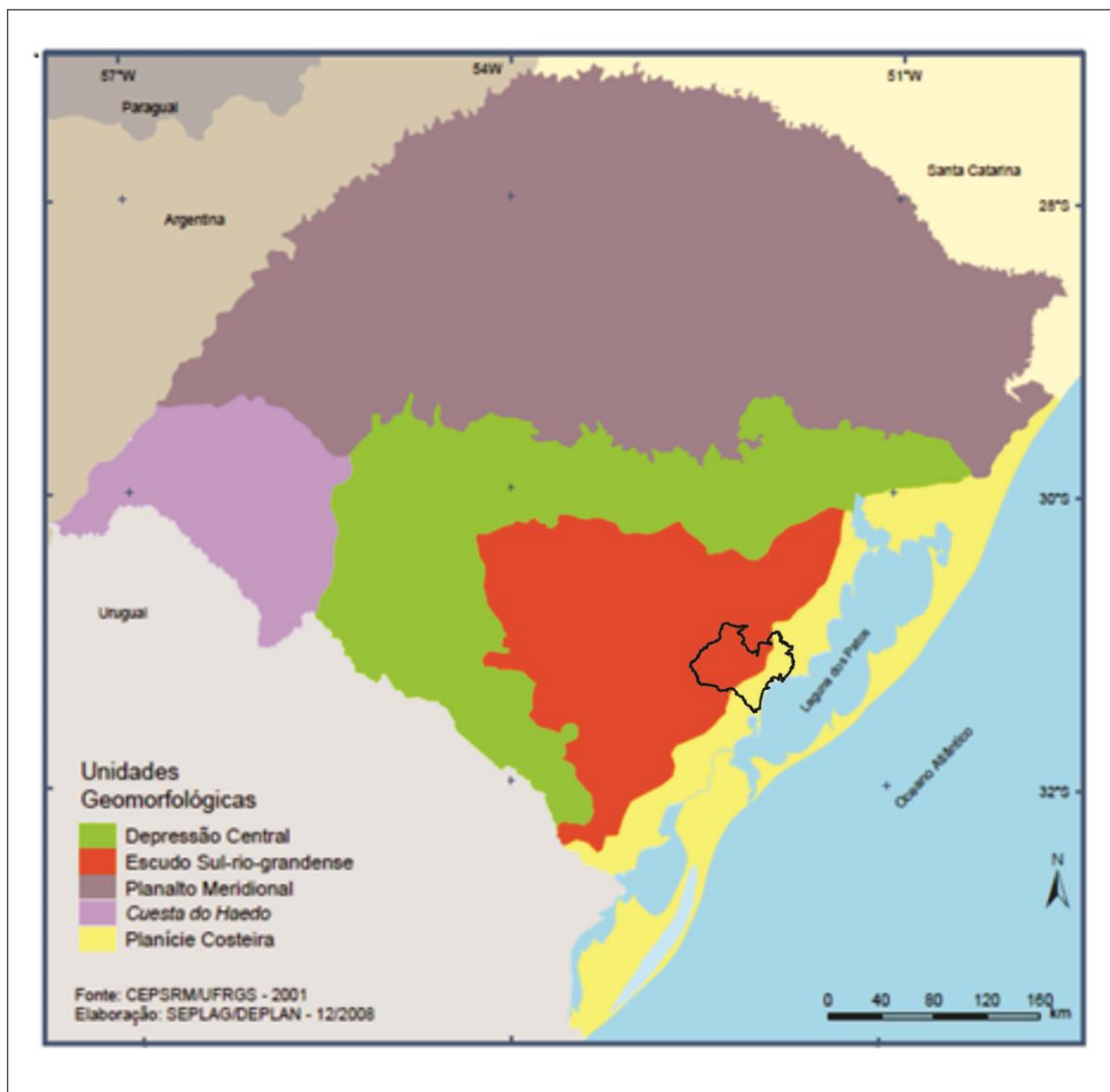


Figura 4: Localização das Unidades Geomorfológicas do estado do Rio Grande do Sul, conforme: CEPSRM/UFRGS (2001), em preto, encontra-se delimitado o município de São Lourenço do Sul. (Fonte: Modificado de Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul)

O Escudo Sul-Rio-Grandense representa o embasamento do estado do Rio Grande do Sul e encontra-se localizado na região centro-sul do estado, possui cerca de 65.000 km² de área no estado (CHEMALE JR., 2000) e é delimitado ao norte, oeste e sudoeste pela Bacia do Paraná, e a leste pela Bacia de Pelotas, também conhecida como uma Província Geomorfológica (Planície Costeira) do Rio Grande do Sul.

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul é uma ampla área de terras baixas, a qual se destaca pelo bom grau de preservação do registro sedimentar Quaternário (TOMAZELLI *et al.*, 2007), que se estende por cerca de 620 km ao longo da região costeira, mantendo uma orientação média N 32° E, e uma largura bastante variável, sendo esta mais estreita na região Norte, onde varia de 10 à 15 km e em direção ao Sul, estas aumentam, podendo atingir até a faixa de 100 km, totalizando uma área de, aproximadamente, 33.000 km².

3.3 Bacia Hidrográfica

Uma bacia hidrográfica é uma unidade fisiográfica, limitada por divisores topográficos, que recolhe a precipitação, age como um reservatório de água e sedimentos, defluindo-os em uma seção fluvial única, denominada exutório (NAGHETTINI, 2006, *apud* TENÓRIO e SEIXAS, 2008).

O estado do Rio Grande do Sul abrange três distintas regiões hidrográficas, sendo estas: Região Hidrográfica do Uruguai, do Guaíba e do Litoral, como mostra a Figura 5. A área abordada neste estudo, pertence à Região Hidrográfica do Litoral.



Figura 5: Mapa de localização das Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul, conforme SEMA – 2002.

A Bacia Hidrográfica do Litoral é formada pelas bacias do leste e do extremo sul do Estado, como consta no Relatório Anual de Recursos Hídricos no RS (DRH). Nesta se individualizam dois corpos de água de expressão: a Lagoa dos Patos e a Lagoa Mirim.

A Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas está situada na porção leste e sul do estado, entre as províncias geomorfológicas do Planalto Meridional, Planície Costeira e Escudo Sul-Rio-Grandense (DRH - SEMA 2009/2010). Possui uma superfície total avaliada em 57.368,31 Km², correspondendo a, aproximadamente, 20,36% da área do estado (DRH - SEMA 2009/2010).

Esta região hidrográfica, encontra-se dividida em 5 bacias hidrográficas, sendo estas: a do Rio Mampituba, Mirim-São Gonçalo, Rio Tramandaí, Rio Camaquã e a do Litoral Médio, como mostra o mapa da Figura 5. A área em estudo abrange a Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã, sendo o seu principal exutório a Lagoa dos Patos.

De acordo com o DRH – SEMA (2009/2010), a Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã, localizada na porção leste do Estado do Rio Grande do Sul, entre as

coordenadas geográficas de 29° 51' a 32° 11' de latitude Sul e 50° 15' a 52° 05' de longitude Oeste, e abrange as províncias geomorfológicas do Escudo Sul-Rio-grandense e Planície Costeira totalizando uma área de, aproximadamente, 21.569,69 km².

A sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço encontra-se localizada em parte da área urbana do município de São Lourenço do Sul, porém sua maior extensão de área distribui-se pela área rural do município. A sub-bacia possui uma área de, aproximadamente, 229 km², e uma forma alongada.

A forma da bacia hidrográfica e o seu comportamento hidrológico são duas variáveis que interligadas resultam na definição do comportamento do tempo de concentração da mesma. O tempo de concentração pode ser definido como o tempo (a partir do início da precipitação) necessário para que toda a bacia contribua com a vazão na seção de controle, ou seja, quanto menor é este tempo, maior é a tendência de que ocorram picos de enchente (BEHLING, 2015).

O tempo de concentração é considerado uma característica constante da bacia, sendo independente das características das chuvas (LENCASTRE e FRANCO, 1992).

A partir da caracterização da forma da bacia, obtêm-se informações sobre o comportamento da mesma e a probabilidade de ocorrência de inundações. Ressalta-se que o tempo de concentração em bacias arredondadas é menor quando comparados com bacias elípticas, deste modo, as bacias de formas elípticas, teoricamente, são menos sujeitas a picos de enchentes.

Existem outros fatores de grande relevância dentro de uma bacia hidrográfica e que também podem influenciar no comportamento hidrológico da mesma, como as características geológicas, o padrão e a distribuição das drenagens e a hidrologia da bacia.

O padrão de drenagem de uma bacia depende da estrutura geológica do local, tipo de solo, topografia e clima (CARVALHO e SILVA, 2006). Esse padrão também influencia no comportamento hidrológico da mesma.

O relevo de uma bacia hidrográfica tem grande influência sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos, pois a velocidade do escoamento superficial é determinada pela declividade do terreno, enquanto que a temperatura, a precipitação e a evaporação são funções da altitude da bacia (CARVALHO e SILVA, 2006).

4. METODOLOGIA

4.1 Levantamento Geodésico

O levantamento geodésico foi realizado durante a elaboração do trabalho final de conclusão do curso de Engenharia Geológica, pela autora, no período de agosto e setembro do ano de 2015, na área urbana do município de São Lourenço do Sul, sendo esta a porção referente à área de estudo que mais registra danos decorrentes de eventos extremos de natureza hidrológica. Neste trabalho, a aquisição dos dados foi realizada por meio de um método direto de coleta de dados, sendo este, o levantamento de campo, onde foi utilizado um Sistema Global de Navegação por Satélite GNSS no modo cinemático.

O levantamento foi realizado utilizando-se de um par de receptores da classe geodésica em operação simultânea, onde a base do mesmo manteve-se fixa sobre um referencial de nível homologado pelo IBGE (Figura 6.a), localizado na Praça Dedé Serpa, e a outra antena (móvel) foi anexada a uma camionete que percorreu toda a extensão da área urbana do município (Figura 6.b) realizando a coleta dos dados topográficos.

Com a utilização do GNSS foram obtidas as coordenadas geográficas referentes a cada um dos 75.058 pontos amostrais, além de informações precisas sobre sua altitude, resultando no conhecimento das coordenadas x , y e z . O levantamento geodésico foi realizado ao longo de toda a extensão da área urbana do município, obtendo informações representativas da topografia da região.

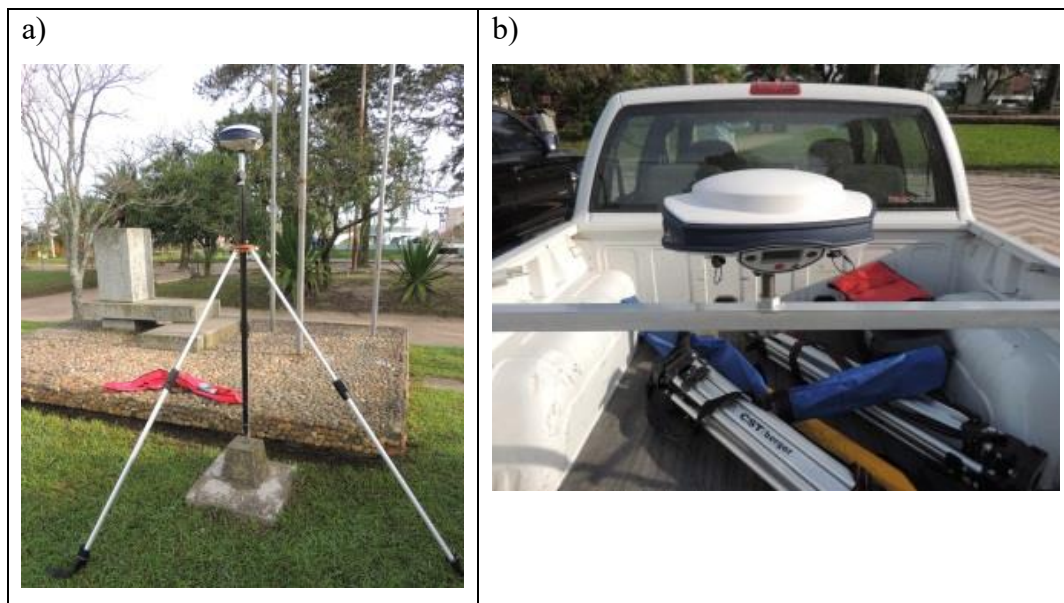


Figura 6: Par de receptores geodésicos em operação simultânea: a) GPS Base sobre o referencial de nível; b) GPS Móvel instalado na camionete.

A coleta das observações a partir deste método foi concretizada configurando o receptor para armazenar os pontos em intervalo de tempo pré-determinado, sendo este de 2 segundos. Os pontos amostrais coletados para a realização deste estudo correspondem às áreas de possível acesso dentro da área urbana do município, por meio de ruas pavimentadas e não pavimentadas.

As regiões onde não existe amostragem correspondem às áreas de difícil acesso, como por exemplo, com presença de vegetação, localizadas nas bordas do perímetro urbano, principalmente na porção norte do município. A partir destes dados, gerou-se uma malha amostral com espaçamento irregular, a qual apresenta resultados favoráveis para a finalidade do levantamento.

A aquisição dos dados referentes à topografia da região possibilitou à continuidade da pesquisa, cuja finalidade era a obtenção de um maior conhecimento geológico-cartográfico do município para a realização de representações de inundações e suas principais áreas de risco, em caso de inundações graduais, e o zoneamento de áreas risco à inundação, em caso de inundações bruscas. Esta determinação poderá auxiliar na tomada de decisões em eventos extremos de inundações que venham a atingir a área urbana do município, podendo colaborar com a Prefeitura Municipal e Defesa Civil.

4.2 Banco de Dados Referente à Área Urbana do Município de São Lourenço do Sul

O banco de dados da área urbana foi construído com base nas informações topográficas da área de estudo, as quais foram adquiridas por meio do GNSS com dupla frequência em modo cinemático, como explicado no item 4.1, fornecendo a base necessária para a realização e a continuidade dos estudos sobre as áreas de risco de inundação. Os dados topográficos foram processados e tratados por meio de ferramenta SIG nos aplicativos de Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING) e QGIS. Este banco de dados é a base para a realização dos demais mapas temáticos da área urbana do município.

Por meio dos dados obtidos a partir do levantamento geodésico foram realizados distintos mapas do perímetro urbano do município de São Lourenço do Sul, como o mapa temático referente à topografia da região e o mapa de representações de inundações graduais, sendo sua metodologia descrita no trabalho de Behling (2015), assim como, o zoneamento das áreas de risco à inundação brusca.

4.2.1 Mapa de Inundação Gradual

A determinação das áreas mais propensas à inundação foi obtida através da utilização de ferramentas SIG no SPRING, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (BEHLING, 2015). Foram realizadas distintas representações de possibilidades de ocorrências e, conseqüentemente, das áreas atingidas em cada um dos casos de inundação gradual representados. Para isto, foi utilizada como referência inicial das representações de inundação a cota topográfica do nível médio do arroio São Lourenço, caracterizada por meio dos dados obtidos através do levantamento geodésico, como ponto de menor cota topográfica da área urbana do município. Seguindo os critérios adotados para a representação do mapa de inundação gradual e com base nas cotas topográficas da área urbana do município foram determinadas as áreas mais expostas ao risco de inundação desta natureza.

A metodologia utilizada para a realização dos mapas de representação das inundações adotou como parâmetro inicial a menor cota topográfica encontrada na região de estudo, sendo esta, de 8m, correspondente ao nível médio do arroio São Lourenço, como mencionado anteriormente. O nível médio do arroio foi determinado com base em medições realizadas em campo e observações feitas durante o período de pesquisa, onde observou-se que o leito normal do arroio encontra-se aproximadamente 1m abaixo da menor cota topográfica. Confirmando, deste modo, a veracidade dos dados representados no mapa de inundação de 1 m (Figura 33.a), onde pequenas manchas de inundação começam a ser notadas.

Com isto, o parâmetro inicial utilizado para a realização dos mapas de inundações foi o nível do arroio São Lourenço estar 1m acima do seu leito normal (BEHLING, 2015). A partir deste referencial, determinou-se intervalos de 0,5 m para a realização das representações de inundação gradual, sendo realizada até o nível de inundação de 4,5 m. A cota de inundação de 4,5 m foi utilizada como maior nível de inundação com base na cota de inundação máxima observada no evento de inundação brusca ocorrido na área de estudo no ano de 2011.

4.3 Dados Pluviométricos

Esta etapa do trabalho consiste no procedimento de instalação de pluviômetros para o monitoramento das chuvas na área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço. Para isto foram instalados 15 pluviômetros analógicos dispostos ao longo de toda a extensão da sub-bacia.

A determinação da localização dos pluviômetros ocorreu de maneira que abrangesse as distintas classes hipsométricas encontradas dentro da área da sub-bacia em questão, ou seja, compreendendo desde as áreas de menores cotas topográficas, as quais encontram-se localizadas próximas ao exutório da sub-bacia (Lagoa dos Patos), correspondente a área urbana do município, até as áreas de maiores cotas topográficas, as quais correspondem às áreas a montante da sub-bacia.

A malha amostral não segue uma amostragem regular, devido à necessidade de disponibilidade de residências no interior do município, nas quais, os moradores estivessem de acordo com a instalação e o monitoramento dos pluviômetros na área de

suas residências no decorrer de todo o período de pesquisa. Com isto, o mapa amostral referente à localização de cada ponto pluviométrico segue uma amostragem irregular, como citado anteriormente, porém, o mesmo apresenta resultados satisfatórios para a finalidade do estudo, o qual visa o monitoramento do comportamento das chuvas dentro da área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço.

O procedimento de instalação dos pluviômetros ocorreu respeitando os seguintes passos:

- Primeiramente, foi realizada uma verificação das possibilidades de localização dos pontos amostrais para a instalação dos pluviômetros, utilizando o mapa hipsométrico da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço juntamente com as imagens do Google Earth. Esta etapa corresponde à fase de planejamento de campo, de modo que as demarcações respeitaram o conceito inicial de abrangência das distintas classes hipsométricas encontradas na área da sub-bacia;
- A partir dos pontos pré-determinados para a instalação dos pluviômetros foi então verificado em campo a possibilidade de instalação, alguns pontos mantiveram-se os mesmos da fase de planejamento, outros foram modificados conforme a necessidade. Com isto, foram realizadas as instalações dos pluviômetros nas residências onde os moradores concordaram em participar e auxiliar na coleta de dados desta pesquisa.
- No momento da instalação, foram coletadas as coordenadas geográficas referentes a cada ponto de instalação do pluviômetro, para facilitar o posterior controle e tabulação dos dados. Juntamente com o pluviômetro, foi disponibilizada uma planilha, para o preenchimento com os dados de precipitação diária, sendo os moradores participantes da pesquisa, devidamente treinados para o preenchimento desta planilha;

Como observação, ressalta-se que em dias em que, por algum motivo, a leitura não tenha sido realizada e a água contida no pluviômetro tenha acumulado até a próxima leitura, deverá ser utilizado o sinal de (+) indicando que a próxima leitura expressa na tabela corresponde ao acumulado dos dias que não foram realizadas a leitura, de acordo com as especificações do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). Seguindo o mesmo critério, quando

ocorrer à perda da leitura por algum motivo, deverá ser anotado no formulário um sinal (-), indicando a ausência da leitura do pluviômetro (CEMADEN).

- A instalação dos pluviômetros foi realizada obedecendo aos critérios utilizados pela CEMADEN, os quais ressaltam que para o bom funcionamento do pluviômetro, o mesmo deve ser instalado a uma distância mínima de 3 metros de qualquer tipo de obstáculo, como por exemplo: muros, paredes e/ou árvores. Obedecendo a este critério, o pedestal foi fixado ao chão, em terreno plano, onde o pluviômetro foi instalado a uma altura de, aproximadamente, 1,5m do solo, sendo esta a altura padrão pré-determinada pela literatura e, conseqüentemente, de fácil acesso à leitura;
- O monitoramento de eventos de precipitação ocorreu durante o período de 9 meses, entre os meses de outubro de 2018 até junho de 2019, com a realização de leituras diárias. Seguindo o método de observação mantida pela ANA a medição da chuva foi realizada uma vez ao dia, sempre no período da manhã. Sendo a leitura, realizada diariamente às 7h da manhã.

O exemplo de planilha que foi utilizada para o preenchimento dos dados de precipitação encontra-se no Anexo A, onde há o controle de cada ponto pluviométrico, assim como, o nome do colaborador, a localização do pluviômetro expressa por meio de coordenadas geográficas, a altitude do ponto e o período de coleta de dados. Os dados referentes às coordenadas geográficas e altitudes foram coletados com um receptor de sinal GPS da marca Garmin Etrex 30. Na Figura 7 pode ser observado um exemplo de pluviômetro após a realização da instalação.



Figura 7: Pluviômetro instalado no ponto 10 de coordenadas $31^{\circ} 14' 28.2''$ de latitude Sul e $52^{\circ} 7' 51''$ de longitude Oeste e altitude de 189 m.

O pluviômetro Multitec possui um formato retangular, onde a medida da boca do mesmo é de 5 cm x 3 cm, sendo esta fixada a 5 cm acima da base da estaca, como mostra a Figura 7. A régua de medição do pluviômetro possui intervalos de 2,5 mm, que varia de 0 a 130 mm, sendo a medida de 130 mm a capacidade máxima de medição do mesmo. Pluviômetros são caracterizados por sua medição de caráter pontual, devido esta característica uma quantidade satisfatória do mesmo foi instalada, para que abrangesse toda a área de pesquisa e fornecessem dados aceitáveis e suficientes para posterior análise e interpretação.

4.4 Banco de Dados Referente ao Zoneamento das Áreas de Risco à Inundação Brusca

A etapa destinada à realização do zoneamento referente às áreas de risco à inundação brusca seguiu as seguintes fases: coleta de dados em campo, determinação e mapeamento da vulnerabilidade e do perigo, os quais, posteriormente, foram utilizados na geração do mapa referente ao zoneamento das áreas de risco à inundação brusca.

Antecedendo a realização dos trabalhos em campo, foram programadas as fases a serem cumpridas no mesmo. Primeiramente, foi pré-determinado que a entrevista com os moradores locais ocorresse obedecendo à distribuição de uma casa por quadra, exclusivamente nos bairros atingidos pela inundação. Durante o período de entrevistas, foram coletados dados referentes às situações de perigo e vulnerabilidade das residências, sendo estas, características extremamente variáveis.

Na entrevista com os moradores foram abordadas questões relacionadas ao evento extremo de inundação ocorrido na área urbana do município de São Lourenço do Sul em março de 2011. Na abordagem sobre o evento, foi questionado aos moradores o nível que a água atingiu em cada residência, sendo esta informação de extrema importância para a etapa referente à realização do zoneamento das áreas de perigo, pois a partir destas informações, foram determinados os distintos graus de perigo à inundação. Os níveis da água que foram relatados durante a realização das entrevistas foram utilizados como base para o início das delimitações das áreas de perigo à inundação, sendo estas, classificadas como: baixo, médio e alto grau.

Concomitantemente as entrevistas referentes à inundação de 2011, foram realizadas as análises referentes à vulnerabilidade das residências. Portanto, a coleta de dados em campo também abordou as condições das moradias e suas características estruturais, enquadrando-se então, como citado anteriormente, no conceito de vulnerabilidade. A vulnerabilidade foi abordada distinguindo 3 possibilidades, sendo estas classificadas como: baixo, médio e alto grau.

Por fim, com os dados obtidos a partir das classificações referentes ao perigo e a vulnerabilidade, foram determinadas as áreas de risco, ou seja, realizou-se o

zoneamento do risco à inundação, as quais foram classificadas em: risco baixo, médio, alto e muito alto.

O zoneamento do perigo, da vulnerabilidade e do risco à inundação foi realizado apenas nos bairros onde foi registrado algum tipo de dano decorrente do evento de inundação de 2011. Sendo este evento utilizado como base para a determinação das áreas de risco por ter sido o maior desastre natural registrado no município nas últimas décadas. Deste modo, foram excluídas dos zoneamentos as porções da área urbana que não foram afetadas neste evento de inundação brusca. Todos os mapas temáticos referentes à vulnerabilidade, perigo e risco foram realizados no *software* QGIS 3.6.

4.4.1 Análise e Zoneamento do Perigo à Inundação Brusca

Por meio de entrevistas com os moradores locais, onde foram abordadas informações referentes aos danos causados no evento de inundação ocorrido no ano de 2011, foi possível identificar as áreas mais expostas e sujeitas às inundações e que, conseqüentemente, encontram-se ocupadas por residências, permitindo a identificação e o mapeamento das áreas de perigo.

Para análise e sua representação, foram estabelecidos graus de perigo em função de critérios que envolvem as características da inundação, como os níveis de água que marcaram esta inundação, assim como as cotas topográficas, o relevo e a proximidade das residências em relação à drenagem (MENEZES, 2014). As características citadas anteriormente, juntamente com a magnitude do evento de inundação registrado no município no ano de 2011, geraram a base de dados que foi utilizada para a determinação das distintas classificações de perigo.

O zoneamento de áreas de perigo à inundação na área urbana do município de São Lourenço do Sul foi realizado com base no evento de inundação brusca, ocorrido no ano de 2011 e corresponde a um dos maiores processos potencialmente causadores de inundações que pode ser registrado na área de estudo. Dentre os tipos de inundações que possuem potencial causador de danos e que podem ocorrer nesta área, estão às inundações graduais e bruscas, sendo dois processos diferentes que tendem a atingir distintas áreas, devido a sua natureza. Neste caso, o zoneamento foi realizado com base nas áreas atingidas em eventos de inundações bruscas, se tratando do tipo de inundação

mais severo e que tende a atingir uma maior área, quando comparado com a magnitude das inundações graduais.

Para a caracterização de perigo, decorrente de eventos de intensa precipitação, os quais podem ser associados com a geração de inundações bruscas, foram utilizados os critérios abordados por Menezes (2014) para a classificação dos distintos graus de perigo, os quais encontram-se expressos na Tabela 2.

Tabela 2: Quadro representativo dos graus de perigo de inundação. (Modificado de Menezes, 2014).

P1 – Baixo Grau de Perigo	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas mais distantes do arroio São Lourenço; • Áreas com cotas topográficas entre 8 e 20 m; • Residências onde o registro do nível de água no evento de 2011 foi de até 0,5 m;
P2 – Médio Grau de Perigo	<ul style="list-style-type: none"> • Cotas topográficas entre 8 e 20 m; • Residências onde o registro do nível de água no evento de 2011 foi de até 1m;
P3 – Alto grau de perigo	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas próximas ao arroio São Lourenço; • Cotas topográficas entre 8 e 15 m; • Áreas onde a drenagem foi modificada ou aterrada; • Residências em que o registro do nível de água no evento de 2011 foi superior à marca de 1 m.

Na classe denominada como baixo grau de perigo (P1) foram enquadradas as áreas menos suscetíveis à inundação, como por exemplo, regiões de maiores cotas topográficas, assim como, áreas com menores cotas topográficas, porém mais distantes das drenagens. A classificação de baixo grau de perigo também corresponde às residências localizadas em áreas onde o nível da inundação de 2011 foi de até 0,5 m. Ou seja, esta classe diz respeito às áreas menos atingidas no evento de inundação brusca. Destaca-se o fato de que as regiões mapeadas como P1 também podem ser suscetíveis às inundações graduais, devido à urbanização, impermeabilização do solo, finalidade do uso e ocupação do solo, entre outros fatores.

Na classe denominada como médio grau de perigo (P2) foram enquadradas as áreas cujas cotas topográficas variam entre 8 e 20 m, assim como as regiões onde as residências atingidas pelo evento de 2011 registraram níveis de água de até 1 m.

Na classe denominada como sendo de alto grau de perigo (P3) foram enquadradas as áreas mais próximas ao arroio São Lourenço e/ou cujas cotas topográficas variam, preferencialmente, entre, 8 e 15 m, assim como áreas onde as drenagens foram modificadas ou aterradas. Também enquadraram-se nas áreas de alto grau de perigo as regiões onde o registro do nível de água dentro das residências, referente ao evento de inundação do ano de 2011, foi superior à marca de 1 m. Conseqüentemente, estas áreas classificadas como sendo de alto grau de perigo são aquelas onde os moradores registraram as maiores perdas decorrentes da inundação.

4.4.2 Análise e Mapeamento da Vulnerabilidade à Inundação Brusca

Para a etapa referente ao mapeamento da vulnerabilidade das residências expostas aos eventos de inundação brusca, foram utilizados como base conceitos referentes aos padrões estruturais de construção das moradias, os quais foram usados para a determinação do grau de vulnerabilidade, a partir das características do padrão geral construtivo das residências encontradas nas áreas de perigo. Considerou-se para esta classificação os seguintes aspectos: o tipo de material e o estado de conservação da residência, além do tipo de residência, que pode ser térreo ou sobrado.

Para a definição dos conceitos referentes ao grau de vulnerabilidade a ser empregado para este trabalho, utilizou-se como base a classificação utilizada por Menezes (2014), que emprega três distintas classificações de graus de vulnerabilidades, sendo estas expressas na Tabela 3.

Tabela 3: Quadro representativo dos graus de vulnerabilidade de inundação.
(Modificado de Menezes, 2014).

V1 – Baixo Grau de Vulnerabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Bom padrão construtivo das residências; • Alta capacidade de recuperação após eventos extremos;
V2 – Médio Grau de Vulnerabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Médio padrão construtivo das residências; • Média a alta capacidade de recuperação após eventos extremos;
V3 – Alto Grau de Vulnerabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo padrão construtivo das residências; • Baixa capacidade de recuperação após eventos extremos.

Vulnerabilidade de baixo grau corresponde às áreas que apresentam residências de médio a alto padrão construtivo, podendo ser associado a áreas que disponham de medidas estruturais e não estruturais (MENEZES, 2014). A vulnerabilidade de médio grau está associada às residências com padrão construtivo médio, podendo ou não dispor de algum tipo de medidas estruturais, não estruturais ou mitigatórias (MENEZES, 2014). A vulnerabilidade de alto grau é relacionada às residências com padrão construtivo precário, sendo as que mais sofrem com os efeitos negativos das inundações e, conseqüentemente, possuem pouca ou nenhuma capacidade de intervenção (MENEZES, 2014). Ressalta-se que a área urbana do município de São Lourenço do Sul carece que medidas estruturais e não estruturais referentes à capacidade de mitigar ou prevenir danos referentes a eventos extremos.

A classificação das áreas de vulnerabilidade de acordo com seu grau foi realizada por meio de trabalho em campo, onde as residências entrevistadas foram classificadas de acordo com o seu padrão de construção, para que então, posteriormente, as mesmas fossem enquadradas dentro das 3 distintas categorias de vulnerabilidade. Além da classificação da vulnerabilidade referente à residência alvo da entrevista, também foi realizada uma determinação com base em uma média referente à vulnerabilidade das residências que compõem cada quadra, este procedimento foi adotado para que os dados de vulnerabilidade possuíssem maior representatividade e para a utilização dos mesmos para a realização do mapa de zoneamento da vulnerabilidade à inundação brusca.

