

Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do Município de Santa Leopoldina

– Volume I: Diagnóstico e Prognóstico de Inundações –



ZAV-SED-DIA_SLE_01.001-R0

Fevereiro / 2014

		Nº: ZAV-SED-DIA_SLE_01.001-R0							
		CLIENTE: Secretaria de Saneamento, Habitação e Desenvolvimento Urbano							
		PROJETO: Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do Município de Santa Leopoldina.							
		TÍTULO: VOLUME I: DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DE INUNDAÇÕES						MEIO AMBIENTE	
								ENGENHARIA	
RESPONSÁVEL TÉCNICO PELO DOCUMENTO: Marco Aurélio Costa Caiado Engenheiro Agrônomo, Ph. D. CREA-ES nº 3757/D							RUBRICA:		
ÍNDICE DE REVISÕES									
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS								
0	EMISSÃO INICIAL								
	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7	REV. 8
DATA	28/02/2014								
EXECUÇÃO									
VERIFICAÇÃO									
APROVAÇÃO									
FORMULÁRIO PERTENCENTE À AVANTEC ENGENHARIA									

APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta o volume I do Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do Município de Santa Leopoldina, intitulado “Diagnóstico e Prognóstico de Inundações”. Na primeira parte deste volume, está apresentado o diagnóstico do município no que tange às inundações, estando nela incluídos:

- Áreas de intervenção;
- Causas das inundações que acontecem no município, abrangendo: áreas de risco, contornos e cotas das linhas de inundação, trechos críticos, singularidades do sistema, eventos pluviométricos críticos e prejuízos causados pelas inundações;
- Análise da legislação de uso e ocupação do solo em vigor, como também do sistema atual de gestão da drenagem, identificando as posturas legais mais impactantes e os “gargalos” institucionais;
- O impacto da urbanização sobre o sistema de drenagem existente.

Na segunda parte deste volume, está apresentado o prognóstico do município, mostrando o comportamento futuro das inundações sem a implantação das propostas do Plano Diretor de Águas Pluviais, utilizando modelos de simulação como ferramentas para a previsão. Na terceira parte deste volume, estão apresentados os cenários de simulação com a relação e caracterização das obras a serem implantadas por sub bacia de planejamento.

O Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do Município de Santa Leopoldina está em conformidade com o Termo de Referência que norteou o contrato assinado entre a SEDURB e o Consórcio Zemlya-Avantec, que determina a elaboração do Plano Diretor de Águas Pluviais/Fluviais, Plano Municipal de Redução de Risco Geológico e Projetos de Engenharia, visando ao apoio técnico a 17 municípios na implementação do programa de redução de risco para áreas urbanas.

Anteriormente a este documento, foi entregue ao município o documento intitulado 1ª Etapa: Plano de Trabalho – Município de Santa Leopoldina, que também norteia o presente documento.

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS.....	22
3	FUNDAMENTOS.....	23
4	METAS.....	24
5	INFORMAÇÕES CEDIDAS PELO CONTRATANTE E PELO MUNICÍPIO 25	
6	DIAGNÓSTICO	26
6.1	ÁREAS DE INTERVENÇÃO	26
6.2	APROPRIAÇÃO DA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS	26
6.3	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	33
6.4	CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO INSTITUCIONAL MUNICIPAL RELACIONADO AO PDAP	37
6.4.1	Estrutura institucional do município na área urbana e habitacional.....	37
6.4.2	Ações governamentais do município na área urbana e habitacional.....	39
6.4.3	Legislação Federal, Estadual e Municipal.....	42
<i>6.4.3.1</i>	<i>Legislação Federal.....</i>	<i>43</i>
<i>6.4.3.1.1</i>	<i>Estatuto da Cidade - Lei Federal nº 10.257/2001.....</i>	<i>44</i>
<i>6.4.3.1.2</i>	<i>Parcelamento do Solo Urbano - Lei Federal nº 6.766/1979.....</i>	<i>49</i>
<i>6.4.3.1.3</i>	<i>Programa Minha Casa, Minha Vida e Regularização Fundiária de Assentamentos Urbanos - Lei Federal nº 11.977/2009.....</i>	<i>52</i>
<i>6.4.3.1.4</i>	<i>Proteção de Vegetação Nativa - Lei Federal nº 12.651/2012.....</i>	<i>53</i>
<i>6.4.3.1.5</i>	<i>Política Nacional de Meio Ambiente - Lei Federal nº 6.938/1981.....</i>	<i>57</i>
<i>6.4.3.1.6</i>	<i>Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei Federal nº 9.433/1997</i>	<i>58</i>
<i>6.4.3.1.7</i>	<i>Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei Federal nº 12.305/2010</i>	<i>59</i>
<i>6.4.3.1.8</i>	<i>Saneamento Básico - Lei Federal nº 11.445/2007</i>	<i>61</i>
<i>6.4.3.2</i>	<i>Legislação Estadual</i>	<i>64</i>

6.4.3.2.1	Parcelamento do Solo Urbano - Lei Estadual nº 7.943/2004	64
6.4.3.2.2	Instituto de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Estado do Espírito Santo - Lei Estadual Complementar nº 488/2009.....	66
6.4.3.2.3	Instituto Estadual de Meio Ambiente - Lei Estadual nº 4.886/1994...67	
6.4.3.2.4	Política Florestal do Estado - Lei Estadual nº 5.361/1996.....	68
6.4.3.2.5	Política Estadual de Recursos Hídricos - Lei Estadual nº 5.818/1998	69
6.4.3.2.6	<i>Política Estadual de Resíduos Sólidos - Lei Estadual nº 9.264/2009</i>	70
6.4.3.2.7	Política Estadual de Saneamento Básico - Lei Estadual nº 9.096/2008	72
6.4.3.3	<i>Legislação Municipal</i>	73
6.4.3.3.1	Plano Diretor Municipal – Lei Municipal Complementar nº 1.223/2007	74
6.4.4	Posturas legais mais impactantes e gargalos institucionais.....	82
6.5	INUNDAÇÃO NA BACIA DO RIO SANTA MARIA DA VITÓRIA, RIBEIRÃO CRUBIXÁ-MIRIM E CÓRREGO DO NOVE	85
6.5.1	Contextualização.....	85
6.5.2	Apropriação dos valores de vazões máximas.....	100
6.5.2.1	<i>Estudo Estatístico de Vazões Máximas do Rio Santa Maria da Vitória</i>	100
6.5.2.2	<i>Distribuição Lognormal tipo II</i>	104
6.5.2.3	<i>Distribuição Lognormal tipo III</i>	105
6.5.2.4	<i>Distribuição Pearson tipo III</i>	105
6.5.2.5	<i>Distribuição Logpearson III</i>	106
6.5.2.6	<i>Distribuição de Gumbel</i>	107
6.5.2.7	<i>Vazões máximas do rio Santa Maria da Vitória</i>	107
6.5.2.8	<i>Vazão máxima instantânea</i>	108
6.5.3	Modelagem Hidrológica das subbacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina	109
6.5.4	Modelagem hidráulica das bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e córrego do Nove	128
6.5.4.1	<i>Introdução</i>	128

6.5.4.2	<i>Domínio do modelo</i>	129
6.5.4.3	<i>Geometria do modelo</i>	129
6.5.4.4	<i>Calibração do modelo</i>	131
6.5.4.5	<i>Riscos de Inundação e Simulação Hidráulica com o Cenário Atual</i>	131
7	PROGNÓSTICO	136
7.1	INTRODUÇÃO	136
7.2	LEVANTAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES	136
7.3	INUNDAÇÃO NAS BACIAS DO RIO SANTA MARIA DA VITÓRIA, RIBEIRÃO CRUBIXÁ-MIRIM E DO CÓRREGO DO NOVE NO CENÁRIO FUTURO	146
7.3.1	Uso do solo futuro e cálculo de vazões	147
7.3.2	Modelagem hidráulica das bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e córrego do Nove no Cenário Futuro	156
7.4	VAZÕES MÁXIMAS PARA AS SUBBACIAS	156
7.5	CENÁRIOS ALTERNATIVOS	158
7.5.1	Cenário 1	158
7.5.2	Cenário 2	162
7.5.3	Cenário 3	163
8	CONCLUSÕES	166
9	REFERÊNCIAS	168
10	EQUIPE TÉCNICA	172

LISTA DE ILUSTRACOES E TABELAS

FIGURAS:

Figura 1-1: Vista aérea da inundação ocorrida em dezembro de 2013 em Santa Leopoldina-ES (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).	18
Figura 1-2: Vista aérea da inundação ocorrida em dezembro de 2013 em Santa Leopoldina-ES – bairro centro (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).	18
Figura 1-3: Inundação ocorrida em dezembro de 2013 em Santa Leopoldina-ES – Posto de gasolina localizado no bairro Centro de Santa Leopoldina (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).	18
Figura 1-4: Inundação ocorrida em dezembro de 2013 em Santa Leopoldina-ES – Ponte Paulo Médice (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).	18
Figura 1-5: Inundação da Rua Jerônimo Monteiro na enchente de dezembro de 2013. (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).	19
Figura 1-6: Inundação na rua que dá acesso ao hospital da cidade. (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).	19
Figura 1-7: Inundação da Rua Vereador Sebastião José Siller, no Bairro Centro de Santa Leopoldina. (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).	20
Figura 1-8: Inundação da Rua José M. Alvarenga, no Bairro Centro de Santa Leopoldina. (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina)	20
Figura 6-1: Localização do município de Santa Leopoldina no Espírito Santo.....	27
Figura 6-2: Bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Rio do Prata, Ribeirão Crubixá-Mirim e córrego do Nove e a relação das mesmas com os bairros do município. 28	
Figura 6-3: Localização das estações pluviométricas no município de Santa Leopoldina e entorno.	30
Figura 6-4: Curvas intensidade x duração de chuva para diferentes períodos de retorno na estação pluviométrica Santa Leopoldina.	33
Figura 6-5: Barragem de Rio Bonito no Rio Santa Maria da Vitória, município de Santa Maria de Jetibá.	87
Figura 6-6: Barragem de Suiça no Rio Santa Maria da Vitória, município de Santa Maria de Jetibá.....	87

Figura 6-7: Divisão de sub bacias de drenagem urbana do município de Santa Leopoldina.	90
Figura 6-8: Vista aérea da inundação ocorrida em dezembro de 2013 em Santa Leopoldina-ES (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).	91
Figura 6-9: Vista aérea da inundação ocorrida em dezembro de 2013 em Santa Leopoldina-ES no bairro centro (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).	91
Figura 6-10: Inundação ocorrida em dezembro de 2013 em Santa Leopoldina-ES no bairro Centro – Posto de gasolina localizado no Centro de Santa Leopoldina (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).....	91
Figura 6-11: Inundação ocorrida em dezembro de 2013 em Santa Leopoldina-ES – Ponte Paulo Médice (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).....	91
Figura 6-12: Inundação da Rua Jerônimo Monteiro na enchente de dezembro de 2013. (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).....	92
Figura 6-13: Inundação na rua que dá acesso ao hospital da cidade. (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).....	92
Figura 6-14: Inundação da Rua Vereador Sebastião José Siller, no Bairro Centro de Santa Leopoldina. (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).....	93
Figura 6-15: Inundação da Rua José M. Alvarenga, no Bairro Centro de Santa Leopoldina. (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina)	93
Figura 6-16: OAE da ES-264 no Bairro Funil em Santa Leopoldina.	94
Figura 6-17: Marca d'água da última inundação (dezembro de 2013) em edificação a montante da OAE da ES-264.....	95
Figura 6-18: Trecho final de corredeiras do Rio Santa Maria da Vitória a montante da Ponte Paulo Médice e início do trecho de escoamento em baixa declividade.	96
Figura 6-19: Início do trecho de escoamento em baixa declividade do Rio Santa Maria da Vitória, Santa Leopoldina-ES.	96
Figura 6-20: Avanço de edificações na margem do Ribeirão Crubixá-Mirim.	97
Figura 6-21: Assoreamento do leito do Ribeirão Crubixá-Mirim.....	97
Figura 6-22: Bueiro instalado no córrego do Nove próximo de sua foz no Rio Santa Maria da Vitória.....	98

Figura 6-23: OAE da Rua José M. Alvarenga, no Bairro Centro de Santa Leopoldina.	99
Figura 6-24: Bueiro avariado e assoreado na Rua Ribeiro Limpo no Bairro Vila Nova, em Santa Leopoldina-ES.	100
Figura 6-25: Localização da estação fluviométrica Córrego do Galo.	101
Figura 6-26: Mapa de Uso e Ocupação do Solo das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina para o Cenário Atual.	114
Figura 6-27: Mapa Pedológico das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina.	115
Figura 6-28: Hietograma da chuva com recorrência de 25 anos e duração igual duas vezes o tempo de concentração da bacia.	119
Figura 6-29: Bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina modelada pelo programa HEC-HMS.	120
Figura 6-30: TIN das bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove.	130
Figura 6-31: Simulação hidráulica da OAE da ES-264, que cruza o Rio Santa Maria da Vitória no Bairro Funil.	133
Figura 6-32: Perfil hidráulico do trecho do rio Santa Maria da Vitória que possui alta declividade, com média de 0,042 m/m.	133
Figura 6-33: Perfil hidráulico do trecho do rio Santa Maria da Vitória que possui baixa declividade, com média de 0,0008 m/m.	134
Figura 6-34: Perfil hidráulico do trecho urbano do ribeirão Crubixá-mirim. As linhas dos níveis d'água demonstram a influencia do rio Santa Maria da Vitória sobre esse curso d'água.	135
Figura 6-35: Perfil hidráulico do trecho urbano do córrego do Nove. As linhas dos níveis d'água demonstram a influencia do rio Santa Maria da Vitória sobre esse curso d'água.	135
Figura 7-1: Setor censitário por macrozona.	140
Figura 7-2: Setor censitário na macrozona urbana.	141
Figura 7-3: Densidade demográfica por setor censitário.	142

Figura 7-4: Densidade demográfica na macrozona urbana.....	143
Figura 7-5: Evolução da população de Santa Leopoldina - ES.....	144
Figura 7-6: Mapa de Uso e Ocupação do Solo das Bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove, município de Santa Leopoldina para o Cenário Futuro.....	148
Figura 7-7: Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 15 para chuva com tempo de recorrência de 10 anos.....	157
Figura 7-8: Hidrograma e escoamento superficial córrego do Nove para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.....	157

TABELAS:

Tabela 6-1: Estações pluviométricas do interior e entorno do município de Santa Leopoldina, os códigos das mesmas e as datas de início e fim de coleta de dados.	29
Tabela 6-2: Precipitações máximas anuais medidas na estação Santa Leopoldina entre os anos 1950 e 2011.	31
Tabela 6-3: Precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno para a estação pluviométrica Santa Leopoldina.	31
Tabela 6-4: Precipitações máximas (em mm), para a estação pluviométrica Santa Leopoldina, associadas a diferentes períodos de retorno e durações.	32
Tabela 6-5: Características da estação fluviométrica Santa Leopoldina.	102
Tabela 6-6: Vazões máximas anuais da estação fluviométrica Santa Leopoldina.	103
Tabela 6-7: Vazões máximas para os períodos de recorrência de 5, 10, 20, 25,30, 50 e 100 anos na estação fluviométrica Santa Leopoldina.....	108
Tabela 6-8: Vazões máximas para os períodos de recorrência de 5, 10, 20, 25,30, 50 e 100 anos para a estação Santa Leopoldina adotadas no presente estudo.	109
Tabela 6-9: Tempo de concentração para as sub bacias na qual as bacias urbanas e periurbanas de Sana Leopoldina foram divididas.	110

Tabela 6-10: Valores de CN médio para as sub bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina.....	116
Tabela 6-11: Resposta hidrológica das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina para chuva com tempo de retorno de 5 anos.....	121
Tabela 6-12: Resposta hidrológica das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina para chuva com tempo de retorno de 10 anos.....	122
Tabela 6-13: Resposta hidrológica das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina para chuva com tempo de retorno de 20 anos.....	123
Tabela 6-14: Resposta hidrológica das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina para chuva com tempo de retorno de 25 anos.....	124
Tabela 6-15: Resposta hidrológica das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina para chuva com tempo de retorno de 30 anos.....	125
Tabela 6-16: Resposta hidrológica das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina para chuva com tempo de retorno de 50 anos.....	126
Tabela 6-17: Resposta hidrológica das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina para chuva com tempo de retorno de 100 anos.....	127
Tabela 7-1: Densidade demográfica por setor censitário e dados por setor censitário.....	138
Tabela 7-2: Crescimento populacional por setor censitário.....	145
Tabela 7-3: Vazões das Bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove para chuva com período de retorno de 5 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.....	149
Tabela 7-4: Vazões das Bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove para chuva com período de retorno de 10 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.....	150
Tabela 7-5: Vazões das Bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove para chuva com período de retorno de 20 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.....	151

Tabela 7-6: Vazões das Bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove para chuva com período de retorno de 25 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.....	152
Tabela 7-7: Vazões das Bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove para chuva com período de retorno de 30 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.....	153
Tabela 7-8: Vazões das Bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove para chuva com período de retorno de 50 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.....	154
Tabela 7-9: Vazões das Bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove para chuva com período de retorno de 100 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.....	155
Tabela 7-10: Pico de vazão da sub bacia 15 e do córrego do Nove, na sede municipal de Santa Leopoldina.	158
Tabela 7-11: Características da estação fluviométrica córrego do Galo.	159
Tabela 7-12: Volumes máximos excedentes acumulados em cada ano no cenário 1.....	161
Tabela 7-13: Período de retorno dos volumes excedentes acumulados no cenário 1.....	162
Tabela 7-14: Volumes máximos excedentes acumulados em cada ano no cenário 3.....	164
Tabela 7-15: Período de retorno dos volumes excedentes acumulados no cenário 3.....	165

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I-a: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Santa Leopoldina-ES no cenário atual (Carta 248).

ANEXO I-b: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Santa Leopoldina-ES no cenário atual (Carta 249).

ANEXO I-c: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Santa Leopoldina-ES no cenário atual (Carta 234).

ANEXO I-d: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Santa Leopoldina-ES no cenário atual (Carta 235).

ANEXO I-e: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Santa Leopoldina-ES no cenário atual (Carta 218).

ANEXO II-a: Mapa de Risco de Inundação para o município de Santa Leopoldina-ES no cenário atual (Carta 248).

ANEXO II-b: Mapa de Risco de Inundação para o município de Santa Leopoldina-ES no cenário atual (Carta 249).

ANEXO II-c: Mapa de Risco de Inundação para o município de Santa Leopoldina-ES no cenário atual (Carta 234).

ANEXO II-d: Mapa de Risco de Inundação para o município de Santa Leopoldina-ES no cenário atual (Carta 235).

ANEXO II-e: Mapa de Risco de Inundação para o município de Santa Leopoldina-ES no cenário atual (Carta 218).

ANEXO III: Mapa de intervenções e soluções construtivas de Santa Leopoldina – Cenário 1.

ANEXO IV: Mapa de intervenções e soluções construtivas de Santa Leopoldina – Cenário 2.

ANEXO V: Mapa de intervenções e soluções construtivas de Santa Leopoldina – Cenário 3.

1 INTRODUÇÃO

A urbanização é um processo característico da civilização humana e os problemas a ela inerente são largamente estudados atualmente. Enquanto em 1800 apenas 1% da população mundial vivia em cidades, a partir da revolução industrial, a urbanização se acelerou em ritmo ascendente, de forma que, durante a primeira metade do século XX, a população total do mundo aumentou 49%, enquanto a população urbana aumentou 240%. Durante a segunda metade do século, a população urbana passou de 1.520 milhões em 1974 para 1.970 milhões em 1982 (TUCCI, 2003).

No Brasil, o processo de urbanização nos últimos 50 anos tem se caracterizado pelo incremento da população em grandes cidades, tendo o número de localidades urbanas com população igual ou maior que 20.000 habitantes passado de 89, em 1950, para 870, em 2010, com a população total nessas localidades passado de 24 para 131 milhões (GEORGE; SCHENSUL, 2013).

Segundo Instituto Jones dos Santos Neves (2011) o estado do Espírito Santo apresentou uma população de 3.514.952 habitantes em 2010, evidenciando aumento de 13,5% (417.720 habitantes) em relação à população registrada em 2000 (3.097.232 pessoas residentes). No decorrer dos anos 2000, o estado destacou uma taxa média de crescimento anual de 1,27%, apresentando valor acima da média nacional (1,17%) e a maior taxa de crescimento populacional da região Sudeste, seguido por São Paulo (1,09%), Rio de Janeiro (1,06%) e Minas Gerais (0,91%). O município de Santa Leopoldina passou de 12.463 em 2000 para 12.240 em 2010, com um decréscimo médio anual de 0,18%.

O crescimento urbano das cidades provoca impactos significativos na população e no meio ambiente. Estes impactos deterioram a qualidade de vida da população devido ao aumento da frequência e do nível das inundações, somado à péssima qualidade das águas pluviais com o aumento da presença de materiais sólidos e, muitas vezes, de esgoto *in natura*.

Estes problemas são desencadeados principalmente pela forma como as cidades se desenvolvem, podendo ser citadas duas grandes causas de inundação urbana:

- Devido à urbanização: relacionadas à ampliação de áreas impermeabilizadas e construção de sistemas de drenagem, como condutos e canais;
- Devido à ocupação de planícies de inundação: quando a legislação de uso do solo e o planejamento urbano são inadequados e após uma sequência de anos em que rios urbanos apresentam baixas vazões, a população passa a ocupar planícies de inundação devido à topografia plana, proximidade com áreas importantes do centro urbano e baixo custo. Entretanto, quando altas vazões ocorrem, os prejuízos podem atingir somas intangíveis e a municipalidade é chamada a investir na proteção da população contra cheias.

Duas condutas do poder público tendem a agravar ainda mais a situação:

- Os projetos de drenagem urbana têm como filosofia escoar a água precipitada o mais rapidamente possível para jusante. Este critério, via de regra, aumenta a vazão máxima, a frequência e o nível de inundação de jusante;
- A falta de legislação normatizadora da ocupação do solo ou a falta de meios para aplicar as normas existentes possibilitam a ocupação de áreas ribeirinhas, restringindo a passagem de cheias e ocasionando inundações a montante.

Princípios básicos de drenagem urbana são largamente estudados e apresentados em manuais; entretanto estes não são, normalmente, empregados em cidades brasileiras, incluindo Santa Leopoldina, e as principais causas são citadas em Tucci *et al.* (2002):

- Rápido e imprevisível desenvolvimento urbano, com tendência à ocupação de jusante para montante, ampliando os riscos de danos;
- Urbanização ocorrendo sem levar a legislação em conta;

- A ocupação dessas áreas é feita por pessoas de baixa renda e não é acompanhada pela infraestrutura recomendável;
- Ausência de programas de prevenção para a ocupação de áreas de risco e, quando as cheias ocorrem, recursos a fundo perdido são colocados à disposição para a municipalidade sem a exigência de programas de prevenção.
- Ausência de conhecimento por parte da população e técnicos locais de como lidar com inundações;
- Falta de organização institucional em drenagem urbana em nível local.

A estes, podem-se acrescentar, entre outros, o sub dimensionamento das estruturas de drenagem como pontes e galerias, a falta de manutenção das mesmas, que resulta na redução de suas capacidades de transporte, além da não exigência de estudo dos impactos dos novos empreendimentos na drenagem urbana.

Segundo informações da Defesa Civil de Santa Leopoldina, a enchente que atingiu o município em dezembro de 2013 foi o pior evento dos últimos anos. A **Figura 6-8**, a **Figura 6-9**, a **Figura 6-10**, a **Figura 6-11**, a **Figura 6-12**, a **Figura 6-13**, a **Figura 6-14** e a **Figura 6-15** apresentam o registro fotográfico da inundação ocorrida nesse período.



Figura 1-1: Vista aérea da inundação ocorrida em dezembro de 2013 em Santa Leopoldina-ES (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).



Figura 1-2: Vista aérea da inundação ocorrida em dezembro de 2013 em Santa Leopoldina-ES – bairro centro (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).



Figura 1-3: Inundação ocorrida em dezembro de 2013 em Santa Leopoldina-ES – Posto de gasolina localizado no bairro Centro de Santa Leopoldina (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).



Figura 1-4: Inundação ocorrida em dezembro de 2013 em Santa Leopoldina-ES – Ponte Paulo Médice (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).



Figura 1-5: Inundação da Rua Jerônimo Monteiro na enchente de dezembro de 2013. (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina)



Figura 1-6: Inundação na rua que dá acesso ao hospital da cidade. (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina)



Figura 1-7: Inundação da Rua Vereador Sebastião José Siller, no Bairro Centro de Santa Leopoldina. (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina)



Figura 1-8: Inundação da Rua José M. Alvarenga, no Bairro Centro de Santa Leopoldina. (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina)

Segundo informações da Defesa Civil Municipal de Santa Leopoldina 6.000 pessoas foram atingidas pela enchente de 2013, com 1.600 pessoas desalojadas e 78 pessoas desabrigadas.

Podem-se resumir os problemas da macrodrenagem de Santa Leopoldina nos itens a seguir: a) presença de trechos com baixa declividade, quando comparado com a declividade média do curso d'água na bacia hidrográfica; b) presença de trechos dos cursos d'água com rocha que serve de anteparo para o escoamento; c) ocupação das margens dos cursos d'água por edificações, reduzindo a seção de escoamento; d) sub dimensionamento de estruturas hidráulicas, como pontes e bueiros.

Observa-se, entretanto, preocupação do poder público em nível estadual e municipal em implementar ações que venham a minimizar os problemas inerentes às cheias que veem ocorrendo no município de Santa Leopoldina, o que resultou, na estruturação da defesa civil municipal e estadual e, entre outras ações, a inclusão do município de Santa Leopoldina no contrato de prestação de serviços assinado entre o Consórcio Zemlya-Avantec e a Sedurb, que tem o presente trabalho como um dos produtos.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho é fornecer subsídios técnicos e institucionais ao Município de Santa Leopoldina que permitam reduzir os impactos das inundações na cidade e criar as condições para uma gestão sustentável da drenagem urbana. Para tanto, os seguintes objetivos específicos foram perseguidos;

- (1) apresentar soluções para o controle dos principais problemas relacionados a cheias no município de Santa Leopoldina, tendo como foco a bacia do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e córrego do Nove;
- (2) mudar o modo com que os problemas relacionados a cheias são encarados no município, por meio da implementação de práticas estruturais e não estruturais que ajudarão a reduzir os prejuízos, diminuir os custos de controle e evitar o aumento dos problemas no futuro, podendo ser replicado em outros municípios do estado ou do país;
- (3) discutir as soluções com o poder público e com a comunidade; e
- (4) treinar agentes locais para o enfrentamento dos problemas inerentes à diminuição dos riscos de inundação nas áreas de intervenção.