4.4.3 Análise e Mapeamento das Áreas de Risco à Inundação Brusca

Esta etapa do trabalho consiste na realização do zoneamento das áreas de risco à inundação brusca. Sendo este realizado com base nos dados referentes ao perigo de inundação e a vulnerabilidade das moradias, onde o perigo corresponde às variáveis que caracterizam as áreas, com base, principalmente, na distância da mesma em relação ao arroio principal e suas respectivas cotas topográficas, além da recorrência ou exposição à inundação, enquanto a vulnerabilidade corresponde aos padrões construtivos das residências e, conseqüentemente, sua capacidade de reconstrução após eventos extremos. A partir da correlação destas duas variáveis, obtêm-se e caracteriza-se as zonas de risco à inundação.

A correlação do mapa de perigo com os condicionantes de vulnerabilidade da área afetada permite a hierarquização de riscos, tendo em vista que quanto maiores forem os graus de perigo e vulnerabilidade, maiores serão os riscos (MENEZES, 2014).

Para a determinação das áreas de risco, foram definidas quatro classificações (Tabela 4), que foram adaptadas para área de pesquisa com base nas classes utilizadas por Menezes (2014) e Prina (2015), que utilizam as seguintes nomenclaturas: risco baixo (R1), risco médio (R2), risco alto (R3) e risco muito alto (R4).

Tabela 4: Quadro representativo dos graus de risco de inundação. (Modificado de Menezes, 2014).

R1 – Risco Baixo	<ul style="list-style-type: none">• Baixo grau de perigo (P1) x Baixo grau de vulnerabilidade (V1)• Baixo grau de perigo (P1) x Médio grau de vulnerabilidade (V2)
R2 – Risco médio	<ul style="list-style-type: none">• Baixo grau de perigo (P1) x Alto grau de vulnerabilidade (V3)• Médio grau de perigo (P2) x Baixo grau de vulnerabilidade (V1)• Médio grau de perigo (P2) x Médio grau de vulnerabilidade (V2)
R3 – Risco alto	<ul style="list-style-type: none">• Alto grau de perigo (P3) x Médio grau de vulnerabilidade (V2)
R4 – Risco muito alto	<ul style="list-style-type: none">• Alto grau de perigo (P3) x Alto grau de vulnerabilidade (V3)

As áreas determinadas como sendo de risco baixo (R1), são as que correspondem às zonas onde há ocorrência de inundação, porém não são registrados danos muito severos, quando comparadas com as regiões correspondentes ao R2, R3 e R4. As áreas de risco médio (R2) são caracterizadas como de perigo de baixo a médio grau, associados a áreas de vulnerabilidade de baixo a alto grau, como pode ser observado no quadro 3.

As áreas de risco alto (R3), são caracterizadas como de perigo alto e vulnerabilidade média, sendo estas facilmente atingidas, em eventos extremos, pois tratam-se, neste município, de áreas próximas a drenagem principal da área em estudo. As regiões denominadas como sendo de risco muito alto (R4), caracterizadas por serem de alto grau de perigo e vulnerabilidade, encontram-se mais próximas ao arroio principal, sofrendo maiores danos em eventos extremos.

5. RESULTADOS

5.1 Registros Históricos das Inundações na Área de Estudo

As primeiras cheias que causaram transtornos a vida dos habitantes da então Vila de São Lourenço aconteceram no início do século XX, quando as casas de comércio já se faziam presentes à beira do arroio São Lourenço (HAMMES, 2010). Nos registros históricos do município de São Lourenço do Sul, obteve-se informações sobre diversos eventos de inundações ocorridos na área urbana do mesmo. E, com base nestes, ressalta-se o fato de que nesta região, podem ocorrer tanto eventos de inundações graduais, quanto eventos de inundações bruscas.

Independente da natureza hidrológica do evento causador da inundação, em quaisquer dos casos, podem ser registrados danos à estrutura urbana e aos moradores locais, principalmente, a aqueles que residem em áreas ribeirinhas (BEHLING, 2015). A descrição de alguns dos maiores eventos de inundação registrados na área urbana do município de São Lourenço do Sul encontram-se relatados em Behling (2015).

O último evento extremo de origem hidrológica registrado na área urbana do município de São Lourenço do Sul ocorreu entre os dias 9 e 10 de março de 2011, quando cerca de, 50% da população foi atingida pelo episódio de inundação brusca. A Figura 8 mostra, em vista aérea, uma parte da área urbana com as vias completamente submersas. De acordo com a Defesa Civil diversas residências foram inteiramente encobertas pela água e cerca de 20.000 pessoas sofreram danos oriundos deste evento.

Segundo Sausen (2012), os pluviômetros de algumas propriedades rurais, instalados dentro da área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, registraram volumes de chuvas entre 229 e 630 milímetros em um intervalo de 8 horas, durante o período da noite do dia 9 de março. Este fenômeno é descrito como sendo de microescala, por ter acontecido em uma área específica, o que tende a dificultar sua previsão. De acordo com MeteoMont o fenômeno descrito anteriormente foi registrado apenas na área rural do município, localizado a montante na área da sub-bacia, enquanto

que, na área urbana do município, localizada a jusante da mesma, a precipitação somente foi registrada na manhã do dia seguinte (10 de março), quando a região já encontrava-se coberta pela água. Destacando-se, deste modo, que o grande volume de chuva, responsável pela inundação que atingiu a cidade, foi oriundo da intensa precipitação registrada na área rural do município de São Lourenço do Sul.



Figura 8: Imagem aérea da área urbana de São Lourenço do Sul, após o evento de inundação referente ao ano de 2011. Fonte: Defesa Civil – RS

A Figura 9 mostra o nível de água registrado na esquina da rua Marechal Deodoro, onde encontra-se localizado o Grêmio Esportivo Lourenciano, sendo este localizado as margens do arroio São Lourenço. Praticamente toda a extensão sudoeste da área urbana do município é delimita e margeada pelo arroio São Lourenço, o qual possui um comprimento de, cerca de, 10 km dentro do perímetro urbano.

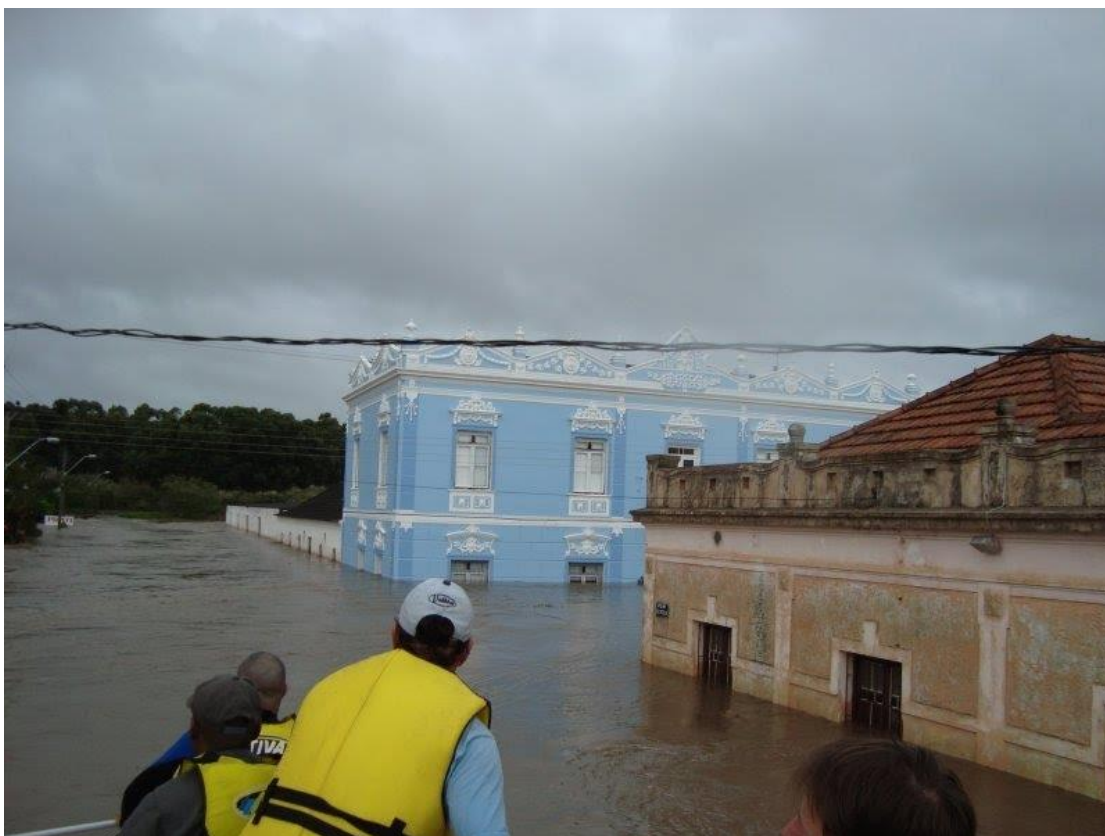


Figura 9: Imagem da esquina do Grêmio Esportivo Lourenciano, localizado na rua Marechal Deodoro. Fonte: Defesa Civil – RS

O evento de inundação brusca ocorrido no ano de 2011 teve seu início registrado no período noturno, por volta das 5 horas da manhã, o que dificultou a saída da população de suas residências, resultando no registro de 8 mortes. De acordo com o jornal Zero Hora, com exceção de uma vítima, que faleceu devido a um ataque cardíaco, as demais mortes foram provocadas por afogamento.

De acordo com informações obtidas por meio do MeteoMont este evento extremo ocorrido no município pode ser explicado como sendo um fenômeno de convecção associado a uma área de baixa pressão que formou uma nuvem muito carregada e isolada, a qual despejou grande volume de chuva localizada.

As perdas estimadas com esta, que foi a maior inundação já registrada na história do município de São Lourenço do Sul, superando o nível de água da inundação de 1941, foram de 400 milhões de reais, de acordo com estimativas preliminares realizadas pela Prefeitura Municipal.

5.2 Descrição da Área da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio São Lourenço

A área referente à sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço encontra-se localizada na porção sul do município de São Lourenço do Sul, sendo a montante da sub-bacia correspondente à área rural do município, onde são encontradas as maiores cotas topográficas, estendendo-se até a área urbana do mesmo, região à jusante da sub-bacia e, conseqüentemente, caracterizada por suas menores cotas topográficas.

A área referente à sub-bacia foi delimitada e mapeada com o intuito de abordar, principalmente, suas características físicas, como aspectos topográficos, comportamento das drenagens, forma da bacia, além da abordagem de fatores clinográficos e hipsométricos, os quais foram utilizados para a interpretação do evento de inundação brusca ocorrido na área.

A partir das características físicas de uma bacia hidrográfica é possível a determinação do comportamento da mesma em eventos extremos, como por exemplo, em eventos onde ocorra o registro de precipitação acima da média, ocasionando inundações. No decorrer da caracterização da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço foram abordadas algumas de suas principais características, as quais foram de suma importância para a determinação das propriedades físicas da sub-bacia responsáveis pela ocorrência do evento de inundação brusca registrado na região no ano de 2011, e por consequência, a determinação das áreas mais afetadas em eventos desta natureza dentro da área da sub-bacia hidrográfica.

O conhecimento geológico, geomorfológico e topográfico, assim como, do sistema de drenagens e da forma da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço foram de suma importância para a realização deste estudo.

5.2.1. Mapa de Hierarquia das Drenagens Referente à Sub-bacia Hidrográfica do Arroio São Lourenço

O mapa de hierarquia das drenagens da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço (Figura 10), visa à demonstração do sistema de drenagem da sub-bacia em

estudo, iniciando na zona rural do município de São Lourenço do Sul, e estendendo-se até a área urbana do mesmo, ocupando uma área de, aproximadamente, 229 km².

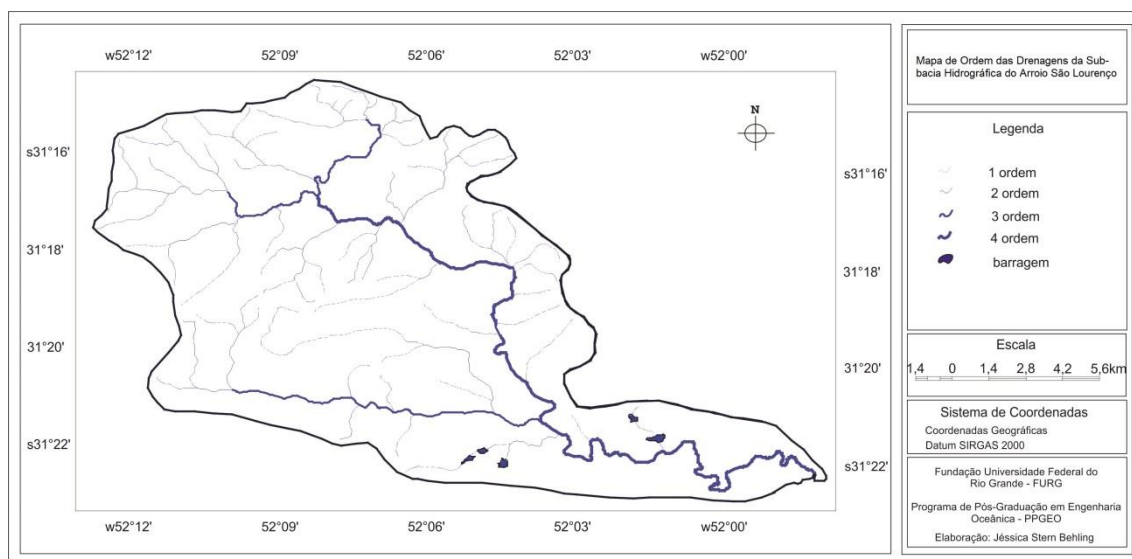


Figura 10: Mapa de ordem das drenagens referente à sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço. (Modificado de Behling, 2015)

O mapa representado pela Figura 10 demonstra as áreas correspondentes a sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, a qual é composta por um total de 83 drenagens, com hierarquias variáveis entre 1^a a 4^a ordem, de acordo com a classificação de Strahler (1952), a qual utiliza como metodologia a classificação de pequenas drenagens sendo denominadas como de 1^o ordem, e a intersecção de duas drenagens de 1^o ordem, gera conseqüentemente uma de 2^o ordem, utilizando-se deste raciocínio até o exutório de uma bacia hidrográfica.

Observa-se que a maior porcentagem de drenagens é correspondente aos canais de 1^a ordem, onde foram contabilizadas 63 drenagens, correspondendo a 75,9% das drenagens da sub-bacia. As drenagens de 2^a ordem são consideravelmente menos frequentes dentro da bacia, correspondendo a apenas 19,27%, por fim, as drenagens de 3^o e 4^o ordem correspondem a menos de 5%, podendo-se concluir, a partir desta análise que a porcentagem de drenagens tende a reduzir conforme a sua proximidade com o exutório da bacia. Este padrão é observado devido à características topográficas e geológicas da região (BEHLING, 2015).

O sistema de drenagem da área urbana do município de São Lourenço do Sul é composto por drenagens pertencentes à sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço e

a microbacia hidrográfica do arroio Caraá. Porém, não há registros de eventos extremos ocorridos dentro da microbacia. Sendo assim, o alvo principal do estudo é direcionado para a sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, devido ao fato da mesma apresentar maiores transtornos em eventos de intensa precipitação (BEHLING, 2015).

5.2.2. Mapa Hipsométrico da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio São Lourenço

O mapa hipsométrico (Figura 11) referente à área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço foi elaborado com base em informações das curvas de nível da região, equidistantes em 20 metros (BEHLING, 2015). Este mapa possui como objetivo central a visualização das diferenças topográficas existentes na área.

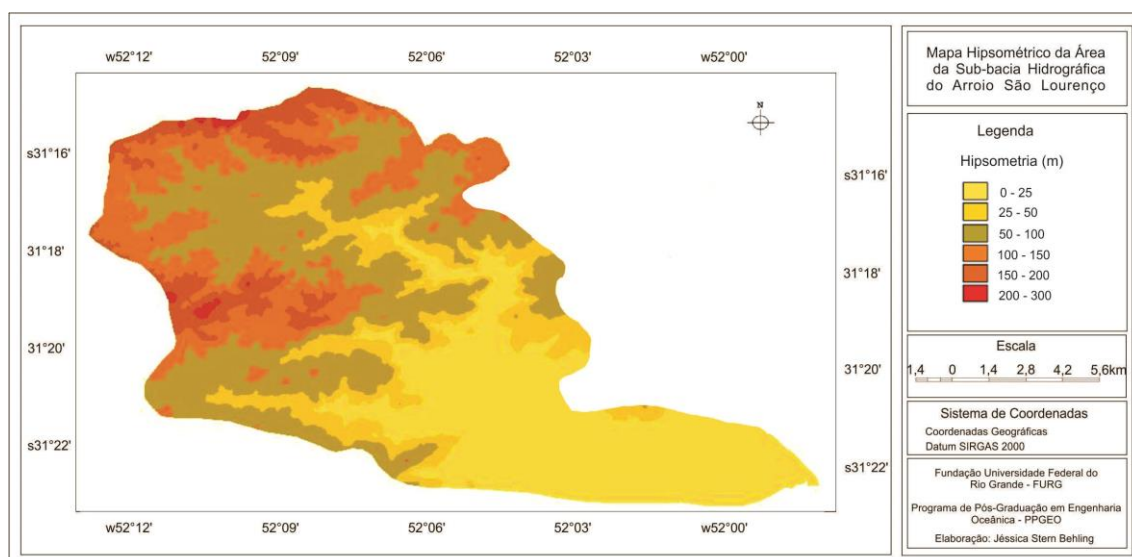


Figura 11: Mapa hipsométrico referente às áreas da Sub-bacia Hidrográfica em estudo. (Modificado de Behling, 2015).

A topografia da área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço é caracterizada por possuir uma diferença altimétrica de, aproximadamente, 240 m, e um comprimento de 26,33 km (BEHLING, 2015). Estas características topográficas foram utilizadas como referencial para a análise da pré-disposição à ocorrência de inundações bruscas dentro desta sub-bacia hidrográfica.

Para a interpretação topográfica da região da sub-bacia foram definidas seis classes hipsométricas, sendo estas, variáveis entre 0 e 300 metros, como pode ser

observado na Figura 11. Assim, observa-se que as maiores altitudes encontram-se localizadas na direção noroeste. Nesta direção pode ser observado o início de algumas das drenagens de 1º ordem existentes dentro da mesma, como citado por Behling (2015). A mudança geomorfológica começa a ser verificada, com maior predominância, na porção central da sub-bacia onde as cotas topográficas decrescem consideravelmente, quando comparadas com as altitudes à montante, sendo esta porção central o local onde começam a serem observadas as áreas mais planas, as quais estendem-se até a zona urbana do município, porção à jusante da sub-bacia.

A área correspondente as menores cotas topográficas, de 0 a 25 m, caracteriza 32% da área da sub-bacia, sendo o intervalo topográfico mais expressivo, seguido da classe com intervalos de 50 a 100 metros, enquanto as áreas com maiores cotas topográficas são observadas em pequenas áreas isoladas, a montante. Esta variação brusca na topografia ocorre devido à geologia da região, sendo esta uma área de contato entre o Escudo Sul-riograndense e a Planície Costeira. Devido às características geológicas e geomorfológicas da área, ressalta-se que a diferença topográfica existente na área da sub-bacia é de extrema relevância para a ocorrência de eventos de inundações bruscas.

5.2.3. Mapa Clinográfico da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio São Lourenço

O mapa clinográfico foi realizado para demonstração das declividades existentes dentro da área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço. Neste mapa (Figura 12), pode-se observar que as maiores declividades encontram-se localizadas em porções restritas da área da sub-bacia, estendendo-se do centro da área, até a porção norte-noroeste. Na região sul da sub-bacia, nas proximidades da Lagoa dos Patos, são encontradas as menores declividades (<5%), representando as áreas de topografia mais planas, referentes à Planície Costeira.

Quando comparados, o mapa hipsométrico e o mapa clinográfico, observa-se que as regiões onde ocorre a maior variabilidade topográfica correspondem às regiões de maiores declividades. A mesma relação pode ser feita para as áreas com as menores cotas topográficas, sendo estas correspondentes as áreas onde registram-se as menores declividades. A declividade da área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço é

uma das características determinantes na ocorrência de eventos de inundação brusca nesta área, pois esta característica potencializa este tipo de registro, facilitando o escoamento superficial da água.

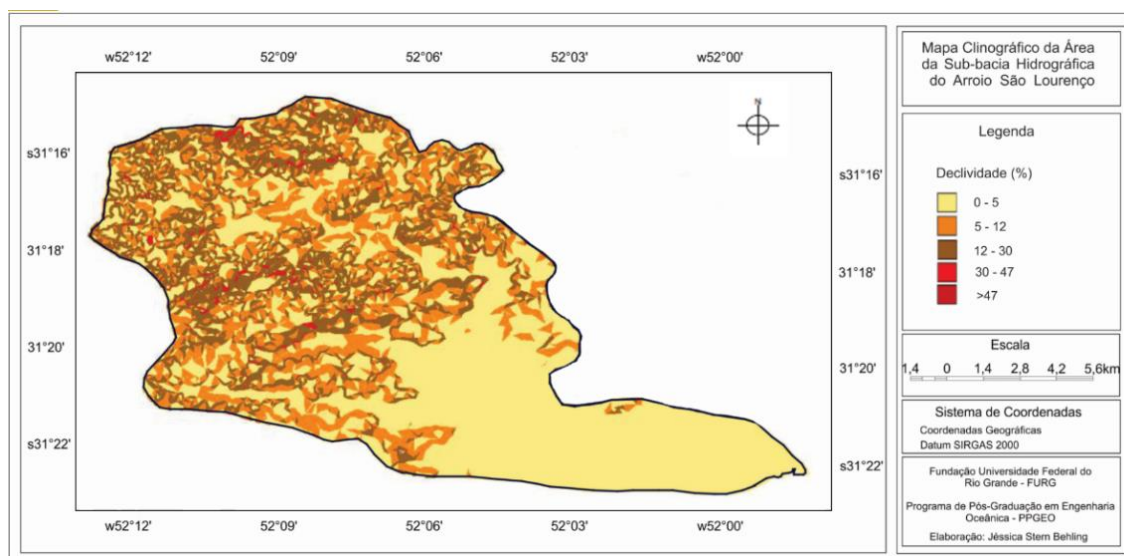


Figura 12: Mapa clinográfico referente às áreas da Sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço. Fonte: Modificado de Behling (2015).

5.3 Coleta de Dados Pluviométricos na Área da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio São Lourenço

No Brasil a chuva é a forma mais importante de precipitação, embora grandes prejuízos também possam advir da ocorrência de precipitação na forma de granizo e, até mesmo, em alguns locais, possa eventualmente nevar (TASSI e COLLISCHONN, 2009). A precipitação é convencionalmente medida de maneira pontual, por meio de aparelhos chamados pluviômetros e pluviógrafos (SANTOS *et al.*, 2001).

Eventos de precipitação pluvial são de extrema importância sob o ponto de vista hidrológico, devido sua capacidade de geração de escoamento superficial, assim como sua contribuição no aumento da variação da vazão dos rios, o que muitas vezes pode desencadear processos de inundações.

As inundações ocasionadas a partir de eventos de precipitação são ocorrências comuns, tanto em áreas urbanas como em áreas rurais, as quais podem variar em intensidade, de acordo com a magnitude do evento gerador. As inundações registradas no Brasil são oriundas, principalmente, de eventos de extrema precipitação. Devido a

isto e com o objetivo de mapear e conhecer o comportamento pluviométrico na região da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, foram instalados pluviômetros para monitoramento das chuvas que atingem a área em estudo.

Para o então monitoramento das chuvas da região, foram determinados 15 pontos de coleta de dados, sendo estes inseridos na área referente à sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço. Para cada colaborador da pesquisa, foi entregue uma planilha com o intuito de registrar os dados de precipitação observados através do pluviômetro.

Na Tabela 5 pode-se observar as informações referentes aos 15 pontos de coleta de dados de precipitação, assim como, suas respectivas coordenadas, altitude e o nome do colaborador. A Figura 13 mostra a localização de cada um dos pontos de coleta, os quais encontram-se inseridos na área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço.

Tabela 5: Referente aos pontos onde foram instalados os pluviômetros.

Ponto	Coordenadas		Altitude	Colaborador
1	Lat Sul 31° 22' 22.30''	Long Oeste 52° 6' 23.95''	93 m	Renato
2	Lat Sul 31° 20' 38.34''	Long Oeste 52° 4' 41.99''	27 m	Martina
3	Lat Sul 31° 19' 9.06''	Long Oeste 52° 6' 17.26''	100 m	Fabiane
4	Lat Sul 31° 20' 12.1''	Long Oeste 52° 9' 28.1''	110 m	Lorena
5	Lat Sul 31° 17' 56''	Long Oeste 52° 9' 19.9''	117 m	Augusto
6	Lat Sul 31° 17' 51.84'	Long Oeste 52° 12' 2.08''	155 m	José Inácio
7	Lat Sul 31° 15' 25.8''	Long Oeste 52° 12' 28.7''	226 m	Leoni
8	Lat Sul 31° 15' 15.1''	Long Oeste 52° 11' 08.1''	202 m	Antônio
9	Lat Sul 31° 15' 2.4''	Long Oeste 52° 9' 27.2''	204 m	Armando
10	Lat Sul 31° 14' 28.2''	Long Oeste 52° 7' 51''	189 m	Walnei
11	Lat Sul 31° 15' 41.8''	Long Oeste 52° 7' 19.2''	123 m	Charles
12	Lat Sul 31° 16' 12.8''	Long Oeste 52° 3' 59.7''	161 m	Rogério
13	Lat Sul 31° 21' 48.88''	Long Oeste 51° 59' 16.84''	12 m	Paulo
14	Lat Sul 31° 22' 31.1''	Long Oeste 51° 58' 1.8''	6 m	Iate Club
15	Lat Sul 31° 22' 36.2''	Long Oeste 52° 02' 56.8''	23 m	Elbio



Figura 13: Imagem referente à localização dos pontos referente aos pluviômetros instalados na área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, no município de São Lourenço do Sul, RS.

5.3.1. Dados Históricos de Precipitação Referente à Área da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio São Lourenço

Dentre os 15 pontos de localização dos pluviômetros destinados à coleta de dados de chuvas, em alguns destes, os colaboradores já realizavam a anotação diária da precipitação, sendo estas cedidas pelos mesmos para complementação dos estudos sobre as chuvas que atingem a região. Os dados de precipitação apresentados nos itens a seguir referem-se à área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço em pontos com prévias medições pluviométricas.

5.3.1.1. Variabilidade Sazonal da Precipitação no Ponto 6

O primeiro ponto onde foram fornecidos os dados pluviométricos anteriores ao período de pesquisa, denominado como ponto 6, possui coordenadas $31^{\circ} 17' 51.84''$ de

latitude Sul e 52° 12' 2.08'' de longitude Oeste e altitude de 155 m e refere-se à residência do colaborador José Inácio, o mesmo cedeu os dados pluviométricos dos anos de 2006, 2007, 2008, 2016, 2017 e 2018. A partir destes dados foram elaborados gráficos para a observação do comportamento das precipitações ao longo dos anos, na tentativa de estabelecer as principais características das chuvas na região.

As análises foram iniciadas com as anotações de precipitação referentes ao ano de 2006, onde foram registrados 1.688 milímetros de chuva. O valor anual da precipitação foi baseado nos registros mensais expressos no gráfico da Figura 14.

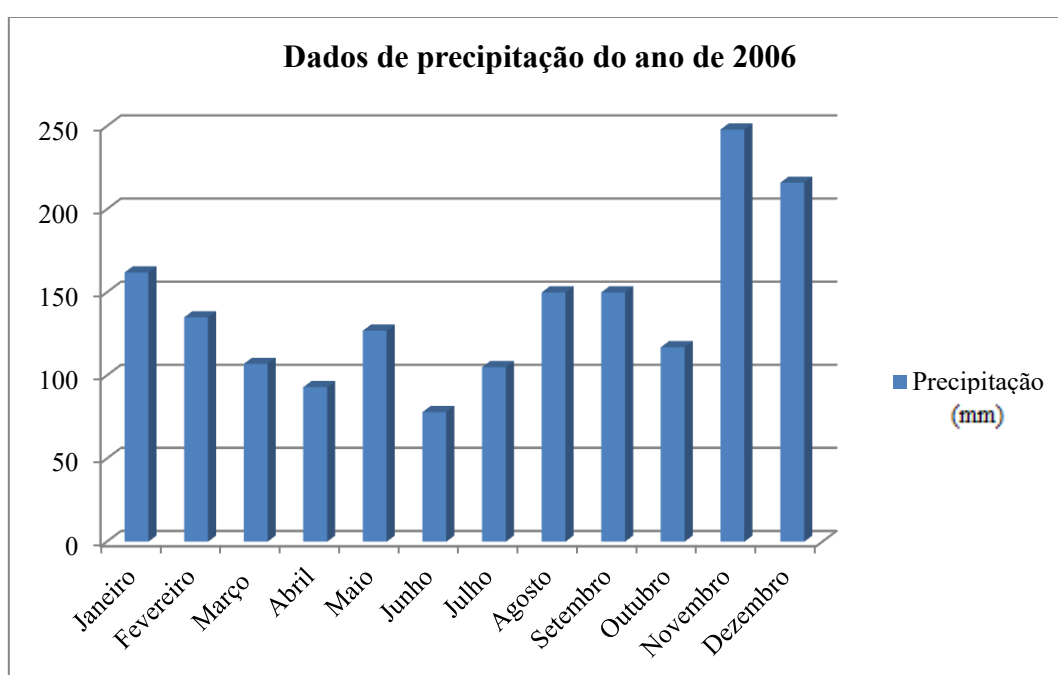


Figura 14: Gráfico referente aos dados de precipitação do ano de 2006.

Com base nos dados expressos na Figura 14, observa-se que em 2006 a precipitação foi relativamente bem distribuída ao longo do ano, não ocorrendo meses de estiagem. Porém, destacam-se meses como novembro e dezembro, onde foram registradas chuvas acima da média mensal deste ano. Enquanto no mês de junho, foram registrados os menores índices de chuvas. Baseado nestes dados é possível concluir que no ano de 2006 os meses onde foram registradas as maiores quantidades de precipitação foram referentes aos períodos de temperaturas mais altas, respectivamente, na primavera e no verão.

No ano de 2007 foram registrados 2.481 milímetros de precipitação neste ponto, com base nos registros mensais de precipitações expressos no gráfico da Figura 15.



Figura 15: Gráfico referente aos dados de precipitação do ano de 2007.

Observa-se na Figura 15 que em 2007 a precipitação mostrou-se bastante variável, ocorrendo altos registros mensais de chuva em vários meses do ano e, conseqüentemente, em distintas estações. Os maiores registros pluviométricos do ano de 2007 ocorreram nos meses de março, junho e agosto, onde as chuvas ultrapassaram a marca de 300 mm mensais, seguidos dos meses de janeiro e outubro, onde os registros alcançaram a marca de 252 mm e 243 mm, respectivamente, enquanto o mês de menor índice de precipitação foi dezembro, onde foram registrados apenas 53 mm de chuva.

No ano de 2008 a precipitação, neste ponto, alcançou a marca de 1.784 milímetros e sua distribuição mensal pode ser visualizada no gráfico da Figura 16.