3 FUNDAMENTOS

O Plano Municipal de Drenagem Pluvial/Fluvial de Santa Leopoldina é baseado nos seguintes princípios:

- Abordagem interdisciplinar no diagnóstico e na solução dos problemas de inundação;
- Bacias hidrográficas como unidades de planejamento;
- Soluções integradas à paisagem e aos mecanismos de conservação do meio ambiente;
- Soluções economicamente viáveis que apresentem relações benefício/custo adequadas;
- Excesso de escoamento superficial controlado na fonte, evitando a transferência para jusante do aumento do escoamento e da poluição urbana;
- Redução dos impactos, sobre o sistema de drenagem, provocados por novos empreendimentos, tendo prioridade para:
 - controle da impermeabilização;
 - restrição da ocupação de áreas de recarga, várzeas e áreas frágeis;
 - implantação de dispositivos de infiltração ou reservatórios de amortecimento ao invés de obras de aceleração e afastamento das águas pluviais (canalização);
- Incorporação desses princípios na cultura da administração municipal, principalmente nos setores diretamente responsáveis pelos serviços de águas pluviais;
- Institucionalização desses princípios incorporando-os na legislação municipal, em especial no Plano Diretor do Município;
- Horizonte de planejamento de 20 anos;
- Apresentação de soluções em nível de planejamento abrangendo tanto medidas de controle estruturais como não estruturais.

4 METAS

O Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do Município de Santa Leopoldina tem as seguintes metas:

- Planejar a distribuição da água pluvial no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana compatibilizando esse desenvolvimento e a infraestrutura para evitar prejuízos sociais, econômicos e ambientais;
- Controlar a ocupação de áreas de risco de inundação através de regulamentação;
- Promover a convivência com as enchentes nas áreas de médio e baixo riscos.

5 INFORMAÇÕES CEDIDAS PELO CONTRATANTE E PELO MUNICÍPIO

A seguir são apresentadas as informações cedidas pelo contratante para o desenvolvimento do presente estudo.

Informações cedidas pelo Estado:

- Ortofotomosaico do Espírito Santo em escala 1:15.000 com imagens dos anos de 2007 e 2008;
- Banco de dados GEOBASES com diversas bases de dados georreferenciados;
- Imagens aéreas de alta resolução da área de estudo;

Informações cedidas pelo Município:

- Acervo fotográfico das inundações na sede e Santa Leopoldina nos anos de 2012 e 2013;
- Plano de Contingência do município de Santa Leopoldina;
- Relatório Geral do Desastre de 2013;
- Informações sobre a situação da barragem de Suiça e de Rio Bonito durante o desastre de 2013.

6 DIAGNÓSTICO

6.1 ÁREAS DE INTERVENÇÃO

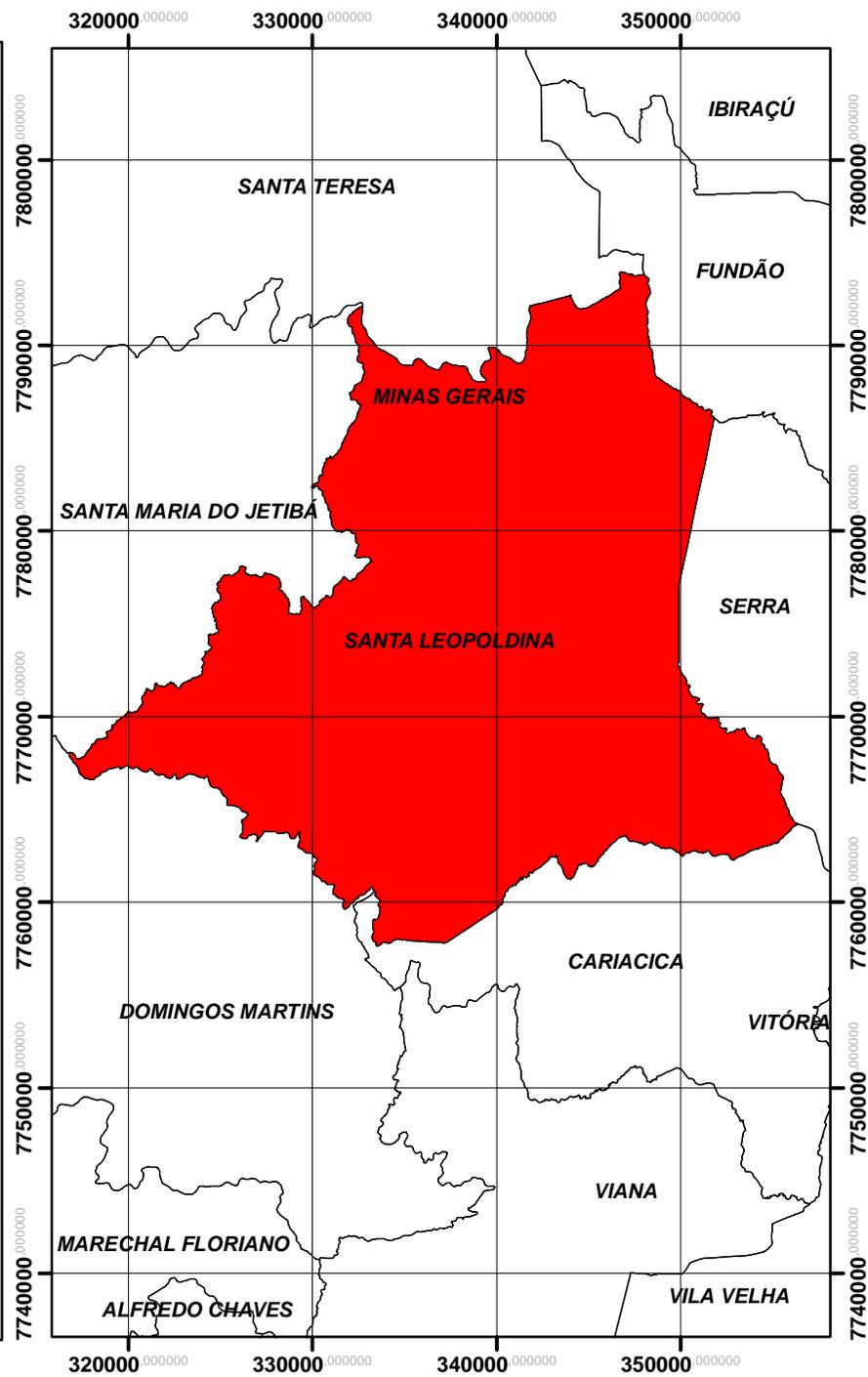
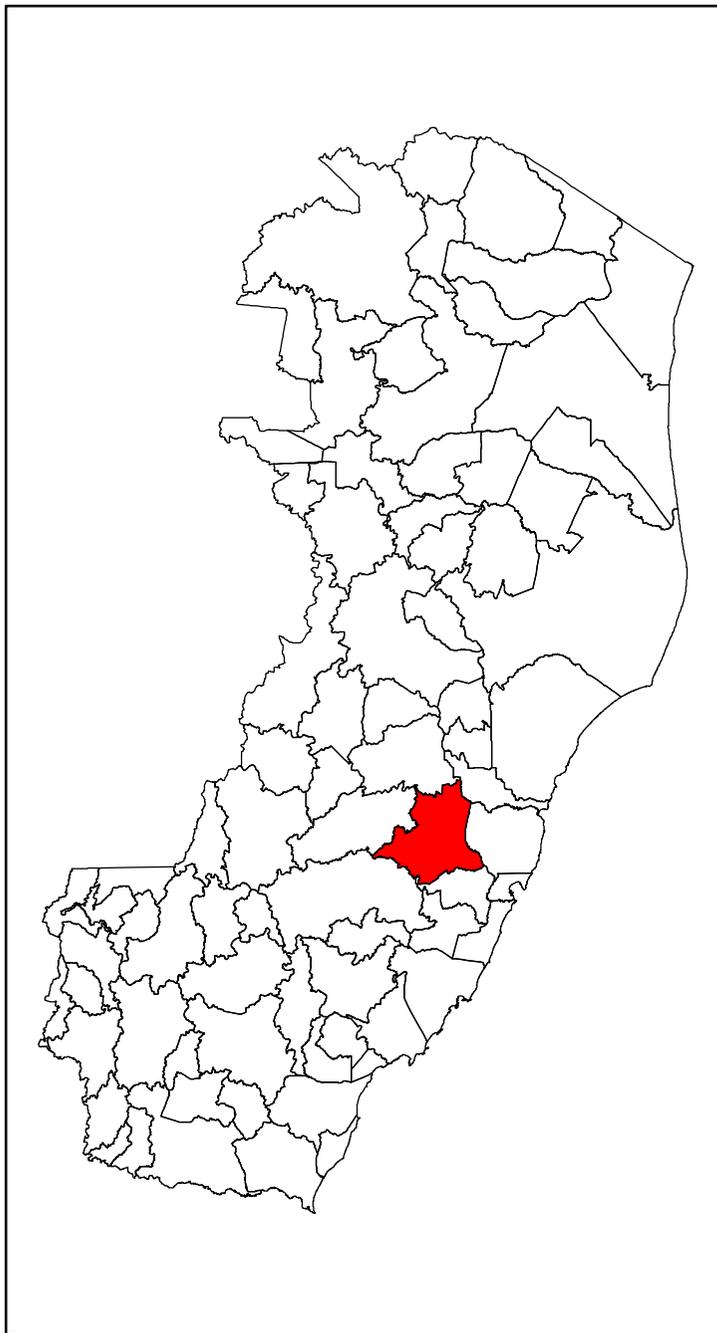
O Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais do município de Santa Leopoldina tem como foco as bacias hidrográficas que abrigam o principal aglomerado populacional do município, o seu distrito Sede, e que, segundo a defesa civil municipal, tem apresentado problemas de inundação mais frequentes, sendo as bacias do rio Santa Maria da Vitória, rio do Prato, ribeirão Crubixá-Mirim e córrego do Nove. A **Figura 6-1** apresenta a localização do município de Santa Leopoldina no Espírito Santo, enquanto a **Figura 6-2** apresenta a bacia hidrográfica supracitada e a relação da mesma com a área urbana do município.

6.2 APROPRIAÇÃO DA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS

Nas análises das relações intensidade-duração-frequência das chuvas máximas, comumente é empregada a **Equação 1**.

$$i = \frac{kT^m}{(t + t_o)^n} \quad \text{Equação 1}$$

na qual, i representa a intensidade máxima média; t é a duração da chuva, T é o seu tempo de retorno, enquanto k , m , t_o e n são os parâmetros que se deseja determinar com base nos dados pretéritos de chuva. Uma vez determinados estes parâmetros por análise de regressão, estabelece-se a equação que representa a relação intensidade-duração-frequência válida para a região de influência da estação pluviométrica estudada. Para localidades desprovidas de dados pluviográficos de longa duração, o método *Chow-Gumbel* tem sido utilizado de maneira eficiente para a determinação da relação intensidade-duração-frequência válida para a região de influência da estação pluviométrica estudada.



Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

- Município de Santa Leopoldina
- Divisão Municipal e Limite estadual do Espírito Santo

Documentação e Referências

GEOBASES. Divisão municipal.

REV	DESCRIÇÃO	DATA
0	Emissão original	24/01/2014

Projeto:
 Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais Diagnóstico

Título:
 Localização do município de Santa Leopoldina no Espírito Santo

Responsável técnico:
 Marco Aurélio C. Caiado
 Eng. Agrônomo, Ph. D.
 CREA - ES 3757 D

Elaboração:
 Marcela Lopes Barros
 Estagiária em Engenharia Sanitária e Ambiental

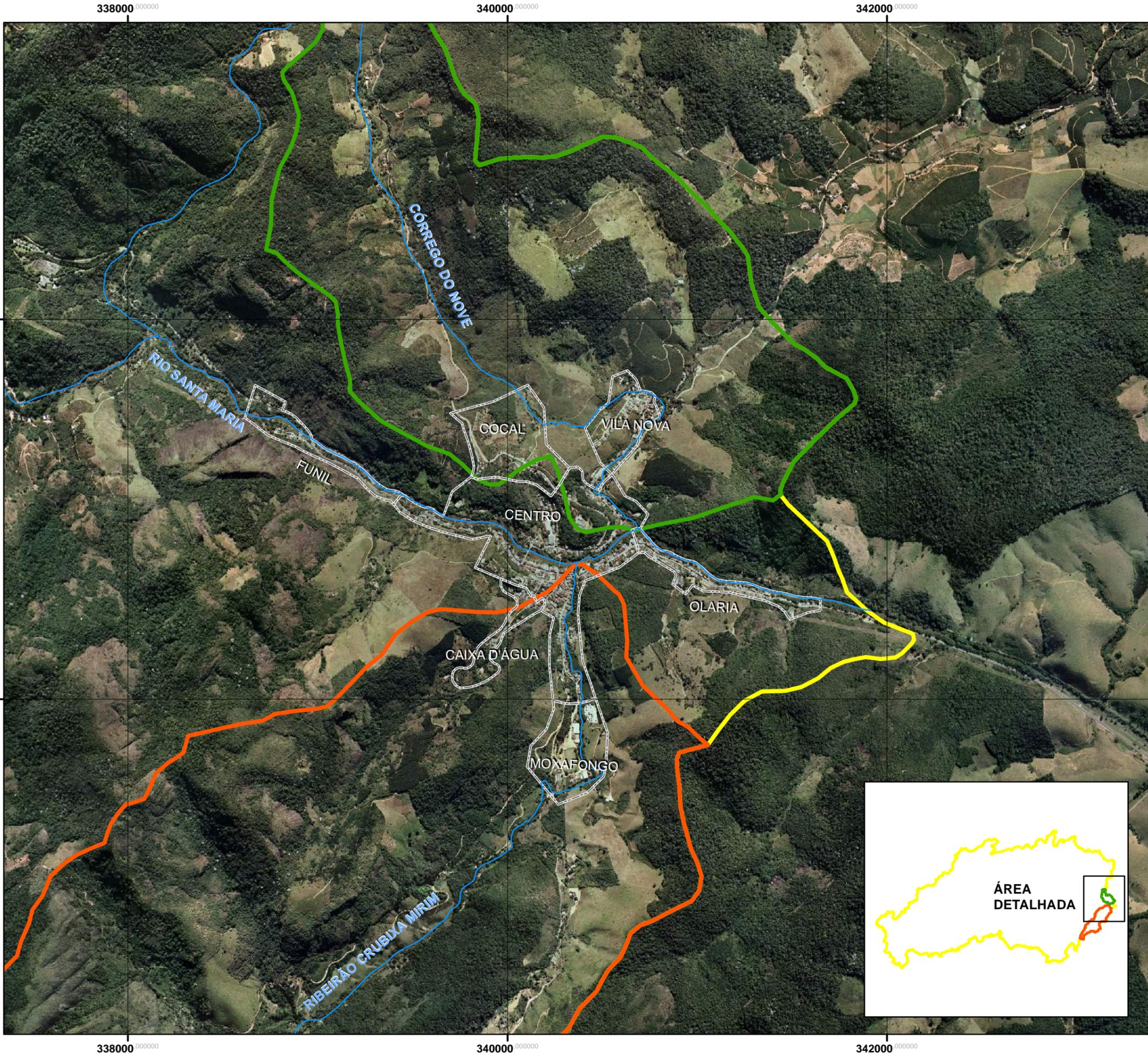
Escala: 1:400.000 0 2,5 5 10 km

Folha: 1 de 1 *Local:* Santa Leopoldina - ES

Papel: A4 *Nº:* **Figura 6-1**

Contratante: *Consórcio:*





Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

-  Cursos d'água
-  Bairros
- Limite de Bacias**
-  Bacia do Rio Santa Maria
-  Bacia do Córrego do Nove
-  Bacia do Ribeirão da Crubixa Mirim

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	24/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
 Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
 Diagnóstico

Título:
 Bacias do rio Santa Maria, Córrego do Nove e
 Ribeirão Crubixa Mirim e a relação das mesmas
 com os bairros de Santa Leopoldina.

Responsável técnico:
 Marco Aurélio C. Caiado
 Eng. Agrônomo, Ph. D.
 CREA - ES 3757 D

Elaboração:
 Tainah Christina Teixeira de Souza
 Estagiária em Engenharia
 Sanitária e Ambiental

Escala: 1:20.000 

Folha: 1 de 1 Local: Santa Leopoldina - ES

Papel: A3 Nº: **Figura 6-2**

Contratante: Consórcio:



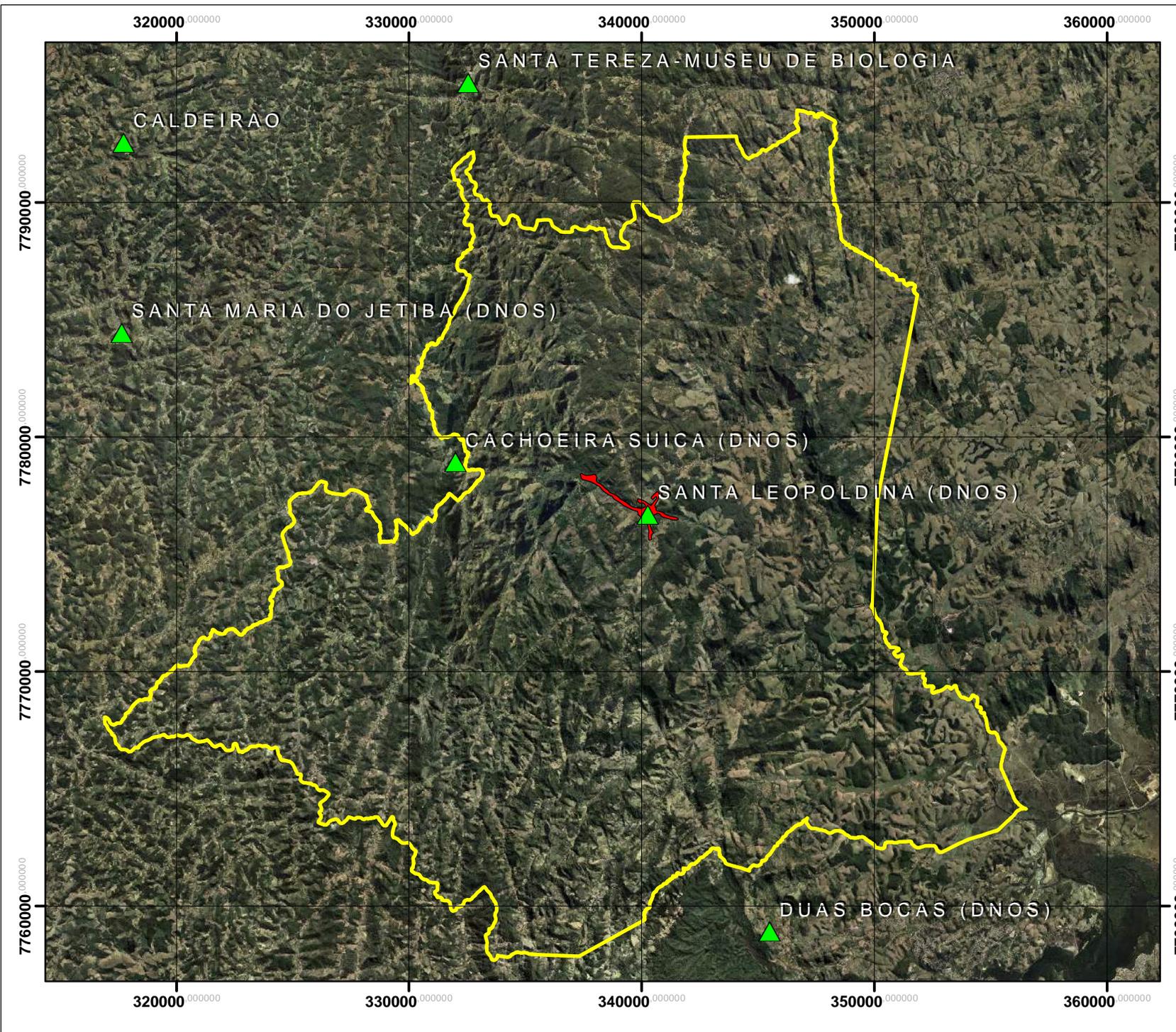
Conforme pode ser observado na **Figura 6-3**, no entorno e nas proximidades do município de Santa Leopoldina, ocorrem as estações pluviométricas Museu de Biologia, Caldeirão, Santa Maria de Jetibá, Santa Leopoldina, Cachoeira Suíça e Duas Bocas. A **Tabela 6-1** apresenta os códigos das mesmas e as datas de início e fim de coleta de dados.

Tabela 6-1: Estações pluviométricas do interior e entorno do município de Santa Leopoldina, os códigos das mesmas e as datas de início e fim de coleta de dados.

Nome	Código	Início coleta	Fim coleta
Museu de Biologia	1940018	01/08/1947	01/02/1977
Caldeirão	1940020	01/01/1970	Dias atuais
Santa Maria de Jetibá	2040007	01/01/1947	Dias atuais
Cachoeira Suíça	2040018	01/01/1959	Dias atuais
Santa Leopoldina	2040010	01/10/1949	Dias atuais
Duas Bocas	2040014	01/05/1952	Dias atuais

A estação pluviométrica Santa Leopoldina, código 2040010, foi a escolhida para a apropriação da equação intensidade-duração-frequência de chuvas do município por possuir o maior número de dados e estar funcionando até os dias atuais. Os valores diários de chuva foram obtidos no sítio oficial da Agência Nacional de Água (www.ana.gov.br). A metodologia de cálculo está apresentada em Soprani e Reis (2007) e resumida a seguir.

- Seleção das máximas precipitações anuais de 1 dia;
- Análise de frequências dos totais precipitados com ajuste da distribuição probabilística de *Gumbel* à série de máximas precipitações anuais de 1 dia, estimando as precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno;
- Conversão das máximas precipitações anuais de 1 dia, associadas a diferentes períodos de retorno, em precipitações máximas de 24 horas;
- Conversão das precipitações máximas de 24 horas, associadas a diferentes períodos de retorno, em precipitações máximas de durações menores. Para o caso em apreço, foram consideradas durações de precipitação de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos, 1, 6, 8, 10, 12 e 24 horas;
- Análise de regressão correlacionando duração, frequência e intensidade.



Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

-  Estações Pluviométricas
-  Rodovias
-  Mancha urbana de Santa Leopoldina
-  Limite municipal de Santa Leopoldina

Documentação e Referências

- IMA. Ortofotomoaico 1:15.000. 2007/2008.
- ANA. Estações Pluviométricas
- GEOBASE. Mancha Urbana.
- GEOBASE. Limite Municipal.

Ø	Emissão original	06/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
 Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
 Diagnóstico

Título:
 Localização das Estações Pluviométricas
 no município de Santa Leopoldina e entorno

Responsável técnico:
 Marco Aurélio C. Caiado
 Eng. Agrônomo, Ph. D.
 CREA - ES 3757 D

Elaboração:
 Tainah Christina Teixeira de Souza
 Estagiária em Engenharia
 Sanitária e Ambiental

Escala: 1:230.000  Km

Folha: 1 de 1 **Local:** Santa Leopoldina-ES

Papel: A4 **Nº:** **Figura 6-3**

Contratante: **Consórcio:**



A **Tabela 6-2** apresenta as precipitações máximas anuais medidas na estação Santa Leopoldina Montante entre os anos 1950 e 2011.

Tabela 6-2: Precipitações máximas anuais medidas na estação Santa Leopoldina entre os anos 1950 e 2011.

Ano	Máxima	Ano	Máxima	Ano	Máxima	Ano	Máxima
1950	63,30	1966	55,80	1982	92,60	1998	78,00
1951	94,80	1967	86,00	1983	112,80	1999	84,40
1952	138,80	1968	145,20	1984	99,00	2000	98,40
1953	99,10	1969	106,60	1985	70,20	2001	86,40
1954	61,10	1970	122,60	1986	76,40	2002	42,40
1955	93,20	1971	0,00	1987	-	2003	63,40
1956	88,80	1972	103,00	1988	48,60	2004	108,40
1957	97,20	1973	75,40	1989	-	2005	176,80
1958	71,20	1974	87,00	1990	42,40	2006	74,40
1959	145,60	1975	83,40	1991	64,80	2007	84,60
1960	209,00	1976	60,40	1992	86,00	2008	94,80
1961	96,80	1977	84,80	1993	24,80	2009	143,60
1962	62,80	1978	-	1994	34,60	2010	104,40
1963	92,20	1979	98,20	1995	28,80	2011	133,60
1964	83,00	1980	70,20	1996	84,00	-	-
1965	86,60	1981	110,20	1997	98,60	-	-

A **Tabela 6-3** apresenta as precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno, resultado do ajuste da distribuição probabilística de Gumbel à série de máximas precipitações anuais de 1 dia.

Tabela 6-3: Precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno para a estação pluviométrica Santa Leopoldina.

Período de retorno (anos)	Precipitação máxima anual (mm)
2	82,75
5	116,69
10	139,17
25	167,57
50	188,63
75	200,88
100	209,55

A **Tabela 6-4** apresenta as intensidades pluviométricas associadas a diferentes períodos de retorno e diferentes durações, estimadas para a estação pluviométrica Santa Leopoldina.

Tabela 6-4: Precipitações máximas (em mm), para a estação pluviométrica Santa Leopoldina, associadas a diferentes períodos de retorno e durações.