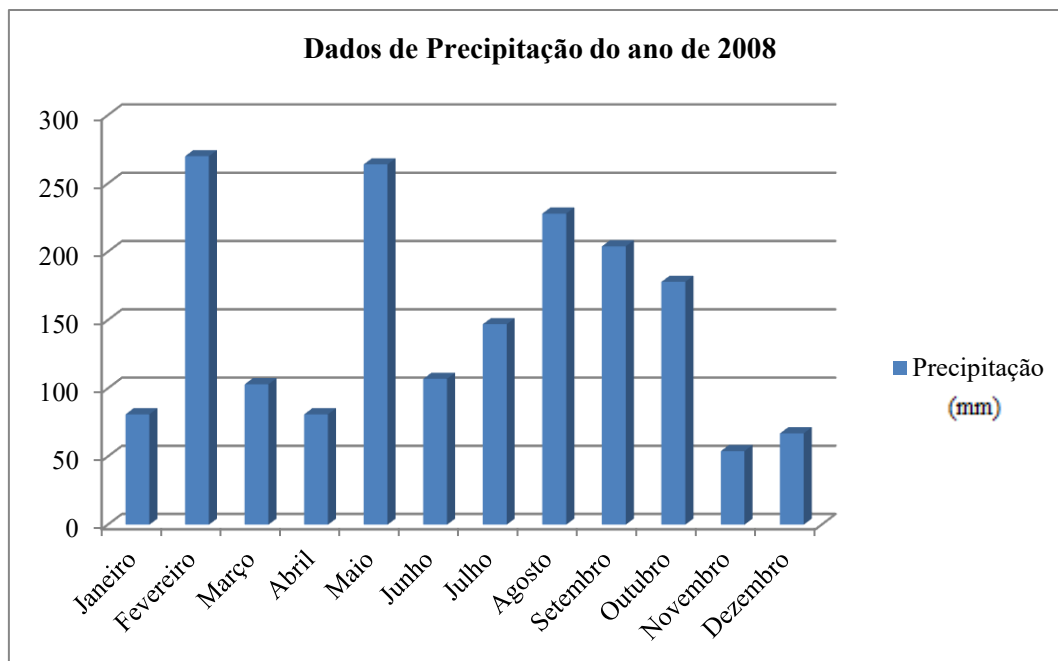


Figura 16: Gráfico referente aos dados de precipitação do ano de 2008.

Com base nos dados expressos na Figura 16 observa-se que a precipitação no ano de 2008 foi bastante variável, onde os meses de fevereiro e maio destacaram-se com chuvas acima da média, alcançando o volume de 270 mm e 264 mm, respectivamente, seguidos dos meses de agosto, setembro e outubro, que registraram volumes de chuva de, 228 mm, 204 mm e 178 mm, respectivamente. Neste ano, o mês de novembro correspondeu ao que apresentou o menor volume de chuvas, registrando apenas 54 mm. Com isto, no ano de 2008 os maiores volumes de chuva ocorreram no verão e no outono.

No ano de 2016 o somatório anual de precipitação foi de 2.104 milímetros, baseado nos dados de precipitações mensais expressos no gráfico da Figura 17.

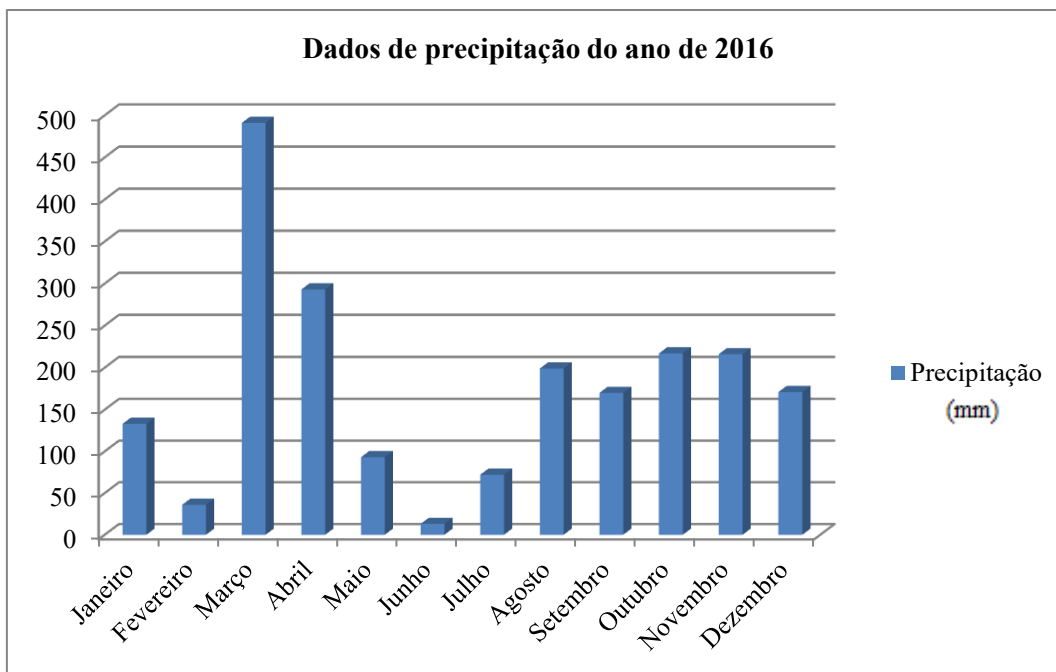


Figura 17: Gráfico referente aos dados de precipitação do ano de 2016.

De acordo com os dados expressos na Figura 17, observa-se que em 2016 as taxas de precipitação foram bastante variáveis, apresentando, isoladamente, um pico de chuva muito acima da média, onde foram registrados 491 mm de precipitação, correspondente ao mês de março. O mês de abril foi o segundo mais chuvoso do ano. Nos meses de agosto a dezembro, as chuvas ficaram na média de 200 mm ao mês, enquanto nos meses de fevereiro e junho, foram registrados somente 36 mm e 13 mm, respectivamente, podendo ser considerado um volume muito abaixo dos valores comumente observados.

No ano de 2017 foram registrados 2.217 milímetros de precipitação neste ponto, com base nos registros mensais expressos no gráfico da Figura 18.

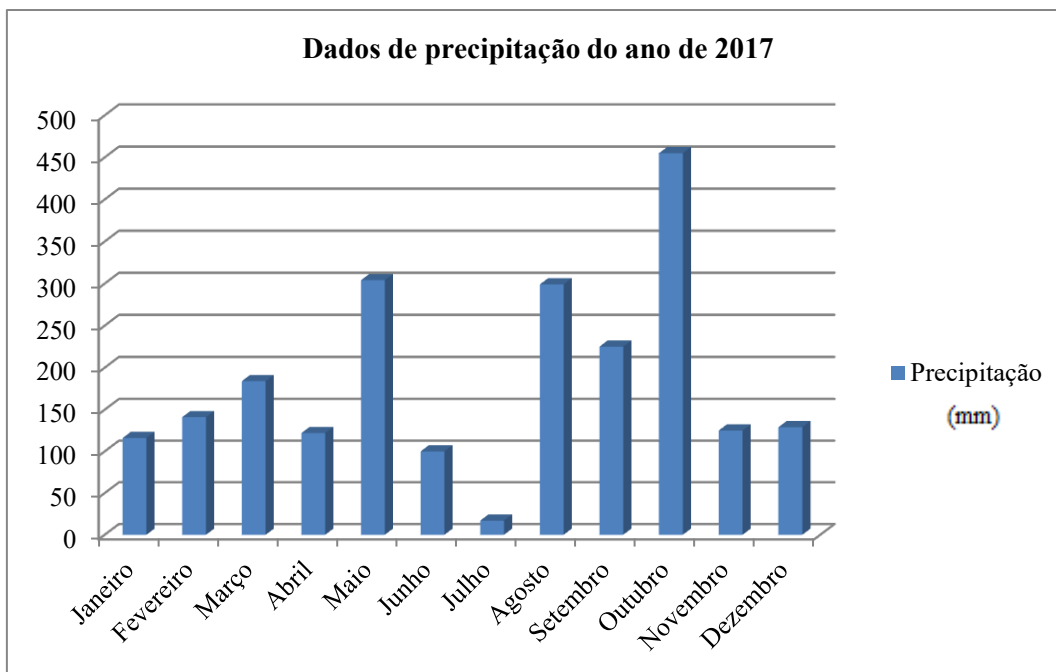


Figura 18: Gráfico referente aos dados de precipitação do ano de 2017.

Como pode ser observado nos dados expressos na Figura 18, no ano de 2017 os registros de chuva foram bastante variáveis, apresentando um pico de chuva muito acima da média, onde foram registrados 455 mm de chuva, correspondente ao mês de outubro. Nos meses de maio e agosto, a precipitação ficou em média de 300 mm, e no mês de setembro a chuva registrada foi de 225 mm, enquanto nos outros meses do ano, os registros foram inferiores a 200 m, e particularmente no mês de julho, o registro foi de apenas 17 mm.

No ano de 2018 os meses com ocorrências dos maiores volumes de chuva foram, respectivamente, setembro, julho e agosto, como mostra a Figura 19, onde foram registrados volumes superiores a 200 mm. No restante dos meses, as médias mensais ficaram abaixo dos 172 mm de precipitação. Neste ano, destaca-se a ocorrência de um inverno com chuvas acima da média. Ao longo do mesmo ano, foram registrados 2.046 milímetros de precipitação neste ponto.

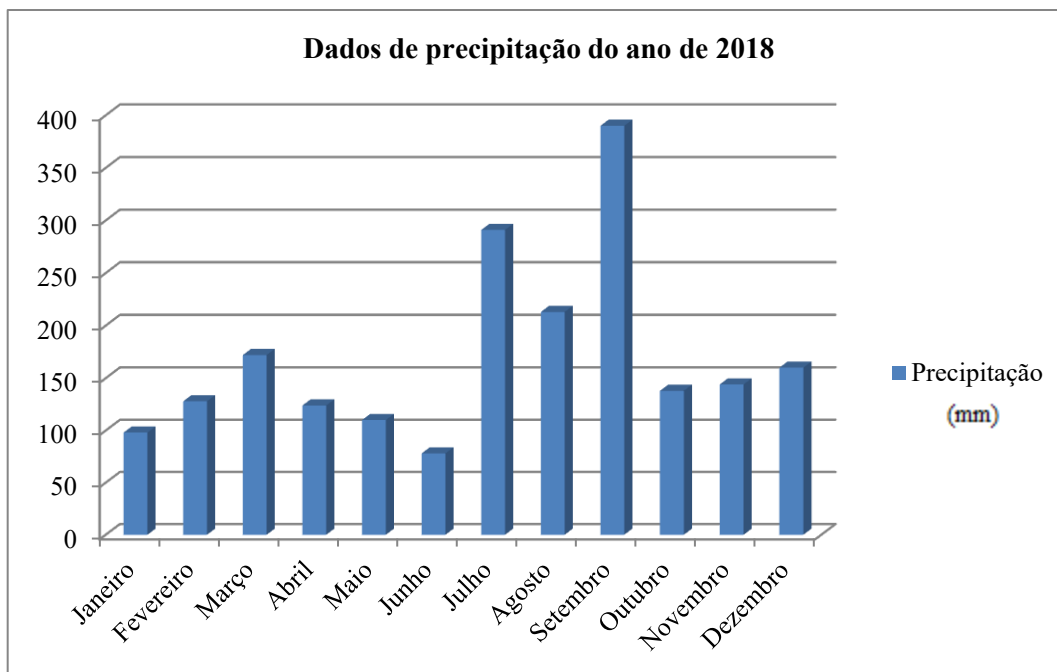


Figura 19: Gráfico referente aos dados de precipitação do ano de 2018.

De acordo com os dados pluviométricos fornecidos pelo colaborador José Inácio pode-se perceber a alta variabilidade sazonal da precipitação neste ponto específico dentro da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, onde existem registros de períodos bastante chuvosos em todas as estações do ano. Porém, observou-se também que os meses correspondentes às estações do ano onde são registradas as maiores temperaturas, também são os meses onde os registros pluviométricos são comumente mais altos, em comparação a outros meses do ano. Este fato está diretamente associado ao tipo de chuva que mais causa danos e, conseqüentemente, registros de áreas inundadas na região sul do país, sendo denominada de chuva convectiva, ou popularmente chamada de chuva de verão. Ainda assim, altos índices de chuvas são registrados também nas estações mais frias, como o inverno, que no ano de 2018, apresentou chuvas acima da média.

A partir das análises realizadas neste ponto específico de pesquisa, pode-se concluir que há a existência de uma alta variabilidade sazonal da precipitação nesta região, onde podem ser registrados altos volumes mensais de chuvas em qualquer época do ano.

O gráfico da Figura 20 expressa o volume de chuva anual no ponto, dentre os 6 anos de registros pluviométricos analisados. Onde somente nos anos 2006 e 2008 o volume de precipitação registrado foi inferior aos 2.000 mm anuais.

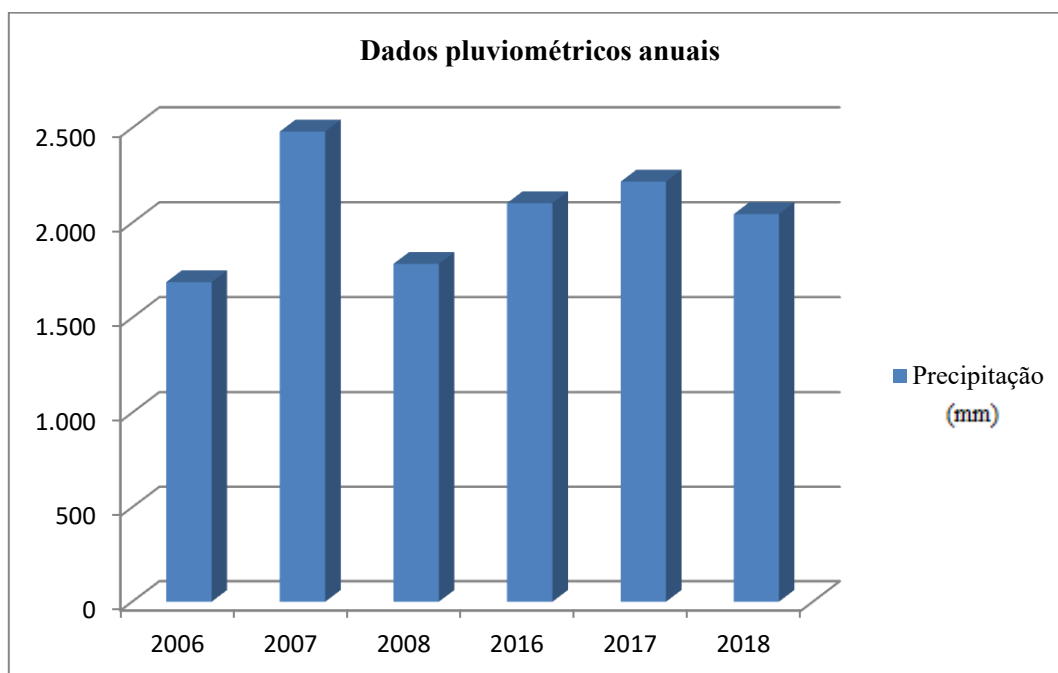


Figura 20: Gráfico referente aos volumes pluviométricos anuais do ponto 6.

5.3.1.2. Variabilidade sazonal da precipitação no ponto 1

O segundo ponto onde foram cedidos dados pluviométricos de anos anteriores ao período de pesquisa, denominado como ponto 1, possui coordenadas $31^{\circ} 22' 22.30''$ de latitude Sul e $52^{\circ} 6' 23.95''$ de longitude Oeste e altitude de 93 metros e refere-se à residência do colaborador Renato, o mesmo forneceu dados pluviométricos referentes aos anos de 2015, 2016, 2017 e 2018. A partir destes dados foram elaborados gráficos para a observação do comportamento dos eventos de precipitações ao longo de cada ano e, por fim, uma comparação dos registros ao longo dos 4 anos de dados, para a determinação das principais características das chuvas na região.

No ano de 2015, no ponto 1, os meses com ocorrências dos maiores volumes de chuva foram julho e outubro, como mostra o gráfico da Figura 21, onde os volumes de chuva foram de, respectivamente, 345 e 292,5 mm. Os meses com os menores volumes de precipitação foram fevereiro, março e abril, onde o maior volume, dentre estes, foi de

50 mm, registrado no mês de março, os demais meses obtiveram volumes inferiores a este. No restante do ano, as médias mensais variaram entre 72,5 e 232,5 mm. Ao longo do ano de 2015, foram registrados 1.845 milímetros de precipitação neste ponto. Destacam-se como sendo os períodos mais chuvosos de 2015 os meses correspondentes ao inverno e a primavera.

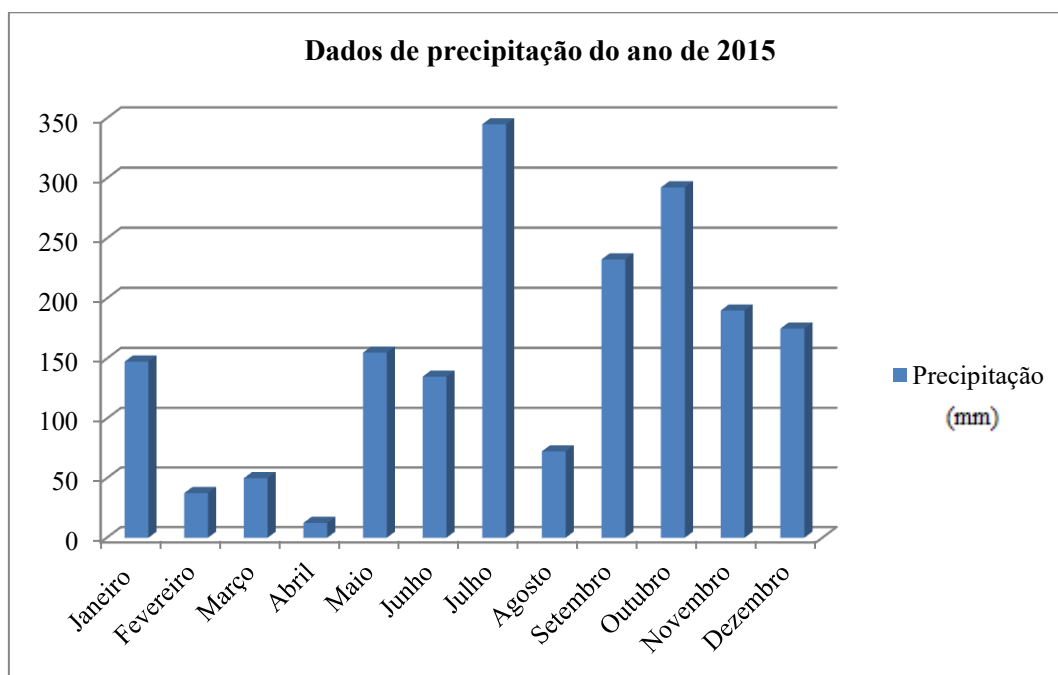


Figura 21: Gráfico referente aos dados de precipitação do ano de 2015.

No ano de 2016 os meses com ocorrências dos maiores volumes de chuva foram, respectivamente, março e abril como mostra o gráfico da Figura 22, onde foram registrados volumes de chuva de 340 mm no mês de março e 225 mm no mês de abril. O mês de junho destacou-se por ser o que registrou o menor volume pluviométrico, somando apenas 15 mm. No restante do ano, as médias mensais variaram entre 37,5 e 187,5 mm. Ao longo do mesmo, foram registrados 1.442,5 milímetros de precipitação neste ponto. A precipitação mostrou-se bastante variável durante o ano de 2016. Neste ano, o maior registro de chuva mensal ocorreu durante o verão, no mês de março.

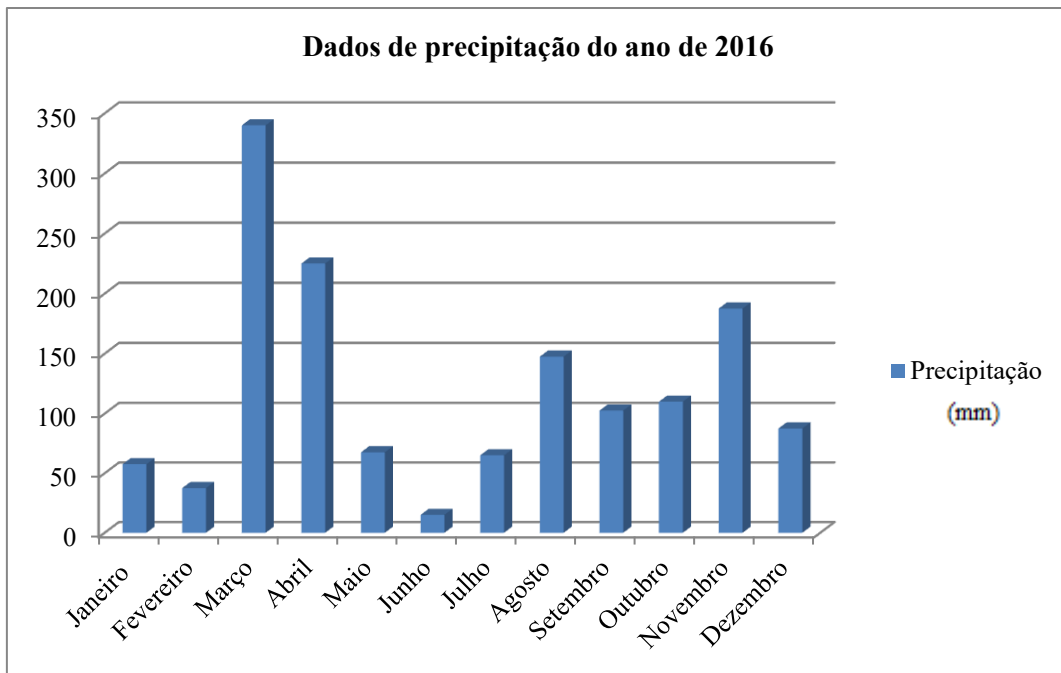


Figura 22: Gráfico referente aos dados de precipitação do ano de 2016.

No ano de 2017 os meses com ocorrências dos maiores volumes de chuva foram maio e outubro, como mostra o gráfico da Figura 23, sendo o mês de outubro o mais chuvoso, atingindo um volume de 332,5 mm de precipitação. O mês onde foi registrado o menor volume de precipitação foi julho, atingindo apenas 10 mm. No restante do ano, as médias mensais variaram entre 82,5 e 192,5 mm. Ao longo do ano de 2017, foram registrados 1.680 milímetros de precipitação neste ponto.

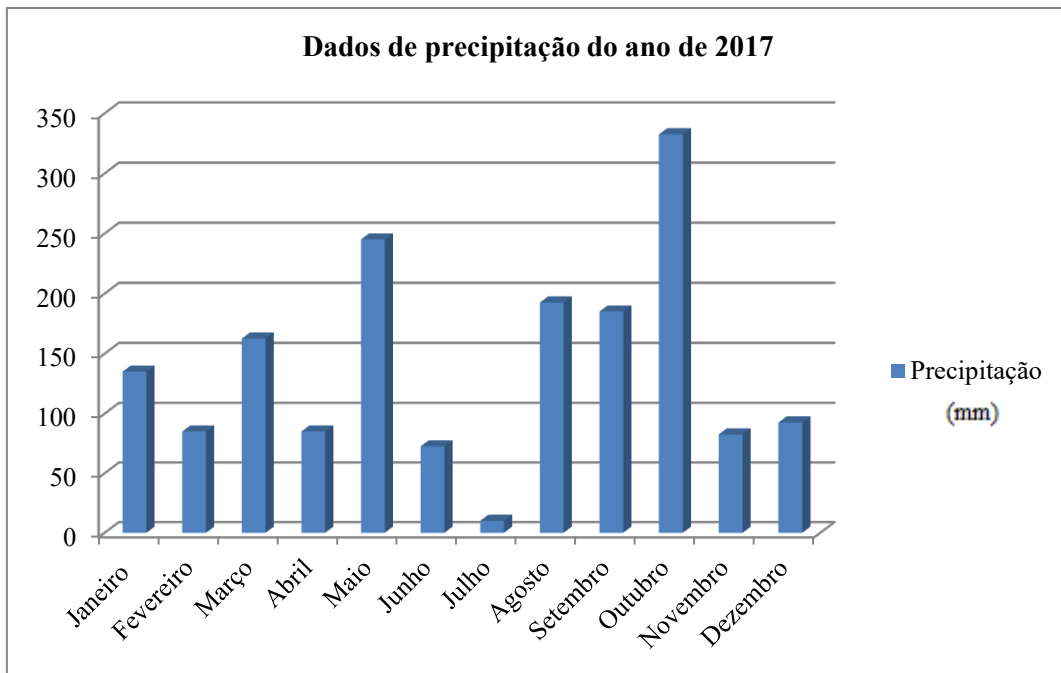


Figura 23: Gráfico referente aos dados de precipitação do ano de 2017.

No ano de 2018, o mês com ocorrência dos maiores volumes de chuva foi o mês de julho, como mostra o gráfico da Figura 24, onde foram registrados 282,5 mm de precipitação. Nos meses de março, agosto e setembro, os volumes de chuvas variaram entre 180 e 197,5 mm. No restante do ano, as médias mensais registradas foram inferiores a 150 mm, não ocorrendo meses com precipitações muito baixas, como já notadas em anos anteriores. Ao longo do ano 2018, foram registrados 1.657,5 milímetros de precipitação neste ponto. Este ano foi marcado pela ocorrência de um inverno bastante chuvoso, em especial no mês julho, assim como registrado no ano de 2015.

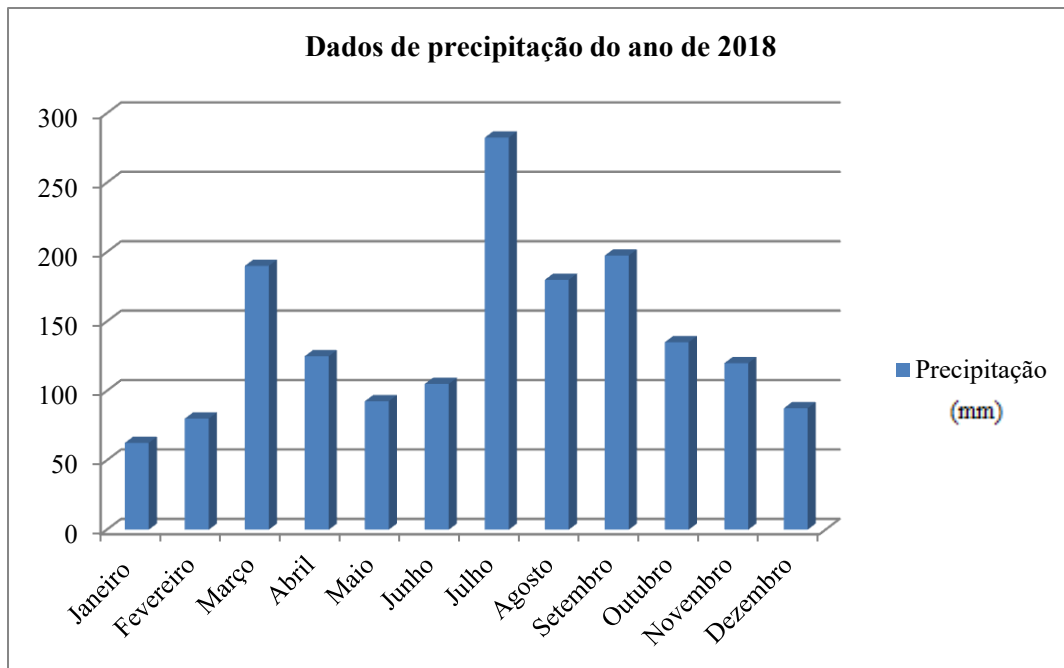


Figura 24: Gráfico referente aos dados de precipitação do ano de 2018.

Com base nos dados referentes aos registros pluviométricos fornecidos pelo colaborador Renato, pode-se perceber a alta variabilidade sazonal da precipitação neste ponto específico, dentro da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, onde existem registros de meses bastante chuvosos tanto em estações mais quentes, quanto em estações mais frias. Neste ponto, nos anos de 2015 e 2018, os meses mais chuvosos corresponderam a meses do inverno, enquanto nos anos de 2016 e 2017, os meses mais chuvosos foram março e outubro, respectivamente, demonstrando a variabilidade sazonal das precipitações nesta região.

Neste ponto, diferentemente do ponto 6, não foram registrados volumes anuais de precipitação superiores à 2.000 mm. Confirmando a teoria de que em áreas topograficamente mais elevadas são registrados maiores volumes de precipitação, em comparação a áreas com menores cotas topográficas.

O gráfico da Figura 25 expressa o volume de chuva anual de precipitação no ponto, dentre a análise dos dados referente aos 4 anos de registros pluviométricos, onde não ocorre uma grande variabilidade do volume anual de chuvas, na comparação entre os volumes de precipitação obtidos neste período em questão.

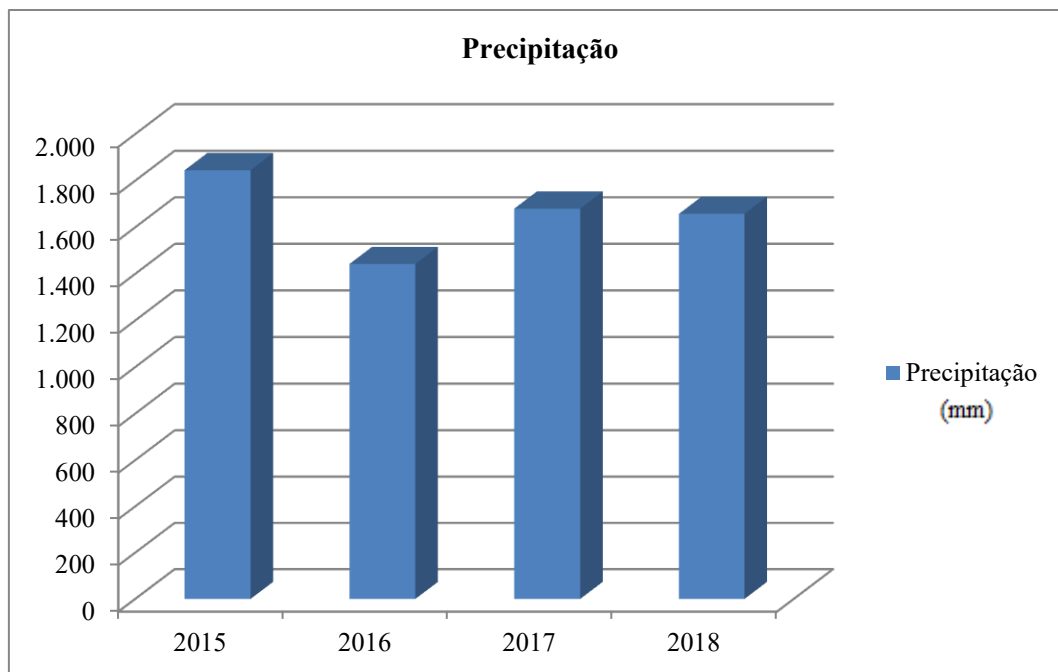


Figura 25: Gráfico referente aos dados de precipitação anual dos anos de 2015, 2016, 2017 e 2018.