Duração	Período de Retorno						
	2	5	10	25	50	75	100
24h	94,33	133,03	158,65	191,03	215,04	229,00	238,88
12h	80,18	113,08	134,85	162,37	182,79	194,65	203,05
10h	77,35	109,09	130,10	156,64	176,33	187,78	195,88
8h	73,58	103,76	123,75	149,00	167,73	178,62	186,33
6h	67,92	95,78	114,23	137,54	154,83	164,88	171,99
1h	39,62	55,87	66,63	80,23	90,32	96,18	100,33
30min	29,32	41,35	49,31	59,37	66,84	71,17	74,24
25min	26,68	37,62	44,87	54,03	60,82	64,77	67,56
20min	23,75	33,49	39,94	48,09	54,14	57,65	60,14
15min	20,52	28,94	34,52	41,56	46,78	49,82	51,97
10min	15,83	22,33	26,63	32,06	36,09	38,43	40,09
5min	9,97	14,06	16,77	20,19	22,72	24,20	25,24

A **Figura 6-4** apresenta as curvas intensidade x duração para diferentes períodos de retorno.

A **Equação 2** a seguir apresenta a relação intensidade-duração-frequência das chuvas para Santa Leopoldina com base nos dados da estação pluviométrica Santa Leopoldina.

$$i = \frac{17,71T^{0,1591}}{(t + 11)^{0,751}}$$

Equação 2

Sendo:

i = intensidade da chuva em mm/min;

T = Tempo de retorno, em anos;

t = Tempo de duração, em minutos.

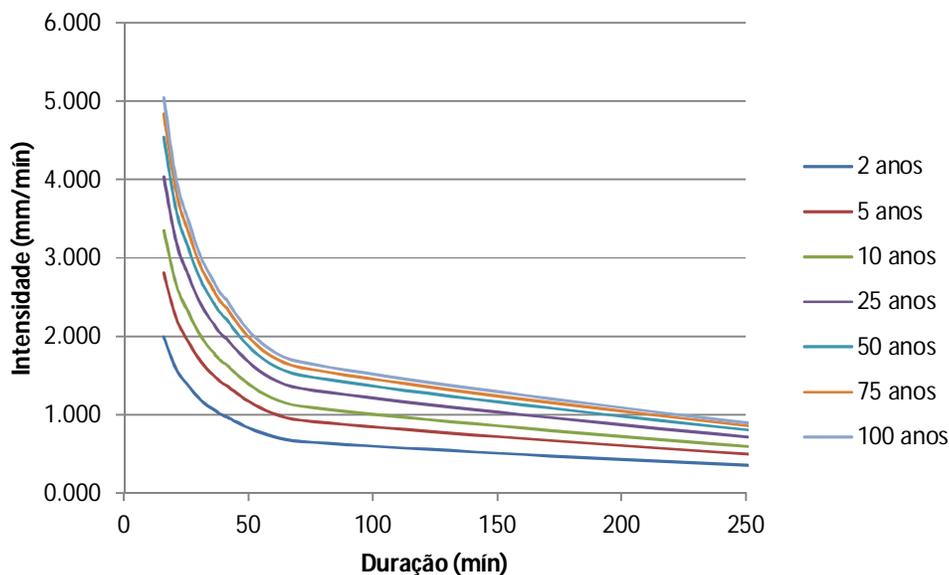


Figura 6-4: Curvas intensidade x duração de chuva para diferentes períodos de retorno na estação pluviométrica Santa Leopoldina.

6.3 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é o tempo que leva a área hidrologicamente mais remota da mesma para contribuir com o fluxo de água em seu exutório.

Conhecer o tempo de concentração é essencial para a definição da vazão máxima a que está sujeita uma bacia. Como quanto mais longa é uma chuva, menor é a sua intensidade, aquelas com durações iguais ao tempo de concentração da bacia são as responsáveis pelas cheias mais significativas, já que, as de durações menores que o tempo de concentração não tem toda a bacia contribuindo para o fluxo.

Ao longo do tempo, foram formuladas várias equações para o cálculo do tempo de concentração visando a resolver problemas práticos de engenharia. Por isto, a maior parte delas possui caráter empírico e constituem basicamente

equações de regressão, desenvolvidas a partir de preceitos estatísticos (SILVEIRA, 2005).

As fórmulas são obtidas, de modo geral, pelas características da bacia hidrográfica como área, comprimento do talvegue, rugosidade do córrego ou canal e a declividade dos mesmos, podendo ser citadas, entre outras, as fórmulas de *Ven te Chow*, *Kirpisch*, *Temez* e *Giandotti*. Segundo Winkler *et al.* (2012) *apud* Kibler (1982), a determinação do tempo de concentração por meio de fórmulas empíricas está sujeita a imprecisões e incertezas por não considerar a variabilidade espacial e temporal da bacia.

A equação de *Giandotti* (**Equação 3**) foi preconizada no Regulamento de Pequenas Barragens de Terra editado em 1973, em Portugal. É normalmente utilizada em bacias com áreas superiores a 300 Km².

$$T_c = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1,5 \times L}{0,8 \times \sqrt{\bar{H}}} \quad \text{Equação 3}$$

Sendo:

T_c : tempo de concentração (horas);

A: área da bacia (Km²);

L: comprimento do talvegue principal (Km);

\bar{H} : altura média da bacia (metros).

A equação de *Temez* (**Equação 4**) foi recomendada por IEP (2001), tendo sido desenvolvida e testada em bacias hidrográficas da Espanha e recomendada para bacias naturais de área de até 3.000 km².

$$T_c = 0,3 \times \left(\frac{L}{i^{0,25}} \right)^{0,76} \quad \text{Equação 4}$$

Sendo:

T_c : tempo de concentração (horas);

L: comprimento do talvegue principal (Km);

S: declividade (%).

Segundo Silveira (2005), a fórmula de *Ven te Chow* é originalmente uma fórmula de tempo de pico, devendo ser adaptada para tempo de concentração via aplicação de um fator de correção de 1,67, a fim de não subestimar o resultado. A origem desta fórmula está baseada em dados de vinte bacias rurais, com áreas de 1 a 19 Km².

A equação, já com o fator de correção aplicado, assume a seguinte forma:

$$T_c = 9,60L^{0,64}S^{-0,32} \quad \text{Equação 5}$$

Sendo:

T_c : tempo de concentração (minutos);

L : comprimento do talvegue principal (Km);

S : declividade (m/m).

A equação de *Kirpich* (**Equação 6**) apresenta a seguinte formulação:

$$T_c = 0,39 \times \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0,385} \quad \text{Equação 6}$$

Em que:

T_c : tempo de concentração em horas.

L : estirão em Km.

S : declividade equivalente Constante em %.

O método NRCS TR 55 foi elaborado pelo Serviço de Conservação de Recursos Naturais (NRCS) dos Estados Unidos em 1975 e apresenta procedimentos simplificados para calcular o tempo de concentração (SCS – USDA, 1986). Este método difere das outras metodologias por considerar que o tempo de concentração é determinado pela combinação do tempo de viagem em três áreas nas quais a bacia é subdividida.

Na área 1 predomina escoamento superficial, na área 2, fluxo concentrado e na área 3, fluxo em canais. O tempo de concentração é calculado por fórmulas

que representam as características fisiográficas de cada área, representadas a seguir:

- Área de escoamento superficial (**Equação 7**).

$$T_c = \frac{0,007 \cdot (\eta \cdot L)^{0,8}}{P^{0,5} \cdot S^{0,4}} \quad \text{Equação 7}$$

Sendo:

T_c : tempo de concentração (horas);

η : coeficiente de manning;

L : comprimento do talvegue principal (pés);

P : chuva de 24 horas que acontece em 2 anos (polegadas);

S : declividade (m/m).

- Área de fluxo concentrado (**Equação 8**).

$$V = 16,1345 \cdot \sqrt{S} \quad \text{Equação 8}$$

Sendo:

V : velocidade (pés/s);

S : declividade (m/m).

- Fluxo de canal (**Equação 9**).

$$V = \frac{C \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{\eta} \quad \text{Equação 9}$$

Sendo:

V : velocidade (m/s);

C : 1;

R : raio hidráulico;

S : declividade (m/m);

η : coeficiente de manning.

Os tempos de concentração de cada sub bacia foram calculados utilizando as metodologias acima mencionadas e estão apresentados mais adiante neste trabalho.

6.4 CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO INSTITUCIONAL MUNICIPAL RELACIONADO AO PDAP

Este item trata do contexto institucional relacionado à gestão do risco hidrológico, ou seja, além dos instrumentos da legislação municipal vigente, toda a estrutura de gestão local voltada para as políticas públicas que interagem com as ações para redução do risco, desde o planejamento e o controle urbano até as ações governamentais no âmbito da política urbana e habitacional.

A partir dessa análise, foi possível estabelecer diretrizes para a estruturação e o funcionamento de programas municipais voltados para o desenvolvimento de ações relacionadas à gestão de riscos hidrológicos para as áreas apontadas por esse plano.

6.4.1 Estrutura institucional do município na área urbana e habitacional

Segundo informações coletada em reunião com os técnicos da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina, o município não possui uma lei que institui a estrutura administrativa da Prefeitura Municipal, portanto não foi possível fazer uma análise dos órgãos que compõem a administração direta e indireta da Prefeitura, assim como sua função e atuação.

A partir de informações do site da Prefeitura Municipal¹, constituem a estrutura organizacional hoje instituída basicamente nove Secretarias, a saber: a Secretaria Municipal de Administração; a Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente; a Secretaria Municipal de Cultura e Turismo; a Secretaria Municipal de Educação; a Secretaria Municipal de Esportes; a Secretaria Municipal de Finanças; a Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos; a Secretaria Municipal de Saúde; e a Secretaria Municipal de Trabalho, Desenvolvimento e Ação Social. Além destes, compõem ainda a administração direta da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina a Advocacia Geral do Município, a Controladoria de Controle Interno, a Coordenadoria de Defesa Civil, a Coordenadoria de Planejamento, a Coordenadoria de Transportes, a Coordenadoria de Comunicação, o Departamento de Tecnologia da Informática, o Departamento dos Recursos Humanos e o Gabinete do Prefeito.

Os órgãos que atuam mais diretamente na gestão da política urbana e habitacional são: a Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente, a Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos e a Secretaria Municipal de Trabalho, Desenvolvimento e Ação Social.

A Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Santa Leopoldina foi criada pela Lei Municipal nº 1.463 de novembro de 2013 e está diretamente subordinada ao Prefeito, entretanto esta legislação não regulamenta as ações e objetivos dessa Coordenadoria.

Em termos de gestão urbana participativa o Município conta com conselhos instituídos e atuantes, que discutem sobre políticas de habitação social: o Conselho Municipal de Ação Social e o Conselho Municipal de Trabalho, Desenvolvimento e Ação Social. Este Conselho foi criado pela Lei Municipal 897 de 1997 e está vinculado à Secretaria Municipal de Assistência Social. Ele tem por finalidade: definir as prioridades da política de assistência social; aprovar a Política Municipal de Assistência Social; formular estratégias e controle da execução da política de assistência social; acompanhar, avaliar e fiscalizar os serviços de assistência prestados à população por entidades

¹ Informação disponível em: <<http://www.santaleopoldina.es.gov.br/>> Acessado em: 12 Fev. 2014.

públicas e privadas no município; estabelecer e aprovar critérios para a celebração de contratos ou convênios entre o Poder Público Municipal e entidades privadas, que prestam serviços de assistência social.

O risco hidrológico constitui um dos mais graves problemas que tornam uma moradia inadequada, juntamente com outros aspectos como a deficiência de infraestrutura, por exemplo. Sendo assim, o tratamento dessas questões no âmbito das políticas públicas deve se dar de forma integrada e, preferencialmente, a partir da coordenação do órgão responsável pela política habitacional, pois esse tipo de problema, em geral, se concentra territorialmente nos assentamentos de interesse social.

6.4.2 Ações governamentais do município na área urbana e habitacional

Em entrevista realizada com os técnicos da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina, no dia 03 de setembro de 2013, foi possível levantar os seguintes dados a respeito da gestão municipal: obras, programas e projetos de habitação e infraestrutura urbana em andamento no município; os problemas de risco encontrados no município; a gestão e comunicação dos técnicos da Prefeitura Municipal com as comunidades que se encontram em áreas de risco; as legislações que incidem sobre a regulação do solo urbano e o desenvolvimento territorial; as principais características das ocupações em áreas de risco; entre outros. Estavam presentes na reunião realizada membros da Defesa Civil Municipal, técnicos da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos, técnicos da Secretaria Municipal de Trabalho, Desenvolvimento e Ação Social e técnicos da Coordenadoria de Planejamento.

Observou-se que o município de Santa Leopoldina possui poucos programas, projetos e obras em andamento ou que foram executados, com vistas ao planejamento urbano, desenvolvimento territorial e habitação de interesse social sendo a maior parte feita através de convênios com o Governo Estadual

e com o Governo Federal. Dentre eles está um convênio o Governo Federal através do Ministério das Cidades, de forma que estão foram executadas 11 unidades habitacionais, em Moxafongo, entregues em 2008.

O município também está pleiteando um recurso junto ao Ministério das Cidades, através do Programa Minha Casa Minha Vida, para executar unidades habitacionais para atender famílias que vivem em áreas de risco. O município já possui o terreno para construção sendo um no Distrito de Barra de Mangaraí e outro na região do Cocal.

Em termos de iniciativas voltadas para obras de infraestrutura urbana, a Prefeitura Municipal possui somente a execução de uma Estação de Tratamento de Água e uma Estação de Tratamento de Esgoto para o Distrito de Barra de Mangaraí.

O município não possui nenhum Plano Urbanístico elaborado para orientação das ações a serem implementadas no município – Plano Municipal de Habitação de Interesse Social, Plano de Drenagem Urbana, Plano de Saneamento, etc, com exceção do Plano Diretor Municipal de 2007.

Dentre os estudos desenvolvidos no município, destaca-se o levantamento feito pela CPRM, que identifica as áreas de risco do município, elaborado em 2011. Este levantamento apontou 148 edificações em áreas de risco de inundação e 185 edificações em áreas de risco de deslizamento ou rolamento de blocos.

Não foram identificadas iniciativas do Poder Público Municipal relacionadas à obras para erradicação de risco, com exceção da limpeza do sistema de drenagem, que é feita uma vez por ano, antes do período de chuvas.

São poucas as iniciativas da Prefeitura Municipal em ações que atendam famílias em áreas de risco, loteamentos com falta de infraestrutura, programas de saneamento, programas habitacionais e outros.

Quanto a infraestrutura da Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil Municipal para atendimento das famílias de risco, esta conta com poucos técnicos pertencentes exclusivamente à Defesa Civil, sendo a maior parte das demais Secretarias Municipais, que prestam auxílio e apoio à essa

coordenadoria. A Defesa Civil possui um kit, oferecido pela Defesa Civil do Estado do Espírito Santo, sendo um barco, um carro, câmera fotográfica e GPS, computador e uma sala, para realizar as ações e trabalhos. Os técnicos da Defesa Civil Municipal, com apoio dos assistentes sociais, informaram que, desenvolvem trabalhos educativos com a comunidade no sentido de informar a respeito da prevenção na formação de áreas de risco e como agir em caso de uma emergência e também possuem um NUDEC instituído (Núcleos de Defesa Civil). Destaca-se que na primeira semana de outubro é realizada a Semana Municipal de Proteção e Defesa Civil.

Destaca-se que a Defesa Civil Municipal têm como prática a vistoria das áreas de risco da cidade nos períodos de chuva, entretanto ao longo do ano as vistorias ocorrem somente mediante demanda da própria comunidade. Caso seja constatada a necessidade de remoção, faz-se necessário a elaboração de um laudo técnico pelos técnicos da Defesa Civil e a remoção é feita com auxílio dos técnicos assistentes sociais da Secretaria Municipal de Assistência Social.

A Defesa Civil acompanha o nível da chuva a partir de marcas na ponte da Sede Municipal e caso atinja um certo nível, é possível que ocorra alagamento, portanto é dado o alerta para a população. Segundo os técnicos da Prefeitura Municipal, o IEMA (Instituto Estadual de Meio Ambiente do Espírito Santo) e o CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais) estão instalando duas estações hidrológicas e alguns pluviômetros no município, a fim de auxiliar no acompanhamento dos níveis de chuva. Porém, já existe uma estação fluviométrica da Agência Nacional das Águas instalada no centro urbano de Santa Leopoldina, além de outra estação fluviométrica e pluviométrica sob responsabilidade da Universidade Federal do Espírito Santo, localizada na entrada leste da sede municipal de Santa Leopoldina.

Em se tratando do atendimento no período chuvas e emergência, o Município não possui abrigos para assistir às famílias. No caso da ocorrência de um desastre, as famílias são deslocadas para as escolas municipais ou para casa de familiares. As famílias desabrigadas poderão acessar Aluguel Social, que consiste na concessão de benefício financeiro, destinado ao subsídio para

pagamento ou complementação de aluguel de imóvel, às famílias cuja residência tenha sido destruída por algum desastre natural.

6.4.3 Legislação Federal, Estadual e Municipal

Os procedimentos de redução de risco abordados no presente trabalho compreendem ações interventivas a cargo do Município, com o apoio eventual dos demais entes políticos. Tais ações são instrumentalizadas mediante institutos de Direito Urbanístico, previstos na legislação brasileira e esses têm como norma fundamental a Constituição Federal, instituindo o direito social à moradia, o princípio da função social da propriedade urbana, a participação ativa da sociedade no processo de planejamento das cidades e a distribuição de competências executivas e legislativas sobre habitação e urbanismo. Esses instrumentos interventivos são instituídos, como norma geral, no Estatuto da Cidade.

A Lei Federal 10.257, de 10 de Julho de 2001, conhecida como Estatuto da Cidade, regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelecendo diretrizes gerais e instrumentos da política urbana.

Em seu art. 2º enumera as diretrizes gerais que devem ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, apontando questões como a garantia do direito a cidades sustentáveis, o direito à terra urbana, a gestão democrática da cidade e a urbanização de áreas ocupadas por populações de baixa renda, entre outras.

Um dos mais importantes instrumentos para os processos de urbanização de áreas ocupadas por populações de baixa renda é a instituição de Zonas Especiais de Interesse Social, ou ZEIS, que delimita áreas cuja função social é destinar-se à habitação de interesse social, ou seja, onde a população deve ser predominantemente de baixa renda. Quando delimitado um assentamentos existentes, além de viabilizar a adoção de normas legais específicas,

compatíveis com a realidade destes assentamentos, para sua regularização fundiária, volta-se um olhar especial das políticas públicas focando na urbanização desse assentamento, a fim de garantir a infraestrutura necessária como água, esgotamento, drenagem, calçamento, e edificações em condições legais, eliminando qualquer possibilidade das habitações estarem em área de risco.

Quanto à gestão democrática da cidade, o Estatuto da Cidade, em seu Capítulo IV, dispõe que deverão ser utilizados como instrumentos os órgãos colegiados de política urbana, os debates, consultas e audiências públicas, as conferências sobre assuntos de interesse urbano e a iniciativa popular de projeto de lei e de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano. Desta forma, entende-se que os processos de planejamento de risco em geral devem incorporar ações voltadas para a promoção da participação da população beneficiária.

Em se tratando de planejamento urbanístico local, segundo a Constituição Federal, é competência municipal promover o ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano. Tal ordenamento é definido no Plano Diretor, instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana.

As legislações descritas nesse trabalho, no item específico, são legislações federais, estaduais e municipais mais diretamente relacionadas ao Direito Urbanístico, Habitação Social e que de alguma forma tem desdobramentos nas políticas para redução de risco e drenagem de águas pluviais e fluviais.

6.4.3.1 Legislação Federal

No âmbito federal, os principais instrumentos legais que dão suporte às ações de redução de risco são a Constituição Federal, o Estatuto da Cidade, o Código Florestal, a Lei Federal de Parcelamento do Solo Urbano (Lei Federal

6.766/1979, alterada pela Lei Federal 9.785/1999), e a Lei Federal 11.977/2009. Diversos outros dispositivos legais são aplicáveis, no entanto, as primeiras são as mais diretamente relacionadas ao processo de redução de risco, habitações de baixa renda, regularização fundiária, assentamentos com falta de infraestrutura e outros relacionados ao tema do direito urbanístico.

6.4.3.1.1 Estatuto da Cidade - Lei Federal nº 10.257/2001

A Lei Federal 10.257, de 10 de Julho de 2001, conhecida como Estatuto da Cidade, regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelecendo diretrizes gerais e instrumentos da política urbana.

Em seu art. 2º enumera as diretrizes gerais que devem ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, apontando questões como a garantia do direito a cidades sustentáveis, o direito à terra urbana, a gestão democrática da cidade e a regularização fundiária e urbanização de áreas ocupadas por populações de baixa renda, entre outras. Observa-se que dentre essas diretrizes são apresentadas opções, cuja aplicação favorece o processo de redução de risco, portanto destacam-se algumas dessas:

I – garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;

II – gestão democrática por meio da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano;

III – cooperação entre os governos, a iniciativa privada e os demais setores da sociedade no processo de urbanização, em atendimento ao interesse social;

IV – planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência,

(...)

VI – ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar:

(...)

b) a proximidade de usos incompatíveis ou inconvenientes;

c) o parcelamento do solo, a edificação ou o uso excessivos ou inadequados em relação à infraestrutura urbana;

(...)

f) a deterioração das áreas urbanizadas;

g) a poluição e a degradação ambiental;

h) a exposição da população a riscos de desastres.

(...)

XIV – regularização fundiária e urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda mediante o estabelecimento de normas especiais de urbanização, uso e ocupação do solo e edificação, consideradas a situação socioeconômica da população e as normas ambientais;

XVI – isonomia de condições para os agentes públicos e privados na promoção de empreendimentos e atividades relativos ao processo de urbanização, atendido o interesse social.

O Capítulo II – Dos Instrumentos da Política Urbana – passa a delimitar instrumentos que devem ser utilizados para alcançar as diretrizes gerais desse Estatuto. Destacam-se os Planos nacionais, regionais, estaduais e municipais, que devem contribuir com a normatização e controle do uso e ocupação do solo, e também os Instrumentos Jurídicos e Políticos, que regulamentam as Zonas Especiais de Interesse Social, as Unidades de Conservação, a Regularização Fundiária, entre outros:

Art. 4º Para os fins desta Lei serão utilizados, entre outros instrumentos:

I – planos nacionais, regionais e estaduais de ordenação do território e de desenvolvimento econômico e social;

II – planejamento das regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões;

III – planejamento municipal, em especial:

a) plano diretor;

b) disciplina do parcelamento, do uso e da ocupação do solo;

c) zoneamento ambiental;

(...)

IV – institutos tributários e financeiros:

a) imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana - IPTU;

b) contribuição de melhoria;

c) incentivos e benefícios fiscais e financeiros;

V – institutos jurídicos e políticos:

a) desapropriação;

(...)

e) instituição de unidades de conservação;

f) instituição de zonas especiais de interesse social;

g) concessão de direito real de uso;

h) concessão de uso especial para fins de moradia;

i) parcelamento, edificação ou utilização compulsórios;

(...)

m) direito de preempção;

n) outorga onerosa do direito de construir e de alteração de uso;

o) transferência do direito de construir;

p) operações urbanas consorciadas;

q) regularização fundiária;

r) assistência técnica e jurídica gratuita para as comunidades e grupos sociais menos favorecidos;

As Seções seguintes, pertencentes a esse capítulo, descrevem com detalhes a utilização de cada um dos instrumentos listados.

O Capítulo III diz respeito à importância e objetivos de um Plano Diretor. O Art. 39º e 40º descrevem:

Art. 39. A propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor, assegurando o atendimento das necessidades dos

cidadãos quanto à qualidade de vida, à justiça social e ao desenvolvimento das atividades econômicas, respeitadas as diretrizes previstas no art. 2º desta Lei.

Art. 40. O plano diretor, aprovado por lei municipal, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana.

Segundo o Art. 41º torna-se obrigatório a elaboração de Plano Diretor em municípios incluídos no cadastro nacional com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos.

Art. 42-A. Além do conteúdo previsto no art. 42, o plano diretor dos Municípios incluídos no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos deverá conter:

I - parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo, de modo a promover a diversidade de usos e a contribuir para a geração de emprego e renda;

II - mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos;

III - planejamento de ações de intervenção preventiva e realocação de população de áreas de risco de desastre;

IV - medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres;
e

V - diretrizes para a regularização fundiária de assentamentos urbanos irregulares, se houver, observadas a Lei no 11.977, de 7 de julho de 2009, e demais normas federais e estaduais pertinentes, e previsão de áreas para habitação de interesse social por meio da demarcação de zonas especiais de interesse social e de outros instrumentos de política urbana, onde o uso habitacional for permitido.

§ 1º A identificação e o mapeamento de áreas de risco levarão em conta as cartas geotécnicas.

§ 2º O conteúdo do plano diretor deverá ser compatível com as disposições inseridas nos planos de recursos hídricos, formulados consoante a Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

6.4.3.1.2 Parcelamento do Solo Urbano - Lei Federal nº 6.766/1979

A Lei Federal 6.766, de 19 de Dezembro de 1979, alterada pela Lei Federal 9.875/1999, dispõe sobre o parcelamento do solo urbano no país, fixando as áreas não passíveis de parcelamento e os requisitos urbanísticos mínimos a serem atendidos pelos loteadores.

Segundo o §5º do Art. 2º, todo o parcelamento urbano deve conter a seguinte infraestrutura básica: equipamentos urbanos de escoamento das águas pluviais, iluminação pública, esgotamento sanitário, abastecimento de água potável, energia elétrica pública e domiciliar e vias de circulação. Já os parcelamentos situados em Zonas de habitação de Interesse Social, segundo o §6º, devem ter as vias de circulação, escoamento das águas pluviais, rede para o abastecimento de água potável, e soluções para o esgotamento sanitário e para a energia elétrica domiciliar.

O art. 3º permite o parcelamento do solo para fins urbanos apenas em zonas urbanas ou de expansão urbana fixadas por lei municipal, listando a seguir as áreas onde não será permitido o parcelamento:

I - em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;

II - em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;

III - em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;

IV - em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;

V - em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.

Nos art. 4º e 5º são estabelecidos os requisitos urbanísticos para o loteamento do solo, fixando-se, entre outros, o lote mínimo de 125 m², com frente mínima de 5 m e o percentual mínimo da gleba a ser destinado ao sistema de circulação, à implantação de equipamentos urbanos e comunitários e aos espaços livres de uso público, que deverá ser fixado pelo Município. Prevê também a reserva de faixa *non aedificandi* mínima de 15 m de largura ao longo de águas correntes e dormentes e ao longo das faixas de domínio de rodovias, ferrovias e dutos:

Art. 4º. Os loteamentos deverão atender, pelo menos, aos seguintes requisitos:

I - as áreas destinadas a sistemas de circulação, a implantação de equipamento urbano e comunitário,

bem como a espaços livres de uso público, serão proporcionais à densidade de ocupação prevista pelo plano diretor ou aprovada por lei municipal para a zona em que se situem.

II - os lotes terão área mínima de 125m² (cento e vinte e cinco metros quadrados) e frente mínima de 5 (cinco) metros, salvo quando o loteamento se destinar a urbanização específica ou edificação de conjuntos habitacionais de interesse social, previamente aprovados pelos órgãos públicos competentes;

III - ao longo das águas correntes e dormentes e das faixas de domínio público das rodovias e ferrovias, será obrigatória a reserva de uma faixa não-edificável de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica;

IV - as vias de loteamento deverão articular-se com as vias adjacentes oficiais, existentes ou projetadas, e harmonizar-se com a topografia local.

§ 1º A legislação municipal definirá, para cada zona em que se divida o território do Município, os usos permitidos e os índices urbanísticos de parcelamento e ocupação do solo, que incluirão, obrigatoriamente, as áreas mínimas e máximas de lotes e os coeficientes máximos de aproveitamento.

(...)

Art. 5º. O Poder Público competente poderá complementarmente exigir, em cada loteamento, a reserva de faixa *non aedificandi* destinada a equipamentos urbanos.

6.4.3.1.3 Programa Minha Casa, Minha Vida e Regularização Fundiária de Assentamentos Urbanos - Lei Federal nº 11.977/2009

A Lei Federal 11.977, de 07 de julho de 2009, que dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas, tem por finalidade, em se tratando do PMCMV, criar mecanismos de incentivo à produção e aquisição de novas unidades habitacionais ou requalificação de imóveis urbanos e produção ou reforma de habitações rurais, para famílias com renda mensal de até R\$ 4.650,00 (quatro mil, seiscentos e cinquenta reais). Essas poderão ser executadas a partir do Programa Nacional de Habitação Urbana (PNHU) ou pelo Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR).

Em relação à regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas, a Lei 11.977/2009 tem por finalidade atender ao conjunto de medidas jurídicas, urbanísticas, ambientais e sociais que visam à regularização de assentamentos irregulares e à titulação de seus ocupantes, de modo a garantir o direito social à moradia, o pleno desenvolvimento das funções sociais da propriedade urbana e o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Art. 48. Respeitadas as diretrizes gerais da política urbana estabelecidas na Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001, a regularização fundiária observará os seguintes princípios:

I – ampliação do acesso à terra urbanizada pela população de baixa renda, com prioridade para sua permanência na área ocupada, assegurados o nível adequado de habitabilidade e a melhoria das condições de sustentabilidade urbanística, social e ambiental;

II – articulação com as políticas setoriais de habitação, de meio ambiente, de saneamento básico e de mobilidade urbana, nos diferentes níveis de governo e com as iniciativas públicas e privadas, voltadas à integração social e à geração de emprego e renda;

III – participação dos interessados em todas as etapas do processo de regularização;

IV – estímulo à resolução extrajudicial de conflitos; e

V – concessão do título preferencialmente para a mulher.

Essa Lei Federal vem no sentido de complementar os instrumentos, diretrizes e objetivos do Estatuto da Cidade, trazendo normas gerais de Direito Urbanístico especificamente sobre regularização fundiária, garantindo o direito à cidade e à moradia.

6.4.3.1.4 Proteção de Vegetação Nativa - Lei Federal nº 12.651/2012

A Lei Federal 12.651, de 15 de maio 2012, que dispõe sobre a Proteção de Vegetação Nativa, traz determinações a respeito da proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos.

Art. 3º - Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

II - Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a

biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;

(...)

VI - uso alternativo do solo: substituição de vegetação nativa e formações sucessoras por outras coberturas do solo, como atividades agropecuárias, industriais, de geração e transmissão de energia, de mineração e de transporte, assentamentos urbanos ou outras formas de ocupação humana;

(...)

IX - interesse social:

d) a regularização fundiária de assentamentos humanos ocupados predominantemente por população de baixa renda em áreas urbanas consolidadas, observadas as condições estabelecidas na Lei no 11.977, de 7 de julho de 2009;

(...)

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;

b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

(...)

Art. 6º Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando declaradas de interesse social por ato do Chefe do Poder Executivo, as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades:

I - conter a erosão do solo e mitigar riscos de enchentes e deslizamentos de terra e de rocha;

II - proteger as restingas ou veredas;

III - proteger várzeas;

IV - abrigar exemplares da fauna ou da flora ameaçados de extinção;

V - proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico, cultural ou histórico;

VI - formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;

VII - assegurar condições de bem-estar público;

VIII - auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares.

6.4.3.1.5 Política Nacional de Meio Ambiente - Lei Federal nº 6.938/1981

A Lei Federal 6.938, de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana. São princípios dessa Política:

I - ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;

II - racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;

III - planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;

IV - proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;

V - controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;

VI - incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;

VII - acompanhamento do estado da qualidade ambiental;

VIII - recuperação de áreas degradadas;

IX - proteção de áreas ameaçadas de degradação;

X - educação ambiental a todos os níveis do ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.

Fica o Poder Público Municipal responsável por controlar e fiscalizar atividades capazes de promover a degradação ambiental.

6.4.3.1.6 Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei Federal nº 9.433/1997

A Lei Federal 9.433, de janeiro de 1997, que dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos, tem por objetivo assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável; a prevenção e a defesa contra eventos

hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Em seu Art. 3º a Lei Federal 9.433/1997 estabelece algumas diretrizes a fim de alcançar os objetivos dessa lei e algumas delas estão diretamente relacionadas ao uso e ocupação do solo: a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País; a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental; e a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo.

6.4.3.1.7 Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei Federal nº 12.305/2010

A Lei Federal 12.305, de agosto de 2010, que dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. O Art. 7º dessa lei destaca os objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, são eles, entre outros:

I - proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;

II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;

III - estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;

(...)

VII - gestão integrada de resíduos sólidos;

VIII - articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;

(...)

X - regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira;

Cabe ao Poder Público Municipal a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados em seu território.

Art. 47. São proibidas as seguintes formas de destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos:

I - lançamento em praias, no mar ou em quaisquer corpos hídricos;

II - lançamento *in natura* a céu aberto, excetuados os resíduos de mineração;

6.4.3.1.8 Saneamento Básico - Lei Federal nº 11.445/2007

A Lei Federal 11.455, de janeiro de 2007, estabelece diretrizes de saneamento básico, devendo-se seguir os seguintes princípios básicos, regulamentados no Art. 2º:

I - universalização do acesso;

II - integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados;

III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente;

IV - disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado;

V - adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais;

VI - articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante;

VII - eficiência e sustentabilidade econômica;

VIII - utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas;

IX - transparência das ações, baseada em sistemas de informações e processos decisórios institucionalizados;

X - controle social;

XI - segurança, qualidade e regularidade;

XII - integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.

Destaca-se o Art. 3º, que define o conceito de Saneamento Básico para essa Lei:

I - saneamento básico: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;

b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;

c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;

d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas;

O Art. 7º regulamenta sobre o serviço de limpeza e manejo de resíduos sólidos urbanos pelo poder público, delimitando as atividades que deverão ser exercidas pelo poder público a fim de garantir esse serviço:

Art. 7º Para os efeitos desta Lei, o serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos urbanos é composto pelas seguintes atividades:

I - de coleta, transbordo e transporte dos resíduos relacionados na alínea c do inciso I do caput do art. 3º desta Lei;

II - de triagem para fins de reuso ou reciclagem, de tratamento, inclusive por compostagem, e de disposição final dos resíduos relacionados na alínea c do inciso I do caput do art. 3º desta Lei;

III - de varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos e outros eventuais serviços pertinentes à limpeza pública urbana.

6.4.3.2 *Legislação Estadual*

6.4.3.2.1 Parcelamento do Solo Urbano - Lei Estadual nº 7.943/2004

A Lei Estadual 7.943, de julho de 2004, dispõe sobre o parcelamento do solo para fins urbanos no Estado do Espírito Santo, devendo-se ater a essa lei os seguintes casos: parcelamentos localizados em área de interesse especial; parcelamentos localizados em áreas limítrofes de municípios, ou quando parte pertencer a outro município; parcelamentos com área superior a 1.000.000 m² (um milhão de metros quadrados); e parcelamentos localizados na Região Metropolitana da Grande Vitória. Destaca-se no Art. 2º como áreas de interesse especial as áreas compreendidas no entorno das Lagoas Juparanã e Juparanã-Mirim ou Lagoa Nova, situadas nos Municípios de Linhares, Sooretama e Rio Bananal; a área dos atuais distritos localizados ao longo do litoral do Estado; e a área dos municípios da região de montanha.

Observa-se que toda a Legislação Estadual encontra-se baseada na Lei Federal nº 6.766/1979. Segundo o Art 8º, somente será permitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas, ou de expansão urbana e, segundo o Art. 9º não será permitido o parcelamento:

Art. 9º Não será permitido o parcelamento do solo:

I - em terrenos alagadiços ou sujeitos à inundação, salvo parecer favorável do órgão estadual de conservação e proteção do meio ambiente;

II - em terrenos de mangues e restingas, antes de parecer técnico favorável do órgão estadual de proteção e conservação do meio ambiente;

III - em terrenos que tenham sido aterrados com lixo ou material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;

IV - em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas as exigências da autoridade competente;

V - em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;

VI - em áreas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até sua correção;

VII - em unidades de conservação e em áreas de preservação permanente, definidas em legislação federal, estadual e municipal, salvo parecer favorável do órgão estadual de conservação e proteção ao meio ambiente;

VIII - em terrenos que não tenham acesso à via ou logradouros públicos;

IX - em sítios arqueológicos definidos em legislação federal, estadual ou municipal;

X - nas pontas e pontais do litoral e nos estuários dos rios, numa faixa de 100 m (cem metros) em torno das áreas lacustres.

6.4.3.2.2 Instituto de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Estado do Espírito Santo - Lei Estadual Complementar nº 488/2009

A Lei Complementar Estadual nº 488, de julho de 2009, cria o Instituto de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Estado do Espírito Santo (IDURB – ES) autarquia com personalidade jurídica de direito público interno, patrimônio próprio, com autonomia técnica, administrativa e financeira, vinculado à Secretaria de Estado de Saneamento, Habitação e Desenvolvimento Urbano - SEDURB. Segundo o Art.2º da referida Lei o IDURB deverá atuar:

I - atuar no planejamento, na gestão e na implementação das políticas de habitação de interesse social e de desenvolvimento urbano, em consonância com as políticas municipais e da União, nas áreas urbanas e rurais do Estado do Espírito Santo;

II - atuar na implementação de obras de infraestrutura urbana e rural nas áreas de saneamento;

III - atuar na implementação de obras de infraestrutura urbana e rural de estradas e vias municipais, sempre que houver delegação de competência para tal;

IV - atuar na implementação de obras de infraestrutura urbana e rural de prevenção ou mitigação dos efeitos de cheias ou secas;

V - atuar na implementação de obras de edificações, espaços e equipamentos públicos;

VI - executar as ações deliberadas pelo Conselho Gestor do Fundo Estadual de Habitação e subsidiar

o mesmo com as informações e estudos necessários para tomada de decisões;

VII - promover a gestão de créditos imobiliários, quando houver, decorrentes de cessões de unidades produzidas ou reformadas, ou de materiais de construção custeados com recursos do Fundo Estadual de Habitação de Interesse Social - FEHAB;

VIII - propor e celebrar convênios, protocolos de intenções, concessões, acordos, contratos, termos de ajustes, com os integrantes das administrações públicas direta e indireta, com pessoa jurídica de direito privado, associações e organizações não governamentais e outros procedimentos congêneres ou assemelhados;

IX - atuar de forma proativa com vistas a buscar a remoção dos obstáculos da legislação fundiária, cartorária, urbanística e ambiental, de modo a permitir a ampla execução de programas de regularização e integração de assentamentos precários;

X - identificar e formular planos e projetos direcionados à captação de recursos financeiros em instituições de âmbito nacional e internacional;

XI - prestar apoio técnico e administrativo ao Conselho Gestor do Fundo Estadual de Habitação de interesse social.

6.4.3.2.3 Instituto Estadual de Meio Ambiente - Lei Estadual nº 4.886/1994

A Lei Estadual nº 4.886, de janeiro de 1994, cria o Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA), autarquia vinculada à Secretaria de Estado para Assuntos do Meio Ambiente - SEAMA, com personalidade jurídica de direito público de autonomia administrativa e financeira.

Art. 2º - Ao Instituto Estadual do Meio Ambiente - IEMA, compete a execução da política estadual do meio ambiente através de estudos, controle, fiscalização, licenciamento e monitoramento dos recursos hídricos, atmosféricos, minerais e naturais, e a condução das atividades relativas ao zoneamento e educação ambiental.

6.4.3.2.4 Política Florestal do Estado - Lei Estadual nº 5.361/1996

A Lei nº 5.461, de dezembro de 1996, dispõe sobre a Política Florestal do Estado do Espírito Santo, e tem como princípio geral promover e incrementar a preservação, conservação, recuperação, ampliação e utilização apropriada das florestas, dentro de um contexto de desenvolvimento sustentado, visando o atendimento das necessidades econômicas, sociais, ambientais e culturais, das gerações atuais e futuras.

Dentro dos Objetivos da Política Florestal, inscritos no Art. 3º, destacam-se:

I - promover a compatibilização das ações e atividades da política florestal com a Políticas Fundiária, Agrícola de Meio Ambiente e de Desenvolvimento Urbano e Regional;

(...)

III - estabelecer diretrizes e normas relativas ao uso e ocupação do solo pelas atividades florestais;

IV - promover e estimular a conservação, proteção e recuperação dos solos e manejo integrado de pragas e doenças;

V - promover e estimular a conservação, proteção, recuperação e utilização apropriada dos recursos hídricos;

(...)

XXVIII - garantir a participação da sociedade civil nos processos de planejamento, de decisão e de implementação da política florestal.

6.4.3.2.5 Política Estadual de Recursos Hídricos - Lei Estadual nº 5.818/1998

A Lei nº 5.818, de dezembro de 1998, dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, tem como objetivo o gerenciamento da proteção, conservação, recuperação e do desenvolvimento das águas do domínio do Estado. Segundo o Art. 3º essa Política deve garantir:

I. assegurar padrões de qualidade adequados aos usos e melhorar o aproveitamento socioeconômico, integrado e harmônico da água;

II. garantir à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade;

III. compatibilizar o desenvolvimento econômico e social com a proteção do meio ambiente;

IV. promover a articulação entre União, Estados vizinhos, Municípios, sociedade civil organizada e iniciativa privada, visando à integração de esforços para soluções regionais de proteção, conservação e recuperação dos corpos de água;

V. garantir a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vista ao desenvolvimento sustentável;

VI. assegurar a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural, ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais;

VII. manter os ecossistemas do território estadual; e

VIII. garantir a saúde e a segurança públicas.

Segundo o Art. 4º, que institui diretrizes para a Política de Recursos Hídricos, é importante integrar a gestão das águas com o meio ambiente inserido e com o uso e ocupação do solo. Deve-se ainda haver uma preocupação com o controle de cheias, a prevenção de inundações, a drenagem e a correta utilização das várzeas, além de um zoneamento das áreas inundáveis, com restrição a usos incompatíveis nas sujeitas a inundações frequentes, e a manutenção da capacidade de infiltração do solo.

6.4.3.2.6 Política Estadual de Resíduos Sólidos - Lei Estadual nº 9.264/2009

A Lei nº 9.264, de julho de 2009, dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios, fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos

para a Gestão Integrada, Compartilhada e Participativa de Resíduos Sólidos, com vistas à redução, ao reaproveitamento e ao gerenciamento adequado dos resíduos sólidos; à prevenção e ao controle da poluição; à proteção e à recuperação da qualidade do meio ambiente e à promoção da saúde pública, assegurando o uso adequado dos recursos ambientais no Estado do Espírito Santo, a promoção do Econegócio e a Produção Mais Limpa.

O Art. 3º dessa Lei descreve seus objetivos, portanto destacam-se alguns deles:

I -reduzir a quantidade e a nocividade dos resíduos sólidos;

II -erradicar as destinações e disposição inadequadas de resíduos sólidos;

III -assegurar o uso sustentável, racional e eficiente dos recursos naturais;

IV -promover o fortalecimento de instituições para a gestão sustentável dos resíduos sólidos;

V-assegurar a preservação e a melhoria da qualidade do meio ambiente, da saúde pública e a recuperação das áreas degradadas por resíduos sólidos;

VI -reduzir os problemas ambientais e de saúde pública gerados pelas destinações inadequadas;

(...)

XII -promover a Gestão Integrada, Compartilhada e Participativa dos Resíduos Sólidos através da parceria entre o Poder Público, sociedade civil e iniciativa privada;

XIII -compatibilizar o gerenciamento de resíduos sólidos com o gerenciamento dos recursos hídricos, com o desenvolvimento regional e com a proteção ambiental;

XV -incentivar a parceria entre Estado, municípios e entidades particulares para a capacitação técnica e gerencial dos profissionais envolvidos na cadeia de resíduos sólidos;

O Art. 10º proíbe a destinação final dos resíduos sólidos em locais inadequados ao solo, com possibilidade de infiltração e sem tratamento prévio; em áreas de proteção especial e área inundáveis; nos cursos hídricos; e em sistemas de drenagem de águas pluviais, de esgotos, terrenos baldios, margens de vias públicas e assemelhados.

6.4.3.2.7 Política Estadual de Saneamento Básico - Lei Estadual nº 9.096/2008

A Lei nº 9.096, de dezembro de 2008, dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento Básico e define os princípios básicos dessa Política em seu Art. 2º:

I - universalização do acesso;

II - integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade

de suas necessidades maximizando a eficácia das ações e resultados;

III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de forma adequada à saúde pública e à proteção ao meio ambiente;

IV - disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado;

(...)

VI - articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante;

VII - eficiência e sustentabilidade econômica;

(...)

XII - integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.

6.4.3.3 *Legislação Municipal*

6.4.3.3.1 Plano Diretor Municipal – Lei Municipal Complementar nº 1.223/2007

A Lei Municipal nº 1.223 de 08 de outubro de 2007 dispõe sobre o Plano Diretor Municipal de Santa Leopoldina. O art. 1º desta legislação indica que o Plano Diretor Municipal é o instrumento global e estratégico de implementação da política municipal de desenvolvimento econômico, social, urbano, rural, histórico, cultural, turístico, educacional e ambiental do município de Santa Leopoldina, que integrará o processo de planejamento e gestão municipal, devendo o plano plurianual de investimento, a lei de diretrizes orçamentárias e o orçamento anual participativo incorporarem as diretrizes e as prioridades nele contidas.

Segundo o art. 2º, o Plano Diretor Municipal se fundamenta nos seguintes princípios:

- I. Justiça social e redução das desigualdades sociais e regionais;
 - II. Inclusão social, compreendida como garantia do exercício efetivo dos direitos humanos fundamentais e de acesso a bens, serviços e políticas sociais a todos os munícipes;
 - III. Direito universal à cidade, compreendendo o direito à terra urbana, à moradia digna, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte, aos serviços públicos, ao trabalho, ao lazer, e a cultura;
 - IV. Realização das funções sociais da cidade e cumprimento da função social da propriedade;
 - V. Transferência para a coletividade de parte da valorização imobiliária inerente à urbanização;
- (...)

VIII. Preservação e recuperação do ambiente natural e construído, do patrimônio histórico, cultural e ambiental – ecológico;

IX. Fortalecimento do setor público, recuperação e valorização das funções de planejamento, articulação e controle;

X. Democratização da administração pública;

XI. Participação da população nos processos de decisão, planejamento, gestão, implementação e controle do desenvolvimento urbano.

O Título II deste Plano Diretor vem tratar do desenvolvimento sócio econômico e territorial e o Capítulo I desse Título regulamenta a Política de Ordenação do Uso e Ocupação do Solo, tendo como objetivo ordenar o pleno desenvolvimento de suas funções sociais, com sustentabilidade ambiental, garantindo o bem estarem e a qualidade de vida de seus cidadãos mediante:

I. Definição de parâmetros e índices técnicos e urbanísticos, tendo por objetivo o equilíbrio do adensamento populacional;

II. Permissão de diversificação de usos, o estabelecimento de critérios de incomodidade decorrente dos múltiplos usos e os parâmetros relativos ao impacto de vizinhança;

III. Justa distribuição dos benefícios, equipamentos públicos e comunitários e ônus decorrentes do processo de urbanização;

IV. Regularização fundiária e urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda mediante o estabelecimento de normas especiais de urbanização, uso e ocupação do solo e edificação, considerada a situação socioeconômica da

população e as normas ambientais, garantindo moradia digna para população de baixa renda;

V. Proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico;

VI. Gestão democrática por meio de participação da população;

VII. Promover a fiscalização pública para impedir:

a) A utilização inadequada de imóveis urbanos e rurais;

b) Usos incompatíveis ou inconvenientes de imóveis urbanos e rurais;

c) A instalação de empreendimentos ou atividades que possam funcionar como pólos geradores de tráfego, sem a previsão da infraestrutura correspondente;

d) A retenção especulativa de imóvel urbano que resulte na sua subutilização ou não utilização;

e) A deterioração de áreas urbanizadas;

f) A poluição e a degradação ambiental.

A Seção I trata do macrozoneamento municipal. Segundo o Art. 9º o território se divide em três macrozonas, sendo a Macrozona Urbana, a Macrozona de Expansão Urbana e a Macrozona Rural.

§1º. A macrozona urbana é aquela ocupada ou já comprometida com a ocupação;

§2º. A macrozona de expansão urbana é aquela destinada a ocupação necessária ao crescimento e desenvolvimento do Município;

§3º. A macrozona rural é aquela:

- I. Que apresenta as condições físicas adversas à ocupação;
- II. Destinada à ocupação agrícola;
- III. Sujeita à proteção ambiental;
- IV. Imprópria à urbanização.

A Seção II trata do zoneamento municipal, estando definido para controle do uso e ocupação do solo e estão regulamentadas no art. 12º:

I Zonas Especiais de Interesse Social – ZEIS – São porções de território destinadas prioritariamente à regularização fundiária, urbanização e à produção e manutenção de Habitação de Interesse Social – HIS.

II Zonas Especiais de Interesse e Proteção Ambiental – ZEIPA – São áreas públicas ou privadas destinadas à proteção e recuperação da paisagem e do meio ambiente, preservação dos recursos naturais existentes e manutenção da qualidade ambiental.

III Zonas Especiais de Interesse Histórico-Cultural – ZEIHC – São áreas formadas por sítios, ruínas e conjuntos de relevante expressão arquitetônica, histórica, cultural e paisagística, que necessitam de políticas específicas para efetiva proteção, recuperação e manutenção deste patrimônio.

IV Zonas Especiais de Interesse Turístico – ZEIT – São áreas públicas ou privadas destinadas ao lazer e a promoção de eventos esportivos, artísticos e culturais, incluindo-se nesta área os trajetos de interesse turístico.

V Zonas Especiais de Interesse Comercial – ZEIC – São áreas já consolidadas como centros comerciais e de prestação de serviços, cujo objetivo é o fomento das atividades econômicas.

VI Zonas Especiais de Interesse Industrial – ZEII – É aquela onde poderá se instalar e desenvolver a existência de indústrias e de atividades correlatas do setor secundário e inclui aquelas de seu apoio, viabilidade e complementação, compatíveis entre si;

O Capítulo II trata da Política de Proteção do Meio Ambiente e, segundo o art. 23º, o Poder Executivo promoverá a valorização, o planejamento e o controle do meio ambiente, em observância às Legislações Federal, Estadual, Municipal e de acordo com as seguintes diretrizes:

II. Considerar o meio ambiente como elemento fundamental do sistema do planejamento e desenvolvimento sustentável do Município.

III. Criar os instrumentos necessários ao exercício das funções de planejamento, controle e fiscalização de todas as atividades que tenham interferência no meio ambiente do Município;

IV. Criar e implantar a legislação ambiental municipal para sua atualização e adequação aos preceitos desta lei, proporcionando qualidade de vida e qualidade ambiental.

V. Monitorar e controlar o uso do solo urbano e rural, a poluição do ar, da água, do solo, dos mananciais e dos recursos hídricos, conforme Legislações pertinentes, e em observância ao inciso V do artigo 201, do Capítulo IV da Lei Orgânica Municipal;

(...)

VII. Mapear as áreas ambientais frágeis, de forma a especificar os usos adequados relativos ao solo, procurando preservar ou restabelecer a vegetação original, recuperando as degradadas, especialmente as margens dos córregos urbanos e rurais;

(...)

XIII. Prover a disposição adequada dos resíduos sólidos;

(...)

XV. Criar um sistema municipal de coleta e disposição adequada do entulho e resíduos sólidos, divulgando esses programas de maneira a evitar que o entulho de construções e de poda de vegetação seja disposto irregularmente em locais inadequados;

XVI. Garantir a participação da sociedade civil na gestão dos recursos naturais acesso a informação, descentralização, interdisciplinaridade na abordagem dos recursos naturais, de modo a viabilizar as condições de uma nova identidade regional;

(...)