5.3.1.3. Variabilidade sazonal da precipitação no ponto 13

O terceiro ponto onde foram cedidos dados pluviométricos anteriores ao período de pesquisa, denominado como ponto 13, possui coordenadas 31° 21' 48.88" de latitude Sul e 51° 59' 16.84" de longitude Oeste e altitude de 12 metros e refere-se à residência dos colaboradores Paulo Volz e Simone Prestes, os mesmos forneceram dados pluviométricos referentes aos anos de 2015, 2016, 2017 e 2018. A partir destes foram elaborados gráficos para a observação do comportamento da precipitação do período referente aos dados fornecidos pelos moradores, para a determinação das principais características das chuvas na região.

No ano de 2015 os meses com ocorrências dos maiores volumes de chuva foram julho e outubro, como mostra o gráfico da Figura 26, onde foram registrados volumes de chuva de, aproximadamente, 350 mm em cada um dos meses citados. Os meses de menor precipitação foram fevereiro, março e abril, onde os volumes foram inferiores a 50 mm. No restante dos meses, as médias mensais variaram entre 95 e 263,5 mm. Ao longo do ano, foram registrados 1.892,5 milímetros de precipitação neste ponto.

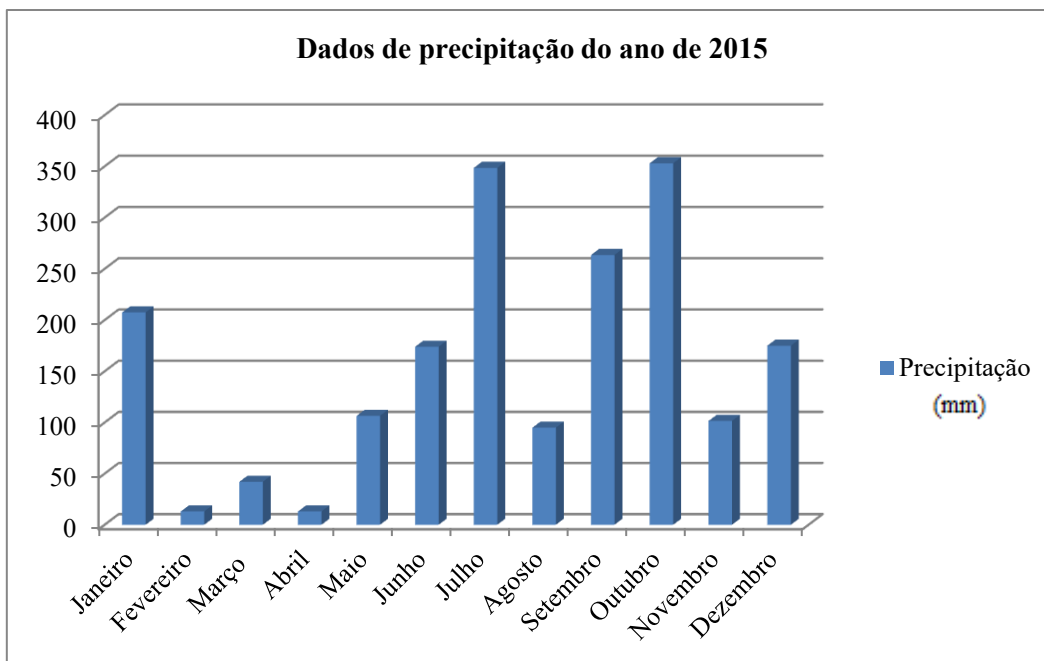


Figura 26: Gráfico referente aos dados de precipitação do ano de 2015.

No ano de 2016, os meses com ocorrências dos maiores volumes de chuva foram, respectivamente, março e abril como mostra o gráfico da Figura 27, onde os registros foram de 326,5 mm no mês de março e 250,5 mm no mês de abril.

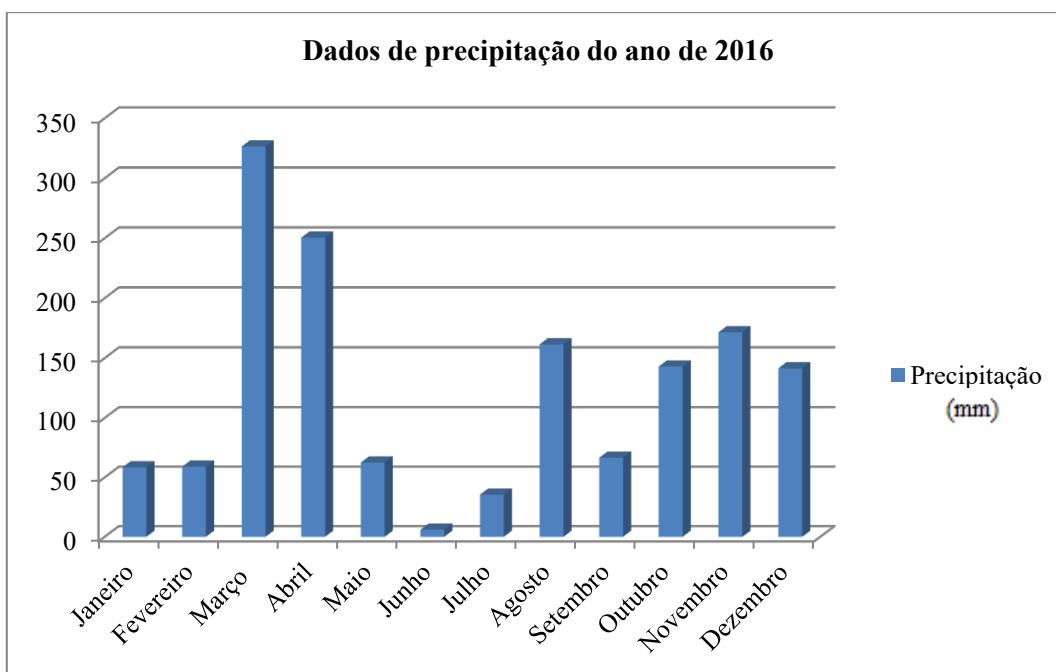


Figura 27: Gráfico referente aos dados de precipitação do ano de 2016.

O mês de junho destacou-se por ser o que registrou o menor volume pluviométrico, com apenas 6 mm de precipitação. No restante dos meses, as médias mensais variaram entre 35,5 e 171,5 mm. Ao longo do ano, foram registrados 1.482,5 milímetros de precipitação neste ponto.

No ano de 2017 os meses com ocorrências dos maiores volumes de chuva foram os meses de janeiro, maio e outubro, como mostra o gráfico da Figura 28, sendo o mês de outubro o mais chuvoso dentre os 3 meses citados, atingindo um volume de 358,5 mm de precipitação. O mês com o menor volume de precipitação foi julho, onde foram registrados apenas 15 mm. No restante do ano, as médias mensais variaram entre 58 e 192 mm. Ao longo de 2017, foram registrados 1.833 milímetros de precipitação neste ponto.

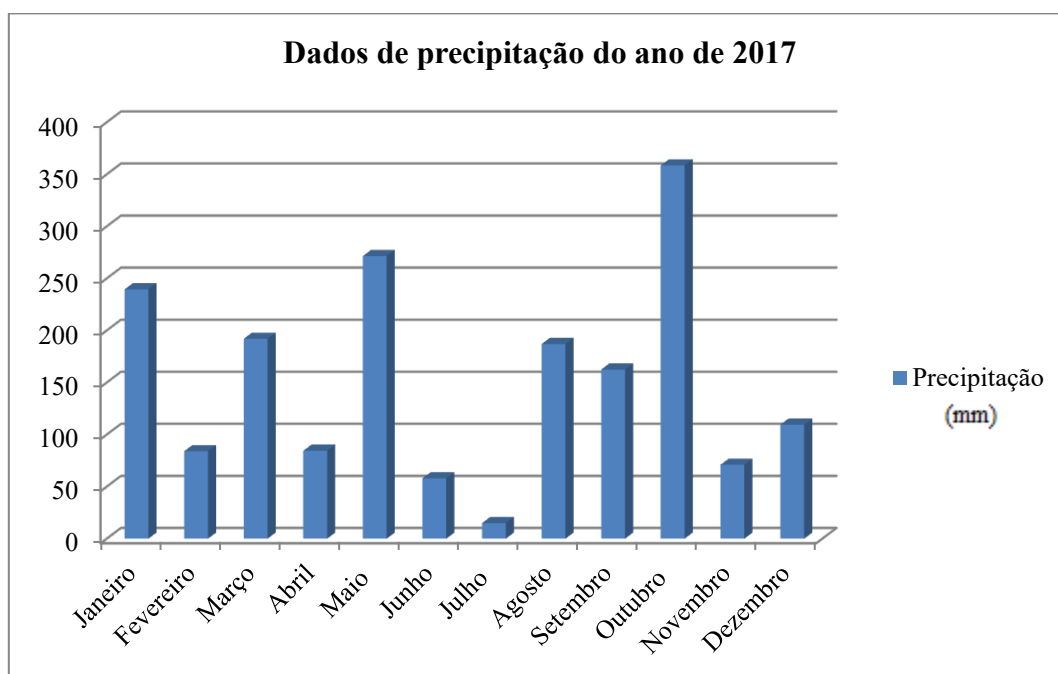


Figura 28: Gráfico referente aos dados de precipitação do ano de 2017.

No ano de 2018 os meses com ocorrências dos maiores volumes de chuva foram os meses de julho e setembro, como mostra o gráfico da Figura 29, sendo o mês de julho o mais chuvoso dentre os 2 meses citados, atingindo um volume de 259 mm de precipitação. No restante do ano, as médias mensais registradas foram inferiores a 200 mm, porém, não sendo registrados meses com precipitações muito baixas, como já registradas em anos anteriores. Ao longo de 2018, foram registrados 1.581 milímetros de precipitação neste ponto.

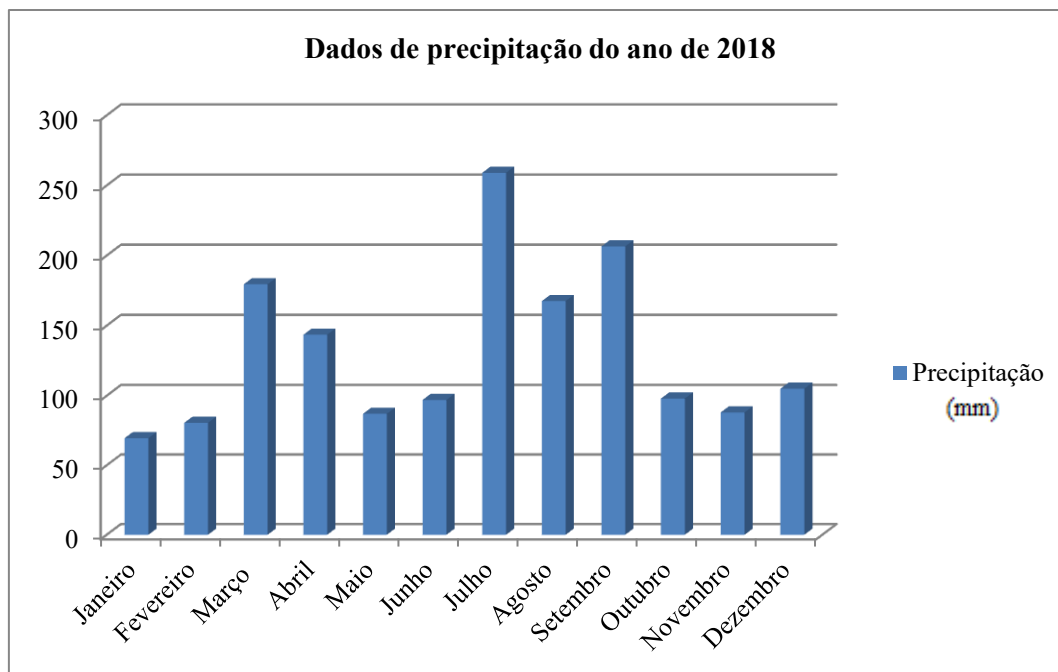


Figura 29: Gráfico referente aos dados de precipitação do ano de 2018.

O ponto 13 encontra-se localizado na área urbana do município de São Lourenço do Sul, deste modo, corresponde à classe hipsométrica de menores cotas topográficas da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço. As quantidades de chuvas registradas nessa região são menores, quando comparadas ao volume de chuva observado nas regiões de maiores cotas topográficas da sub-bacia, como nos pontos 1 e 6.

O gráfico da Figura 30 mostra os registros de chuvas anuais referentes aos anos de 2015, 2016, 2017 e 2018, onde os volumes anuais registrados variaram entre 1.482 mm e 1.892 mm, não sendo registrado, durante o período de pesquisa referente à precipitação, uma média anual superior a 2.000 mm, como registrado no ponto 6.

Ressalta-se a ocorrência de meses bastante chuvosos em todas as estações do ano, independente da temperatura.

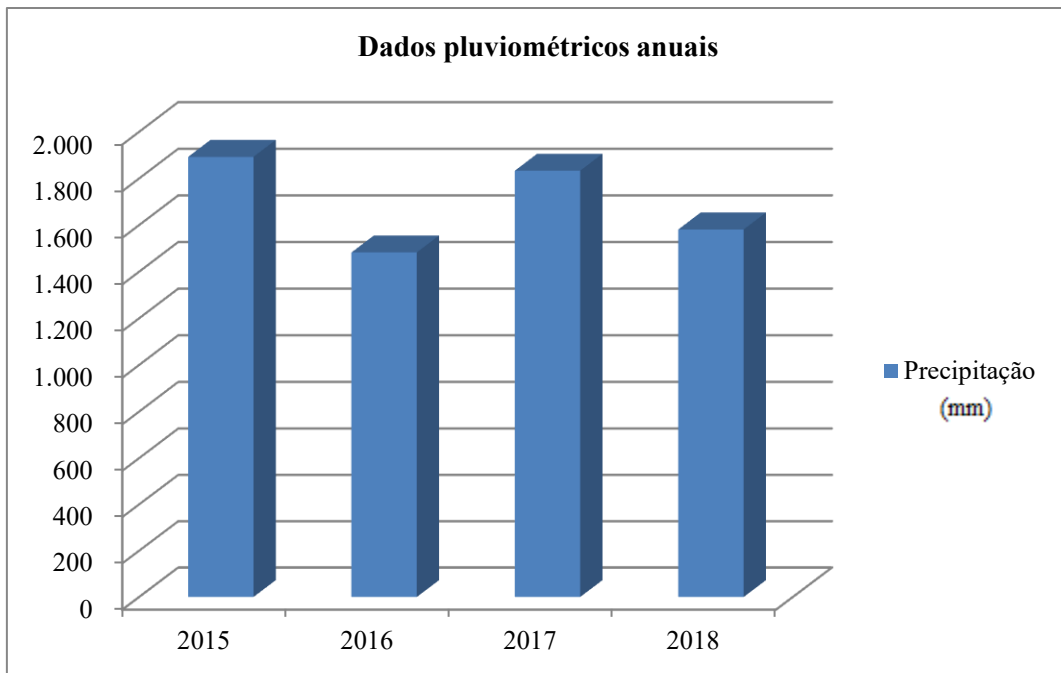


Figura 30: Gráfico referente aos dados pluviométricos anuais do ponto 13.

5.3.1.4. Comparação entre os dados de precipitação dos pontos 6, 1 e 13

No gráfico da Figura 31 encontram-se organizados os somatórios anuais das precipitações ocorridas em 3 pontos da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, onde os volumes de chuvas anuais dos distintos pontos podem ser comparados.

Quando analisados os dados pluviométricos dos 3 pontos, nos quais já haviam registros anteriores ao início da pesquisa, pode-se observar que nos pontos denominados como 1 e 13 os volumes pluviométricos anuais são similares, enquanto no ponto 6, os volumes são consideravelmente maiores, como mostra o gráfico da Figura 31.

Precipitação Anual nos Pontos de Análise

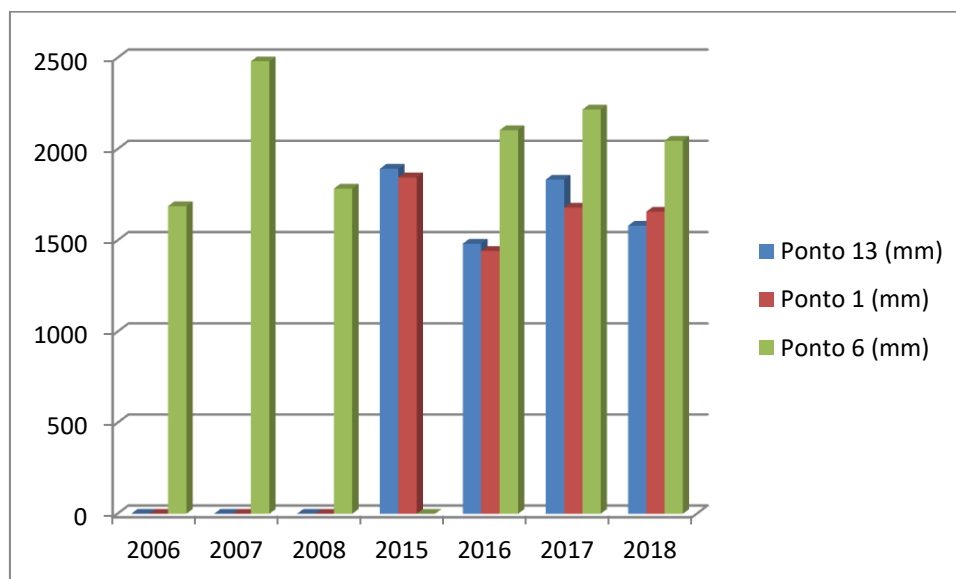


Figura 31: Gráfico referente à precipitação anual nos pontos 13, 1 e 6.

Os pontos em questão, encontram-se localizados em distintas cotas topográficas, sendo o ponto 13, localizado dentro do perímetro urbano do município, com uma altitude de 12 metros, o ponto 1, encontra-se localizado as margens da BR 116, porção mais central da sub-bacia, com altitude de 93 metros. O ponto 6 encontra-se localizado próximo ao limite da montante da sub-bacia e possui altitude de 155 metros.

O distinto comportamento pluviométrico pode ser explicado com base na diferença topográfica existente na área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, onde as cotas topográficas variam em, aproximadamente, 200 metros, da montante da sub-bacia até o exutório. É comumente observado e cientificamente provado, como referenciado em capítulos anteriores, que o volume de precipitação é maior em áreas topograficamente mais elevadas quando comparado às áreas de topografia mais baixa, o que também é evidenciado quando comparados os pontos 6 e 13, assim como quando comparados os pontos 6 e 1.

Destaca-se o fato de que toda a precipitação que ocorre na área da sub-bacia e que é transportada por meio de drenagens, chega até o exutório da mesma, localizado na área urbana do município, o que tende a aumentar os riscos e as ocorrências de inundações bruscas.

5.3.2. Registros Pluviométricos

Os volumes de precipitação obtidos por meio dos pluviômetros instalados na área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço encontram-se expressos na Tabela 6, sendo estes, o somatório de toda a precipitação referente aos 9 meses de coleta de dados, para cada um dos pontos.

Tabela 6: Volume de precipitação na sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço nos 15 pontos de coleta de dados.

Latitude	Longitude	Altitude	Local	Precipitação
31° 22' 22.30''	52° 6' 23.95''	93 m	Ponto 1	1.427,5 mm
31° 20' 38.34''	52° 4' 41.99''	27 m	Ponto 2	1.169,5 mm
31° 19' 9.06''	52° 6' 17.26''	100 m	Ponto 3	1.423 mm
31° 20' 12.1''	52° 9' 28.1''	110 m	Ponto 4	1.402 mm
31° 17' 56''	52° 9' 19.9''	119 m	Ponto 5	1.448 mm
31° 17' 51.84''	52° 12' 2.08''	155 m	Ponto 6	1.471 mm
31° 15' 25.8''	52° 12' 28.7''	226 m	Ponto 7	1.359 mm
31° 15' 15.1''	52° 11' 08.1''	202 m	Ponto 8	1.398 mm
31° 15' 2.4''	52° 9' 27.2''	204 m	Ponto 9	1.509 mm
31° 14' 28.2''	52° 7' 51''	189 m	Ponto 10	1.510 mm
31° 15' 41.8''	52° 7' 19.2''	123 m	Ponto 11	1.346 mm
31° 16' 12.8''	52° 3' 59.7''	161 m	Ponto 12	1.486 mm
31° 21' 48.88''	51° 59' 16.84''	12 m	Ponto 13	1.170 mm
31° 22' 31.1''	51° 58' 1.8''	6 m	Ponto 14	1.219 mm
31° 22' 36.2''	52° 02' 56.8''	23 m	Ponto 15	1.215 mm

Com base nos dados expressos na Tabela 6, verifica-se que o volume de precipitação nas áreas com menores cotas topográficas é inferior ao registrado nas áreas com topografias mais elevadas. Nos pontos de coleta de dados denominados como 2, 13, 14 e 15, sendo estes os pontos de menores cotas topográficas, o volume pluviométrico registrado entre os meses destinados à pesquisa foi variável entre 1.169,5 mm a 1.219 mm, enquanto nas áreas com cotas topográficas entre 93 m a 226 m foram registradas precipitações entre 1.346 mm a 1.510 mm, confirmando a teoria abordada inicialmente, de que em áreas topograficamente mais altas, montante da bacia, o volume de precipitação registrado é superior em comparação à jusante da bacia.

A partir do somatório de precipitação obtido para cada ponto de coleta, evidenciou-se a distribuição pluviométrica das chuvas dentro da área da sub-bacia

hidrográfica, onde foi possível a confirmação da variabilidade na quantidade de chuva dentro da mesma. Constatou-se que o maior volume de precipitação, no período referente ao desenvolvimento da pesquisa, foi registrado na porção centro-norte da área. Em contrapartida, na porção sul, os valores foram consideravelmente menores.

Com base nos dados de precipitação expressos na Tabela 6, pode se determinar a alta variabilidade de chuva dentro da área da sub-bacia, quando comparados os dados obtidos em distintos pontos, assim como, a alta variabilidade de precipitação registrada ao longo dos meses destinados a pesquisa (ANEXO B).

A análise referente aos dados pluviométricos serve de base para o conhecimento do comportamento da precipitação na área da sub-bacia, e a partir deste, pode-se determinar que eventos de intensa precipitação podem ser registrados em qualquer época do ano nesta região. Com base nestas informações, ressalta-se que a região necessita de contínuo monitoramento das chuvas, e conseqüentemente, o monitoramento de possíveis eventos extremos, tanto de inundações graduais, as quais são registradas com maior frequência, quanto de inundações bruscas.

5.4 Caracterização da área urbana do município de São Lourenço do Sul

Os mapas referentes à área urbana do município de São Lourenço do Sul foram realizados no trabalho de Behling (2015), a partir de dados coletados por meio do levantamento geodésico.

5.4.1. Hipsometria da área urbana do município de São Lourenço do Sul

Uma das principais características da área urbana do município de São Lourenço do Sul é sua pequena amplitude de cotas topográficas, onde as menores altitudes, observadas na porção sul da área correspondem a altitudes de, aproximadamente, 8 metros, e as maiores, são cotadas em 35 metros, e encontradas na porção sudoeste e norte da área.

O mapa hipsométrico (Figura 32), foi realizado a partir da definição de distintas classes temáticas, expressas em metros, as quais correspondem as altitudes entre 8 e 35m, representativas da área em estudo.

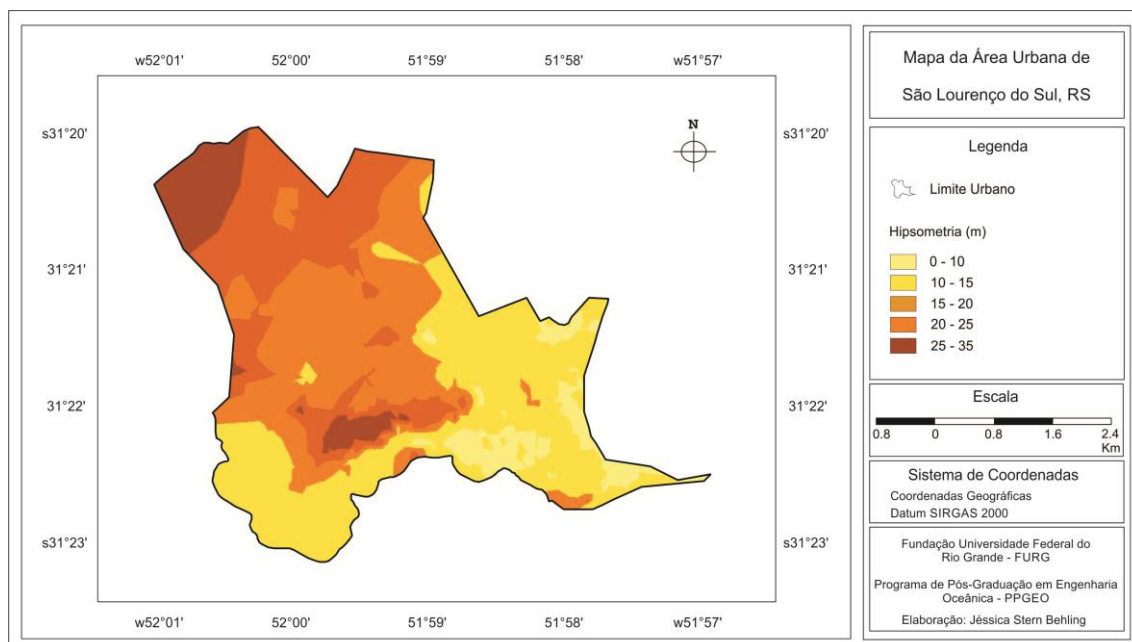


Figura 32: Mapa hipsométrico referente à área urbana do município de São Lourenço do Sul. (Fonte: Modificado de Behling 2015).

A partir do mapa hipsométrico é possível distinguir a localização das áreas mais planas e conseqüentemente, mais suscetíveis às inundações, tanto inundações graduais, quanto bruscas, bem como as menos suscetíveis, as quais são representadas por áreas topograficamente mais elevadas.

Este mapa é de fundamental importância para o decorrer da pesquisa, pois por meio deste, foram determinadas e zoneadas as áreas de perigo e risco à inundação no perímetro urbano do município.

5.4.2. Representação das Cotas de Inundação para uma Inundação Gradual

Por meio do levantamento topográfico e geodésico, realizado em 2015, obtiveram-se as altitudes referentes ao perímetro urbano do município de São Lourenço do Sul, para que, de acordo com estas altitudes, fosse realizada a representação referente à inundação gradual, tendo sido esta, elaborada com base nas cotas topográficas do município.

A representação das áreas de risco à inundação gradual foi realizada a partir da menor cota topográfica da área, sendo esta o nível médio do arroio São Lourenço. A partir deste referencial, foram realizadas as representações dos mapas de inundação gradual e suas respectivas áreas atingidas para distintos volumes de precipitação e, respectivamente, níveis de inundação.

A representação da inundação gradual iniciou com a elevação do nível médio do arroio em 1 metro, onde, em pontos isolados, a água começa a ocupar as áreas topograficamente mais baixas, como mostra a Figura 33.a, até a representação da maior cota de inundação gradual, correspondente a 4,5 m acima do nível de referência Figura 33.h.

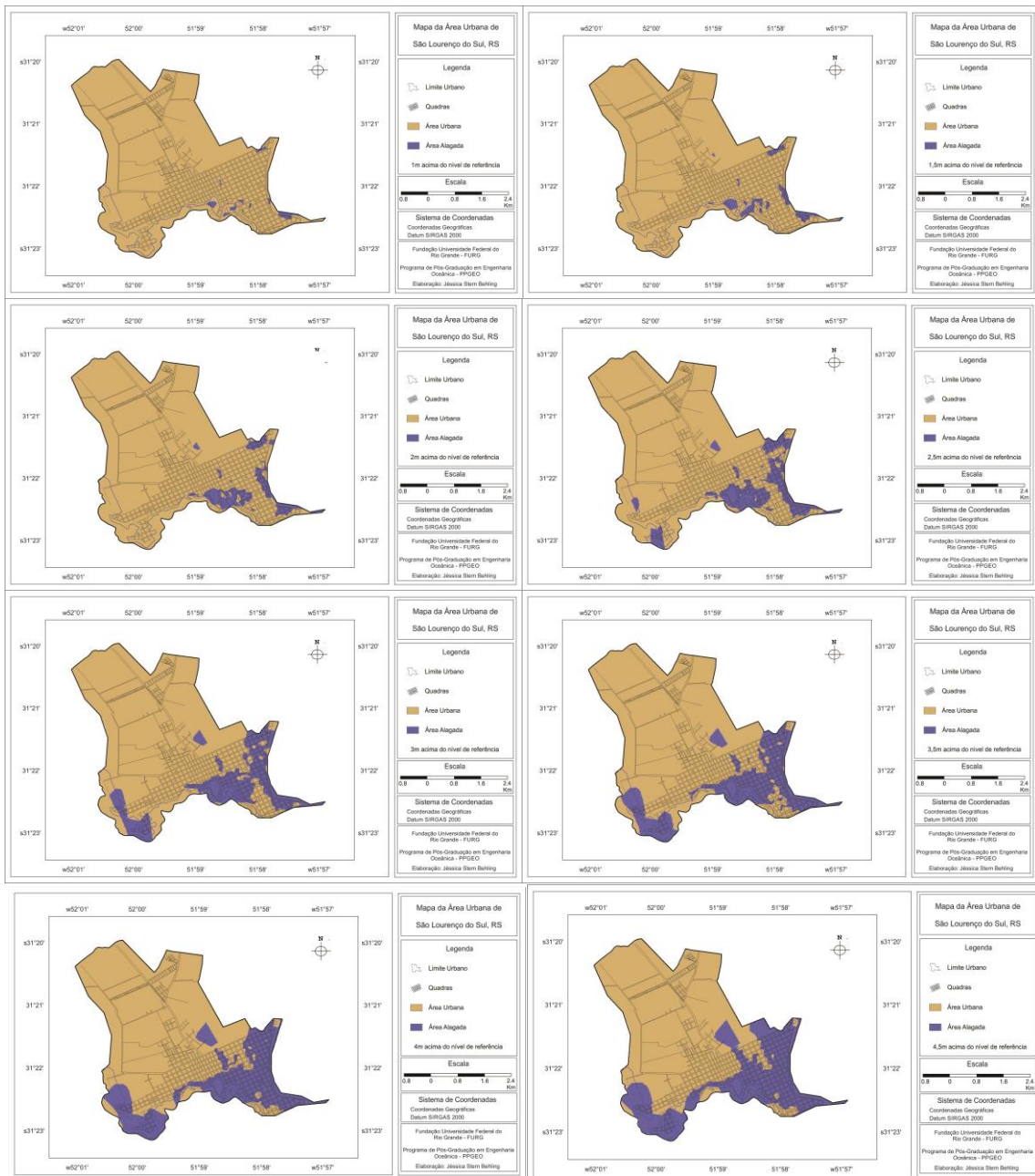


Figura 33: Cotas de inunda o gradual. a) Cota de inunda o gradual com 1 m acima do n vel de refer ncia. b) Cota de inunda o gradual com 1,5 m. c) Cota de inunda o gradual com 2 m. d) Cota de inunda o gradual com 2,5 m. e) Cota de inunda o gradual com 3 m. f) Cota de inunda o gradual com 3,5 m. g) Cota de inunda o gradual com 4 m. h) Cota de inunda o gradual com 4,5 m acima do n vel de refer ncia. (Fonte: Modificado de Behling, 2015).