XVIII. Universalizar os serviços de saneamento ambiental e ampliar as medidas de saneamento básico para as áreas deficitárias, por meio da criação e complementação das redes coletoras de esgoto e de abastecimento de água;

XIX. Assegurar um sistema de drenagem pluvial em toda a área ocupada pelo Município por meio de sistemas físicos naturais e construídos, de modo que o escoamento das águas pluviais reabasteça os

aqüíferos e propiciem segurança e conforto aos seus habitantes;

XX. Incentivar a criação e a manutenção de unidades de conservação no Município.

Por fim, o Plano Diretor Municipal trata no Capítulo VI da infraestrutura básica e a Seção I trata do esgotamento sanitário e a Seção II trata dos recursos hídricos e do abastecimento de água:

Art. 45 - O Poder Executivo observará as seguintes diretrizes em relação ao esgotamento sanitário:

I. Incentivar, monitorar e implantar o tratamento de esgoto doméstico na zona rural e urbana;

II. Promover a implantação e a ampliação da rede de esgotamento sanitário para atendimento universal de toda a população, inclusive nos novos loteamentos e chácaras;

III. Fiscalizar as ligações de esgoto impedindo que as mesmas se façam nas redes de águas pluviais;

IV. Fiscalizar e coibir a ligação de água pluvial nas redes de esgoto.

Art. 46 - O Poder Executivo observará as seguintes diretrizes em relação aos recursos hídricos e ao abastecimento de água:

I. Desenvolver alternativas de captação de água para abastecimento urbano;

II. Impedir a abertura de novos loteamentos em áreas onde não há água canalizada tratada, evitando a abertura de novos poços artesianos;

III. Demarcar, recuperar e preservar as fontes e nascentes de água na malha e perímetro urbano e rural;

IV. Desenvolver programas de campanhas educativas que visem a preservação, a manutenção e a conservação das nascentes;

V. Apoiar e integrar as ações do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória, de forma a garantir o fortalecimento do mesmo e a manutenção, conservação e recuperação dos mananciais.

Art. 47 - O Poder Executivo observará as seguintes diretrizes em relação à drenagem:

I. Garantir a manutenção das várzeas dos córregos como áreas de preservação, de maneira a suportar as cheias dos córregos sem prejuízos humanos;

II. Manter as áreas de preservação permanente destinada a esta finalidade, privilegiando usos compatíveis com os atributos que justificam a preservação, como parques lineares, passeios para pedestre, ciclovias e outros;

III. Manter os leitos naturais dos córregos e rios, mesmo em área urbana, evitando as canalizações fechadas, construções de vias em cima dos córregos, procedimentos estes que podem provocar enchentes;

IV. Impedir a ocupação das margens por habitações irregulares com o monitoramento e vigilância contínua além de desenvolver projeto de comunicação com as associações de moradores dos

bairros e moradores das áreas ribeirinhas para conscientizar da importância da manutenção formando aliados para a vigilância dessas áreas ambientalmente frágeis;

V – Criar e implantar o projeto de sistema de drenagem urbana, adequados aos já existentes.

6.4.4 Posturas legais mais impactantes e gargalos institucionais

Esse capítulo analisa as posturas legais mais impactantes e os gargalos identificados na estrutura administrativa e na legislação instituída no Município de Santa Leopoldina. Portanto estão destacados os pontos mais importantes e que tem maior impacto para esses Planos e quais as legislações devem ser revisadas, a fim de atender as expectativas relativas a uma política de habitação, risco geológico e drenagem pluvial.

Segundo informações dos técnicos da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina, o município ainda não possui uma legislação que institui a Estrutura Administrativa da Prefeitura Municipal, portanto não foi possível fazer uma análise das funções de cada uma das Secretarias Municipais, seu papel de atuação no município, ações a serem executadas, departamentos ou setores vinculados à essas, entre outros. Torna-se, portanto, necessário criar esta legislação vinculada à um organograma e que deverá definir detalhadamente o papel de cada órgão da administração direta e indireta da Prefeitura Municipal.

Em relação à Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Santa Leopoldina (COMDEC), criada pela Lei nº 1.463 de novembro 2013, faz-se necessário a revisão desta legislação, instituindo os objetivos e ações dessa Coordenadoria de forma clara e regulamentada.

A Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos tem sua importância na gestão do risco geológico por estar responsável pela coordenação e controle das obras públicas, pela política de saneamento urbano e pela fiscalização da aplicação do Código de Posturas e Código de Obras. Entretanto, foi informado em reunião com os técnicos da Prefeitura Municipal, que apesar de haver aprovação de projeto e alvará de construção pelo Poder Executivo Municipal, a maior parte da comunidade não realiza os trâmites legais para aprovação de projeto, realizando as obras irregularmente. Soma-se a isso o fato da fiscalização das construções irregulares por parte dos técnicos da Prefeitura Municipal não ser eficaz. Portanto faz-se necessário fortalecer o corpo técnico desta Secretaria de forma que, ela possa atender a estas demandas, além da realização de uma campanha de conscientização da população sobre a formação da irregularidade.

Destaca-se a importância da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos na gestão dos resíduos sólidos, desde a limpeza pública, até a coleta e disposição final do lixo gerado pela comunidade, portanto ela é responsável por manter a cidade sempre limpa e sem pontos de acúmulo de lixo e entulho, um dos fatores que dificultam o escoamento de águas pluviais, provocando muitas vezes alagamento e inundação.

Em relação à Secretaria Municipal de Trabalho, Desenvolvimento e Ação Social, segundo reunião com os técnicos da Prefeitura Municipal, essa é a responsável pelo setor de habitação da Prefeitura Municipal, devendo gerenciar, coordenar e instituir programas habitacionais e de regularização fundiária; assim como promover o envolvimento da comunidade em projetos habitacionais, capacitando os grupos organizados.

Em relação às competências da Secretaria Municipal de Meio Ambiente esta deverá atuar no licenciamento de atividades potencialmente poluidoras para o município. No entanto, segundo informações coletadas em reunião com os técnicos da Prefeitura Municipal, o Poder Executivo não tem atuado neste sentido, por não possuir um Código Municipal de Meio Ambiente e uma lei que regulamente o Licenciamento Ambiental.

A Lei Municipal nº 002 de fevereiro de 2007, que institui o Plano Diretor de Santa Leopoldina conta com os capítulos referentes às políticas municipais, além de legislar sobre o uso e ocupação do solo urbano. Entretanto, seu zoneamento é falho, pois trata somente dos usos destinados à cada região da cidade, de forma que deveria também relacionar questões como áreas de risco, áreas ambientalmente frágeis, falta de infraestrutura urbana, regiões que devem sofrer adensamento ou não, além das áreas para expansão urbana da cidade. É necessário fazer uma revisão no zoneamento deste Plano Diretor. O Plano Diretor também deve contemplar os parâmetros urbanísticos para ocupação do solo urbano, normatizar sobre o parcelamento do solo e também regulamentar os instrumentos urbanísticos aplicáveis, tais como o IPTU Progressivo; o parcelamento e edificação compulsórios; etc. Entende-se que este Plano Diretor do Município de Santa Leopoldina não está de acordo com a realidade local e não contempla todos os aspectos de diretrizes e normas para desenvolvimento da cidade.

A apropriação dessa legislação, de forma veemente e vigorosa pelo poder público municipal, colocando em prática as medidas e diretrizes por essas instituídas e fazendo-se respeitar os critérios para apropriação do espaço urbano, contribuirão de forma positiva para organizar a expansão do território, mitigar os problemas existentes, e melhorar a qualidade e expectativas dos espaços públicos.

Destaca-se também, que nos foi entregue, pelos técnicos da Prefeitura Municipal, a primeira página da Lei Municipal nº 667 de 1990, que dispõe sobre as construções no município de Santa Leopoldina, assim como a primeira página da Lei Municipal nº 692 de 1990, que dispõe sobre o parcelamento do solo no município. As pesquisas realizadas no endereço eletrônico da Prefeitura Municipal e da Câmara Municipal, também apontaram para as mesmas legislações incompletas. Portanto, não foi possível analisar estas legislações.

A partir de análise feita sobre programas e projetos em andamento no município de Santa Leopoldina, conclui-se que são poucas as iniciativas do

Poder Público Municipal no sentido de minimizar os problemas de infraestrutura, principalmente relacionados à drenagem urbana, estabilização de encostas, provisão de habitação de baixa renda e demais problemas relacionados à infraestrutura urbana. Faz-se necessário rever a gestão pública municipal, de forma que cada Secretaria, dentro de seu quadro de atribuições, passe a estabelecer convênios com o Poder Executivo Federal e Estadual para realização de diversas ações no município, no que tange principalmente a solução de problemas de infraestrutura urbana e habitacionais.

A aprovação desses dois planos – Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais e Plano de Risco Geológico –, devem ser utilizados para embasar poder público municipal na criação de metas de ação no município e captação de recurso na esfera federal e estadual, para urbanização de assentamentos precários, melhoria na infraestrutura urbana, regularização fundiária, entre outros, que venham a colaborar com os problemas identificados nesse diagnóstico.

6.5 INUNDAÇÃO NA BACIA DO RIO SANTA MARIA DA VITÓRIA, RIBEIRÃO CRUBIXÁ-MIRIM E CÓRREGO DO NOVE

6.5.1 Contextualização

O núcleo urbano de Santa Leopoldina iniciou-se, principalmente, no fundo do vale formado pelo Rio Santa Maria da Vitória e com desenvolvimento mais recente nos vales do ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove, seus principais afluentes urbanos.

O rio Santa Maria da Vitória corta os seguintes bairros de Santa Leopoldina: Funil, Centro e Olaria. O Ribeirão Crubixá-Mirim, por sua vez, corta os bairros Moxafongo, Caixa d'água e Centro. Por fim, o córrego do Nove corta os bairros Cocal, Vila Nova e Centro (**Figura 6-2**).

A bacia do Rio Santa Maria da Vitória possui área de drenagem, até sua foz, de 1.916 Km². A área urbana de Santa Leopoldina, por sua vez, drena uma área de 1.019 Km², considerando o conjunto do Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove, correspondendo a 53,18% da área total da bacia hidrográfica.

O Rio Santa Maria da Vitória nasce na comunidade conhecida como São Bento, município de Santa Maria de Jetibá, em uma altitude de aproximadamente 1.100 metros. Observa-se que, na bacia do Rio Santa Maria da Vitória, existe um intenso uso do solo, principalmente para o plantio de café e hortifrutigranjeiros. A cobertura florestal apresenta-se bem recortada, com concentração maior nos topos dos morros, que geralmente acompanham afloramentos rochosos e/ou solos litólicos de pouca profundidade.

O Rio Santa Maria da Vitória é convencionalmente dividido em três compartimentos:

- Alto Santa Maria da Vitória: da nascente até a represa de Rio Bonito;
- Médio Santa Maria da Vitória: da represa de Rio Bonito até a cidade de Santa Leopoldina;
- Baixo Santa Maria da Vitória: da cidade de Santa Leopoldina até sua foz.

No alto curso, o rio atravessa uma zona onde predominam colinas de picos suaves, desenvolvendo-se sobre largos vales, onde estão várzeas com disposição alveolar, que se alargam ou se estreitam, formadas por deposição de sedimentos de origem fluvial.

O curso médio do Rio Santa Maria da Vitória atravessa uma zona de relevo acidentado, com presença de sulcos orientados no sentido predominantemente norte-sul. O curso baixo do Rio Santa Maria da Vitória inicia-se na área urbana de Santa Leopoldina, bem representado pela última corredeira do rio. Deste ponto até a foz, as colinas e maciços costeiros dominam a paisagem, traduzindo-se em um relevo mais suave, até alcançar as planícies litorâneas fluviais e fluvio-marinhas. Em seu trecho final, o rio sofre influência da cunha salina, no estuário da Baía de Vitória, e apresenta suas margens com manguezais.

Cabe ressaltar que o Rio Santa Maria de Vitória possui diversos usos de suas águas, destacando-se a captação para abastecimento público de parte da Grande Vitória, além de outras cidades lindeiras, geração de energia hidroelétrica e irrigação, que ocorre de forma difusa ao longo da bacia hidrográfica.

A captação para abastecimento público da Grande Vitória no Rio Santa Maria da Vitória se localiza a jusante da sede municipal de Santa Leopoldina e tem capacidade para 2,8 m³/s. Devido a proximidade da captação com a zona estuarina do Rio Santa Maria de Vitória, foi construído uma pequena represa para evitar a intrusão salina na captação de água.

Para a geração de energia hidroelétrica, a bacia hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória é munida de dois barramentos, sendo as barragens de Rio Bonito (**Figura 6-5**) e a Suíça (**Figura 6-6**). A barragem de Rio Bonito fica a aproximadamente 10 Km da sede municipal de Santa Leopoldina. Sua construção foi iniciada em 1952 e sua inauguração foi em 1959, gerando energia para o sistema Escelsa (atual EDP), possuindo capacidade instalada de 15 MW. A usina de Rio Bonito marcou a intervenção do Governo do Estado do Espírito Santo para solucionar a crise no abastecimento de energia elétrica que afligia o Estado nos anos de 1950. A barragem de Suíça, por sua vez, foi inaugurada em 1965, a aproximadamente 6,5 Km da sede municipal de Santa Leopoldina. Sua potência instalada é de 30 MW.



Figura 6-5: Barragem de Rio Bonito no Rio Santa Maria da Vitória, município de Santa Maria de Jetibá.

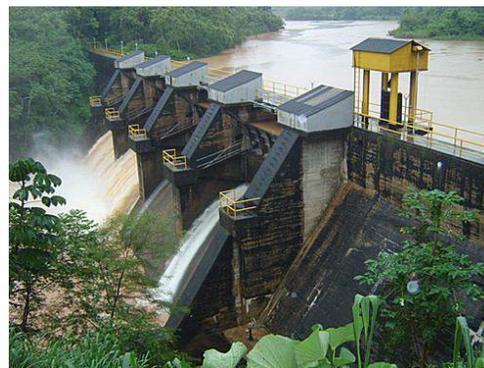


Figura 6-6: Barragem de Suíça no Rio Santa Maria da Vitória, município de Santa Maria de Jetibá.

Afluente urbano direito do rio Santa Maria da Vitória, o ribeirão Crubixá-Mirim possui área de drenagem de 19,17 Km², com nascente localizada na comunidade conhecida como Bragança. O uso do solo se dá de forma intensa nas partes mais baixas dos vales, sendo conservados os fragmentos florestais localizados nos topos dos morros e nas encostas de maior declividade, correspondendo a 57,27% da bacia hidrográfica. O principal uso do solo da bacia hidrográfica é a pastagem e o café.

O córrego do Nove, afluente urbano esquerdo do rio Santa Maria da Vitória, possui área de drenagem de 5,14 Km², com nascente localizada na comunidade de Alto Três Pontões. O uso do solo se dá de forma pouco intensa, com conservação moderada de fragmentos florestais, correspondendo a 50,58% da bacia hidrográfica. O principal uso do solo da bacia hidrográfica é pastagem, seguido de café.

Segundo informações da Defesa Civil Municipal, em 2012 ocorreu uma inundação em Santa Leopoldina que foi provocada pela afluição do rio do Prata no rio Santa Maria da Vitória. O rio do Prata deságua entre a barragem de Suíça e a sede municipal de Santa Leopoldina, de modo que este não sofre o efeito provocado pelas barragens de rio Bonito e Suíça. Desta forma, este trabalho também estudou o rio do Prata, de modo a diagnosticar sua influência na inundação da sede municipal de Santa Leopoldina.

O rio do Prata possui área de drenagem de 49,68 Km², com nascente localizada na comunidade conhecida como Chaves. O uso do solo se dá de forma pouco intensa, com conservação moderada de fragmentos florestais, correspondendo a 66,99% da bacia hidrográfica. O principal uso do solo da bacia hidrográfica, além do florestal, é a pastagem.

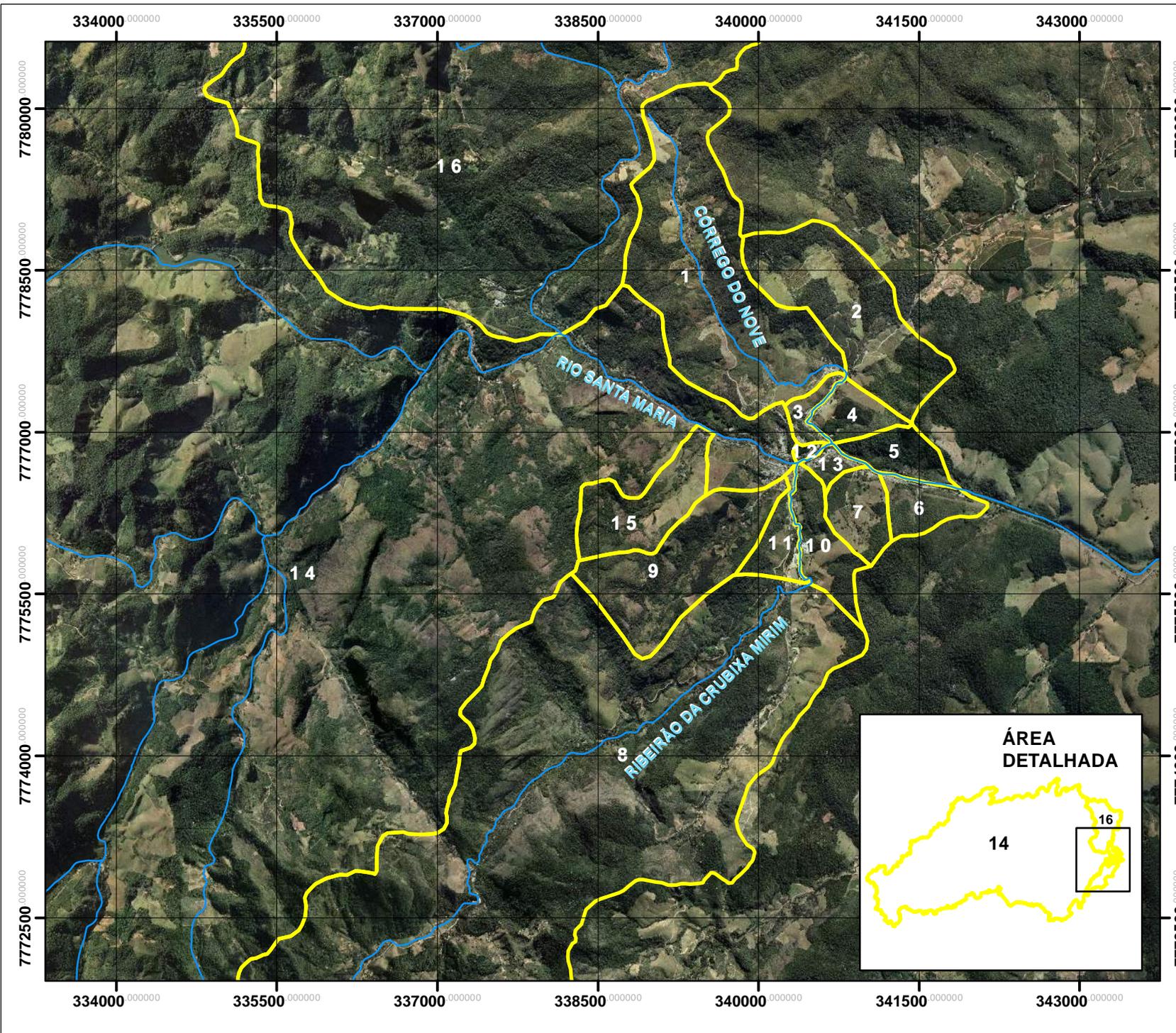
O rio Santa Maria da Vitória, ribeirão Crubixá-Mirim e o córrego do Nove, a montante da sede municipal de Santa Leopoldina, apresentam trechos de declividade elevada, conjugado com trechos de baixas declividades, onde a velocidade do escoamento é reduzida, sendo comum a inundação de áreas mais planas, como é o caso do bairro Centro de Santa Leopoldina.

No presente estudo, as bacias dos rios Santa Maria da Vitória e do Prata, o ribeirão Crubixá-Mirim e o córrego do Nove foram divididas em 9 bacias urbanas, denominadas bacias 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12, 13 e 15, e 7 bacias rurais e periurbanas, denominadas bacias 1, 2, 5, 8, 9, 14 e 16 (**Figura 6-7**). As vazões provenientes de cada uma das sub bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Rio do Prata, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove foram apropriadas utilizando o modelo HEC-HMS.

As cheias do rio Santa Maria da Vitória, ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove vem se tornando frequentes, se agravando devido ao avanço da urbanização de suas bacias, incluindo a construção de residências muito próximas à calha do rio ou em seu leito maior.

Dentre as cheias, destacam-se as ocorridas em dezembro de 2013, 2012 e 2009, quando enxurradas atingiram o município, causando estragos nos bairros ribeirinhos.

Segundo informações da Defesa Civil de Santa Leopoldina, a enchente que atingiu o município em dezembro de 2013 foi o pior evento nos últimos anos. A **Figura 6-8**, a **Figura 6-9**, a **Figura 6-10**, a **Figura 6-11**, a **Figura 6-12**, a **Figura 6-13**, a **Figura 6-14** e a **Figura 6-15** apresentam o registro fotográfico da inundação ocorrida em dezembro de 2013.



Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

- Sub bacias
- Cursos d'água

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomoaico 1:15.000. 2007/2008.
 ANA. Cursos d'água.

Ø	Emissão original	06/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
 Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
 Diagnóstico

Título:
 Mapa de divisão de sub bacias drenagem
 urbana do município de Santa Leopoldina

Responsável técnico:
 Marco Aurélio C. Caiado
 Eng. Agrônomo, Ph. D.
 CREA - ES 3757 D

Elaboração:
 Tainah Christina Teixeira de Souza
 Estagiária em Engenharia
 Sanitária e Ambiental

Escala: 1:50.000 0 0.375 0.75 1.5 Km

Folha: 1 de 1 Local: Santa Leopoldina-ES

Papel: A4 Nº: **Figura 6-7**

Contratante: Consórcio:

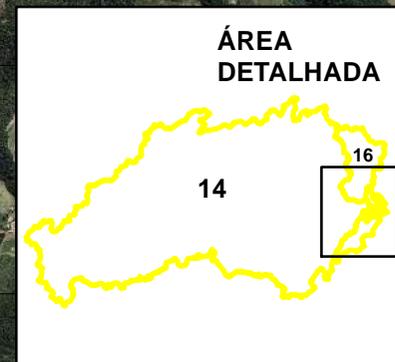




Figura 6-8: Vista aérea da inundação ocorrida em dezembro de 2013 em Santa Leopoldina-ES (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).



Figura 6-9: Vista aérea da inundação ocorrida em dezembro de 2013 em Santa Leopoldina-ES no bairro centro (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).



Figura 6-10: Inundação ocorrida em dezembro de 2013 em Santa Leopoldina-ES no bairro Centro – Posto de gasolina localizado no Centro de Santa Leopoldina (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).



Figura 6-11: Inundação ocorrida em dezembro de 2013 em Santa Leopoldina-ES – Ponte Paulo Médice (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina).



Figura 6-12: Inundação da Rua Jerônimo Monteiro na enchente de dezembro de 2013. (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina)



Figura 6-13: Inundação na rua que dá acesso ao hospital da cidade. (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina)



Figura 6-14: Inundação da Rua Vereador Sebastião José Siller, no Bairro Centro de Santa Leopoldina. (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina)



Figura 6-15: Inundação da Rua José M. Alvarenga, no Bairro Centro de Santa Leopoldina. (Fonte: Defesa Civil de Santa Leopoldina)

Os principais problemas de macrodrenagem de Santa Leopoldina são relacionados às baixas declividades do rio Santa Maria da Vitória, quando o mesmo chega à sede municipal de Santa Leopoldina, provocando a elevação dos níveis d'água pela mudança de regime de escoamento supercrítico para subcrítico. Também foram identificados problemas relacionados à infraestrutura de drenagem, como o caso de pontes e bueiros de drenagem.

A **Figura 6-16** apresenta o registro fotográfico da OAE da ES-264 que cruza o Rio Santa Maria da Vitória no Bairro Funil. Apesar do trecho a jusante desta OAE ter altas declividades, sem impedimentos para o escoamento, a mesma possui seção de escoamento reduzida pela presença de pedras de grande dimensão na calha do Rio Santa Maria da Vitória. Cabe ressaltar que esta OAE passou por uma obra de ampliação, fazendo-se necessário a instalação de uma viga para o seu reforço estrutural. Desta forma, a presença de rochas, da viga e do pilar já existente da estrutura antiga, promovem a inundação das casas a montante desta OAE. A **Figura 6-17** apresenta a marca d'água da última enchente (dezembro de 2013) em edificação localizada a montante da OAE da ES-264.



Figura 6-16: OAE da ES-264 no Bairro Funil em Santa Leopoldina.



Figura 6-17: Marca d'água da última inundação (dezembro de 2013) em edificação a montante da OAE da ES-264.

A **Figura 6-18** apresenta o trecho final de corredeiras do Rio Santa Maria da Vitória, a montante da Ponte Paulo Médice, e início do trecho de escoamento em baixa declividade. Neste ponto ocorre a mudança de regime de escoamento supercrítico para subcrítico, causando um aumento significativo dos níveis d'água, principalmente em eventos de grande vazão. A **Figura 6-19** apresenta o início do trecho de escoamento em baixa declividade do Rio Santa Maria do Doce, com vista a jusante da Ponte Paulo Médice. A presença de bancos de areia indicam altas taxas de sedimentação do trecho, devido à baixa velocidade escoamento.



Figura 6-18: Trecho final de corredeiras do Rio Santa Maria da Vitória a montante da Ponte Paulo Médice e início do trecho de escoamento em baixa declividade.



Figura 6-19: Início do trecho de escoamento em baixa declividade do Rio Santa Maria da Vitória, Santa Leopoldina-ES.

O Ribeirão Crubixá-Mirim tem como principal causa de inundação o remanso de suas águas pelo Rio Santa Maria da Vitória. Porém, outros fatores potencializam o risco de inundação desta sub bacia. A **Figura 6-20** apresenta o registro fotográfico de edificações que foram construídas nas margens do Ribeirão Crubixá-Mirim. A **Figura 6-21**, por sua vez, apresenta o registro fotográfico do trecho assoreado do Ribeirão Crubixá-Mirim, que potencializa os riscos de inundação das edificações ribeirinhas.