As an lises descritas a seguir, referentes aos mapas de inunda o gradual foram realizadas por BEHLING, 2015. Na cota de inunda o de 1m,  reas cotadas entre 8 e 9 m de altitude encontram-se dentro da zona atingida, a Figura 33.a apresenta as primeiras manchas de inunda o registradas na  rea urbana do munic pio, correspondendo  s

regiões de menores cotas topográficas, sendo estas, registradas dentro dos seguintes bairros: bairro Centro Sul, localizado as margens do arroio São Lourenço, bairro Navegantes, a porção leste do bairro Balneário e uma pequena porção do bairro Barrinha.

Na cota de inundação de 1,5 m, áreas entre 8 e 9,5 m de altitude encontram-se dentro da zona de risco, como observado na Figura 33.b. As áreas mais expostas à inundação gradual na cota de inundação de 1,5 m foram mapeadas as margens do arroio São Lourenço, na localidade referente ao bairro Centro Sul, e as margens do arroio Caraá, assim como, à beira da praia da Barrinha. Na referida cota de inundação pequenas áreas correspondentes ao bairro Avenida apresentam-se sujeitas à inundação.

Na cota de inundação de 2 m, as áreas entre 8 e 10 m de altitude encontram-se dentro da área suscetível à inundação, como observado na Figura 33.c. Nesta representação os bairros atingidos foram: Centro Sul, Centro, Balneário, Navegantes, Barrinha e Avenida. As áreas mais afetadas na cota de inundação de 2 metros encontram-se localizadas próximas aos cursos d'água (arroyos e Lagoa), coincidindo, em alguns destes, com as áreas de preservação permanente, que em muitos casos encontram-se irregularmente ocupadas. Nesta circunstância, ocorrem pontos de inundações em, cerca de, 47 quadras do perímetro urbano.

Na cota de inundação de 2,5 m, áreas entre 8 e 10,5 m de altitude encontram-se dentro da zona de risco, como mostra na Figura 33.d. Nesta cota de inundação, aproximadamente, 106 quadras referentes ao perímetro urbano, encontram-se inseridas na área de risco à inundação, atingindo, principalmente, os bairros Centro Sul, Centro, Barrinha, Navegantes, Balneário, Avenida e o Medianeira. A porção sul do bairro Medianeira encontra-se localizada às margens do arroio São Lourenço, sendo atingido a partir da cota de inundação de 2,5 metros.

Na cota de inundação de 3 m, áreas entre 8 e 11 m de altitude encontram-se em zona de risco, como mostra a Figura 33.e. Nesta cota, aproximadamente, 132 quadras são atingidas. Nesta representação, nota-se que os bairros afetados pela água são os mesmos descritos anteriormente, verificando-se um aumento na área inundada.

Na cota de inundação de 3,5 m, áreas entre 8 e 11,5 m de altitude encontram-se dentro da zona de risco, como mostra a Figura 33.f. A partir da cota de inundação de 2,5 m, os bairros atingidos são os mesmos, aumentando, apenas a porcentagem de área

atingida, conforme o aumento na cota de inundação. Na cota de inundação de 3,5 m, cerca de, 149 quadras são atingidas, registrando um aumento de 17 quadras, em comparação a cota anterior (3 m).

Na cota de inundação de 4 m, áreas entre 8 e 12 m de altitude são consideradas pertencentes à zona de risco, como mostra a Figura 33.g, onde, cerca de, 174 quadras encontram-se dentro da área de risco à inundação gradual.

Na cota de inundação de 4,5 m, as áreas entre 8 e 12,5 m de altitude encontram-se dentro da zona de risco, como mostra a Figura 33.h, onde, cerca de, 189 quadras estão em áreas suscetíveis à inundação gradual. A partir da cota de inundação de 4,5 m, a região inundada tende a estabilizar, sendo registrado apenas o aumento do nível da água nas áreas já inundadas.

Existem outros fatores climáticos, que associados a eventos de precipitação podem potencializar as ocorrências de inundações graduais, dentre estes, pode-se destacar a ação do vento. Dentro da área em estudo, mais precisamente, na área urbana do município, há registros de eventos de precipitação, onde a inundação foi agravada devido às condições do vento. Em muitos casos os ventos provindos de sudoeste, podem ocasionar o aumento do nível da água da Lagoa dos Patos, fazendo com que a mesma, circule na direção oposta, elevando os níveis de água do arroio São Lourenço. Este fenômeno, associado à precipitação faz com que o arroio ocupe sua planície de inundação de forma mais rápida (BEHLING, 2015).

O efeito do vento na Lagoa dos Patos é bastante importante, devido à sua grande dimensão, e também à orientação de seu eixo longitudinal (nordeste-sudoeste), que é alinhado com a direção predominante dos ventos (CASTELÃO e MOLLER JR. 2003).

Na Lagoa dos Patos o efeito do vento pode ser dividido em duas partes, representando os efeitos local e remoto (CASTELÃO e MOLLER JR. 2003). O vento de efeito remoto que atua sobre a plataforma continental causa elevação ou abaixamento no nível da costa, por transporte de Ekman (CASTELÃO e MOLLER JR. 2003), o abaixamento no nível na costa é causado por ventos de nordeste, enquanto que ventos de sudoeste causam elevação no nível, fato este, que também pode ser observado na região de São Lourenço do Sul.

A tensão do vento de efeito local atua também diretamente sobre a superfície da Lagoa dos Patos ocorrendo transferência de momento do vento para a água

(CASTELÃO e MOLLER JR. 2003), este tipo de atuação causa desníveis entre as extremidades do sistema (setup/setdown). Ventos de nordeste causam empilhamento de água na Feitoria, enquanto os ventos de sudoeste empilham água na região e Itapoã (CASTELÃO e MOLLER JR. 2003).

A partir destes conceitos, pode-se determinar que a tensão do vento nordeste, de efeito local, tende a causar o empilhamento de água na Lagoa dos Patos no município de São Lourenço do Sul, enquanto a tensão do vento sudoeste tende a apresentar o efeito inverso, nesta mesma região.

Outro fator importante a ser destacado, que também agrava o processo de inundação gradual é a impermeabilização do solo, devido ao processo de urbanização dos municípios. A impermeabilização do solo, causada pelo desenvolvimento da malha urbana, altera profundamente o escoamento superficial das águas pluviais. O volume de chuva, que anteriormente à urbanização, era retido pela vegetação e infiltrava no solo, passa a escoar rapidamente até atingir os canais de drenagem, o que resulta em um aumento significativo da vazão máxima dos rios, causando inundações que podem ter consequências catastróficas (TUCCI, 1995).

Juntamente com o fator de impermeabilização do solo, destacam-se como agravadores no processo de inundação a ocupação de áreas de preservação permanente, como neste caso, pode-se exemplificar a partir das margens do arroio São Lourenço, que encontram-se completamente ocupadas dentro do perímetro urbano. Associado a ocupação de áreas destinadas à preservação, encontra-se o desmatamento das margens do arroio, o que, de mesma forma, contribui para o agravamento das ocorrências de inundações graduais, pois parte da precipitação que ficaria retida na vegetação e infiltraria no solo, em margens de arroios urbanizadas, também se transformará em escoamento superficial.

A partir dos conceitos abordados, conclui-se que os agrupamentos de distintos fatores climáticos e de ocupação urbana contribuem para o agravamento das ocorrências de inundações graduais na área urbana do município de São Lourenço do Sul, assim como, observado em diversos municípios do país.

5.4.3. Coleta de Dados Sobre a Inundação Brusca de 2011

Os pontos amostrais são referentes às quadras onde foram realizadas as entrevistas sobre o evento de inundação ocorrido na área urbana no ano de 2011. As entrevistas foram realizadas nos bairros atingidos pelo evento, sendo estes: bairro Centro Sul, Navegantes, Centro, Barrinha, Lomba e Medianeira, com exceção do bairro Balneário, que também foi alvo das entrevistas, devido sua localização (à beira do arroio São Lourenço e Lagoa dos Patos), porém não foi atingido no evento de 2011. Os bairros atingidos neste evento encontram-se localizados principalmente às margens do arroio São Lourenço e na porção sudeste da área urbana.

No bairro Balneário, localizado no sul da área urbana também foram realizadas entrevistas com os moradores, porém o mesmo não foi atingido neste evento, conforme os dados obtidos em campo. A realização das entrevistas neste bairro é justificada devido à localização do mesmo, sendo este margeado pelo arroio São Lourenço, praia das Ondinhas e praia das Nereidas.

As entrevistas foram realizadas entre os meses de fevereiro e junho de 2019, onde foram coletados dados em 166 quadras, com a finalidade de mapear e zonear as áreas mais afetadas no referido evento de inundação brusca.

5.4.4. Suscetibilidade à Inundação Brusca

A área suscetível à inundação brusca é limitada pelo arroio São Lourenço e pela Lagoa dos Patos. O mapeamento de suscetibilidade à inundação foi realizado com base nas informações coletadas em campo, por meio de entrevistas. A partir dos dados obtidos nestas entrevistas foram plotados no mapa da área urbana do município as áreas atingidas no evento de inundação brusca de 2011, sendo então, delimitada a área correspondente à suscetibilidade à inundação brusca, sendo esta representada no mapa da Figura 34, a partir da delimitação da área suscetível a inundação foram zoneadas as áreas correspondentes ao perigo, vulnerabilidade e ao risco de inundação.

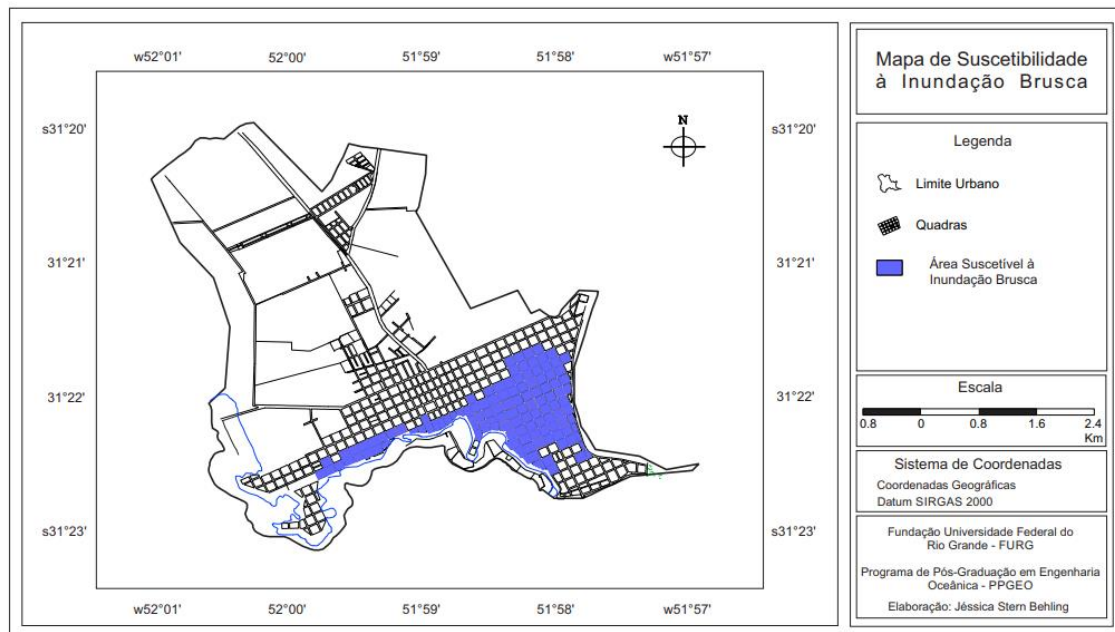


Figura 34: Mapa de suscetibilidade à inundação brusca.

5.4.5. Zoneamento das Áreas de Perigo à Inundação Brusca na Zona Urbana

5.4.5.1. Bairro Balneário

O bairro Balneário encontra-se localizado às margens do arroio São Lourenço, da Praia das Ondinhas e da Praia das Nereidas, no sudeste da área de estudo. Este bairro pode ser caracterizado pelo seu alto padrão construtivo, sendo composto por 27 quadras, das quais 21 foram alvos das entrevistas realizadas em campo, como mostra a Figura 35. As entrevistas neste bairro foram realizadas entre os dias 11, 12 e 13 de fevereiro de 2019.

A numeração utilizada para a organização das quadras entrevistadas foi obtida por meio do mapa da área urbana do município de São Lourenço do Sul. As entrevistas no bairro Balneário foram realizadas nas respectivas quadras 0, 224, 217, 205, 216, 206, 206A, 191, 175, 157, 175, 192, 176, 193, 177, 157, 159, 139, 0 praça, 138A, 138.



Figura 35: Figura de localização das quadras que compõem o bairro Balneário.

Nenhuma casa localizada neste bairro foi atingida no evento de inundação de 2011, contudo, em algumas destas a água invadiu o pátio, porém não sendo registrados danos decorrentes deste registro. Das 21 residências e estabelecimentos comerciais visitados, somente em quatro destes foi mencionado algum tipo de registro de água, como mencionado anteriormente, na área do pátio das residências.

Os moradores das quadras 138, 192 e 206 relataram que água invadiu somente o pátio da residência. A moradora da quadra 206A relatou que a água chegou até o portão da parte da frente da casa, enquanto na parte dos fundos, onde o terreno é um pouco mais baixo, a água chegou até a porta da lavanderia. Contudo, nenhuma residência localizada neste bairro teve registro de estragos pela ação da água.

Na mesma entrevista, foi questionado aos moradores se os mesmos recordavam de outros eventos de origem hidrológica que tivessem registrado algum tipo de dano nas residências. Mesmo o bairro não possuindo histórico de inundações severas, alguns moradores relataram outros eventos onde registrou-se acúmulo de água em alguns pontos do bairro. O proprietário das Cabanas “Recanto da Lagoa” (quadra 217) relatou alguns eventos onde ocorreram pequenos alagamentos na área das cabanas e suas

proximidades, sendo estes registrados nos anos de 1983, 1986, 1992 e 4 de novembro de 2015.

A moradora da quadra 206 descreveu outro evento que fez com que a água invadisse o pátio da residência, no período de outubro de 2015, quando foram registrados consecutivos dias de precipitação, associados ao vento que fez com que o nível da lagoa subisse, sendo caracterizado como um processo de inundação gradual. O morador da quadra 192 também mencionou que em 2015 a água invadiu o pátio da residência, no mesmo evento descrito pela moradora da casa da quadra 206.

Sobre o bairro Balneário ressalta-se que o mesmo não possui histórico de inundações severas, sendo relatados somente pequenos eventos onde foram registrados alagamentos isolados.

As residências que compõem o bairro Balneário são caracterizadas por seu padrão construtivo de médio a alto e, conseqüentemente, por sua alta capacidade de recuperação após eventos extremos, por isso, o mesmo é caracterizado como sendo um bairro de baixo grau de vulnerabilidade, mesmo sendo localizado à beira da Lagoa dos Patos e às margens do arroio São Lourenço.

O bairro Balneário também não faz parte da área de perigo, por não ter registro de casas inundadas no evento extremo mais recente ocorrido na região de estudo.

5.4.5.2. Bairro Centro Sul

O bairro Centro Sul encontra-se localizado às margens do arroio São Lourenço, sendo composto por um total de 32 quadras, dentre estas 22 localizadas à beira do arroio. O bairro é caracterizado por seu padrão construtivo de médio a baixo. Das 32 quadras que compõem o bairro, 3 destas encontram-se abandonadas ou não possuem residências. As entrevistas foram realizadas em 25 quadras do bairro, como mostra a Figura de localização 36, entre os dias 12 e 13 de fevereiro de 2019.

A numeração utilizada para a organização das quadras entrevistadas foi obtida por meio do mapa da área urbana do município de São Lourenço do Sul. As entrevistas no bairro Centro Sul foram realizadas nas quadras: 94, 95, 98, 62, 80, 22, 28, 34, 40, 45,

50, 56, 71, 70, 79, 78B, 78A, 89, 88, 87, 86, 102, 102, 100 e 97. Neste bairro, todas as quadras foram atingidas pelo evento de inundação brusca ocorrido no ano de 2011.



Figura 36: Figura de localização das quadras que compõem o bairro Centro Sul.

As marcações dos níveis de água dentro das residências são bastante variáveis neste bairro, porém, praticamente todas estão acima do nível pré-determinado como sendo o de alto grau de perigo, sendo este correspondente ao nível de 1 metro, com exceção da quadra 28.

Dentre as 25 quadras alvos das entrevistas, em 19 destas, ou seja, em 76%, os níveis de água que atingiram as residências foram superiores aos 2 metros, em um caso específico o nível chegou à marca de 3 metros. O restante do bairro, os registros foram inferiores, sendo que em 20% das quadras deste bairro o nível de água variou entre 1 e 1,90 m e em apenas 1 residência o nível de água registrado foi de 0,90 m.

Em uma das residências selecionada para a entrevista e localizada à beira do arroio São Lourenço, na quadra 62, o morador mencionou que o nível de água dentro da casa chegou à altura de 2,70 m, sendo necessário que ele e a esposa nadassem para

conseguir sair da casa, que fica localizada às margens de um dos meandros do arroio. O mesmo morador relatou que na enchente de 1941 a residência também foi atingida.

Na quadra 80, a moradora descreveu que parte da água que entrou na residência foi oriunda dos ralos da casa, tanto do banheiro como da parte externa da mesma, este fenômeno ocorreu devido ao fato da tubulação de esgoto da área urbana possuir seu ponto final localizado no arroio São Lourenço, e quando o seu nível aumenta muito, a água do arroio tende a retornar para a área urbana através desta mesma tubulação, este fenômeno ocorre devido a topografia da área ser relativamente plana, o que facilita a ocorrência deste processo.

Na quadra 78B a moradora entrevistada contou que o nível de água chegou à altura de 2 metros, e que na mesma quadra ocorreram mortes por afogamento, em virtude das moradoras não conseguirem deixar a residência antes que a mesma fosse tomada pela água.

A moradora residente na quadra 89 descreveu que o nível máximo que a água atingiu na parte externa da casa foi de 3 metros, ela acrescenta que houve a formação de uma onda, que durou cerca de 2 minutos e encobriu praticamente toda a casa, ficando somente uma parte do telhado exposta. Após a passagem da onda, o nível de água se manteve na altura de 2,30 m, até que no final da tarde não havia mais água dentro da residência.

De acordo com o relato de um policial o nível de água na parte externa da sede da Brigada Militar chegou à altura de 3 metros. O mesmo contou que por vários meses após o evento de inundação a Brigada recebia ligações anônimas, nas quais era dito que estava acontecendo uma inundação na cidade, com o intuito unicamente de gerar um transtorno desnecessário à população com o anúncio de falsas notícias.

A moradora residente da quadra 100 expôs que diversas vezes já perdeu todos os móveis da casa, e que em distintas ocasiões a água atingiu alturas de 1 metro dentro da mesma. A residência mencionada encontra-se localizada as margens do arroio São Lourenço, devido isto e por conta de consecutivos eventos de inundação atingirem a residência, foi construído um segundo pavimento na casa, para reduzir as perdas em eventos que a água do arroio invada as ruas e casas ribeirinhas.

De acordo com os dados obtidos a partir das entrevistas, e relacionados com a topografia da região, pode-se determinar que o bairro Centro Sul é um dos bairros mais

expostos aos riscos em eventos extremos de origem hidrológica, tanto por sua localização, dada nas proximidades do arroio São Lourenço, quanto por sua topografia.

Na classificação referente ao perigo, que utiliza como um dos parâmetros de classificação a proximidade das residências em relação ao arroio São Lourenço, praticamente todas as quadras do bairro encontram-se em áreas de alto grau de perigo (P3), com exceção apenas da quadra 28, que é classificada como sendo de médio grau de perigo (P2).

Outro parâmetro importante na classificação do perigo à inundaç o   a topografia da regi o, que neste caso, praticamente todas as quadras do bairro Centro Sul encontram-se dentro da faixa topogr fica de 8 a 15 metros, com exce o da quadra 28, que localiza-se na classe topogr fica de 15 a 20 metros, e por isso   a quadra com menor exposi o ao perigo, e conseqentemente, a que menos sofreu danos decorrentes do evento extremo, registrando o menor n vel de  gua dentro da resid ncia, como mostra a Tabela 7.

Tabela 7: Quadras onde foram realizadas as entrevistas no bairro Centro Sul.

Quadra	Classe topográfica	Atingida na inunda�o de 2011	Nível de água
94	0 – 10 m	Sim	2 m
95	0 -10 m	Sim	2 m
97	0 -10 m	Sim	2,20 m
98	0 – 10 m	Sim	2,50 m
100	0 – 10 m	Sim	2,50 m
62	10 – 15 m	Sim	2,70 m
80	10 – 15 m	Sim	1 m
22	10 – 15 m	Sim	2,40 m
28	15 – 20 m	Sim	0,90 m
34	10 – 15 m	Sim	2,20 m
40	10 – 15 m	Sim	2 m
45	10 – 15 m	Sim	1,70 m
50	10 – 15 m	Sim	1,90 m
56	10 – 15 m	Sim	1,65 m
70	10 – 15 m	Sim	2,75 m
79	10 – 15 m	Sim	1,60 m
78B	10 – 15 m	Sim	2 m
78 ^a	10 – 15 m	Sim	2,20 m
89	10 – 15 m	Sim	2,30 m
88	10 – 15 m	Sim	3 m
87	10 – 15 m	Sim	2,30 m
86	0 – 10 m	Sim	2,52 m
102	10 – 15 m	Sim	2,43 m
101	10 – 15 m	Sim	2,38 m

Além dos parâmetros topográficos e de proximidade ao arroio para a determinação do grau de perigo, também foi utilizado o registro referente ao nível de água registrado dentro das residências no evento de 2011, que considera como P3 qualquer área com registro de nível superior a 1 metro, sendo esta a classificação destinada a praticamente todo o bairro Centro Sul.

5.4.5.3. Bairro Navegantes

O bairro Navegantes é composto por um total de 48 quadras, tendo sido realizadas as entrevistas em 42 destas (Figura 37). Dentre as quadras destinadas à realização das entrevistas, apenas 5 não foram atingidas pela inundação oriunda do evento extremo de 2011, ou seja, apenas 12% do bairro.

As entrevistas no bairro Navegantes foram realizadas nas respectivas quadras: 178, 193AB, 178A, 193B, 179, 194, 195, 180, 197, 142, 137, 123, 193, 112, 124, 111, 114, 129, 128, 126, 183, 149, 115, 148, 165, 167, 208, 182, 166, 196, 181, 147, 113, 164, 146, 163, 145, 125, 110, 162, 161 e 160, como mostra a Figura 37 e a Tabela 8.



Figura 37: Figura de localização das quadras que compõem o bairro Navegantes.

As marcações dos níveis de água dentro das residências neste bairro são bastante variáveis, ocorrendo desde quadras onde as casas não foram atingidas, até quadras onde o registro de água foi superior a 2 metros.

De acordo com os dados obtidos a partir das entrevistas, e relacionados com a topografia da região, pode-se determinar que o bairro Navegantes possui áreas de alto grau de perigo (P3), médio grau de perigo (P2) e baixo grau de perigo (P1), assim como, em meio a estas, regiões que não foram atingidas pelo evento extremo de 2011, as quais não se enquadram em nenhuma das classificações de perigo.

As áreas caracterizadas como P3, encontram-se localizadas da porção norte ao centro do bairro e em toda a extensão do lado oeste do mesmo, porções estas mais próximas ao arroio São Lourenço. Enquanto na região Sul do bairro são registradas as áreas fora da classificação de perigo, ou seja, áreas onde não foram notados danos oriundos do evento extremo, sendo estas localizadas em contato com o bairro Balneário, o qual também não foi atingido. As áreas correspondentes ao P2 encontram-se do centro do bairro e estendem-se em direção ao sul. Toda a extensão leste do bairro é caracterizada por áreas de baixo grau de perigo (P1).

A partir desta observação, pode-se determinar que o parâmetro físico que mais interfere na classificação de uma área em relação ao seu grau de perigo, no bairro Navegantes, é a proximidade da mesma com o arroio São Lourenço.

Na Tabela 8, encontram-se tabelados os dados referentes às quadras entrevistadas ao decorrer do período de pesquisa, assim como a classe topográfica em que a quadra se encontra e as informações referentes ao evento extremo de inundação brusca.

Tabela 8: Quadras onde foram realizadas as entrevistas no bairro Navegantes.

Quadra	Classe topográfica	Atingida na inundação de 2011	Nível de água
178	10 – 15 m	Sim	0,3 m
193AB	0 – 10 m	Sim	0,2 m
178 ^a	10 – 15 m	Não	---
193B	0 – 10 m	Sim	0,5 m
179	10 – 15 m	Sim	0,8 m
194	0 – 10 m	Sim	1 m
195	0 – 10 m	Sim	0,15 m
180	0 – 10 m	Sim	0,5 m
197	10 – 15 m	Sim	0,15 m
142	10 – 15 m	Não	---
137	10 – 15 m	Sim	1,55 m
123	10 – 15 m	Sim	1 m
193	0 – 10 m	Sim	0,5 m
112	0 – 10 m	Sim	1,5 m
124	10 – 15 m	Não	---
111	10 – 15 m	Sim	1,60 m
114	10 – 15 m	Sim	1,70 m
129	10 – 15 m	Sim	2,30 m
128	10 – 15 m	Sim	1,20 m
126	0 – 10 m	Sim	1,97 m
183	0 – 10 m	Sim	1,20 m
149	10 – 15 m	Sim	2 m
115	10 – 15 m	Sim	2 m
148	10 – 15 m	Sim	1 m
165	10 – 15 m	Sim	0,95 m
167	10 – 15 m	Sim	2,30 m
208	0 – 10 m	Sim	0,15 m
182	0 – 10 m	Sim	1 m
166	10 – 15 m	Sim	1 m
196	10 – 15 m	Sim	0,3 m
181	0 – 10 m	Sim	1,20 m
147	10 – 15 m	Sim	1,65 m
113	0 – 10 m	Sim	1,85 m
164	10 – 15 m	Sim	1,50 m
146	10 – 15 m	Sim	1,80 m
163	10 – 15 m	Sim	0,5 m
145	10 – 15 m	Sim	1,70 m
125	0 – 10 m	Sim	1,60 m
110	10 – 15 m	Sim	1,22 m
162	10 – 15 m	Sim	0,3 m
161	10 – 15 m	Não	---
160	10 – 15 m	Não	---

5.4.5.4. Bairro Centro

O bairro centro é composto por um total de 74 quadras, das quais 30 destas foram selecionadas para a participação nas entrevistas (Figura 38). Devido ao fato deste bairro ter sido pouco atingido, as entrevistas foram realizadas com um maior espaçamento. Com base nos dados obtidos por meio das entrevistas com moradores locais, observou-se que as quadras referentes ao bairro Centro atingidas pela inundação encontram-se localizadas ao sul do mesmo, nas proximidades dos bairros Centro Sul, o qual foi totalmente atingido pela inundação, assim como, nas adjacências dos bairros Navegantes e Barrinha. A porção central do bairro Centro não foi atingida, assim como a porção norte, devido ao fato das mesmas possuírem cotas topográficas mais elevadas e estarem topograficamente mais distantes das margens do arroio São Lourenço e, conseqüentemente, das áreas mais expostas ao perigo de inundação.

Dentre as 30 quadras alvos das entrevistas, em apenas 8 foram registrados prejuízos decorrentes da inundação, onde os níveis de água dentro das residências foi variável entre 30 centímetros e 2 metros, como mostra a Tabela 9.

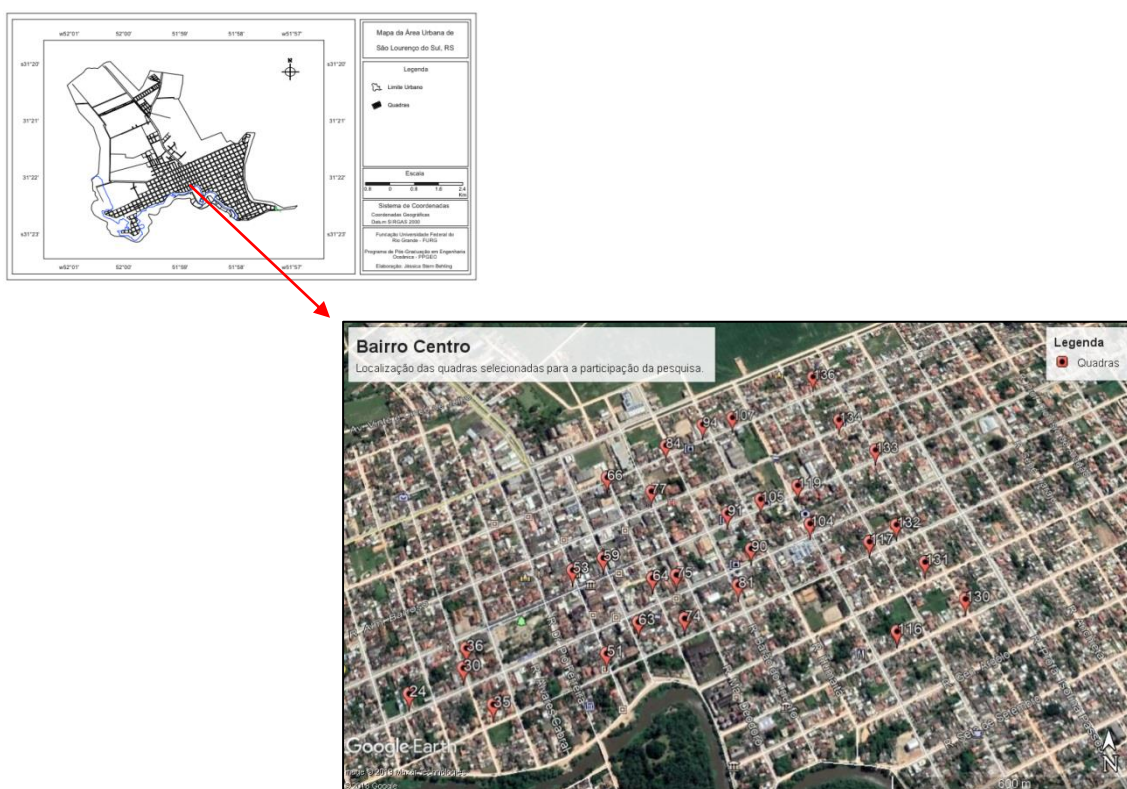


Figura 38: Figura de localização das quadras que compõem o bairro Centro.

A numeração utilizada para a organização das quadras foi obtida por meio do mapa da área urbana do município de São Lourenço do Sul. As entrevistas no bairro Centro foram realizadas nas respectivas quadras: 131, 64, 75, 91, 104, 90, 81, 116, 130, 117, 132, 119, 133, 134, 136, 105, 107, 94, 84, 77, 66, 59, 53, 36, 30, 24, 74, 63, 51 e 35, como mostram a Figura 38 e a Tabela 9.

Tabela 9: Quadras onde foram realizadas as entrevistas no bairro Centro.

Quadra	Classe topográfica	Atingida na inundação de 2011	Nível de água
131	15 – 20 m	Sim	2 m
64	20 – 25 m	Não	---
75	20 – 25 m	Não	---
91	10 – 15 m	Não	---
104	10 – 15 m	Sim	1,20 m
90	10 – 15 m	Não	---
81	0 – 10 m	Sim	0,8 m
116	10 – 15 m	Sim	1,55 m
130	10 – 15 m	Sim	1,80 m
117	10 – 15 m	Sim	1,30 m
132	15 – 20 m	Sim	1,20 m
119	10 – 15 m	Não	---
133	10 – 15 m	Não	---
134	10 – 15 m	Não	---
136	10 – 15 m	Não	---
105	10 – 15 m	Não	---
107	10 – 15 m	Não	---
94	10 – 15 m	Não	---
84	10 – 15 m	Não	---
77	10 – 15 m	Não	---
66	10 – 15 m	Não	---
59	15 – 20 m	Não	---
53	20 – 25 m	Não	---
36	20 – 25 m	Não	---
30	20 – 25 m	Não	---
24	20 – 25 m	Não	---
74	10 – 15 m	Não	---
63	15 – 20 m	Não	---
51	20 – 25 m	Não	---
35	15 – 20 m	Sim	0,3 m

De acordo com os dados obtidos a partir das entrevistas, e relacionados com os parâmetros físicos e topográficos da região, pode-se determinar que no bairro Centro são encontradas áreas de baixo a alto grau de perigo, sendo estas, mapeadas em pontos isolados do bairro. Uma pequena porção referente ao baixo grau de perigo (P1) pode ser

observada na porção sudoeste do bairro, no limite do mesmo com o bairro Centro Sul. A porção referente ao médio grau de perigo (P2) foi mapeada ao sul do bairro, mais precisamente na quadra de número 81. A porção sudeste do bairro é correspondente a área mais atingida dentro do mesmo, com cerca de 5 quadras em situação de alto grau de perigo (P3). A partir deste zoneamento de perigo, determina-se que a maior parte do bairro não encontra-se em área de perigo.

5.4.5.5. Bairro Barrinha

O bairro Barrinha é composto por um total de 52 quadras, das quais 26 foram selecionadas para a participação nas entrevistas. Este bairro, dentre os atingidos no evento de inundação de 2011, é o mais distante do arroio São Lourenço. A porção norte do bairro fica localizada as margens do arroio Caraá, e sua face leste é margeada pela Lagoa dos Patos, mais precisamente, pela Praia da Barrinha. Este bairro também faz divisa com os bairros Centro e Navegantes, sendo estas áreas também atingidas no evento extremo em questão.



Figura 39: Figura de localização das quadras que compõem o bairro Barrinha.

As entrevistas no bairro Barrinha foram realizadas nas respectivas quadras: 150, 168, 170, 171, 172, 184, 155, 154, 153, 151, 169, 185, 186, 214, 210, 211, 209, 198, 199, 200, 152, 201, 212, 188, 202, 701, como mostram a Figura 39 e a Tabela 10.

Tabela 10: Quadras onde foram realizadas as entrevistas no bairro Barrinha.

Quadra	Classe topográfica	Atingida na inundação de 2011	Nível de água
150	10 – 15 m	Sim	1,80 m
168	10 – 15 m	Sim	1,50 m
170	10 – 15 m	Sim	0,60 m
171	10 – 15 m	Sim	0,70 m
172	10 – 15 m	Não	---
184	0 – 10 m	Sim	1,60 m
155	10 – 15 m	Não	---
154	10 – 15 m	Sim	0,54 m
153	10 – 15 m	Sim	0,90 m
151	10 – 15 m	Sim	1,80 m
169	10 – 15 m	Sim	0,90 m
185	10 – 15 m	Sim	0,40 m
186	10 – 15 m	Sim	0,95 m
214	0 – 10 m	Não	---
210	0 – 10 m	Não	---
211	0 – 10 m	Não	---
209	10 – 15 m	Não	---
198	0 – 10 m	Sim	1 m
199	10 – 15 m	Sim	0,60 m
200	10 – 15 m	Sim	0,35 m
152	10 – 15 m	Sim	0,90 m
201	10 – 15 m	Sim	0,80 m
212	10 – 15 m	Sim	0,50 m
188	10 – 15 m	Sim	0,40 m
202	10 – 15 m	Sim	0,50 m
701	10 – 15 m	Não	---

Dentre as 26 quadras analisadas neste bairro 7 encontram-se fora da zona de perigo, não tendo sido atingidas no evento extremo de inundação de 2011, a porção do bairro onde não foram realizadas as entrevistas também corresponde a áreas que não foram atingidas no evento. Dentre as áreas atingidas, foram descritas regiões de baixo a alto grau de perigo. Encontram-se em regiões classificadas como de alto grau de perigo (P3) apenas 4 quadras do bairro, localizadas nas adjacências dos bairros Centro e Navegantes, na porção sudoeste do bairro. Na porção central e em alguns pontos a leste do mesmo foram zoneadas áreas de médio grau de perigo (P2). Em pontos mais isolados do bairro, nas proximidades da praia da Barrinha, assim como, na direção norte, foram

mapeadas as áreas correspondentes ao baixo grau de perigo (P1), sendo estas, as áreas mais distantes do arroio São Lourenço.

5.4.5.6. Bairro Lomba

O bairro Lomba é composto por um total de 28 quadras, dentre estas, foram selecionadas 8 quadras para a realização das entrevistas sobre o evento de inundação de 2011 (Figura 40). O número de entrevistas realizadas foi reduzido por se tratar de um bairro que foi pouco atingido no evento extremo em questão, pois a maior parte do mesmo é composto por áreas topograficamente mais elevadas, onde não são registrados estragados decorrentes de eventos de origem hidrológica.

Com base nos parâmetros de localização e topografia do bairro, e de acordo com as entrevistas realizadas em campo, pode-se determinar que apenas as quadras ao sul do bairro foram atingidas no evento extremo estudado, como mostra a Tabela 11.

As entrevistas no bairro Lomba foram realizadas nas respectivas quadras: 240, 5, 19, 237, 242, 236, 2 e 12, como mostram a Figura 40 e a Tabela 11.

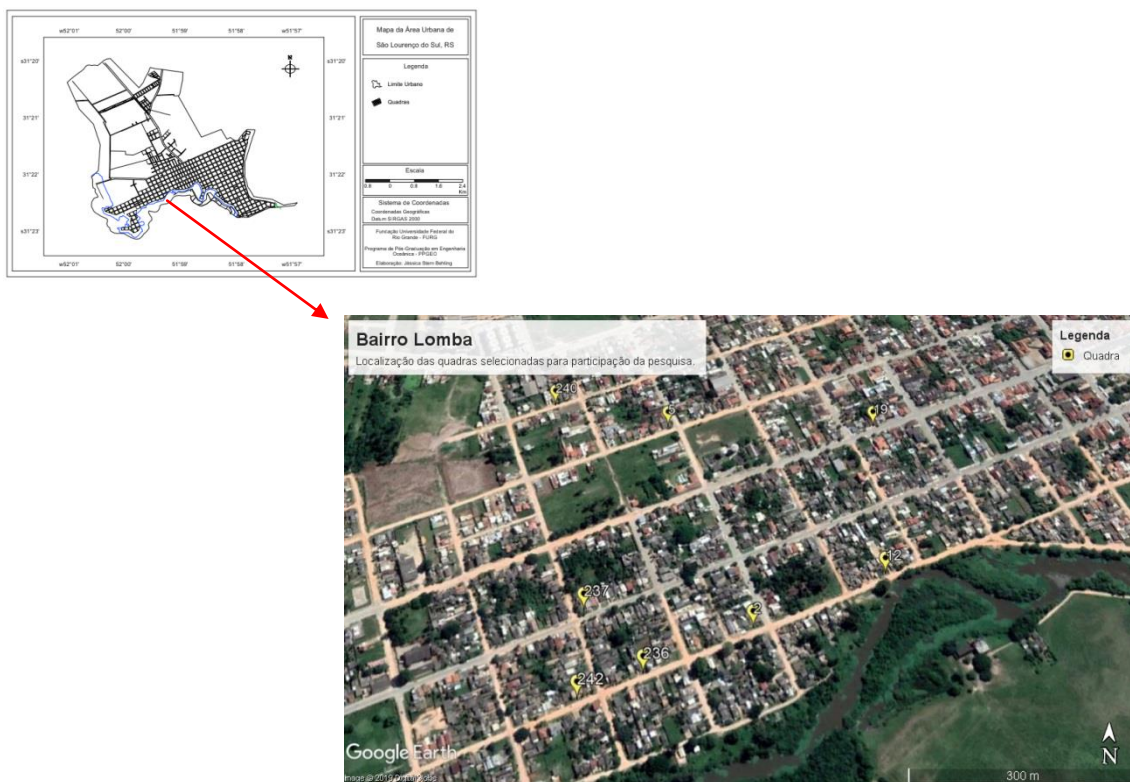


Figura 40: Figura de localização das quadras que compõem o bairro Lomba.

Tabela 11: Quadras onde foram realizadas as entrevistas no bairro Lomba.

Quadra	Classe topográfica	Atingida na inundação de 2011	Nível de água
240	20 – 25 m	Não	---
5	25 – 35 m	Não	---
19	20 – 25 m	Não	---
237	20 – 25 m	Não	---
242	10 – 15 m	Sim	1,5 m
236	10 – 15 m	Sim	2 m
2	15 – 20 m	Sim	2 m
12	10 – 15 m	Sim	2,5 m

Pode-se observar por meio do mapa hipsométrico da área urbana do município, que o bairro Lomba apresenta a maior variação topográfica observada dentre todos os bairros abordados na pesquisa, sendo composto por cotas topográficas de classes que variam entre 10 e 35 metros. Contudo, as áreas de perigo encontram-se, nas classes topográficas de 10 a 15 m e de 15 a 20 m.

De acordo com os dados obtidos a partir das entrevistas, e relacionados com a topografia da região, pode-se determinar que a porção do bairro atingida pela inundação de 2011 é pertencente, exclusivamente, a classificação de alto grau de perigo (P3), pois em todas as quadras atingidas, o registro do nível de água dentro das residências foi superior à marca de 1 m. As áreas atingidas correspondem à porção Sul do bairro, localizadas as margens do arroio São Lourenço. O restante do bairro não foi atingido no evento extremo em questão.

5.4.5.7. Bairro Medianeira

O bairro Medianeira é composto por, aproximadamente, 25 quadras, das quais 14 foram alvos das entrevistas. Dentre os 14 pontos pertencentes à pesquisa, 7 destes foram atingidos pelo evento de inundação em questão.

As entrevistas no bairro Medianeira foram realizadas nas respectivas quadras: 257, 264, 271, 269, 269B, 254, 247, 241, 235, 1, 248, 262, 263 e 256, como mostram a Figura 41 e a Tabela 12.

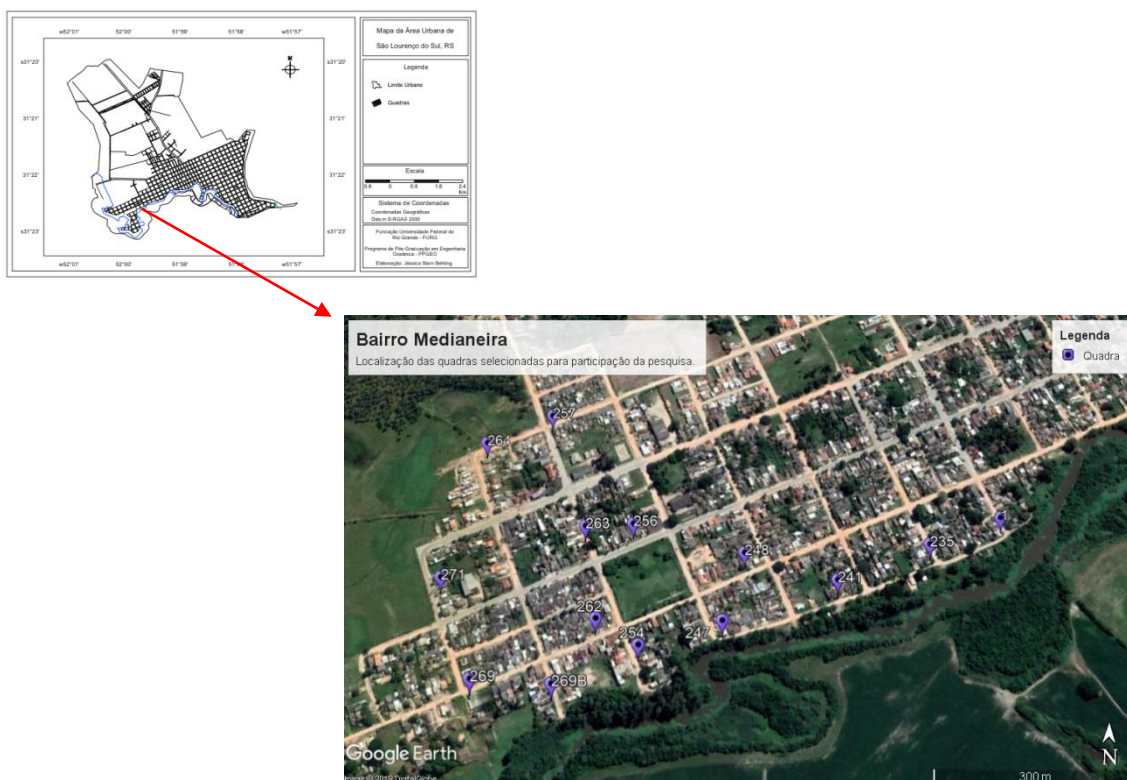


Figura 41: Figura de localização das quadras que compõem o bairro Medianeira.

Tabela 12: Quadras onde foram realizadas as entrevistas no bairro Medianeira.

Quadra	Classe topográfica	Atingida na inundação de 2011	Nível de água
257	20 – 25 m	Não	---
264	20 – 25 m	Não	---
271	15 – 20 m	Não	---
269	15 – 20 m	Não	---
269B	15 – 20 m	Sim	2 m
254	15 – 20 m	Sim	1 m
247	15 – 20 m	Não	---
241	10 – 15 m	Sim	2,20 m
235	10 – 15 m	Sim	2,20 m
1	10 – 15 m	Sim	3 m
248	10 – 15 m	Sim	1,5 m
262	15 – 20 m	Sim	0,5 m
263	20 – 25 m	Não	---
256	20 – 25 m	Não	---

De acordo com um morador local, o processo de dragagem que está sendo realizado no arroio São Lourenço, com o intuito de aumentar a profundidade do mesmo, está reduzindo o registro de alagamentos nas ruas às margens do arroio, pois como mencionado pelo morador, anteriormente ao início da realização da dragagem, em

eventos de precipitação onde eram registradas chuvas de, aproximadamente, 150 mm no interior do município, área correspondente à montante da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, já eram registrados alagamentos nas ruas a beira do arroio, mais precisamente nas quadras 1 e 7, como mencionado. Após o início do processo de dragagem, ocorreram precipitações superiores à marca de 200 mm (precipitação registrada na área da montante da sub-bacia), e a água do arroio não ocupou sua planície de inundação, como de costume.

Dentre as 7 quadras atingidas pela inundação brusca no bairro Medianeira, 6 destas foram classificadas como pertencendo a áreas de alto grau de perigo (P3), pois os níveis de água registrados foram superiores a altura de 1 metro. Em apenas 1 quadra do bairro foi registrado um nível de água de 0,5 m, fazendo com que o grau de perigo nesta localização seja classificado como médio (P2).

- **Zoneamento das áreas de perigo à inundação brusca na zona urbana**

A partir dos dados obtidos por meio das entrevistas com os moradores locais foi possível a realização do mapa referente ao zoneamento das áreas de perigo à inundação brusca na zona urbana do município de São Lourenço do Sul (Figura 42).

Neste mapa pode-se observar as áreas correspondentes a cada grau de perigo, e partir deste, observa-se que a maior parte da área de perigo é classificada como sendo de alto grau, sendo estas, áreas localizadas, principalmente, as margens do arroio São Lourenço, estendendo-se, preferencialmente, em direção ao bairro Navegantes. No mesmo bairro, também observam-se porções mais isoladas correspondentes ao médio e baixo grau de perigo. O bairro Barrinha é classificado, de modo geral, como um bairro de perigo médio a baixo, devido sua maior distância em relação ao arroio São Lourenço.

De modo geral, a maior parte da área atingida pelo evento de inundação brusca de 2011 corresponde a áreas de alto grau de perigo.

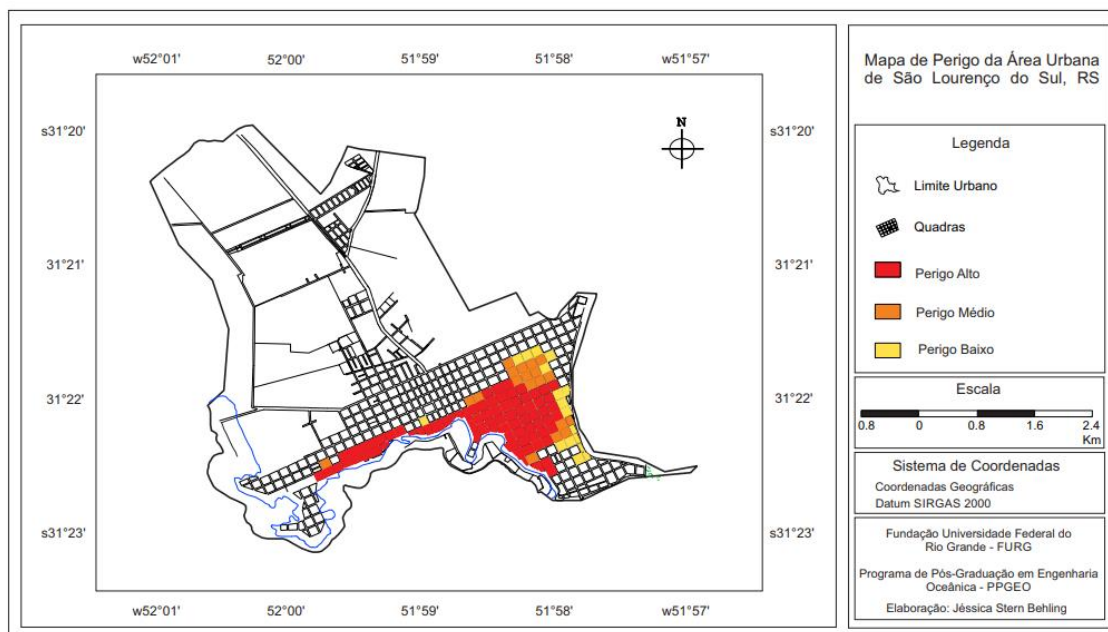


Figura 42: Mapa de zoneamento do perigo à inundação brusca.

5.4.6. Zoneamento das Áreas de Vulnerabilidade à Inundação Brusca na Zona Urbana

A área urbana do município de São Lourenço do Sul trata-se de uma região onde a vulnerabilidade é bastante variável, ou seja, dentro de um mesmo bairro podem ser observadas residências de padrões construtivos muito distintos, o que, conseqüentemente, resulta em uma distinta capacidade de recuperação após a ocorrência de um evento extremo. Estas diferentes características nos padrões residenciais foram observadas dentro de um mesmo bairro, e até mesmo em uma mesma quadra, onde observaram-se residências de alto padrão construtivo, classificadas como de baixo grau de vulnerabilidade, ao lado de residências de baixo padrão construtivo, classificadas como de alto grau de vulnerabilidade. Devido a esta característica observada na área em estudo foi realizada uma análise quadra a quadra, em toda a área de perigo de inundação brusca, onde foi feita uma média referente às características de vulnerabilidade das mesmas para a sua classificação.

5.4.6.1. Bairro Centro Sul

O bairro Centro Sul pode ser caracterizado por possuir duas distintas classificações de vulnerabilidade, sendo estas, de médio e alto grau. A maior parte do bairro é caracterizada como sendo de médio grau de vulnerabilidade (V2), apenas 3 das 25 quadras bairro foram classificadas como de alto grau de vulnerabilidade (V3). As quadras classificadas como V3, encontram-se localizadas às margens do arroio São Lourenço, e são caracterizadas por sua baixa capacidade de recuperação após eventos extremos.

5.4.6.2. Bairro Navegantes

Dentro do bairro Navegantes foram descritas quadras representativas das 3 distintas classificações de vulnerabilidade. A maior parte do bairro é composto por quadras classificadas como sendo de médio grau de vulnerabilidade, sendo estas, correspondentes às áreas classificadas como de baixo a alto grau de perigo. Duas quadras do bairro foram classificadas como sendo de alto grau de vulnerabilidade, uma destas encontra-se localizada à beira da Lagoa dos Patos e corresponde a uma área de baixo grau de perigo, enquanto a outra encontra-se na porção norte do bairro, na divisa com o bairro Barrinha e corresponde a uma área de alto grau de perigo.

Duas quadras deste mesmo bairro também foram classificadas como sendo de baixo grau de vulnerabilidade, sendo estas localizadas na mesma região, na porção norte do bairro, na divisa com o bairro Barrinha, a beira da Lagoa dos Patos. Estas áreas classificadas como de baixo grau de vulnerabilidade (V1), também são classificadas como de baixo grau de perigo (P1), e conseqüentemente, alta capacidade de recuperação após eventos extremos.

5.4.6.3. Bairro Centro

O bairro Centro, como mencionado anteriormente, foi pouco atingido no evento de 2011, como mostra a Tabela 9, onde apenas 8 quadras foram classificadas como pertencendo a áreas de perigo à inundação. Dentre estas 8 quadras, todas foram classificadas como sendo de médio grau de vulnerabilidade, e conseqüentemente, possuem uma capacidade mediana de recuperação após eventos extremos. Apesar do bairro Centro tendo sido pouco atingido, 7 dentre as 8 quadras atingidas estão em áreas de alto grau de perigo e apenas 1 está em área de médio grau de perigo. De acordo com esta análise, o bairro é classificado como sendo de médio grau de vulnerabilidade (V2), sendo esta vulnerabilidade relacionada a áreas de perigo de alto a médio grau.

5.4.6.4. Bairro Barrinha

Dentro do bairro Barrinha foram descritas áreas de vulnerabilidades referentes aos 3 distintos graus. A maior parte do bairro é composta por quadras classificadas como de médio grau de vulnerabilidade (V2), e conseqüentemente, de média capacidade de recuperação após a ocorrência de eventos extremos. Uma porção a leste do bairro, nas proximidades da praia da Barrinha, é pertencente à vulnerabilidade de baixo grau (V1). E por fim, uma quadra localizada no limite leste da área de perigo é caracterizada como sendo uma área de alto grau de vulnerabilidade (V3).

5.4.6.5. Bairro Lomba

Dentro do bairro Lomba foram classificadas quanto à sua vulnerabilidade somente a porção Sul do bairro, localizada às margens do arroio São Lourenço. Dentre as 4 quadras atingidas no evento extremo de 2011, 3 destas foram classificadas como sendo de alto grau de vulnerabilidade (V3), e conseqüentemente, possuem baixa capacidade de recuperação após a ocorrência de um evento extremo. Uma das quadras do bairro foi classificada como sendo de médio grau de vulnerabilidade (V2). As

distintas classificações de vulnerabilidade fazem parte de uma mesma área de alto grau de perigo à inundação brusca.

5.4.6.6. Bairro Medianeira

Dentro do bairro Medianeira e dentre as 7 quadras atingidas neste bairro, 5 destas são classificadas como sendo de alto grau de vulnerabilidade (V3) e encontram-se localizadas principalmente às margens do arroio São Lourenço. As quadras classificadas como de médio grau de vulnerabilidade (V2) encontram-se localizadas em duas regiões do bairro, uma das quadras encontra-se na porção oeste da área, no fim da área classificada como de perigo a inundação brusca, e a outra área caracterizada como V2 encontra-se no limite norte da área de perigo à inundação brusca.

- **Zoneamento das áreas de vulnerabilidade à inundação brusca na zona urbana**

A partir dos dados obtidos por meio da classificação das quadras atingidas pela inundação quanto a sua vulnerabilidade foi possível a realização do mapa referente ao zoneamento da vulnerabilidade à inundação brusca na zona urbana do município de São Lourenço do Sul (Figura 43).

A maior parte da área atingida pelo evento de inundação ocorrido no município no ano de 2011 corresponde a áreas classificadas como de médio grau de vulnerabilidade (V2), como mostra a Figura 43. Este grau de vulnerabilidade foi determinado com base em observações referente às condições estruturais das moradias de cada uma das quadras atingidas no evento, e a partir de tal observação, realizou-se uma média referente à vulnerabilidade de cada uma destas quadras, para a então determinação do grau de vulnerabilidade.

Deste modo, a maior parte das quadras determinadas como de alto grau de vulnerabilidade (V3) encontram-se localizadas as margens do arroio São Lourenço, principalmente nos bairros Medianeira e Lomba. Algumas quadras, também referentes ao alto grau de vulnerabilidade, foram mapeadas, isoladamente, nos bairros Centro Sul, Navegantes e Barrinha.

Nas proximidades dos bairros Navegantes e Barrinha com a Praia da Barrinha, foram determinadas áreas correspondentes a um baixo grau de vulnerabilidade (V1), sendo estas, as quadras mais distantes do arroio São Lourenço, atingidas no evento extremo.

De maneira geral, a maior parte da área atingida no evento de inundação brusca registrado na área urbana do município de São Lourenço do Sul no ano de 2011 corresponde a áreas de médio grau de vulnerabilidade (V2), como pode ser observado na Figura 43.

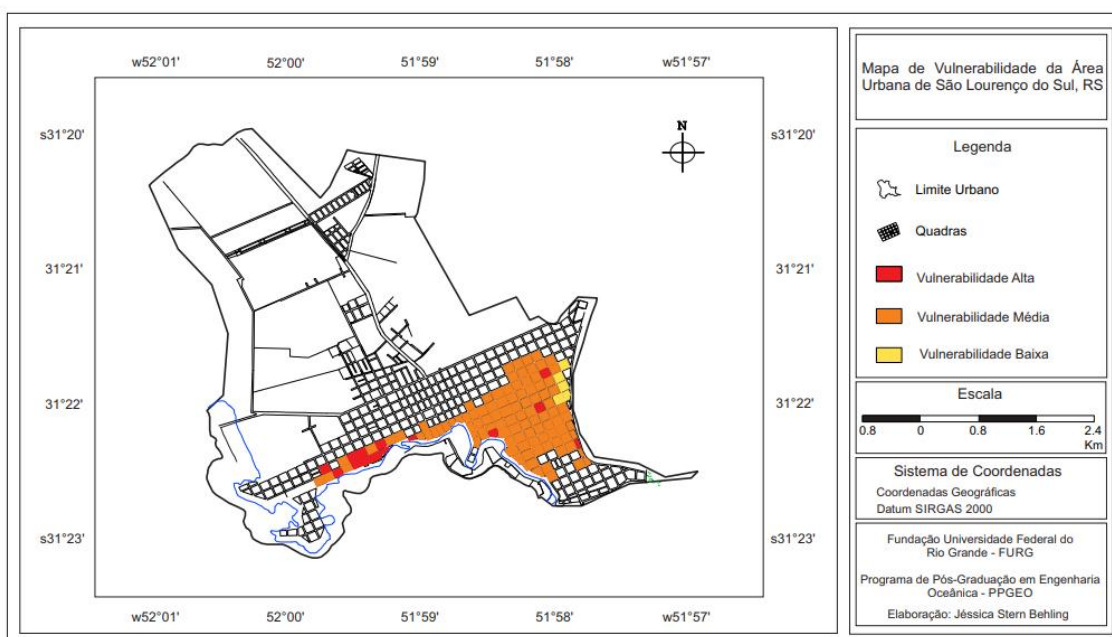


Figura 43: Mapa de zoneamento de vulnerabilidade à inundação brusca.

5.4.7. Zoneamento das Áreas de Risco à Inundação Brusca na Zona Urbana

O zoneamento das áreas de risco à inundação brusca na área urbana do município de São Lourenço do Sul foi realizado a partir da correlação dos dados referentes ao zoneamento das áreas de perigo e vulnerabilidade, como determinado na metodologia.

A partir da metodologia proposta foram determinadas as áreas correspondentes as distintas classificações de risco, sendo estas: o risco baixo, médio, alto e muito alto, como observado na Figura 44. O risco muito alto é correspondente, principalmente, às

áreas as margens do arroio São Lourenço, na sua porção sudoeste, e em duas quadras isoladas dentro do bairro Navegantes. O risco alto é representativo da maior parte da área de risco referente a este zoneamento, o qual, também foi mapeado as margens do arroio São Lourenço, na porção localizada mais a sudeste da área, assim como no bairro Navegantes, e em algumas quadras dos bairros Centro e Barrinha.

As quadras mais distantes do arroio São Lourenço, localizadas a sudeste da área urbana, nos bairros Navegantes e Barrinha, correspondem às áreas classificadas como de risco médio e baixo. No bairro Centro Sul, Centro e Medianeira, podem ser observadas quadras isoladas com distintas classificações de risco, quando comparadas com o risco predominante observado nestes determinados bairros.

Com isto, pode-se determinar que a maior parte da população atingida pelo evento de inundação brusca encontra-se localizada em áreas classificadas como de risco alto, correspondendo, principalmente, a população de médio grau de vulnerabilidade e alto grau de perigo.

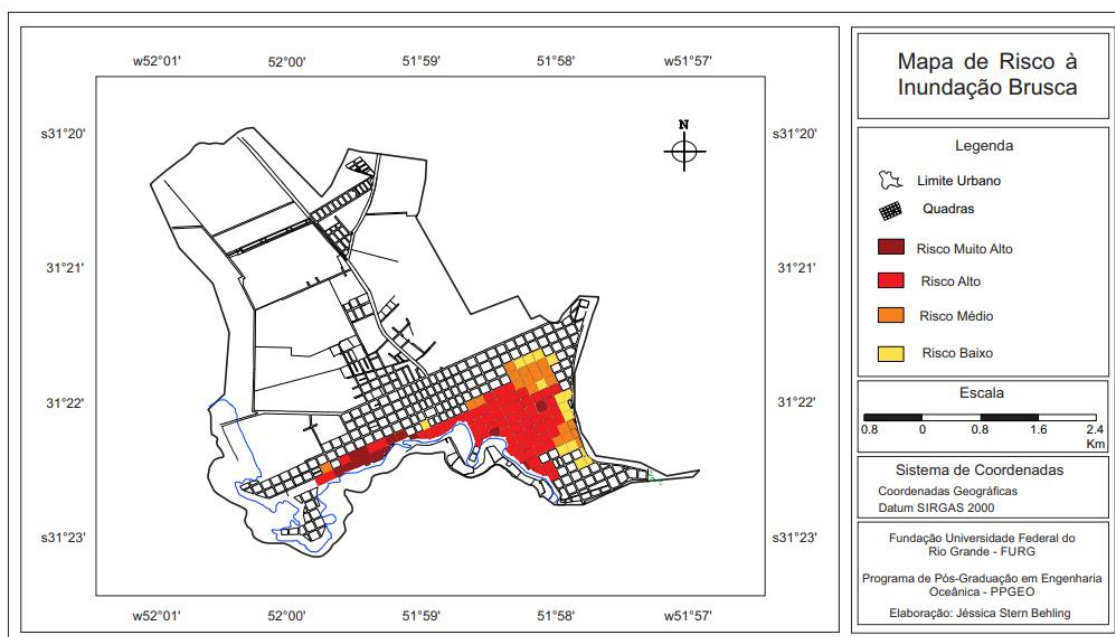


Figura 44: Mapa de zoneamento de risco à inundação brusca.