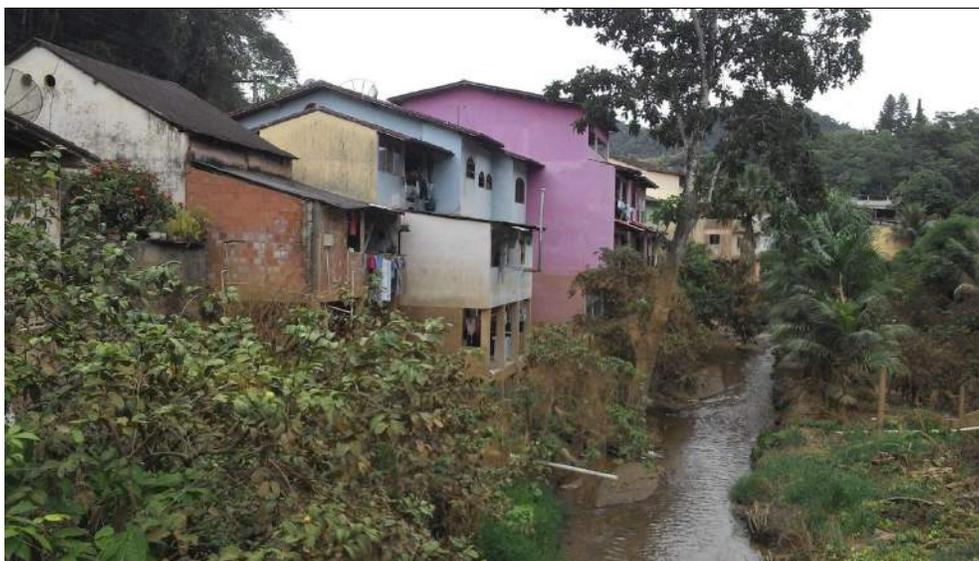


Figura 6-20: Avanço de edificações na margem do Ribeirão Crubixá-Mirim.



Figura 6-21: Assoreamento do leito do Ribeirão Crubixá-Mirim.

O córrego do Nove, assim como o Ribeirão Crubixá-Mirim, tem como principal problema o remanso de suas águas pelo Rio Santa Maria da Vitória. Porém, outros fatores potencializam o risco de inundação desta sub bacia. A **Figura 6-22** apresenta o registro fotográfico de um bueiro que foi instalado no córrego do Nove próximo à sua foz no Rio Santa Maria da Vitória. Apesar de o bueiro apresentar-se em condições razoáveis de uso, observou-se que o aterro da estrada está em cota muito baixa, sendo facilmente inundado pelas águas do Rio Santa Maria da Vitória. Situação semelhante ocorre na OAE da Rua José M. Alvarenga, que corta o córrego do Nove, conforme apresentado na **Figura 6-23**. Também contribui para o risco de inundação nesta sub bacia a condição de assoreamento do curso d'água, reduzindo a seção hidráulica de OAE's e OAC's.



Figura 6-22: Bueiro instalado no córrego do Nove próximo de sua foz no Rio Santa Maria da Vitória.



Figura 6-23: OAE da Rua José M. Alvarenga, no Bairro Centro de Santa Leopoldina.

A **Figura 6-29**, por sua vez, apresenta o registro fotográfico do bueiro localizado na travessia da Rua Ribeiro Limpo sobre o córrego do Nove, no Bairro Vila Nova. Observa-se que o bueiro apresenta-se altamente assoreado, com seção hidráulica reduzida pela metade. Verificou-se, ainda, que o mesmo encontra-se avariado, oferecendo risco no caso de eventos de vazão extrema.

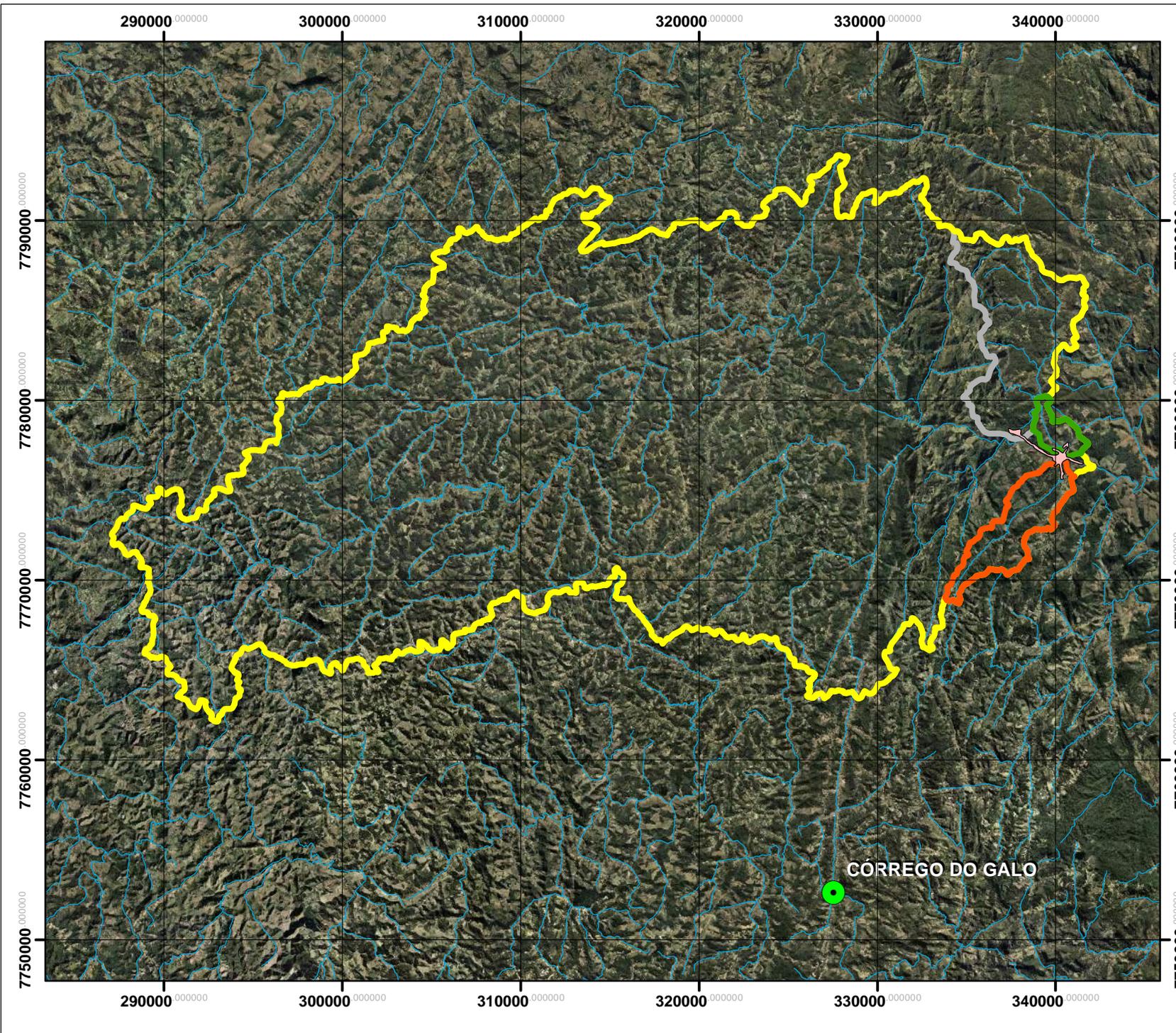


Figura 6-24: Bueiro avariado e assoreado na Rua Ribeiro Limpo no Bairro Vila Nova, em Santa Leopoldina-ES.

6.5.2 Apropriação dos valores de vazões máximas

6.5.2.1 Estudo Estatístico de Vazões Máximas do Rio Santa Maria da Vitória

O Rio Santa Maria da Vitória possui uma estação fluviométrica na sede municipal de Santa Leopoldina. A localização da estação fluviométrica está apresentada na **Figura 6-25** e os dados da mesma foram obtidos no sitio oficial da Agência Nacional de Águas na rede mundial de computadores. De posse destes dados, foram calculadas as vazões máximas com os tempos de recorrência de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos por meio de métodos estatísticos.



Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

- Estação Fluviométrica
- Mancha Urbana de Santa Leopoldina
- Cursos d'água
- Bacias**
- Bacia do Rio Santa Maria
- Bacia do Ribeirão da Crubixa Mirim
- Bacia do Córrego do Nove
- Bacia do Rio da Prata

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	06/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto: Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais Diagnóstico

Título: Localização da Estação Fluviométrica e sua relação com as bacias estudadas em Santa Leopoldina

Responsável técnico: Marco Aurélio C. Caiado
 Eng. Agrônomo, Ph. D.
 CREA - ES 3757 D

Elaboração: Tainah Christina Teixeira de Souza
 Estagiária em Engenharia Sanitária e Ambiental

Escala: 1:300,000

Folha: 1 de 1 Local: Santa Leopoldina-ES

Papel: A4 Nº: Figura 6-25

Contratante: Consórcio:

As principais características da estação fluviométrica Santa Leopoldina estão apresentadas na **Tabela 6-5** enquanto a **Tabela 6-6** apresenta suas vazões máximas.

Na análise estatística para a apropriação das vazões máximas na estação Santa Leopoldina, foi utilizado o modelo computacional SisCAH, desenvolvido pelo GPRH – Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa. Este modelo executa ajuste automático de distribuições estatísticas aos dados de máximas vazões anuais. Para o presente estudo, foram ajustadas as distribuições de Pearson 3 parâmetros, Logpearson 3 parâmetros, Lognormal 2 parâmetros, Lognormal 3 parâmetros e Gumbel. Por fim, foram adotadas as vazões calculadas pela distribuição que apresentou menor erro padrão em relação à série de dados da estação fluviométrica utilizada.

É importante ressaltar que, mesmo reconhecendo que os dados da estação fluviométrica de Santa Leopoldina podem sofrer influência dos reservatórios localizados a montante da mesma (Suiça e Rio Bonito), desejou-se, nesta fase, diagnosticar as áreas de risco do cenário atual, portanto deve-se considerar a influência dos reservatórios nos dados de vazão analisados.

Tabela 6-5: Características da estação fluviométrica Santa Leopoldina.

Característica	Informação
Código	57130000
Nome	Santa Leopoldina
Rio	Rio Santa Maria da Vitória
Latitude	-20:5:59
Longitude	-40:31:40
Altitude (m)	160
Área de Drenagem (Km2)	929
Período de dados	1949-dias atuais

Tabela 6-6: Vazões máximas anuais da estação fluviométrica Santa Leopoldina.

Ano	Vazão (m³/s)	Ano	Vazão (m³/s)	Ano	Vazão (m³/s)
1950	114,00	1972	99,83	1994	167,00
1951	81,39	1973	108,00	1995	88,68
1952	178,60	1974	182,50	1996	154,00
1953	105,50	1975	225,00	1997	208,00
1954	51,82	1976	75,80	1998	27,96
1955	63,24	1977	52,06	1999	116,60
1956	287,40	1978	158,50	2000	242,00
1957	90,62	1979	310,60	2001	215,50
1958	64,00	1980	169,00	2002	117,50
1959	93,98	1981	94,09	2003	129,00
1960	509,50	1982	64,90	2004	97,60
1961	234,00	1983	197,00	2005	189,00
1962	92,80	1984	127,00	2006	125,00
1963	36,25	1985	156,50	2007	111,80
1964	108,60	1986	106,00	2008	146,00
1965	122,00	1987	166,40	2009	293,70
1966	132,00	1988	56,20	2010	283,50
1967	118,50	1989	115,50	2011	156,00
1968	70,22	1990	34,18	2012	283,50
1969	120,40	1991	127,40	2013	340,00*
1970	191,00	1992	161,50	-	-
1971	169,50	1993	33,04	-	-

* Informação cedida pela EDP através da Defesa Civil de Santa Leopoldina

Nos parágrafos subsequentes, as diferentes distribuições de probabilidade são sumariamente apresentadas. Os trabalhos de Assis, Arruda e Pereira (1996), Haan (1977) e Kite (1978) discutem detalhadamente a aplicação das distribuições de probabilidade em Hidrologia e Climatologia.

6.5.2.2 Distribuição Lognormal tipo II

Para a série gerada a partir dos logaritmos dos eventos da série de dados, o fator de frequência é determinado a partir da seguinte equação:

$$K = \frac{\left(e^{\sqrt{\ln(Z^2+1)}D - \frac{\ln(Z^2+1)}{2}} \right) - 1}{\sqrt{e^{\ln(Z^2+1)} - 1}}$$

Equação 10

$$D = T - \left(\frac{2,30753 + 0,2706T}{1 + 0,99229T + 0,04481T^2} \right)$$

Equação 11

$$Z = \frac{\sigma}{\mu}$$

Equação 12

A função cumulativa de probabilidade, por sua vez, toma a seguinte forma:

$$F(x) = 0,398942 \cdot e^{-\frac{\left(\frac{x_i - \mu_i}{\sigma'} \right)^2}{2}}$$

Equação 13

Nas equações de (1) a (4), D representa o desvio normal padronizado, x_i' o i -ésimo logaritmo do i -ésimo evento da amostra, μ' a média da série de logaritmos dos eventos da amostra e σ' o desvio padrão da série de logaritmos dos eventos da amostra.

6.5.2.3 Distribuição Lognormal tipo III

Para a distribuição Lognormal tipo III, o fator de frequência é apropriado a partir da seguinte equação:

$$K = \frac{\left(e^{\sqrt{\ln(W^2+1)} \cdot D - \frac{\ln(W^2+1)}{2}} \right) - 1}{W}$$

Equação 14

sendo o desvio normal padronizado calculado pela expressão (2). A variável auxiliar W, por sua vez, é estimada com o auxílio das seguintes equações:

$$W = \frac{1 - \omega^{2/3}}{\omega^{1/3}}$$

Equação 15

$$\omega = \frac{-\gamma + \sqrt{\gamma^2 + 4}}{2}$$

Equação 16

$$\gamma = \frac{N}{(N-1)(N-2)} \sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \mu)}{\sigma^3}$$

Equação 17

A função cumulativa de probabilidade da distribuição Lognormal tipo III é semelhante àquela definida para a distribuição Lognormal tipo II, definida anteriormente pela **Equação 13**.

6.5.2.4 Distribuição Pearson tipo III

A distribuição Pearson tipo III, também conhecida como Distribuição Gama Tipo III, possui o seguinte fator de frequência:

$$K = D + (D^2 - 1) \frac{\gamma}{6} + \frac{1}{3} (D - 6D) \left(\frac{\gamma}{6} \right)^2 - (D^2 - 1) \left(\frac{\gamma}{6} \right)^3 + D \left(\frac{\gamma}{6} \right)^4 + \frac{1}{3} \left(\frac{\gamma}{6} \right)^5$$

Equação 18

Sendo o desvio normal padronizado (D) e a assimetria (γ) estimadas a partir das equações (2) e (8), respectivamente.

Para a função cumulativa de probabilidade da distribuição pode ser empregada a seguinte aproximação:

$$F(x) = \frac{T^\lambda}{\gamma \cdot \Gamma(\lambda) \cdot e^{-T}} \left[1 + \frac{T}{(\lambda+1)} + \frac{T^2}{(\lambda+1)(\lambda+2)} + \frac{T^3}{(\lambda+1)(\lambda+2)(\lambda+3)} + \dots \right] \quad \text{Equação 19}$$

Para a definição das variáveis que constituem a expressão anterior devem ser consideradas as seguintes expressões:

$$\lambda = \frac{1}{\frac{4.A}{\sqrt{1 + \frac{4.A}{3}}}} \quad \text{Equação 20}$$

$$A = \ln(\mu - x_g) \quad \text{Equação 21}$$

$$x_g = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(x_i) \quad \text{Equação 22}$$

Nas expressão (10), Γ representa a função Gama, cujo valor pode ser estimado a partir da seguinte equação:

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} x^{\lambda-1} \cdot e^{-x} \cdot dx \quad \text{Equação 23}$$

6.5.2.5 Distribuição Logpearson III

Para a distribuição Logpearson tipo III (também denominada distribuição Loggamma Tipo III) o fator de frequência e a função cumulativa de probabilidade

assumem as mesmas expressões propostas para a distribuição Pearson tipo III. A avaliação dos parâmetros da função cumulativa de probabilidade, no entanto, envolve a série gerada a partir dos logaritmos dos eventos da série dos dados originais.

6.5.2.6 Distribuição de Gumbel

A distribuição de Gumbel, também conhecida como distribuição de valores extremos do tipo I ou distribuição do tipo I de Fisher-Tippet, estima o fator de frequência para séries finitas a partir da seguinte expressão (Kite, 1978):

$$K = - \left\{ 0,45 + 0,7797 \cdot \ln \left[- \ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] \right\} \quad \text{Equação 24}$$

6.5.2.7 Vazões máximas do rio Santa Maria da Vitória

Para os períodos de recorrência de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos, a análise estatística resultou nos valores apresentados na **Tabela 6-7**. A distribuição Gumbel apresentou o menor erro padrão para a maioria dos tempos de recorrência supracitados.

Tabela 6-7: Vazões máximas para os períodos de recorrência de 5, 10, 20, 25,30, 50 e 100 anos na estação fluviométrica Santa Leopoldina.

Período de recorrência	Vazão (m³/s)	Método de distribuição
5 anos	215,07	Gumbel
10 anos	256,60	Lognormal III
20 anos	322,23	Gumbel
25 anos	338,87	Gumbel
30 anos	352,41	Gumbel
50 anos	390,14	Gumbel
100 anos	441,03	Gumbel

6.5.2.8 Vazão máxima instantânea

A estação fluviométrica Santa Leopoldina não possui registrador contínuo de níveis d'água, as leituras de régua ocorrem apenas duas vezes ao dia. Desta forma, os valores obtidos para as vazões máximas médias diárias foram convertidos para vazões máximas instantâneas por meio do coeficiente de majoração da expressão empírica descrita por Tucci *et al* (1991).

$$\frac{Q_p}{Q_d} = 1 + 15,03A^{-0,59}$$

Equação 25

Sendo Q_p a vazão máxima instantânea, Q_d a vazão máxima de dois valores diários e A a área de drenagem da bacia estudada. A **Tabela 6-8** apresenta as vazões máximas adotadas no presente estudo após a aplicação do coeficiente de majoração de Tucci.

Tabela 6-8: Vazões máximas para os períodos de recorrência de 5, 10, 20, 25,30, 50 e 100 anos para a estação Santa Leopoldina adotadas no presente estudo.

Período de recorrência	Vazão (m³/s)
5 anos	269,33
10 anos	321,33
20 anos	403,52
25 anos	424,36
30 anos	441,32
50 anos	488,56
100 anos	552,29

6.5.3 Modelagem Hidrológica das subbacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina

As vazões das sub bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina, incluindo as bacias do Ribeirão Crubixá-Mirim, córrego do Nove e Rio do Prata, foram apropriadas por meio do método chuva x vazão, o qual calcula a vazão no exutório de uma bacia com área, tipo de solo e uso de solo conhecidos, a partir de dados de chuva. Para o cálculo de vazão, foi utilizado o programa HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System*), como ferramenta de simulação, sendo o mesmo ajustado para calcular a chuva excedente pelo método do número da curva e a formação do hidrograma de cheia e cálculo do valor da vazão de pico pelo método do hidrograma unitário SCS, os quais estão discutidos em seguida. O HEC-HMS tem sido utilizado largamente em muitos países do mundo, principalmente nos EUA e seu uso tem se popularizado no Brasil dada a boa consistência de resposta e estabilidade para simulação de pequenas e grandes bacias hidrográficas. Seu uso para o cálculo da vazão de projeto das bacias das sub bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina, incluindo as bacias do Ribeirão Crubixá-

Mirim, córrego do Nove e Rio do Prata, foi considerado apropriado dado a possibilidade de se transformar as características da bacia em variáveis de entrada do modelo.

A partir da equação de chuvas intensas desenvolvida para Santa Leopoldina, foram calculadas as intensidades de chuva com períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos e duração igual a duas vezes o tempo de concentração da bacia. Para o cálculo do Tempo de Concentração, foram utilizados três métodos (*Kirpich*, *Ven te Chow* e NRCS TR 55) e o valor utilizado foi a média aritméticas dos três valores obtidos.

É relevante observar que foram calculados os tempos de concentração para cada uma das sub bacias. A **Tabela 6-9** apresenta o resultado dos cálculos do tempo de concentração das sub bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina foram divididas.

Tabela 6-9: Tempo de concentração para as sub bacias na qual as bacias urbanas e periurbanas de Sana Leopoldina foram divididas.

Sub bacia	Método (min)			Tc médio
	Ven Te Chow	Kirpich	SCS	
1	44,45	25,12	36,96	35,51
2	28,42	14,66	27,94	23,67
3	6,32	2,40	-	4,36
4	13,52	6,00	-	9,76
5	7,64	3,02	-	5,33
6	10,99	4,68	-	7,84
7	15,64	7,15	-	11,39
8	91,48	59,86	94,12	81,82
9	30,23	15,80	19,30	21,78
10	11,36	4,86	-	8,11
11	10,45	4,40	-	7,43
12	5,60	2,08	-	3,84
13	9,16	3,76	-	6,46

Sub bacia	Método (min)			Tc médio
	Ven Te Chow	Kirpich	SCS	
14	636,30	617,41	1770,00	1007,90
15	19,36	9,24	-	14,30
16	158,79	116,22	291,58	188,36
RIBEIRÃO CRUBIXÁ-MIRIM	103,16	69,17	134,23	102,18

Conforme comentado, o método do número da curva foi escolhido para o cálculo da chuva excedente (parte da chuva que se transforma em escoamento superficial) no modelo HEC-HMS. Este método foi desenvolvido pelo *Soil Conservation Service*, ligado ao Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, a partir de dados de chuva e escoamento superficial de um grande número de bacias hidrográficas, aliados a dados de infiltrômetros que datam da década de 1930 e que resultaram na classificação dos solos americanos por Musgrave (1955), em tipos hidrológicos A, B, C e D, com os solos arenosos classificados como A e argilosos como D. Mockus (1949) sugeriu que o escoamento superficial poderia ser estimado a partir dos fatores área, tipo de solo, localização, uso do solo, chuva antecedente, duração e intensidade da chuva, temperatura média anual e data da chuva.

Após a promulgação do *Watershed Protection and Flood Prevention Act*, de 1954, as relações chuva-vazão desenvolvidas anteriormente foram generalizadas e podem ser expressas da seguinte maneira: quando o escoamento natural acumulado é plotado com a chuva acumulada, o escoamento se inicia depois de alguma chuva ter acumulado e a curva resultante da relação chuva x vazão se torna assintótica à linha 1:1. Desta forma, a seguinte relação foi desenvolvida:

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)}$$

Equação 26

Onde:

Q = escoamento superficial.

P = Precipitação acumulada.

S = Retenção máxima potencial no início da chuva.

Com isto, S ficou sendo o único parâmetro relacionado às características da bacia hidrográfica. Este se relaciona com o número da curva através da seguinte relação:

$$S = 25400 / CN - 254 \quad \text{Equação 27}$$

Sendo que CN é um valor tabelado e relacionado ao uso do solo e ao tipo hidrológico do solo.

A partir do cruzamento do Mapa de Uso do Solo e do Mapa Pedológico das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina, foram apropriados os valores de CN médio para cada uma das sub bacias. O mapa de uso e ocupação do solo foi elaborado em três etapas:

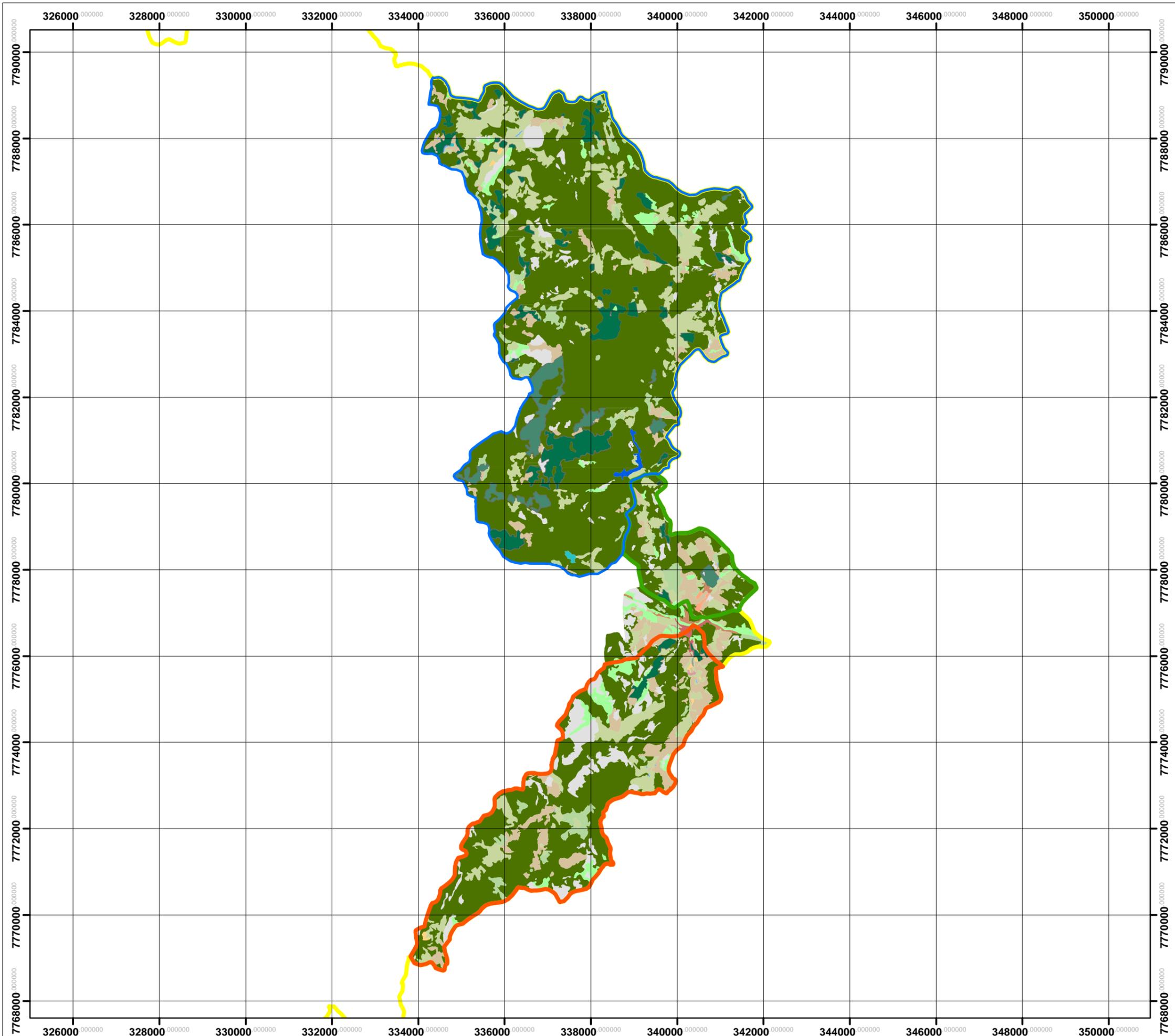
- a) Classificação do uso e ocupação do solo por meio de sistema de informação geográfica utilizando-se imagens do Ortofotomosaico do Espírito Santo (IEMA, 2007/2008);
- b) Amostragem e confirmação de usos e ocupação do solo na bacia mapeada durante visitas de campo; e
- c) Refinamento e elaboração do mapa final.