Com base nos dados obtidos através das entrevistas realizadas na área suscetível a inundação brusca no município de São Lourenço do Sul foi observado que o fluxo de água da inundação de 2011 seguia uma direção principal, como mostra o mapa da

Figura 45, onde esta direção principal do fluxo acontece na mesma região do antigo arroio que cortava a área urbana deste município, sendo esta a localização em que o volume excedente de água invadiu a cidade.

O volume de água registrado dentro das residências atingidas no evento de inundação brusca no ano de 2011 foi maior nas ruas paralelas a direção principal do fluxo (Figura 45), enquanto nas ruas perpendiculares o volume excedente se dissipava, registrando níveis de inundação um pouco menores.

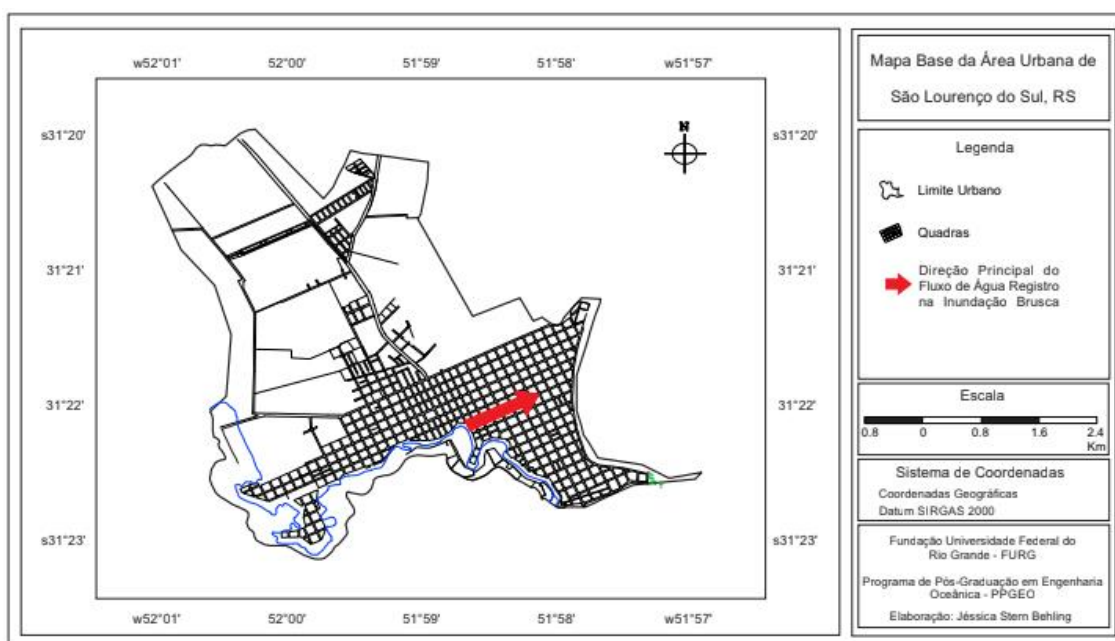


Figura 45: Demonstração da direção principal do fluxo da água registrado no evento de inundação brusca no município de São Lourenço do Sul no ano de 2011.

A Figura 46 exemplifica a diferença observada nos níveis de água dentro de duas residências localizadas em distintas quadras do bairro Navegantes. A residência entrevistada na quadra 112 (localizada a 1 quadra do arroio São Lourenço) encontra-se na rua perpendicular a direção principal do fluxo de água e o nível de água registrado dentro desta residência foi de 1,22 m, enquanto na quadra 147, localizada a 3 quadras do arroio São Lourenço, o nível de água foi de 1,65 m, porém, a residência entrevistada encontra-se localizada na rua paralela ao antigo arroio, ou seja, paralela a direção principal do fluxo de água. Mesmo a quadra 147 sendo mais distante do arroio São

Lourenço, a mesma registrou um maior nível de água em comparação a quadra 112, devido à localização das residências entrevistadas.

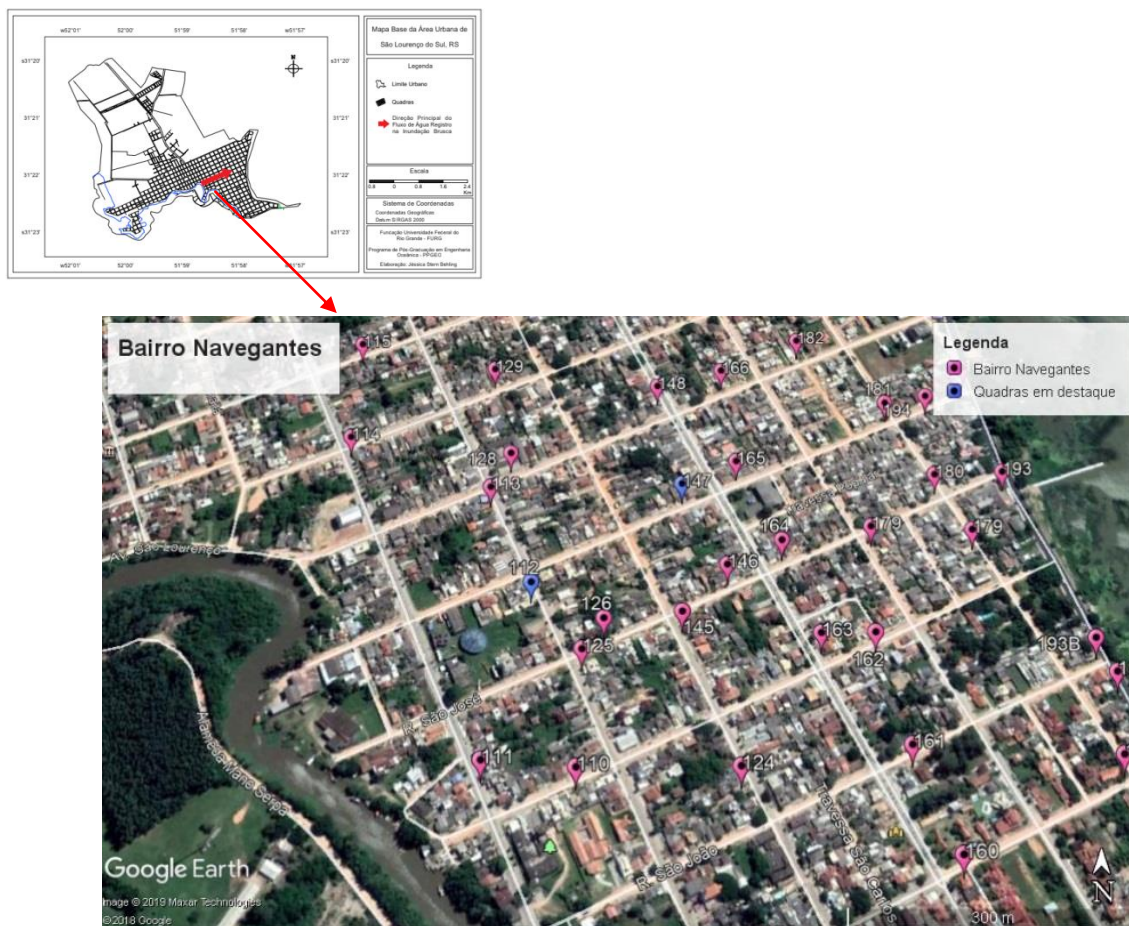


Figura 46: Demonstração da diferença dos níveis de água registrados em duas residências que compõem o bairro Navegantes.

5.5 Comparação das Áreas Afetadas em Eventos de Inundações Bruscas e Graduais

Eventos de inundações bruscas e graduais tendem a atingir distintas áreas, devido sua diferente magnitude e origem, como observado nos mapas de representação das cotas de inundações graduais do item 5.4.2 e no mapa de suscetibilidade à inundação brusca (Figura 41).

Em eventos de inundações bruscas a área atingida trata-se de uma área contínua e extensa, podendo abranger uma maior amplitude de cotas topográficas devido às características deste tipo de inundação, enquanto os eventos de inundações graduais tendem atingir áreas mais restritas e de cotas topográficas mais planas, além de poderem estar distribuídas em diferentes porções da área, devido ao fato de que a chuva que causa este tipo de inundação ser registrada na própria área de inundação.

Além da área atingida em um evento de inundação brusca ser maior do que a área atingida em um evento de inundação gradual, os danos causados a população e as residências também são maiores, porém o tempo de retorno de eventos de inundação brusca é maior quando comparado com o tempo de retorno de uma inundação gradual, a qual ocorre com uma maior frequência, ou seja, com um menor tempo de retorno.

A comparação das áreas afetadas foi realizada considerando um mesmo nível de elevação do arroio São Lourenço para as duas representações de inundações. Neste estudo, o fenômeno de inundação gradual foi extrapolado e representado com o mesmo nível de inundação do que o evento de inundação brusca, para que fosse realizada a comparação das áreas atingidas nos dois distintos eventos, apesar do fato de que um evento de inundação gradual dificilmente atinja níveis de inundação tão elevados.

Com isto, a extrapolação no mapa de inundação gradual foi realizada com a finalidade de comparação, como mencionado anteriormente, com o mapa de inundação brusca, onde pode-se perceber que mesmo o nível de água observado sendo o mesmo, as áreas atingidas serão distintas, o que ocorre devido à distinta natureza dos eventos geradores de cada um destes fenômenos.

5.6 Interpretação da Ocorrência do Evento de Inundação Brusca na Área da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio São Lourenço

No evento extremo de inundação brusca do ano de 2011, registrou-se uma cota de inundação de, aproximadamente, 4,5 m acima do nível de referência do arroio São Lourenço, onde, grande parte da população da área urbana ficou desalojada. Esta cota de inundação foi determinada a partir da realização de levantamentos, geodésico e topográfico, realizados na área de estudo e com base nas marcações de níveis de água oriundos a partir do referido evento e que encontravam-se preservados na área, ou seja,

esta cota corresponde a área urbanizada do município, podendo, deste modo, existir regiões não urbanizadas e próximas a área urbana do município onde a cota de inundação máxima seja distinta.

A área urbana do município de São Lourenço Sul teve o seu planejamento realizado no ano de 1884, o qual pode ser observado na Figura 47, onde se previa a ocupação das margens do arroio São Lourenço. A ocupação de margens de arroios era comum nos séculos passados.

Na área urbana do município de São Lourenço do Sul os registros de inundações, principalmente nas áreas próximas ao arroio São Lourenço, sempre fizeram parte da rotina da cidade, como documentado em distintas notícias sobre a área. Estes registros ocorrem principalmente pelo fato de que a planície de inundação do arroio encontra-se ocupada, impossibilitando o funcionamento natural do curso d'água em períodos em que este encontra-se acima de sua cota normal. Nesta região, além da ocupação inadequada da planície de inundação, também foram realizadas modificações em cursos d'água para a construção da área urbana, o que tende a agravar e potencializar os danos registrados em decorrência de desastres naturais.

De acordo com relatos de moradores do município, existia, na região costeira do mesmo, uma drenagem com o curso d'água voltado para a área urbana, tendo sido esta desviada ou até mesmo aterrada, para a execução do projeto de construção da cidade. Na planta de 1884 (Figura 47), observam-se feições que representariam a existência de drenagem inserida na área urbana.



Figura 47: Primeira planta oficial referente à área urbana do município de São Lourenço do Sul. (Fonte: Museu Histórico Municipal de São Lourenço do Sul).

Realizando a interpretação do evento de inundação brusca registrado na área urbana do município, e utilizando como base para tal, os fatores topográficos e geológicos da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, a presença de uma drenagem inserida na área urbana, explicaria o padrão de inundação observado a partir do mapeamento das áreas atingidas no evento de 2011.

Considerando que a antiga localização do arroio cortava a área urbana em um dos meandros do arroio São Lourenço, e que, o arroio São Lourenço, quando atingisse sua capacidade máxima de vazão, utilizaria este pequeno rio como local para escoamento da água excedente, com o aterramento do mesmo e, seguido da construção residencial no antigo local do arroio, potencializou o evento de inundação brusca.

A partir desta análise, observa-se que o arroio São Lourenço, por ter excedido sua capacidade máxima de vazão, tenderia a utilizar os meandros como forma de amortecimento da vazão excedente, porém o local do meandro do arroio não

encontrava-se mais com tal finalidade, pois o mesmo foi aterrado para a construção da área urbana de São Lourenço do Sul. E de acordo com a natureza das drenagens, as mesmas sempre irão procurar utilizar seus locais de origem para a passagem desta vazão excedente, seguindo seu curso natural. Porém, nesta situação, a antiga localização da drenagem, na atualidade é composta por residências, causando um evento de inundação brusca de grandes proporções, e em decorrência do mesmo, enormes prejuízos à população.

A mudança dos cursos de rios e arroios sempre será um agravante em qualquer evento extremo, pois a retificação transforma a região de uma maneira que a natureza não consegue se adequar.

Associado a esta questão, ainda podem existir outros fatores agravantes dos processos de inundação, como observado na área em estudo, que por se tratar de uma área bastante plana, e que conta com uma tubulação de rede de esgoto (Figura 48) que possui ligação direta com o arroio São Lourenço, os processos de inundação podem ser potencializados e acelerados devido a esta estrutura, pois da mesma forma que parte dos resíduos produzidos pela população são despejados no arroio, em algumas circunstâncias, em períodos de cheias do arroio e eventos extremos, a água tende a retornar para as áreas mais planas e próximas ao arroio, através da mesma tubulação, ocorrendo um efeito reverso e contribuindo para a inundação da área.

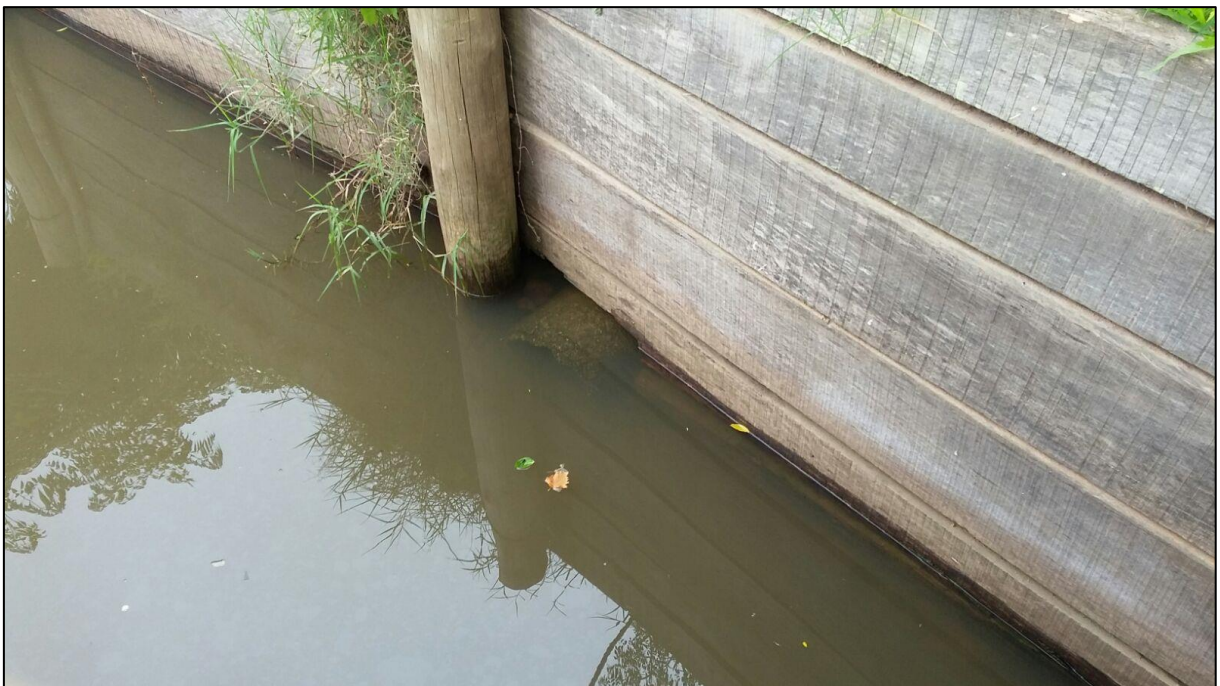


Figura 48: Tubulação referente à margem direita do arroio São Lourenço.

Outro fator de grande relevância na ocorrência do evento de inundação brusca no ano de 2011 foi o represamento de água na ponte Passo do Pinto na BR-116, fator que também agravou a situação da inundação. Destaca-se que a BR-116 encontra-se no contato entre as distintas províncias geomorfológicas, sendo estas a província geomorfológica do Escudo Sul-Rio-Grandense e Planície Costeira, as quais compõem a área da Sub-bacia Hidrográfica do arroio São Lourenço, ou seja, no limite entre uma província a qual favorece o processo de escoamento superficial, devido suas características topográficas e outra onde a principal característica é o armazenamento da água, devido às baixas cotas topográficas e a localização do exutório da bacia encontrar-se na Lagoa dos Patos. Deste modo, a ponte do Passo do Pinto foi totalmente destruída pela inundação brusca, depois de ter servido como uma barreira para o grande volume de água trazida pelo arroio desde o seu curso superior (SAUSEN *et al.*, 2012).

5.7 Medidas Estruturais e Não Estruturais para o Controle de Inundações na Área Urbana do Município de São Lourenço do Sul

As medidas de correção e/ou prevenção que visam minimizar os danos das inundações são classificadas, de acordo com sua natureza, em medidas estruturais e medidas não estruturais, segundo Canholi (2014), as medidas estruturais podem classificadas como extensivas ou intensivas.

Ao decorrer deste trabalho o conhecimento sobre a área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço foi aumentando, e com isto, também o entendimento referente à ocorrência de inundações na área urbana do município de São Lourenço do Sul. Com base nos conhecimentos adquiridos, torna-se viável a realização de sugestões referentes à adoção de medidas estruturais e não estruturais no controle de inundações.

Primeiramente, é importante ressaltar que durante a realização do trabalho foram determinadas algumas das possíveis causas das inundações registradas nesta área, dentre elas destacam-se: o fato de a primeira planta referente ao planejamento da cidade visar à ocupação de áreas à beira do arroio São Lourenço, hoje caracterizadas como áreas de preservação permanente, o que impede que o arroio utilize sua planície de inundação em

casos em que o mesmo registre uma vazão superior à capacidade do leito de arroio. Em consequência disto e devido à planície de inundação encontrar-se ocupada, são recorrentes os registros de danos às residências dos moradores das áreas ribeirinhas ao arroio.

Outro ponto importante a ser destacado é a taxa de urbanização, que vem crescendo com o passar dos anos. E, associado ao processo de urbanização, encontra-se a impermeabilização do solo, o que tende a agravar ainda mais os transtornos causados em eventos de precipitação intensa, pois com o solo impermeabilizado, a taxa de infiltração de água no mesmo é reduzida, aumentando, conseqüentemente, a taxa de escoamento superficial.

Em conjunto com a ampliação da área urbana, ocorrem os processos de canalização e aterramento de arroios para a construção das mesmas, sendo estas, medidas comuns a serem realizadas no planejamento e construção de áreas urbanas.

Como uma forma de tentativa de reparo e prevenção de danos causados por inundações, têm-se disponíveis distintas propostas, como medidas estruturais e não estruturais, sendo algumas destas, de fácil aplicabilidade e baixo custo associado, outras mais complexas e de alto custo, como as descritas a seguir.

As medidas estruturais caracterizam-se por seu elevado custo, por se tratarem de medidas físicas de engenharia, às quais podem ser implantadas visando à correção e/ou prevenção dos problemas decorrentes de enchentes (CANHOLI, 2014), como por exemplo, a partir de construção de obras hidráulicas.

Uma medida estrutural viável de ser empregada na área urbana de São Lourenço do Sul e que de acordo com Canholi (2014) faz parte de uma aplicação de conceitos “inovadores”, os quais possuem como objetivo promover o retardamento dos escoamentos, de forma a amortecer os tempos de concentração e reduzir as vazões máximas, que consiste no amortecimento dos picos e redução dos volumes de enchentes por meio da retenção em reservatórios.

Isso significa uma mudança radical na filosofia das soluções estruturais em drenagem urbana, pois anteriormente, as obras eram voltadas a promover a aceleração do escoamento para o afastamento rápido dos picos de cheias para os corpos d'água à jusante, o que acabava por diminuir o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica e aumentar os riscos de inundações bruscas (CANHOLI, 2014).

Outra opção, também no conceito de medida estrutural, como citado por Canholi (2014) seriam medidas estruturais extensivas, as quais correspondem aos pequenos armazenamentos disseminados na bacia, a recomposição de cobertura vegetal e o controle de erosão do solo, ao longo da bacia de drenagem.

Durante o período de coleta de dados em campo, observou-se a realização de dragagem no arroio São Lourenço, o que tende a aumentar a vazão do arroio e reduzir a ocorrência de enchentes e inundações, sendo esta medida, caracterizada como estrutural.

Já as medidas não estruturais defendem na sua concepção a melhor convivência da população com as cheias (BARBOSA, 2006), estas medidas visam reduzir os danos de uma inundação sem a intervenção de medidas físicas, como por exemplo, a partir da realização de um zoneamento de áreas de risco de inundações, da regulamentação do uso e ocupação do solo, seguro contra inundação, sistemas de alerta, entre outras medidas.

Durante o desenvolvimento deste trabalho foram geradas informações que correspondem a medidas não estruturais, onde a partir de levantamentos de dados, foram gerados mapas de inundações bruscas e graduais, os quais servem de base para a tomada de decisões em casos de eventos extremos.

Também sugere-se, a padronização de um sistema de alerta de inundação previamente conhecido pela população para o auxílio da comunicação com a população em casos de episódios de inundações bruscas,.

Ressalta-se também, que o banco de dados gerado neste trabalho é de extrema importância e relevância para o planejamento urbano, podendo ser utilizado como base para futuras ocupações urbanas não serem localizadas em áreas caracterizadas como de risco.

Por fim, é importante destacar o fato de que as medidas estruturais podem criar uma falsa sensação de segurança e até induzir à ampliação da ocupação das áreas inundáveis (TUCCI, 2002), o que pode vir a aumentar ainda mais a exposição da população ao risco, em contrapartida, as ações não estruturais podem ser muito eficazes a custos mais baixos.

5.8 Sistema de Alerta de Inundação Brusca para a Área Referente à Sub-bacia Hidrográfica do Arroio São Lourenço

Dentre distintas opções de sistemas de alertas de inundações bruscas foram propostas duas alternativas para a área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço. A primeira proposta diz respeito a um simples sistema de alerta de inundação brusca, de fácil utilização e baixo custo. Este sistema utiliza como base de dados o monitoramento pluviométrico da área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço. Este monitoramento deverá ser realizado utilizando os pluviômetros que foram instalados na área da sub-bacia hidrográfica durante o período de pesquisa, os quais foram utilizados para o conhecimento do comportamento da precipitação da região.

Com base nos dados obtidos pela medição da precipitação na área em estudo, realizada por meio dos pluviômetros, é possível pré-determinar o comportamento hidrológico da bacia ao receber determinados volumes de chuva. Esta pré-determinação pode ser realizada com base no conhecimento das características físicas da sub-bacia, assim como, no comportamento hidrológico e no tempo de concentração da mesma. A partir do conhecimento da área da sub-bacia é possível a determinação do comportamento do arroio São Lourenço, localizado na área à jusante da sub-bacia, ao receber o volume precipitado à montante.

As inundações bruscas na área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço são oriundas de chuvas intensas que ocorrem à montante da mesma, e através das drenagens da bacia, escoam e armanezam-se à jusante. Por meio dos registros pluviométricos do evento de inundação brusca de 2011 sabe-se que para a ocorrência deste fenômeno, o volume de chuva precipitado na área a montante da sub-bacia deve ser superior a 400 mm (SAUSEN *et al.*, 2012). Este volume de precipitação foi utilizado como referência para determinação dos alertas de inundação, os quais foram classificados de acordo com seu grau de risco à inundação, conforme exposto na Tabela 13.

Como mencionado anteriormente, o monitoramento das chuvas da região será realizado utilizando os pluviômetros já existentes na área da sub-bacia, para que deste

modo seja possível à realização do alerta às inundações bruscas. Este método torna-se bastante eficiente para esta área devido ao fato do tempo de concentração desta sub-bacia ser de, aproximadamente, 6 horas, como calculado em BEHLING, 2015, sendo este, o tempo necessário para que a precipitação registrada na montante da sub-bacia escoe por toda a sessão da mesma, e chegue ao exutório (área urbana).

A partir do conhecimento do tempo de concentração, que é uma característica imutável da bacia, e sendo este, neste caso em específico de, aproximadamente, 6 horas, destaca-se a existência de um intervalo de tempo suficiente para a tomada de decisão e retirada da população das áreas de risco à inundação brusca, entre o início da precipitação e a chegada do volume de água na área urbana do município. Para que este sistema de monitoramento pluviométrico tenha uma maior eficácia, aconselha-se o adensamento da área pluviométrica.

Sugere-se que o compartilhamento dos dados coletados por meio da rede pluviométrica seja realizado utilizando o acesso a internet, para que, deste modo, seja alcançado um maior número de pessoas através do envio dos dados. Sendo assim, aconselha-se a criação de um grupo com moradores da área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, em determinado aplicativo pré-existente que possa ser acessado em qualquer celular, com o intuito voltado ao compartilhamento de informações das condições climáticas em distintos pontos da área. Estas informações deverão ser fornecidas pelos moradores participantes da coleta de dados pluviométricos e pode ser realizada diariamente.

O relato referente ao volume de precipitação poderá ser realizado a partir do envio do volume de precipitação diário, ou também, a partir da combinação do volume de precipitação com a classificação do alerta de risco, como mostra a Tabela 13.

Tabela 13: Classificação dos alertas de risco de inundação brusca.

Alerta de risco	Volume de precipitação
Sem risco	Inferior a 150 mm
Risco baixo	De 150 a 200 mm
Risco médio	De 200 a 300 mm
Risco Alto	Superior a 300 mm

Eventos de precipitação que registrem volumes inferiores a 150 mm não caracterizam nenhum tipo de risco à inundação brusca. Quando o volume de precipitação registrado for de 150 a 200 mm, caracteriza-se como sendo de risco baixo, sendo necessária a observação do comportamento do nível do arroio São Lourenço dentro da área urbana do município, pois a resposta do arroio a este volume de chuva pode variar de acordo com a taxa de assoreamento do mesmo.

Em ocasiões onde a precipitação registrada for de, aproximadamente, 200 mm, apenas as residências a beira do arroio encontram-se dentro das áreas de perigo. Conforme o volume de precipitação aumenta, a área de perigo, conseqüentemente, também aumenta.

Volumes de precipitação de 200 a 300 mm deverão ser mais enfatizados, pois caracterizam-se como de risco médio no sistema de alerta de inundações bruscas, onde residências localizadas em regiões topograficamente mais planas e próximas as margens do arroio São Lourenço poderão encontrar-se expostas ao risco de inundações.

Em eventos de precipitação onde o volume registrado for superior a 300 mm, caracterizam-se como de risco alto, e deste modo, determina-se que inicie a emissão, por parte dos órgãos públicos, de sinais sonoros de alerta, com o intuito de alertar a população do risco da ocorrência de uma inundação brusca.

Ressalta-se que mesmo sendo um sistema de alerta simples, e realizado com o auxílio da população, o mesmo é um método eficaz devido às características físicas da área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço.

Posteriormente a emissão do alerta de risco à inundação brusca, deve-se iniciar a etapa de retirada dos moradores de suas residências, para isto, indica-se a utilização do zoneamento das áreas de risco à inundação brusca para o auxílio dos trabalhos, pois neste, encontram-se definidas e mapeadas as áreas de perigo em função de seu grau, como descrito ao longo do trabalho, podendo, deste modo, ser realizado um resgate da população de acordo com o grau de exposição da mesma.

Com o recebimento do alerta de inundação enviado via aplicativo, onde concomitantemente, órgãos governamentais como, a Prefeitura Municipal de São Lourenço do Sul e a Defesa Civil do município também serão alertados, deverá ser iniciado o aviso de inundação brusca a todos os moradores da área urbana do município,

podendo este ser realizado por meio de emissões sonoras previamente conhecidas pela população, o que garantirá a eficácia do sistema de alerta proposto.

Dentre outras propostas de sistemas de alertas para inundações, podem ser destacados modelos já existentes no mercado, sendo estes, modelos destinados ao monitoramento de áreas de risco à inundação e que, conseqüentemente, emitem alertas de risco a inundação.

Este tipo de sistema de alerta deve ser instalado no arroio para o monitoramento do mesmo. Como exemplo deste tipo de sistema de alerta, têm-se o e-Noé, criado por pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), sendo este uma rede de sensores sem fio que visa o monitoramento de rios e córregos urbanos. Este sistema utiliza um sensor de pressão para a obtenção do nível de água do rio (PECHOTO, M., UEYAMA J., ALBUQUERQUE, J.)

O diferencial do e-Noé é que neste sistema, em específico, as informações são transmitidas em tempo real, diferentemente de outros sistemas convencionais, em que os dados são coletados somente quando o usuário vai até a estação para a realização da coleta. O próprio sistema e-Noé pode emitir, automaticamente, alertas de enchentes.

A opção do uso do sistema e-Noé torna-se também uma ótima alternativa para compor o sistema de alerta de inundações da área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço.

Com base nos dois distintos sistemas de alertas propostos para a área de sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, conclui-se que, o sistema de alerta de inundações a partir da coleta de dados pluviométricos, juntamente com a colaboração da população para o envio das informações coletadas e com o auxílio da Prefeitura Municipal e da Defesa Civil para emissão de sinais sonoros de alerta, é visto como uma alternativa prévia eficaz para a região.

Outro fator positivo na utilização do sistema de alerta de inundação utilizando-se dos dados pluviométricos é o fato de que, quando se tem o conhecimento do momento do início da precipitação, têm-se a disponibilidade de tempo, equivalente ao tempo de concentração da bacia, para a tomada de decisões, o que é de extrema importância em eventos de inundação brusca.

Enquanto que com a utilização de sistemas, como o e-Noé, devido o mesmo encontrar-se localizado no arroio São Lourenço, inserido na área urbana do município, após o recebimento do alerta de que o nível do arroio está acima do nível médio, o tempo para tomada de decisões e retirada da população das residências seria muito reduzido.

Deste modo, aproveitando as qualidades específicas de cada um dos dois sistemas de alertas propostos para a área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço poderá ser composto um sistema de alerta para esta região que se adapte as características físicas desta bacia hidrográfica e atenda os objetivos do sistema de alerta, reduzindo a exposição da população ao risco de inundações bruscas.

Sendo assim, visando uma maior eficiência dos dados, assim como, com o intuito de complementação dos dados, o sistema e-Noé juntamente com o registro pluviométrico da sub-bacia trariam bons resultados para um sistema de alerta de inundação para a área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os registros de eventos de inundações bruscas e graduais na área urbana do município de São Lourenço do Sul ocorrem devido ao fato do desenvolvimento da mesma ter ocorrido principalmente as margens do arroio São Lourenço, sendo este o principal agente causador de inundações.