O mapa de Uso e Ocupação do Solo das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina estão apresentados na **Figura 6-26**.

Para a elaboração do mapa pedológico da área, primeiramente foi feita revisão de um conjunto de trabalhos correlatos já publicados e dos mapas de solos existentes. A região foi contemplada em dois estudos pedológicos oficiais, os quais resultaram nas cartas de solos em escala 1:400.000 (EMBRAPA-SNLCS, 1978) e 1:1.000.000 (RADAMBRASIL, 1983). Este último foi tomado como

base cartográfica para este estudo por ser um trabalho mais recente e por ter sido elaborado em escala de 1: 250.000 (depois impresso em 1:1.000.000), mais preciso, portanto, que o de escala 1:400.000. Além disso, suas informações se ajustam melhor às obtidas durante as visitas de campo.

Informações cartográficas e da literatura consultada foram complementadas por campanhas de campo realizadas para este trabalho. Durante as campanhas de campo, os solos da área foram estudados em termos de sua distribuição em função das condições do relevo e geologia e através de observações de perfis em taludes de estradas. As informações foram consolidadas em escritório e complementadas com imagens do Ortofotomosaico do Espírito Santo (IEMA, 2007/2008) em ambiente computacional, possibilitando a elaboração do Mapa Pedológico das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina o qual está apresentado na **Figura 6-27**.



Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

- Limite de Bacia**
- Bacia do Rio Santa Maria
 - Bacia do Rio da Prata
 - Bacia do Córrego do Nove
 - Bacia do Ribeirão da Crubixa Mirim
- Uso do Solo**
- Afloramento rochoso
 - Floresta
 - Área industrial 72
 - Macega
 - Área urbana 12
 - Pasto sujo
 - Área urbana 20
 - Massa d'água
 - Área urbana 30
 - Pastagem
 - Área urbana 38
 - Solo desnudo
 - Área urbana 65
 - Eucalipto
 - Café
 - Instalação rural
 - Cultura perene
 - Loteamento

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

∅	Emissão original	07/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
 Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
 Diagnóstico

Título: Uso do Solo das bacias de drenagem urbana do município de Santa Leopoldina.
 Cenário Atual

Responsável técnico:
 Marco Aurélio C. Caiado
 Eng. Agrônomo, Ph. D.
 CREA - ES 3757 D

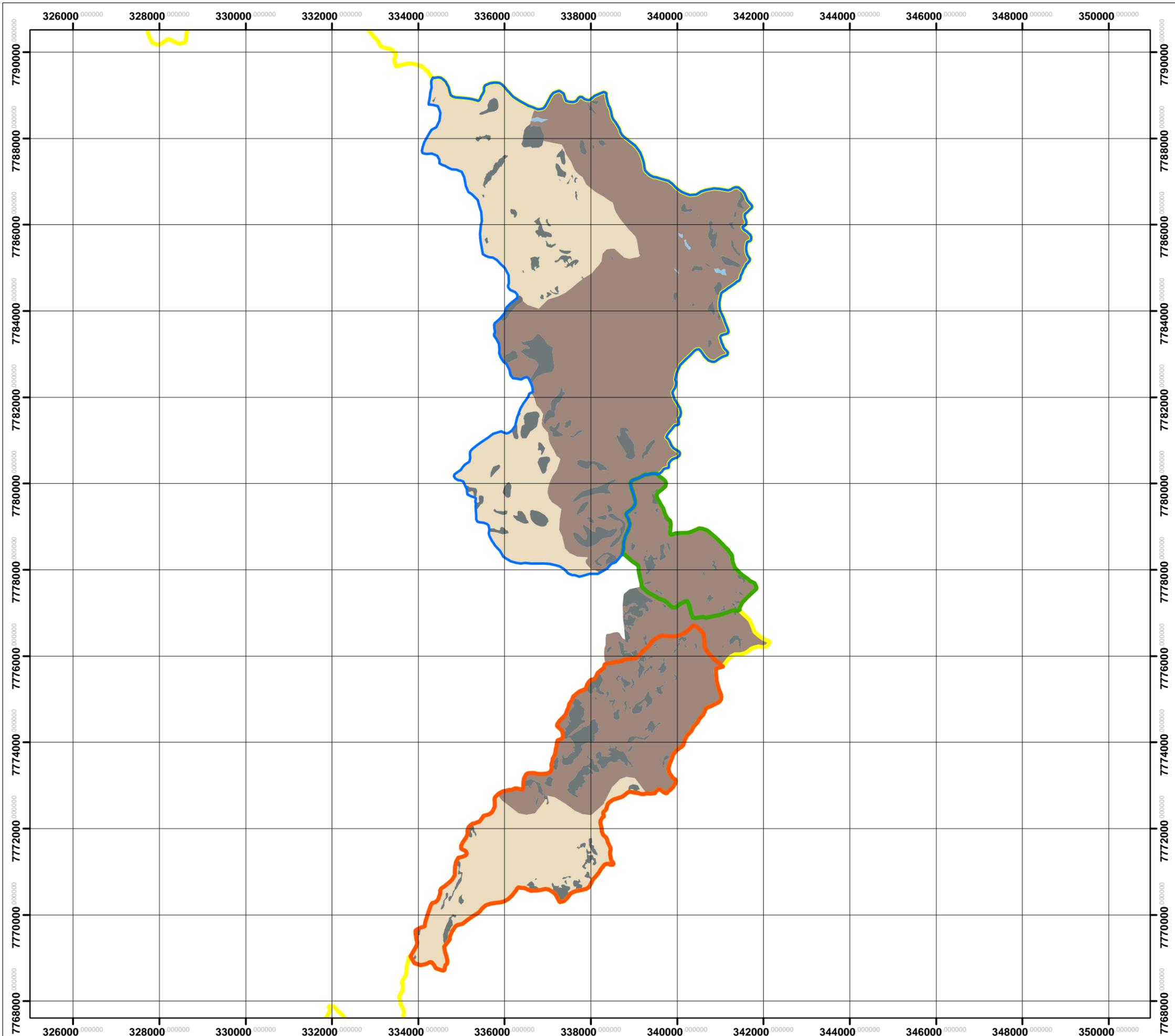
Elaboração:
 Tainah Christina Teixeira de Souza
 Estagiária em Engenharia
 Sanitária e Ambiental

Escala: 1:86,000

Folha: 1 de 1 Local: Santa Leopoldina-ES

Papel: A3 Nº: **Figura 6-26**

Contratante: *Consórcio:*



Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

Limite de Bacias

- Bacia do Rio Santa Maria
- Bacia do Córrego do Nove
- Bacia do Ribeirão da Crubixa Mirim
- Bacia do Rio do Prata

Pedologia

- Afloramento rochoso e Neossolo Litólico
- Cambissolo
- Gleissolo e Neossolo flúvico
- Latossolo Vermelho Amarelo

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	07/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
 Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
 Diagnóstico

Título:
 Mapa Pedológico das bacias de drenagem
 urbana do município de Santa Leopoldina

Responsável técnico:

 Marco Aurélio C. Caiado
 Eng. Agrônomo, Ph. D.
 CREA - ES 3757 D

Elaboração:

 Tainah Christina Teixeira de Souza
 Estagiária em Engenharia
 Sanitária e Ambiental

Escala: 1:86,000 0 1 2 4 Km

Folha: 1 de 1 *Local:* Santa Leopoldina - ES

Papel: A3 *Nº:* **Figura 6-27**

Contratante: *Consórcio:*

A **Tabela 6-10**, por sua vez, apresenta os valores de CN médio para as sub bacias nas quais as bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina foram divididas.

Tabela 6-10: Valores de CN médio para as sub bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina.

Sub bacia	CN médio	Área (Km ²)
1	44,47	3,08
2	42,61	1,61
3	48,97	0,15
4	48,63	0,31
5	37,44	0,35
6	46,93	0,35
7	45,46	0,40
8	46,48	17,02
9	46,50	1,37
10	42,30	0,48
11	49,25	0,29
12	44,97	0,04
13	48,13	0,11
14	- *	943,33
15	63,61	0,77
16	41,94	49,68

* A sub bacia 14 representa a área de contribuição do Rio Santa Maria da Vitória a montante de Santa Leopoldina, com exceção do Rio do Prata, e sua vazão foi apropriada por método estatístico conforme discutido no item 6.5.2.1.

Para a caracterização do total de chuva que foi transformado em vazão, foi escolhido o método do hidrograma unitário. Conceitualmente, o Hidrograma Unitário (HU) é o hidrograma do escoamento direto, causado por uma chuva efetiva unitária (por exemplo, uma chuva de 1 mm, 1 cm, 1 polegada ou outra medida). A teoria considera que a precipitação efetiva e unitária tem intensidade constante ao longo de sua duração e distribui-se uniformemente sobre toda a área de drenagem (COLLISCHONN; TASSI, 2008).

Segundo Paço (2008), o modelo do Hidrograma Unitário (HU), desenvolvido por Sherman em 1932, impôs um importante avanço no nível da análise de cheias. Conforme Naghettini (1999), além das considerações citadas acima (chuva de intensidade constante e uniformemente distribuída sobre a bacia), o método baseia-se na hipótese de que, uma vez que as características físicas da bacia não se alterem, precipitações semelhantes produzirão hidrogramas semelhantes.

Chow, Maidment e Mays (1988), *apud* Paço (2008) afirmam que o modelo foi inicialmente desenvolvido para a aplicação em bacias hidrográficas de grandes dimensões, variando entre 1300 e 8000 km², tendo-se, posteriormente, demonstrada a sua aplicabilidade em bacias de área mais reduzidas, entre 0,005 Km² e 25 km².

Existem muitas técnicas sintéticas de Hidrogramas Unitários abordadas pelos mais diversos autores: Método de Nash, Clark, de Santa Bárbara, da Convolução Contínua, Snyder, SCS (*Soil Conservation Service*) e, CUHP (*Colorado Urban Hydrograph Procedure*). O método do hidrograma unitário SCS é nativo no HEC-HMS e foi escolhido para a transformação dos dados de chuva em vazão. O único parâmetro requerido pelo modelo é o Tempo de Retardo (*Lag time*), que representa o tempo decorrente entre o centroide da precipitação e o pico de vazão a ela associada.

A intensidade da chuva de projeto foi estabelecida a partir da equação IDF para a bacia (**Equação 2**) com tempo de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos. Segundo IPH-UFGRS (2005) o tempo total da simulação deve ser de, pelo menos, duas vezes o tempo de concentração, permitindo que toda a precipitação atue sobre o hidrograma de saída, enquanto *Placer County* (1990) *apud Us Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center* (2000) recomenda uma duração de chuva igual a três ou quatro vezes o tempo de concentração. No presente trabalho, a duração da chuva foi estabelecida para um tempo igual a duas, três ou quatro vezes o tempo de concentração, em função, principalmente do tamanho da bacia e de seu próprio tempo de concentração. A construção do hietograma foi realizada pelo método dos

blocos alternados, através do qual, a intensidade da precipitação de projeto é maior no meio, sendo mais branda no início e no final da mesma.

Para a simulação do Cenário Atual, o modelo HEC-HMS foi aplicado às bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina utilizando duas abordagens: 1) precipitação com duração referente a três ou quatro vezes o tempo de concentração de cada sub bacia (15 sub bacias) e; 2) precipitação com duração referente a duas vezes o tempo de concentração de toda a bacia do Ribeirão Crubixá-Mirim. Os resultados da primeira abordagem são apresentados no **item 7.4**. Cabe ressaltar que não foi simulado a sub bacia 14, uma vez que esta representa toda a área de contribuição do Rio Santa Maria da Vitória a montante de Santa Leopoldina e o método de apropriação de sua vazão está discutida no **item 6.5.2.1**.

Conforme apresentado na **Tabela 6-9**, os cálculos do tempo de concentração da Bacia do Ribeirão Crubixá-Mirim resultou em um valor médio de 102,18 minutos.

A precipitação de cada sub bacia foi calculada por meio do método dos blocos alternados, que consiste na construção do hietograma de projeto a partir da curva IDF. A equação IDF é calculada para uma estação pluviométrica e a precipitação máxima nesta não ocorre sobre toda a bacia ao mesmo tempo, existindo uma variabilidade espacial natural, com tendência à redução da precipitação da bacia com relação ao máximo valor observado na estação.

Segundo IPH-UFGRS (2005) o tempo total da simulação deve ser de, pelo menos, duas vezes o tempo de concentração, permitindo que toda a precipitação atue sobre o hidrograma de saída. Placer Country (1990) *apud* Us Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center (2000) por sua vez, recomenda uma duração de chuva igual a duas ou três vezes o tempo de concentração.

Foram calculadas as chuvas intensas para durações iguais a duas vezes o tempo de concentração e intervalos de recorrência de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos e apropriados os respectivos hietogramas por meio do método dos

blocos alternados. A **Figura 6-28** apresenta o hietograma da chuva de 25 anos utilizado na simulação, com discretização temporal de 10 minutos.

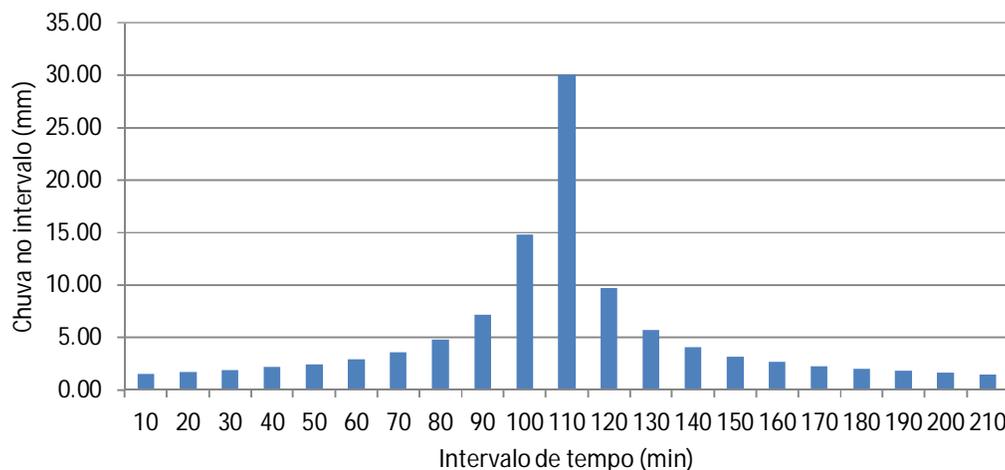


Figura 6-28: Hietograma da chuva com recorrência de 25 anos e duração igual duas vezes o tempo de concentração da bacia.

A tela principal do programa HEC-HMS preparado para a modelagem das bacias do Rio Guandu, Rio do Peixe e Ribeirão Arrependido está apresentada na **Figura 6-29**.

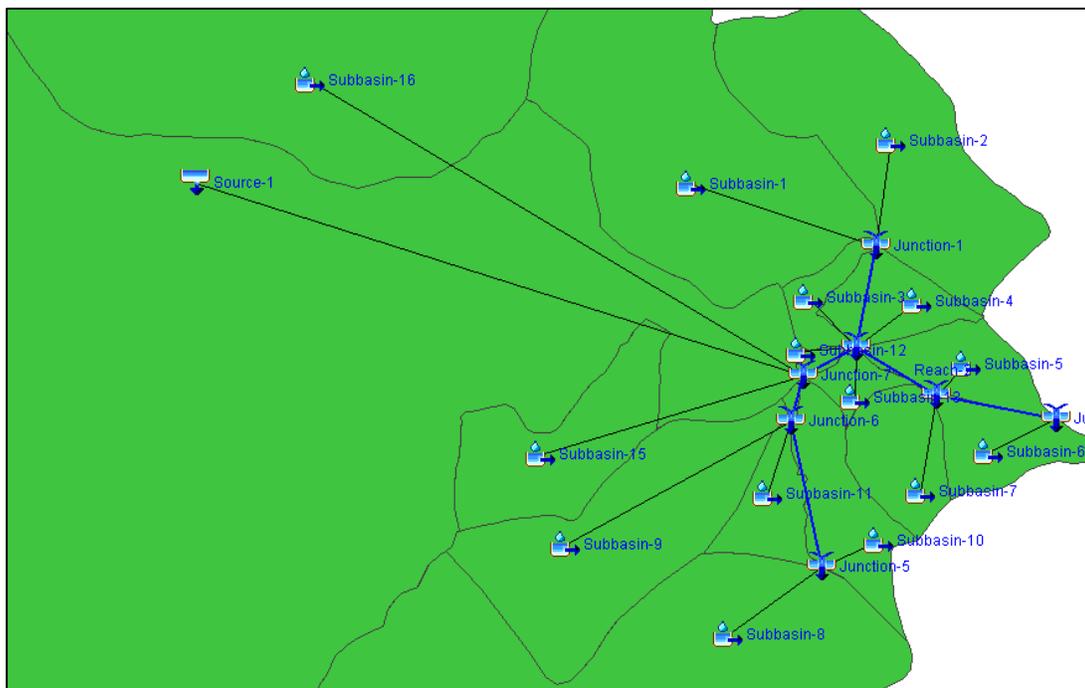


Figura 6-29: Bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina modelada pelo programa HEC-HMS.

A **Tabela 6-11**, a **Tabela 6-12**, a **Tabela 6-13**, a **Tabela 6-14**, a **Tabela 6-15**, a **Tabela 6-16**, a **Tabela 6-17** apresentam os resultados da aplicação do HEC-HMS nas bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina para chuvas de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos, respectivamente.

Tabela 6-11: Resposta hidrológica das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina para chuva com tempo de retorno de 5 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km ²	m ³ /s		km ²	m ³ /s
Junção-1	4.69	1	Sub bacia-10	0.48	0.1
Junção-2	1094.91	269,32	Sub bacia-11	0.29	0.2
Junção-3	1095.66	269,32	Sub bacia-12	0.04	0
Junção-4	1096.01	269,32	Sub bacia-13	0.11	0.1
Junção-5	17.5	5.2	Sub bacia-15	0.77	4.5
Junção-6	19.16	5.6	Sub bacia-16	49.68	2.4
Junção-7	1089.61	269,32	Sub bacia-2	1.61	0.2
Trecho-1	4.69	1	Sub bacia-3	0.15	0.1
Trecho-2	1094.91	269,32	Sub bacia-4	0.31	0.2
Trecho-3	1095.66	269,32	Sub bacia-5	0.35	0
Trecho-4	17.5	5.2	Sub bacia-6	0.35	0.2
Trecho-5	19.16	5.6	Sub bacia-7	0.4	0.1
Trecho-6	1089.61	269,32	Sub bacia-8	17.02	5.2
Source-1	1020	269,32	Sub bacia-9	1.37	0.5
Sub bacia-1	3.08	0.7	-	-	-

Tabela 6-12: Resposta hidrológica das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina para chuva com tempo de retorno de 10 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km ²	m ³ /s		km ²	m ³ /s
Junção-1	4.69	1.9	Sub bacia-10	0.48	0.2
Junção-2	1094.91	321,33	Sub bacia-11	0.29	0.4
Junção-3	1095.66	321,33	Sub bacia-12	0.04	0
Junção-4	1096.01	321,33	Sub bacia-13	0.11	0.1
Junção-5	17.5	9.4	Sub bacia-15	0.77	6.2
Junção-6	19.16	10.1	Sub bacia-16	49.68	6.9
Junção-7	1089.61	321,33	Sub bacia-2	1.61	0.5
Trecho-1	4.69	1.9	Sub bacia-3	0.15	0.2
Trecho-2	1094.91	321,33	Sub bacia-4	0.31	0.4
Trecho-3	1095.66	321,33	Sub bacia-5	0.35	0
Trecho-4	17.5	9.3	Sub bacia-6	0.35	0.3
Trecho-5	19.16	10.1	Sub bacia-7	0.4	0.3
Trecho-6	1089.61	321,33	Sub bacia-8	17.02	9.2
Source-1	1020	321,33	Sub bacia-9	1.37	1
Sub bacia-1	3.08	1.4	-	-	-

Tabela 6-13: Resposta hidrológica das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina para chuva com tempo de retorno de 20 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km ²	m ³ /s		km ²	m ³ /s
Junção-1	4.69	3.7	Sub bacia-10	0.48	0.3
Junção-2	1094.91	403,52	Sub bacia-11	0.29	0.9
Junção-3	1095.66	403,52	Sub bacia-12	0.04	0.1
Junção-4	1096.01	403,52	Sub bacia-13	0.11	0.3
Junção-5	17.5	15.6	Sub bacia-15	0.77	8.4
Junção-6	19.16	16.8	Sub bacia-16	49.68	14.3
Junção-7	1089.61	403,52	Sub bacia-2	1.61	1.1
Trecho-1	4.69	3.7	Sub bacia-3	0.15	0.5
Trecho-2	1094.91	403,52	Sub bacia-4	0.31	0.7
Trecho-3	1095.66	403,52	Sub bacia-5	0.35	0.1
Trecho-4	17.5	15.6	Sub bacia-6	0.35	0.6
Trecho-5	19.16	16.8	Sub bacia-7	0.4	0.5
Trecho-6	1089.61	403,52	Sub bacia-8	17.02	15.4
Source-1	1020	403,52	Sub bacia-9	1.37	1.9
Sub bacia-1	3.08	2.7	-	-	-

Tabela 6-14: Resposta hidrológica das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina para chuva com tempo de retorno de 25 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km ²	m ³ /s		km ²	m ³ /s
Junção-1	4.69	4.5	Sub bacia-10	0.48	0.4
Junção-2	1094.91	424,36	Sub bacia-11	0.29	1
Junção-3	1095.66	424,36	Sub bacia-12	0.04	0.1
Junção-4	1096.01	424,36	Sub bacia-13	0.11	0.3
Junção-5	17.5	18.2	Sub bacia-15	0.77	9.2
Junção-6	19.16	19.6	Sub bacia-16	49.68	17.4
Junção-7	1089.61	424,36	Sub bacia-2	1.61	1.3
Trecho-1	4.69	4.5	Sub bacia-3	0.15	0.6
Trecho-2	1094.91	424,36	Sub bacia-4	0.31	0.9
Trecho-3	1095.66	424,36	Sub bacia-5	0.35	0.1
Trecho-4	17.5	18.2	Sub bacia-6	0.35	0.8
Trecho-5	19.16	19.6	Sub bacia-7	0.4	0.6
Trecho-6	1089.61	424,36	Sub bacia-8	17.02	17.9
Source-1	1020	424,36	Sub bacia-9	1.37	2.3
Sub bacia-1	3.08	3.2	-	-	-

Tabela 6-15: Resposta hidrológica das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina para chuva com tempo de retorno de 30 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km ²	m ³ /s		km ²	m ³ /s
Junção-1	4.69	5.2	Sub bacia-10	0.48	0.5
Junção-2	1094.91	441,32	Sub bacia-11	0.29	1.2
Junção-3	1095.66	441,32	Sub bacia-12	0.04	0.1
Junção-4	1096.01	441,32	Sub bacia-13	0.11	0.4
Junção-5	17.5	20.5	Sub bacia-15	0.77	9.8
Junção-6	19.16	22	Sub bacia-16	49.68	20.3
Junção-7	1089.61	441,32	Sub bacia-2	1.61	1.5
Trecho-1	4.69	5.2	Sub bacia-3	0.15	0.7
Trecho-2	1094.91	441,32	Sub bacia-4	0.31	1
Trecho-3	1095.66	441,32	Sub bacia-5	0.35	0.1
Trecho-4	17.5	20.5	Sub bacia-6	0.35	0.9
Trecho-5	19.16	22	Sub bacia-7	0.4	0.8
Trecho-6	1089.61	441,32	Sub bacia-8	17.02	20.2
Source-1	1020	441,32	Sub bacia-9	1.37	2.6
Sub bacia-1	3.08	3.7	-	-	-

Tabela 6-16: Resposta hidrológica das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina para chuva com tempo de retorno de 50 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km ²	m ³ /s		km ²	m ³ /s
Junção-1	4.69	7.8	Sub bacia-10	0.48	0.8
Junção-2	1094.91	488,56	Sub bacia-11	0.29	1.8
Junção-3	1095.66	488,56	Sub bacia-12	0.04	0.2
Junção-4	1096.01	488,56	Sub bacia-13	0.11	0.6
Junção-5	17.5	28.2	Sub bacia-15	0.77	11.9
Junção-6	19.16	30.2	Sub bacia-16	49.68	29.7
Junção-7	1089.61	488,56	Sub bacia-2	1.61	2.4
Trecho-1	4.69	7.8	Sub bacia-3	0.15	1.1
Trecho-2	1094.91	488,56	Sub bacia-4	0.31	1.6
Trecho-3	1095.66	488,56	Sub bacia-5	0.35	0.2
Trecho-4	17.5	28.2	Sub bacia-6	0.35	1.5
Trecho-5	19.16	30.1	Sub bacia-7	0.4	1.1
Trecho-6	1089.61	488,56	Sub bacia-8	17.02	27.8
Source-1	1020	488,56	Sub bacia-9	1.37	3.8
Sub bacia-1	3.08	5.5	-	-	-

Tabela 6-17: Resposta hidrológica das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina para chuva com tempo de retorno de 100 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km ²	m ³ /s		km ²	m ³ /s
Junção-1	4.69	12.7	Sub bacia-10	0.48	1.6
Junção-2	1094.91	552,29	Sub bacia-11	0.29	2.8
Junção-3	1095.66	552,29	Sub bacia-12	0.04	0.3
Junção-4	1096.01	552,29	Sub bacia-13	0.11	1
Junção-5	17.5	41.7	Sub bacia-15	0.77	15.2
Junção-6	19.16	44.4	Sub bacia-16	49.68	46.8
Junção-7	1089.61	552,29	Sub bacia-2	1.61	4.1
Trecho-1	4.69	12.7	Sub bacia-3	0.15	1.6
Trecho-2	1094.91	552,29	Sub bacia-4	0.31	2.5
Trecho-3	1095.66	552,29	Sub bacia-5	0.35	0.5
Trecho-4	17.5	41.7	Sub bacia-6	0.35	2.5
Trecho-5	19.16	44.4	Sub bacia-7	0.4	2
Trecho-6	1089.61	552,29	Sub bacia-8	17.02	41.1
Source-1	1020	552,29	Sub bacia-9	1.37	6.1
Sub bacia-1	3.08	8.8	-	-	-

Cabe ressaltar que os elementos Trecho 6, Trecho 2 e Trecho 3 representam os trechos do Rio Santa Maria da Vitória. O Trecho 1, por sua vez, corresponde ao trecho do córrego do Nove. Os Trechos 4 e 5 representam os trechos do Ribeirão Crubixá-Mirim. Por fim, a subbacia 16 representa a contribuição do Rio da Prata.