Nesta região os eventos de inundações graduais são mais comuns e causam menos estragos à população, enquanto as inundações bruscas são menos recorrentes, porém causam muitos danos e prejuízos à população, as residências, assim como, a estrutura urbana. Eventos de inundações são registrados na área urbana do município devido, principalmente, a característica hipsométrica e clinográfica da área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, assim como, os padrões de drenagens que a compõem.

Devido às características físicas desta sub-bacia todo o volume de precipitação que ocorre dentro da área da mesma, e que é transportado por meio das drenagens, contribui para a elevação do nível do arroio São Lourenço, e conseqüentemente, para alagamentos e inundações na área da jusante da sub-bacia, correspondente a área urbana deste município.

Para a redução, assim como, para a melhor convivência com o risco de ocorrências de eventos de origem hidrológica que tenham como resultado final a geração de inundações, podem ser adotadas medidas estruturais e não estruturais na área da sub-bacia hidrográfica do arroio São Lourenço, as quais visam à diminuição dos riscos, em casos de medidas estruturais e a melhor convivência com os riscos, no caso das medidas não estruturais.

Na perspectiva de utilização de medidas não estruturais foi realizado o zoneamento das áreas de risco à inundações, com a finalidade de colaborar a tomada de decisões em casos de eventos inundações bruscas.

Destacam-se, após a realização deste estudo, diversos fatores que contribuem no agravamento das ocorrências de inundações, como por exemplo, em casos de inundações graduais, a ocupação desordenada das cidades, os destinos incorretos de uso

e ocupação do solo, a alta taxa de impermeabilização do solo, que, conseqüentemente, reduz a capacidade de infiltração de água no solo e aumenta o escoamento superficial, o descarte de resíduos sólidos em locais impróprios, assim como, a utilização e manejo indevido das áreas a montante da sub-bacia hidrográfica, causando erosão do solo, o qual muitas vezes é transportado pelos arroios e depositado no arroio São Lourenço, na área a jusante, causando assoreamento do mesmo.

Enquanto os eventos de inundações bruscas são agravados, principalmente, neste caso, pela modificação dos cursos d'água realizados para a construção e expansão da área urbana. Destaca-se que as áreas de maior exposição ao risco de inundações, tanto gradual, quanto brusca, encontram-se ocupadas e que as áreas disponíveis para uma possível expansão urbana, encontram-se fora da zona de risco à inundação.

7. REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N.; COSTA, J. M. **Contribuição ao estudo do Sudoeste Goiano.** Boletim Paulista de Geografia, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 3-26, mar. 1950.

Agência Nacional das Águas - ANA. Disponível em:<https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/66/4/Unidade_2.pdf>.

Acesso em: 29 de out. de 2018.

Associated Programme on Flood Management. **Guidance on Flash Flood Management, Recent Experiences from Central and Eastern Europe**, 2007.

Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul. **Meio Ambiente.** Disponível em: <<http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/>>. Acesso em: 14 de Set. 2015.

BARBOSA, Francisco de Assis dos Reis. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do Rio Mamanguape/PB.** 2006. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

BARBOSA, Z.N.T.; OLIVEIRA, W.N.; ALVES, P.R. **Uso de Geotecnologias para mapeamento de áreas de riscos. Estudo de caso: Angra dos Reis – RJ.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.4940-4947.

BECKER, P. **Obtenção de Informações Para Plano Diretor de Drenagem Urbana utilizando um SIG.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), 107p., Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2006.

BEHLING, J. **Mapeamento das Áreas de Risco à Inundação na Zona Urbana do Município de São Loureço do Sul – RS.** Trabalho de Conclusão de curso em Engenharia Geológica (Centro de Engenharias), 97f., Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas, 2015.

BINDA, A. L.; BUFFON, E.A.M.; FRITZEN, M. **Análise Espaço-Temporal dos Casos de Inundações e de Alagamentos Registrados na Cidade de Chapecó-SC**

(1980-2010). Curitiba, Departamento de Geografia – UFPR. **RA'E GA** 26, 2012, p. 35-50.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Anuário Brasileiro de Desastres Naturais 2011**. Brasília: Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), 2012, 80f.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Anuário Brasileiro de Desastres Naturais 2012**. Brasília: Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), 2012.

CANHOLI, A.P. **Drenagem urbana e controle de enchentes** / Aluísio Pardo Canholi. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B. **Bacia Hidrográfica**, 2006. P. 15 – 32.

CASTELÃO, R. M.; MÖLLER Jr, O. L. **Sobre a circulação tridimensional forçada por ventos na Lagoa dos Patos**. *Atlântica*, 25(2):91-106, 2003.

CASTRO, A. L. C. **Manual de planejamento em defesa civil**. Brasília: Ministério da Integração Nacional - MIN. Departamento de Defesa Civil. 1998.

CASTRO, A. L. C. **Manual de planejamento em defesa civil**. Brasília: Ministério da Integração Nacional - MIN. Departamento de Defesa Civil. 1999.

CASTRO, A. L. C. **Manual de Desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 174p.

CASTRO, C. M. de; PEIXOTO, M. N. de O.; RIO, G. A. P. **Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas**. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*. Vol. 28-2, 2005, p.11-30.

CEMADEN – **Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais**. Disponível em: <<https://www.cemaden.gov.br/inundacao/>>. Acesso em: 11 de Jun. de 2019.

CHEMALE JR., F. **Evolução Geológica do Escudo Sul-rio-grandense**. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (Eds.). Geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, 2000. p. 13-52.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. . **Introduzindo Hidrologia**. 2009. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Apostila do curso de Hidrologia).

COORDENADORIA DE DEFESA CIVIL – SÃO LOURENÇO DO SUL – RS.

DE BIASI, M. **Carta de Declividade de Vertentes: confecção e utilização**. Geomorfologia, São Paulo, n. 21, p. 8-13, 1970.

Departamento de Recursos Hídricos - Secretaria de Estado e Meio Ambiente (DRH – SEMA). Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/recursos-hidricos>>. Acesso em: 17 de Ago. 2015.

ENOMOTO, C. F. **Método para Elaboração de Mapas de Inundação Estudo de Caso na Bacia do Rio Palmital, Curitiba, PR**. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos). Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2004.

FRIESECKE, F. **Precautionary and Sustainable Flood Protection in Germany – Strategies and Instruments of Spatial Planning**. Proceedings of 3rd FIG Regional Conference, Jakarta, 2004. **Proceedings**. Jakarta: 2004.

GOERL, R.F.; KOBAYAMA, M. **Considerações sobre as Inundações no Brasil**. XVI Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa. Porto Alegre, ABRH, 2005.

HAMMES, E.D. **São Lourenço do Sul: Radiografia de um Município – das Origens ao Ano 2000**, 2010.

HORA, S.B.; GOMES, R.L. **Mapeamento e Avaliação do Risco a Inundação do Rio Cachoeira em Trecho de Área Urbana do Município de Itabuna/BA**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 21(2): p.57-75, ago. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/> >. Acesso em: 30 de out. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Disponível em: < <http://www.inpe.br/> >. Acesso em: 24 de set. 2017.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.O.; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.S.F.; RUDORFF, F. **Prevenção de desastres naturais: Conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006. 109p.

KUREK, R.K.M. **Avaliação do Tempo de Retorno dos Níveis das Inundações no Vale do Taquari/RS**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental, Centro Universitário (UNIVATES), Lajeado, 2012. 91p.

LENCASTRE, A.; FRANCO, F.M. **Lições de Hidrologia**. 2º Edição revista. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, Portugal, 1992.

LIMA, I.F.L. **Paisagem, Terroir e Sistemas Agrários: Um Estudo em São Lourenço do Sul**. 2006. 151f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural, Porto Alegre, 2006.

MACHADO, A. A. **Estudo dos padrões atmosféricos sinópticos geradores de eventos extremos de altura de onda, intensidade de vento, marés meteorológicas e erosão na costa do Rio Grande do Sul**. 2014. 87f. Tese (Doutorado em Oceanografia Física, Química e Geológica) - Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Oceanografia, Rio Grande.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: conceitos básicos**. Santa Maria: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/CRS, 2008.

MENEZES, D. J. **Zoneamento das Áreas de Risco de Inundação na Área Urbana de Santa Cruz do Sul – RS**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências), 137f., Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2014.

METEOMONT. Notícias do Tempo para Montenegro-RS e Região e Monitoramento das Cheias do Rio Caí. **Dilúvio de São Lourenço do Sul era Imprevisível**. Disponível em: <meteomont.blogspot.com.br>. Acesso em: 19 de out. 2015.

MURTA, R. M.; TEODORO, S. M.; BONOMO, P.; CHAVES, M. A. **Precipitação pluvial mensal em níveis de probabilidade pela distribuição gama para duas localidades do sudoeste da Bahia**. Ciência agrotec. [online]. 2005, vol.29, n.5.

MUSEU HISTÓRICO MUNICIPAL DE SÃO LOURENÇO DO SUL. **Acervo Histórico**.

NATIVIDADE, U. A.; CALHEIROS, S. R. G. ; TORRES, R. R. . **Tendência dos Índices de Extremos Climáticos Observados e Projetados no Estado de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 32, p. 600-614, 2017.

OLIVEIRA, M. M. F. de, EBECKEN, N. F., OLIVEIRA, J. L. de; SANTOS, I. de A. (2009). **Neural Network Model to Predict a Storm Surge**. Journal Of Applied Meteorology And Climatology, 48(January), 143–155.

PECHOTO, M.; UEYAMA, J.; ALBUQUERQUE, J. **E-noé: Rede de sensores sem fio para monitorar rios urbanos**. Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – USP – São Carlos – SP.

PEREZ FILHO, A.; MATTOS, S. H. V. L.; ORSI, L.; VICENTE A. K.; VICENTE, L. E. **Monitoramento e Gerenciamento de Bacias Urbanas Associadas à Inundação: Diagnose da Bacia do Ribeirão Quilombo na Região Metropolitana de Campinas Utilizando Geotecnologias**. Revista do Departamento de Geografia (USP), v. 19, p.44-54, 2006.

Prefeitura Municipal de São Lourenço do Sul. **História da Cidade**. Disponível em: <<http://www.saolourencodosul.rs.gov.br/>>. Acesso em: 4 de Set. 2015.

PRINA, B. **Geotecnologias Aplicadas no Mapeamento das Áreas de Inundação do Perímetro Urbano de Jaguari/RS**. Dissertação (Pós-Graduação em Geografia), 128f., Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2015.

SANTOS, I.; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. C. **Hidrometria Aplicada. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento** – LACTEC, 2001. 372 p.

SAUSEN, T. M.; LACRUZ M.S.P. ; SAITO, S. M. ; SILVA, R.P. . Análise do evento de inundação brusca ocorrido em São Lourenço do Sul, RS, em 10 de março de 2011. São José dos Campos, INPE, 2012.

Secretaria de Estado e Meio Ambiente – SEMA. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/>>. Acesso em: 30 de Ago. 2015.

Secretaria Nacional de Defesa Civil – SEDEC, 2007. Disponível em: <<http://www.defesacivil.gov.br/publicacoes/index.asp>>. Acesso em: 15 de ago. 2017.

SILVEIRA, W. N.; KOBAYAMA, M.; GOERL, R. F.; BRANDENBURG, B. **História das inundações em Joinville (1851-2008)**. Curitiba, PR: Organic Trading, 2009. 153 p.

STRAHLER, A. N. **Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography**. Geological Society of America Bulletin, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.

TENÓRIO, B.; SEIXAS, A. **Delimitação e Reconstrução Tridimensional de Bacias Hidrográficas a Partir de Curvas de Nível – Atividade Prática da Disciplina de Topografia**. II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife – PE, 2008.

TOBIN, G. A.; MONTZ, B. E. **Natural hazards: explanation and integration**. New York: The Guilford Press, 1997. 388p.

TOMAZELLI, L.J.; DILLENBURG, S.B.; VILLWOCK, J.A.; BARBOZA, E.G.; BACHI, F.A.; DEHNHARDT, B.A.; ROSA, M.L.C.C. **Sistemas Depositionais e Evolução Geológica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: uma Síntese**. In: IANNUZZI R. e FRANTZ J.C. 50 Anos de Geologia. Porto Alegre. Editora Comunicação e Identidade, 2007. p. 327-339.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. de. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1995. 428 p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos).

TUCCI, C. E. M. **Drenagem Urbana e Controle de Inundações**. In: CA MPO S, Heraldo; CHASSOT, Attico (Org.). Ciências da terra e meio ambiente. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 1999.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da drenagem urbana**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 1, p. 5-27, jan/mar 2002.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. 471p.

_____. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. In: Carlos E. M. Tucci – Ministério das Cidades – Global Water Partnership - Wolrd Bank – Unesco 2005.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. Disponível em: < <https://ks.water.usgs.gov/flood-definitions> >. Acesso em: 14 de set. 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. (2014). Centro Universitário de Pesquisa e Estudos sobre Desastres. Laboratório de tecnologias Sociais em Gestão de Riscos e Desastres. **Metodologia de avaliação de vulnerabilidade para mapeamento de áreas suscetíveis a deslizamentos e inundações: proposta piloto em Santa Catarina**. Coordenação Janaína Rocha Furtado. Florianópolis: CEPED Universidade Federal de Santa Catarina. 2014. 48 p.

ANEXO A: Exemplo de planilha disponibilizada aos colaboradores.

Ponto: 1

Colaborador:

Latitude:

Longitude:

Altitude:

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Outubro	Novembro	Dezembro
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
Total			

Ponto: 1

Colaborador:

Latitude:

Longitude:

Altitude:

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
Total						

ANEXO B

Ponto: 1

Colaborador: Renato

Latitude: 31° 22' 22.30''

Longitude: 52° 6' 23.95''

Altitude: 93 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Outubro	Novembro	Dezembro
1			
2		27,5	
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9	60		
10			
11			10
12	42,5		
13			
14			12,5
15			
16			
17		62,5	22,5
18			10
19			20
20			12,5
21			
22			
23			
24			
25			
26	25		
27			
28			
29		30	
30	7,5		
31			
Total	135 mm	120 mm	87,5 mm

Ponto: 1

Colaborador: Renato

Latitude: 31° 22' 22.30''

Longitude: 52° 6' 23.95''

Altitude: 93 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
1		32,5				
2	35	25				
3				22,5	17,5	
4				75		
5		5			12,5	
6	2,5			17,5		
7		70	15			
8			42,5			
9	22,5				15	
10					15	
11						
12	20					
13	10				95	
14	40					
15	40	22,5		35		
16				17,5		
17	5					
18	47,5		25			22,5
19						
20					15	
21						
22					12,5	
23						
24		52,5		5		
25				35		
26			22,5	27,5		
27			10		27,5	
28						50
29						
30	5				10	
31	7,5					
Total	235 mm	207,5 mm	115 mm	235 mm	220 mm	72,5 mm

Ponto: 2

Colaborador: Martina

Latitude: 31° 20' 38.34''

Longitude: 52° 4' 41.99''

Altitude: 27 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Outubro	Novembro	Dezembro
1			7
2			
3		32	
4			
5			
6			
7			
8			
9	63		
10			
11			
12	45		15
13			
14			
15			
16			
17		50	52,5
18			10
19			
20			23
21			
22			
23			
24		20	
25			
26			
27	35		
28			
29		30	
30			
31			
Total	143 mm	132 mm	107,5 mm

Ponto: 2

Colaborador: Martina

Latitude: 31° 20' 38.34''

Longitude: 52° 4' 41.99''

Altitude: 27 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho
1		35				
2		20				
3	30			35	20	
4				90		
5					5	
6				12		
7						
8						
9	15		15			
10					25	
11			8			
12	10	5				
13	15					
14	25					
15	45	25		48		
16						
17	7					
18	40					
19			23			
20	10				5	
21						
22						
23					15	
24		28				
25						
26				62		
27			15			
28					30	60
29						
30	5					
31	4					
Total	206 mm	113 mm	61 mm	247 mm	100 mm	60 mm

Ponto: 3

Colaborador: Fabiane

Latitude: 31° 19' 9.06''

Longitude: 52° 6' 17.26''

Altitude: 100 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Outubro	Novembro	Dezembro
1			
2			
3		35	
4			
5			
6			
7			
8			
9	60		
10			
11			
12	40		15
13			
14			
15			15
16			
17		55	
18			
19			30
20			
21			50
22			
23			
24		35	
25			
26	30		
27			
28			
29		10	
30			
31			
Total	130 mm	135 mm	110 mm

Ponto: 3

Colaborador: Fabiane

Latitude: 31° 19' 9.06''

Longitude: 52° 6' 17.26''

Altitude: 100 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
1		50				
2	20	50				
3				22	22	
4				102		
5			2			
6		8		10		
7					5	
8			40			
9	20					
10			12		28	
11		5				
12						
13	10				100	
14	35					
15		15		70		
16	22	22				
17						
18			27			22
19	65					
20						
21						
22						
23					20	
24	10	22				
25						
26				90	35	
27			10			
28						
29	10					45
30						
31	10				12	
Total	202 mm	172 mm	91 mm	294 mm	222 mm	67 mm

Ponto: 4

Colaborador: Lorena

Latitude: 31° 20' 12.1''

Longitude: 52° 9' 28.1''

Altitude: 110 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Outubro	Novembro	Dezembro
1			
2			
3		30	
4			
5			
6			
7			
8			
9	60		
10			
11			
12	42		10
13			
14			
15			
16			
17		57	30
18			5
19			
20			28
21			57,5
22			
23			
24		33	
25			
26	20		
27			
28			
29		24	
30			
31			
Total	122 mm	144 mm	130,5 mm

Ponto: 4

Colaborador: Lorena

Latitude: 31° 20' 12.1''

Longitude: 52° 9' 28.1''

Altitude: 110 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
1		35				
2		22,5				
3	21					
4				97		
5					25	
6				18		
7						
8	29		38			
9	17					
10	7					
11		10				
12	17					
13	12				93	
14	28					
15	28	32				
16				80		
17						
18	50		25			
19						18
20						
21					5	
22					27	
23				15		
24		30				
25				48		2
26				36		
27			25		26	
28						46
29						2
30	15		3		13	
31	10					
Total	234 mm	129,5 mm	91 mm	294 mm	189 mm	68 mm

Ponto: 5

Colaborador: Augusto

Latitude: 31° 17' 56''

Longitude: 52° 9' 19.9''

Altitude: 119 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Outubro	Novembro	Dezembro
1	15		
2			
3		45	
4			
5			
6			
7			
8			
9	70		
10			
11			
12	40		12
13			
14			
15			
16			
17		53	25
18			
19			27
20			15
21			50
22			
23		23	
24		28	
25			
26			
27	30		
28			5
29			
30			
31			
Total	155 mm	149 mm	134 mm

Ponto: 5

Colaborador: Augusto

Latitude: 31° 17' 56''

Longitude: 52° 9' 19.9''

Altitude: 119 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
1		32				
2		12				
3	25				12	
4						
5				90		
6						
7	5			10		
8	20		35			
9	20		12			
10						
11						
12	12	8			40	
13	15					
14					70	
15	35	25				
16	22	55		70		
17						
18	55		17			15
19	22					
20						
21	17				5	
22	5					
23					18	
24				10		
25		20				
26				43		
27			10	35		
28					39	
29						35
30					16	
31	20					3
Total	273 mm	152 mm	74 mm	258 mm	200 mm	53 mm

Ponto: 6

Colaborador: José Inácio

Latitude: 31° 17' 51.84''

Longitude: 52° 12' 2.08''

Altitude: 155 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Outubro	Novembro	Dezembro
1	17		5
2			
3		58	
4			
5			
6			
7			
8			
9	57		
10			
11			
12	47		9
13			
14			
15			12
16			
17		57	13
18	1		12
19			15
20			15
21			42
22			
23			
24		29	
25	1		
26			
27	15		
28			37
29			
30			
31			
Total	138 mm	144 mm	160 mm

Ponto: 6

Colaborador: José Inácio

Latitude: 31° 17' 51.84''

Longitude: 52° 12' 2.08''

Altitude: 155 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiio	Junho
1		44				
2		12				
3	31				27	
4				90	1	
5					4	
6				12		
7	8					
8			47			
9	17					
10	4		15		35	
11		7				
12	12					
13	16				85	
14	38					
15	29	23				
16				78		
17	5		2			
18	45		22			
19	15					14
20	10		3		10	
21						
22					13	
23						
24		22				
25	2			76		2
26			2	17		
27			25		35	
28						38
29						6
30	6			3		
31	16				15	
Total	254 mm	98 mm	116 mm	276 mm	225 mm	60 mm

Ponto: 7

Colaborador: Leoni

Latitude: 31° 15' 25.8''

Longitude: 52° 12' 28.7''

Altitude: 226 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Outubro	Novembro	Dezembro
1			22
2			
3		43	
4			9
5			
6			
7			
8			
9	45		
10			
11			12
12	20		
13	22	2	
14			
15			8
16			
17		58	
18			
19			
20			40
21			35
22			
23		52	
24			
25			
26	17		
27			
28			
29			
30			
31			
Total	104 mm	155 mm	126 mm

Ponto: 7

Colaborador: Leoni

Latitude: 31° 15' 25.8''

Longitude: 52° 12' 28.7''

Altitude: 226 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
1						
2		55				
3	20					
4		2		102	14	
5				6		
6						
7	2				2	
8						
9						
10	20		43			
11					35	
12	18					
13	18					12
14		20			82	
15	50					
16	48			55		
17						
18			20			12
19						
20	62					
21						
22						
23						
24		36			32	
25						
26						
27				90	36	
28			12			40
29						11
30						
31					19	
Total	238 mm	113 mm	75 mm	253 mm	220 mm	75 mm

Ponto: 8

Colaborador: Antônio

Latitude: 31° 15' 15.1''

Longitude: 52° 11' 08.1''

Altitude: 202 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Outubro	Novembro	Dezembro
1			
2			
3		47	
4			5
5			
6			
7			
8			
9	40		
10			
11			
12	35		15
13			
14			
15			10
16			
17		50	30
18			
19			12
20			12
21			60
22			
23			
24			
25		15	
26			
27	20		
28			
29			5
30			
31			
Total	95 mm	112 mm	149 mm

Ponto: 8

Colaborador: Antônio

Latitude: 31° 15' 15.1''

Longitude: 52° 11' 08.1''

Altitude: 202 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
1		27				
2						
3	40					
4				34		
5				86	10	
6				10		
7						
8	45					
9						
10			32		30	
11						
12						
13					70	
14	47					
15	51	88		48		
16		72				
17	21					
18	31					12
19			20			
20						
21					13	
22					15	
23						
24						
25				40		4
26				60		
27			12			
28					39	28
29						20
30					12	
31	25					
Total	260 mm	187 mm	64 mm	278 mm	189 mm	64 mm

Ponto: 9

Colaborador: Armando

Latitude: 31° 15' 2.4''

Longitude: 52° 9' 27.2''

Altitude: 204 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Outubro	Novembro	Dezembro
1			13
2			
3		40	
4			8
5			
6			
7			
8			
9	41		
10			
11			
12	38		12
13			
14			
15			4
16			
17		50	22
18			14
19			15
20			15
21			50
22			
23			
24		45	
25			
26			
27	35		
28			7
29			
30			
31			
Total	114 mm	135 mm	160 mm

Ponto: 9

Colaborador: Armando

Latitude: 31° 15' 2.4''

Longitude: 52° 9' 27.2''

Altitude: 204 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
1		30				
2	57	8				
3				2	15	
4				112		
5						
6						
7						
8			27			
9	25		14			
10					40	
11						
12	15					
13	13				84	
14	38	23			3	
15	43	90		42		
16						
17	10					
18	25		28			
19	37					11
20						
21					5	
22					10	
23					16	
24		13		8		
25				68		2
26				48		
27			8		37	
28						35
29						12
30	2				13	
31	28				3	
Total	293 mm	164 mm	77 mm	280 mm	226 mm	60 mm

Ponto: 10

Colaborador: Walnei

Latitude: 31° 14' 28.2''

Longitude: 52° 7' 51''

Altitude: 189 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Outubro	Novembro	Dezembro
1			20
2			
3		40	
4			5
5			
6			
7			
8			
9	42		
10			
11			
12	34		15
13			7
14			
15			
16			
17		47	15
18			15
19			10
20			20
21			50
22			
23			
24		30	
25			
26			
27			
28			2
29			
30			
31			
Total	76 mm	117 mm	159 mm

Ponto: 10

Colaborador: Walnei

Latitude: 31° 14' 28.2''

Longitude: 52° 7' 51''

Altitude: 189 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
1		15			10	
2						
3	35				13	
4		70		40		
5		30	4	90	20	
6				3		
7	10					
8	10		30			
9	10				13	
10			10		12	
11						
12			10			
13	21				110	
14	42					
15	35	37				
16		67		35		
17			2			
18	70		25			15
19	30					15
20	4		2			
21					6	
22					25	
23						
24		10				
25		2		15		3
26				70		
27			5		20	
28						
29						10
30	3		2	2	30	
31	10					
Total	280 mm	231 mm	90 mm	255 mm	259 mm	43 mm

Ponto: 11

Colaborador: Charles

Latitude: 31° 15' 41.8''

Longitude: 52° 7' 19.2''

Altitude: 123 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Outubro	Novembro	Dezembro
1	2		8
2			
3		38	
4			10
5			
6			
7			
8			
9	43		
10			
11	5		12
12	32		
13			
14			2
15			
16			
17		45	20
18			10
19			15
20			15
21			54
22			
23		18	
24		12	
25			
26	30		
27	3		
28			
29		2	
30			
31			
Total	115 mm	115 mm	146 mm

Ponto: 11

Colaborador: Charles

Latitude: 31° 15' 41.8''

Longitude: 52° 7' 19.2''

Altitude: 123 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
1		25				
2	28					
3		2			15	
4				100		
5				8	5	
6	5			4		
7	2					
8			35			
9	15		5		20	
10			2		12	
11						
12	10					
13	12				86	
14	35	8				
15	35	94		45		
16				5		
17			28			
18	52					10
19	12					
20	2				6	
21					2	
22					15	
23						
24	2	6				
25				70		
26			8	30		
27					40	32
28						
29						8
30	4				15	
31	15					
Total	229 mm	135 mm	78 mm	262 mm	216 mm	50 mm

Ponto: 12

Colaborador: Rogério

Latitude: 31° 16' 12.8''

Longitude: 52° 3' 59.7''

Altitude: 161 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Outubro	Novembro	Dezembro
1			10
2			
3		25	
4			12
5			
6			
7			
8			
9	50		
10			
11			
12	40		10
13	5		
14			
15			
16			
17		38	30
18	2		5
19			15
20			5
21			60
22			
23			
24		45	
25			
26			
27	30	5	
28			
29		5	
30			
31	2		
Total	129 mm	118 mm	147 mm

Ponto: 12

Colaborador: Rogério

Latitude: 31° 16' 12.8''

Longitude: 52° 3' 59.7''

Altitude: 161 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
1		20				
2						
3	30	10			25	
4		5		120	2	
5				5		
6		3				
7	5					
8			35			
9	10		2			
10					48	
11	5			60	2	
12	2			2		
13					138	
14	10					
15	45	90				
16						
17	15		2			
18	25		38			
19	20					15
20	6					
21						
22					5	
23	2					
24				2		
25	5	10		80		
26				28		
27						35
28					50	10
29						
30					15	
31	45		2		8	
Total	225 mm	138 mm	79 mm	297 mm	293 mm	60 mm

Ponto: 13

Colaborador: Paulo

Latitude: 31° 21' 48.88''

Longitude: 51° 59' 16.84''

Altitude: 12 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Outubro	Novembro	Dezembro
1	12		2,5
2	2,5		
3		41	
4			2
5			
6			
7			
8			
9	40		
10			
11			
12			12,5
13	40		
14			
15			17,5
16			
17		40	4,5
18			7
19			11
20			11
21			37
22			
23			
24			
25	1		
26			
27			
28	1,5		
29		7	
30			
31	1		
Total	98 mm	88 mm	105 mm

Ponto: 13

Colaborador: Paulo

Latitude: 31° 21' 48.88''

Longitude: 51° 59' 16.84''

Altitude: 12 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
1		38			13	
2		20				
3	26			3		
4				75,5	17	
5					9	
6				5		
7	7					
8			14			
9	3					
10	9		11		22,5	
11						
12	7,5	4				
13	8				102	
14	30					
15	48	22				
16				40		
17	2,5					
18	24		43			
19	49					13
20	10		7,5			
21					6	
22						
23					10	
24		32				
25				6		2,5
26			3	36		
27				17,5	29	
28						37,5
29						2,5
30	6				7,5	
31	4					
Total	224 mm	116 mm	78,5 mm	183 mm	222 mm	55,5 mm

Ponto: 14

Colaborador: Iate Club

Latitude: 31° 22' 31.1''

Longitude: 51° 58' 1.8''

Altitude: 6 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Outubro	Novembro	Dezembro
1			5
2			
3		29	
4			1
5			
6			
7			
8			
9			
10	51		
11			
12	40		11
13			2,5
14			
15			12
16			
17		32,5	50
18		1,5	8
19			7
20			12
21			26
22			
23			
24		22	
25			
26			
27	1		
28			
29			
30	12		
31	1		
Total	105 mm	85 mm	134,5 mm

Ponto: 14

Colaborador: Iate Club

Latitude: 31° 22' 31.1''

Longitude: 51° 58' 1.8''

Altitude: 6 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
1		30			27	
2		22				
3	22	1		2	17	
4				76		
5				13	18	
6				1		
7	5					
8	5		40			
9	2,5					
10	3		22		20	
11		3		5	20	
12	9	2,5				
13	5				75	
14	11				72	
15	49	10				
16		2,5		19		
17	1		0,5			
18	33		38			
19	25					12
20	1					
21	5				4	
22					2	
23					2,5	
24		20				
25		8		8		2
26				41		
27			0,5	1	25	
28					1	
29						38
30	5			1	5	2
31	2,5				1	
Total	184 mm	99 mm	101 mm	167 mm	289,5 mm	54 mm

Ponto: 15

Colaborador: Elbio

Latitude: 31° 22' 36.2''

Longitude: 52° 02' 56.8''

Altitude: 23 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Outubro	Novembro	Dezembro
1			
2			
3		20	
4			
5			
6			
7			
8			
9	50		
10			
11			
12	40		10
13			
14			
15			10
16			
17			40
18		47,5	
19			12,5
20			
21			65
22			
23			
24		17	
25			
26			
27	10		
28			
29		10	
30			
31			
Total	100 mm	94,5 mm	137,5 mm

Ponto: 15

Colaborador: Elbio

Latitude: 31° 22' 36.2''

Longitude: 52° 02' 56.8''

Altitude: 23 m

Início da coleta de dados: Outubro de 2018

Fim da coleta de dados: Junho de 2019

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
1		30				
2		25				
3	30					
4				30	15	
5				70		
6						
7		20				
8			40			
9						
10	20				20	
11						
12						
13					130	
14						
15	40			40		
16	45					
17						
18	80		18			
19						30
20	25					
21						
22						
23						
24						
25		35			40	
26				60		
27						
28						40
29						
30						
31						
Total	240 mm	110 mm	58 mm	200 mm	205 mm	70 mm