Verificou-se que o Rio da Prata tem pouca influência sobre o Rio Santa Maria da Vitória, a ponto de sozinho, provocar enchentes na sede municipal de Santa Leopoldina, a não ser em casos extremos como trombas d'água. As vazões calculadas para 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos para o Rio da Prata foram,

respectivamente, 2,4 m³/s, 6,9 m³/s, 14,3 m³/s, 17,4 m³/s, 17,4 m³/s, 20,3 m³/s, 29,7 m³/s e 46,8 m³/s.

6.5.4 Modelagem hidráulica das bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e córrego do Nove

6.5.4.1 Introdução

Para a simulação hidráulica da vazão de projeto no Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e no córrego do Nove, foi utilizado o modelo matemático HEC-RAS 4.1 (*River Analysis System*), o qual foi desenvolvido pelo Centro de Engenharia Hidrológica do Corpo de Engenheiros do Exército Norte-Americano. Este modelo foi concebido para efetuar cálculos hidráulicos em sistemas de canais naturais ou construídos (HEC, 2010) e é amplamente utilizado em estudos de: (a) determinação da área de inundação de rios e de proteção contra enchentes; (b) efeitos de obstáculos hidráulicos, como pontes, bueiros, vertedores de barragens, diques e outras estruturas hidráulicas; (c) análise das alterações dos perfis de superfície d'água devido às modificações na geometria do canal; (d) múltiplos perfis de superfície d'água (modelagem de cenários para diferentes condições hidráulicas e hidrológicas), erosão em pontes e operação de barragens em sequência.

O procedimento básico de computação é baseado na solução da equação de energia unidimensional (*Bernoulli*), sendo avaliadas as perdas de energia por fricção (equação de *Manning*) e contração ou expansão das seções transversais (coeficiente multiplicado pela velocidade principal). A equação do momento, por sua vez, é utilizada nas situações de cálculo de escoamento em regime misto em ressaltos hidráulicos, pontes e na determinação dos níveis d'água nas confluências dos rios.

O coeficiente *n* de *Manning* é um dos principais parâmetros do modelo, sendo altamente variável e depende de vários fatores: aspereza da superfície do leito,

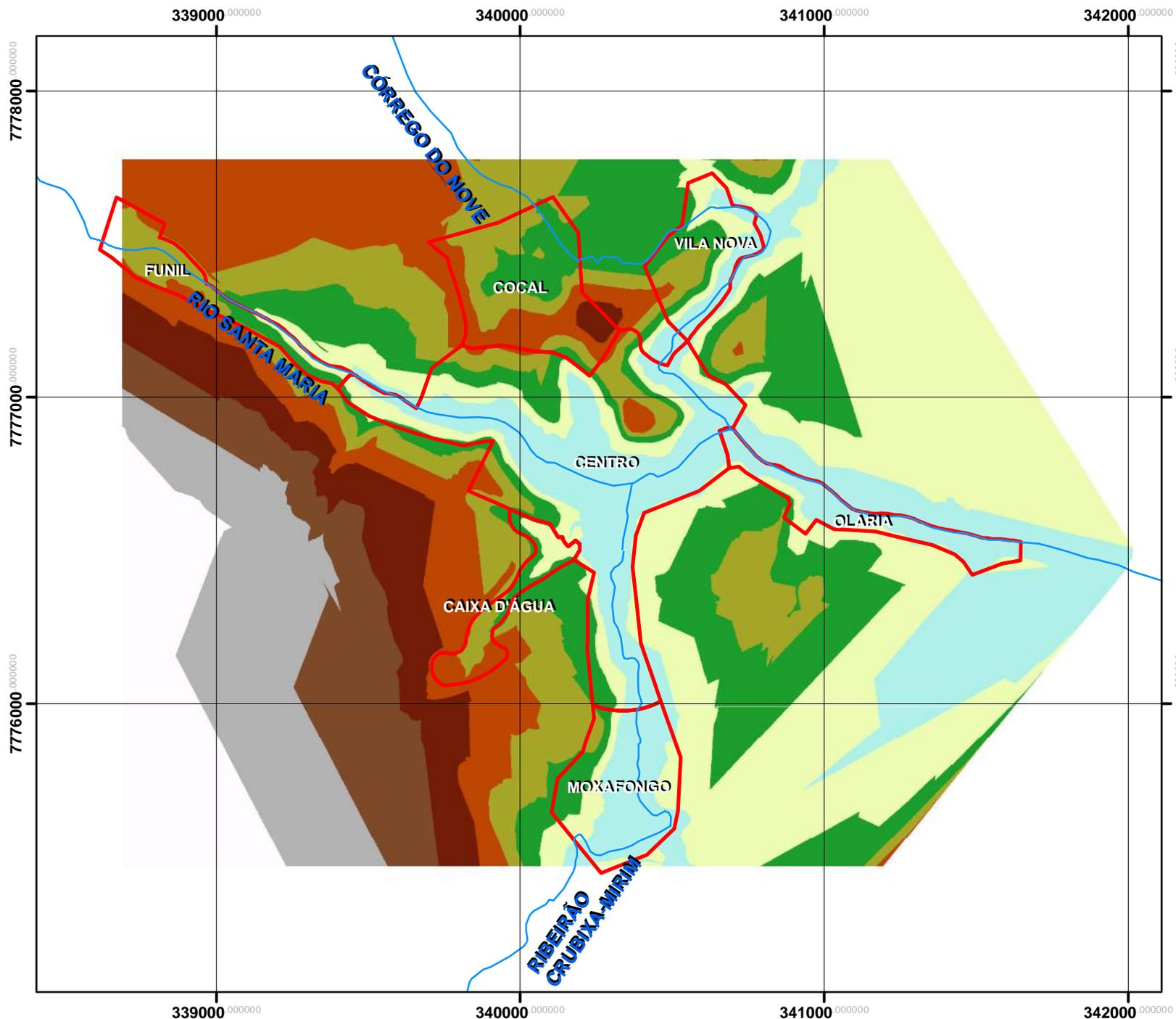
vegetação, irregularidades no canal, alinhamento do canal, erosão ou deposição de sedimento, obstruções, tamanho e forma do canal, vazões, temperatura e concentração de sólidos em suspensão. Chow (1959) traz uma quantidade satisfatória de valores de referência para o coeficiente n de *Manning*. Somado a isto, HEC (2010) traz uma coletânea de valores do citado parâmetro para as mais diversas situações, sendo mais indicado para uso na modelagem hidráulica com o modelo HEC-RAS. No caso da modelagem hidráulica de bueiros e pontes, outros dois coeficientes ganham importância: os coeficientes de expansão e contração. Estes tem a função de representar matematicamente o efeito de contração/expansão do escoamento que ocorre a montante/jusante das estruturas. A seguir, é descrita a metodologia utilizada para o desenvolvimento do modelo hidráulico, bem com os dados de entrada e os coeficientes mais relevantes utilizados no presente estudo.

6.5.4.2 Domínio do modelo

Foi definido como domínio do modelo o trecho urbano do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove, contemplando os bairros Funil, Centro, Olaria, Moxafongo e Vila Nova, totalizando uma extensão total de 6 Km.

6.5.4.3 Geometria do modelo

Para o desenvolvimento do modelo hidráulico, foram utilizadas as seções levantadas no Rio Santa Maria da Vitória levantados no âmbito do presente estudo. Também foram utilizadas as curvas de nível com equidistância vertical de 2 metros disponibilizados pelo contratante. A partir dos dados de topografia, foi construído um TIN – *Triangulated Irregular Network* da área modelada, que foi a base de entrada de dados do modelo HEC-RAS. A **Figura 6-30** apresenta o TIN da geometrias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove.



Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

- Curso d'água
 - Bairros
- Triangulação (Cotas em metros)
- | | | | |
|--|---------|--|-----------|
| | 7 - 26 | | 98 - 123 |
| | 26 - 42 | | 123 - 147 |
| | 42 - 58 | | 147 - 167 |
| | 58 - 77 | | 167 - 197 |
| | 77 - 98 | | |

Documentação e Referências

ANA. Cursos d'água.
 IBGE. Curvas de Nivel.
 GEOBASE. Bairros.

Ø	Emissão original	06/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
 Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
 Diagnóstico

Título:
 TIN de Santa Leopoldina

Responsável técnico:
 Marco Aurélio C. Caiado
 Eng. Agrônomo, Ph. D.
 CREA - ES 3757 D

Elaboração:
 Marcela Lopes Barros
 Estagiária em Engenharia
 Sanitária e Ambiental

Escala: 1:18.000 0 125 250 500 m

Folha: 1 de 1 Local: Santa Leopoldina-ES

Papel: A4 Nº: **Figura 6-30**

Contratante: Consórcio:



6.5.4.4 Calibração do modelo

Durante as visitas de campo, foram identificadas cotas da última enchente significativa, cujas alturas máximas puderam ser identificadas pelas marcas d'água ainda presentes em muros, residências e outros elementos construídos, as quais foram registradas durante as visitas em campo. A partir do que foi observado em campo, foi realizada a calibração do número de manning a fim de aproximar o modelo da realidade.

6.5.4.5 Riscos de Inundação e Simulação Hidráulica com o Cenário Atual

O **ANEXO I** apresenta o Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Santa Leopoldina - ES, como resultado da modelagem hidráulica. O mapa apresenta as áreas previstas de serem inundadas por cheias com períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos. O **ANEXO II**, por sua vez, apresenta o Mapa de Risco de Inundação, sendo delimitadas as áreas com risco: Muito Alto (áreas abrangidas por cheias com períodos de retorno iguais ou menores que 5 anos), Alto (áreas abrangidas por cheias com períodos de retorno maiores que 5 e menores ou iguais a 10 anos), Médio (áreas abrangidas por cheias com períodos de retorno maiores que 10 e menores ou iguais a 30 anos) e Baixo (áreas abrangidas por cheias com períodos de retorno maiores que 30 e menores ou iguais a 100 anos). Deve-se observar que as áreas atingidas por cheias com menores períodos de retorno também são atingidas por aquelas com maiores períodos de retorno, o que faz com que as áreas atingidas por cheias com período de retorno de 5 anos sejam consideradas de maior risco que aquelas atingidas apenas por cheias com menores períodos de recorrência.

Cabe ressaltar que, no presente trabalho, foram consideradas áreas de risco de inundação aquelas atingidas por cheias e que apresentam potenciais

prejuízos de ordem econômica ou de segurança pessoal, ou seja, áreas habitadas ou que tenham elementos construídos. Desta forma, o critério de classificação de risco utilizou somente a variável temporal de recorrência de inundação, que foi simulada pelos modelos matemáticos a partir de dados medidos em campo e utilizados no presente relatório.

Observa-se uma quantidade razoável de domicílios encontram-se na área de risco muito alto (R4), principalmente aqueles mais próximos ao Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e córrego do Nove. Verificou-se que, no total, 150 domicílios encontram-se na área de risco muito alto (R4), equivalente à área de inundação com recorrência de 5 anos. Quando se trata da inundação com recorrência de 25 anos, o número de domicílios atingidos cresce para 245, quase duplicando o número de pessoas expostas ao risco da inundação.

Verificou-se que a maior parte das obras de arte especiais (OAEs) e obras de arte correntes (OACs) sobre o Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e córrego do Nove apresentam dimensionamento hidráulico inadequado para as vazões com recorrência de 100 anos (OAE) e 25 anos (OAC).

A OAE da ES-264, que cruza o Rio Santa Maria da Vitória no Bairro Funil apresentou dimensionamento adequado para vazões com recorrência de 100 anos (**Figura 6-31**). Por outro lado, é importante ressaltar que a presença de rochas no trecho possibilita o acúmulo de materiais trazidos pelo curso d'água e que pode reduzir a capacidade de transporte da seção da OAE. Desta forma, deve-se verificar o dimensionamento da OAE, considerando a presença das rochas e do acúmulo de sujeito entre as mesmas.

Um ponto positivo do trecho onde está localizado a OAE d ES-264 é que imediatamente após esta, o leito do rio Santa Maria da Vitória possui trecho com alta declividade, com média de 0,042 m/m, estendendo-se até o início do bairro Centro de Santa Leopoldina (**Figura 6-32**).

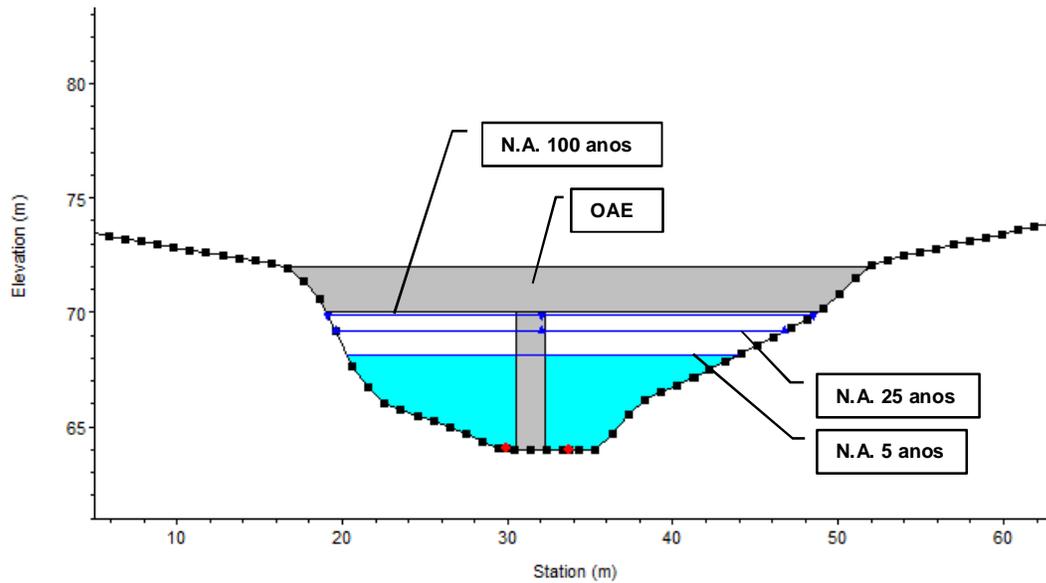


Figura 6-31: Simulação hidráulica da OAE da ES-264, que cruza o Rio Santa Maria da Vitória no Bairro Funil.

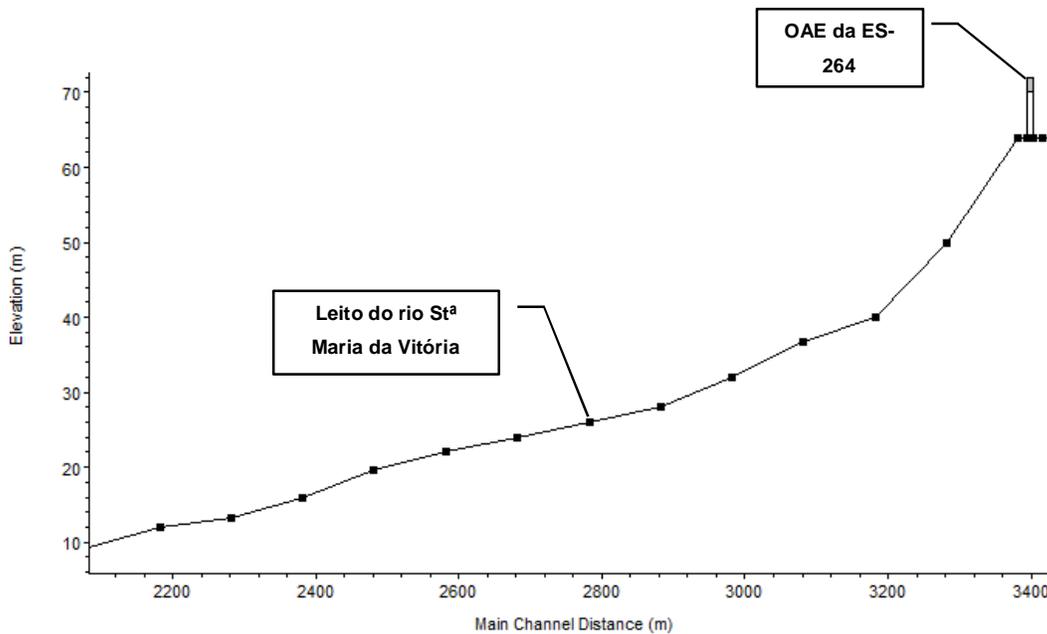


Figura 6-32: Perfil hidráulico do trecho do rio Santa Maria da Vitória que possui alta declividade, com média de 0,042 m/m.

Já no bairro Centro até o final da área urbana de Santa Leopoldina, a declividade média do rio Santa Maria da Vitória é de 0,0008 m/m (**Figura 6-33**). Nesse trecho o escoamento é lento, o que provoca constantes inundações em momentos de grandes vazões.

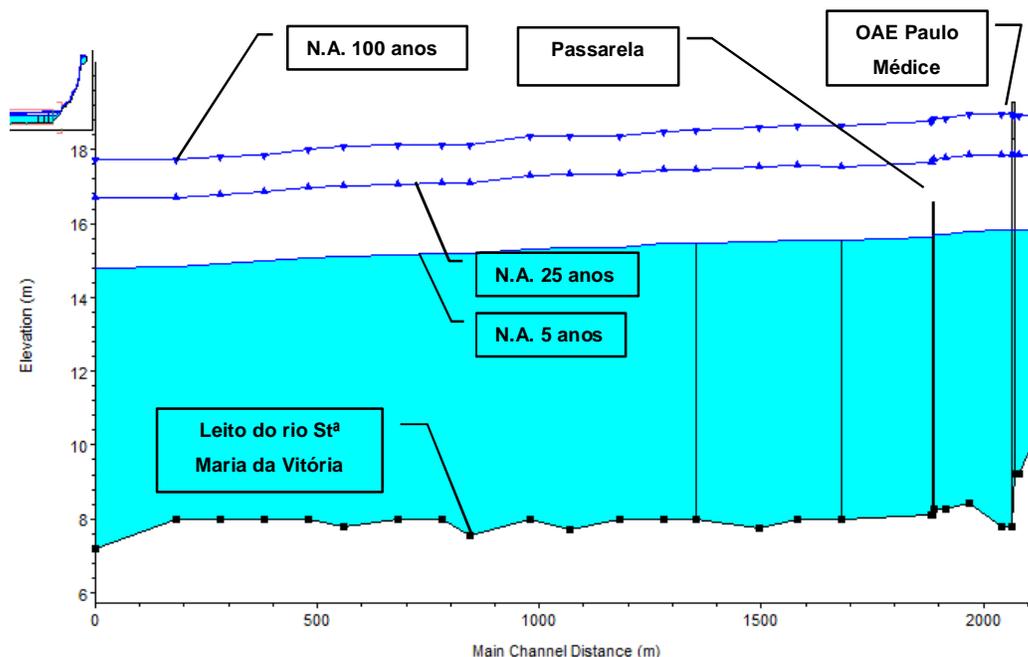


Figura 6-33: Perfil hidráulico do trecho do rio Santa Maria da Vitória que possui baixa declividade, com média de 0,0008 m/m.

Conforme descrito no **item 6.5.1**, os principais afluentes urbanos do rio Santa Maria da Vitória são: o ribeirão Crubixá-mirim e o córrego do Nove. Ambos desaguam no bairro Centro, em um trecho de baixa declividade. Com isso, conforme resultados da modelagem hidráulica, demonstrados nas **Figura 6-34** e **Figura 6-35**, o rio Santa Maria da Vitória provoca forte remanso nos mesmos.

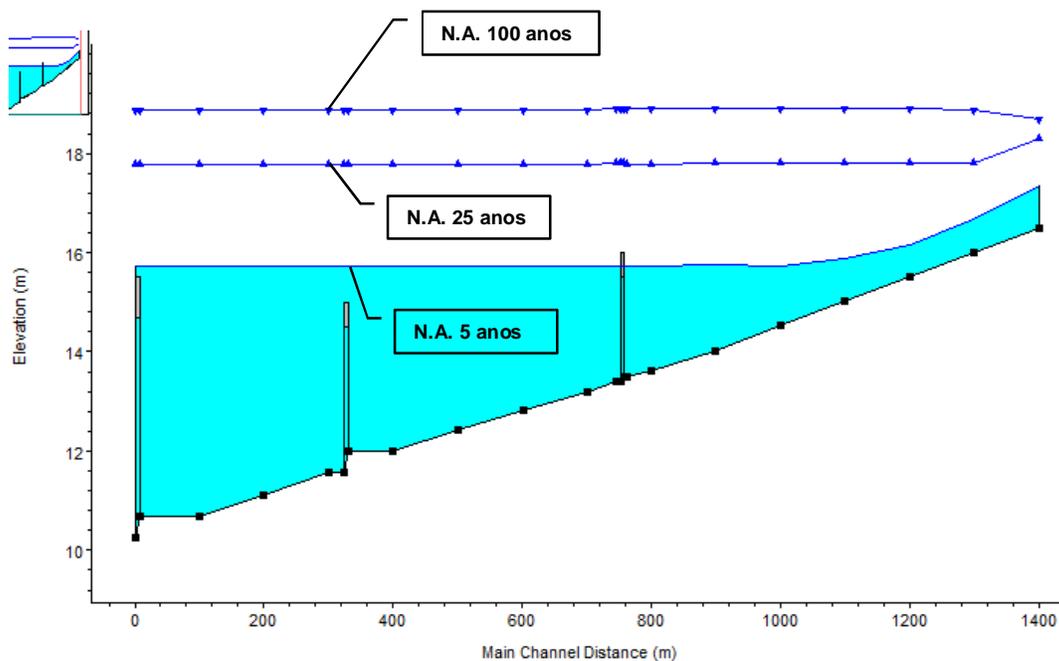


Figura 6-34: Perfil hidráulico do trecho urbano do ribeirão Crubixá-mirim. As linhas dos níveis d'água demonstram a influencia do rio Santa Maria da Vitória sobre esse curso d'água.

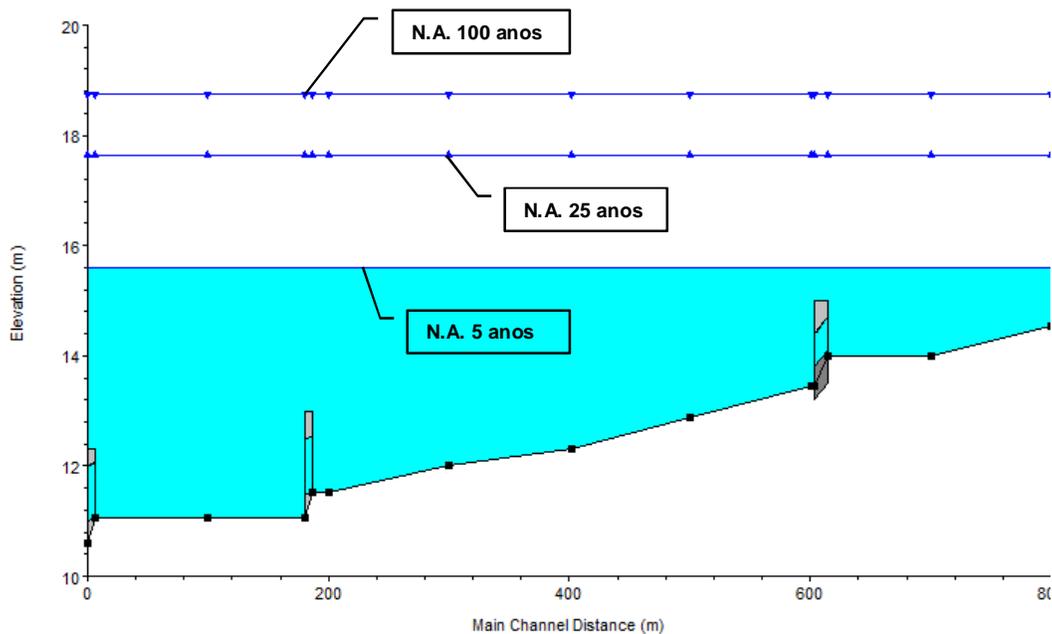


Figura 6-35: Perfil hidráulico do trecho urbano do córrego do Nove. As linhas dos níveis d'água demonstram a influencia do rio Santa Maria da Vitória sobre esse curso d'água.

7 PROGNÓSTICO

7.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, estão discutidos cenários futuros das bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove em seus trechos urbanos com e sem as obras estruturais que estão sendo sugeridas no presente trabalho. Desta forma, primeiramente se discute o crescimento do município de Santa Leopoldina e a projeção de sua população para 5, 10, 15, 20 e 50 anos após o último recenseamento populacional. Em seguida, é apresentado o uso do solo das bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e córrego do Nove, em seus trechos urbanos, para um horizonte de 20 anos, ao que chamamos de cenário futuro. Para este cenário, foram realizadas simulações hidrológicas e hidráulicas das inundações para vazões com períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50 anos e 100 anos. Por fim, são apresentados os cenários com a implementação das ações estruturais aqui propostas, para vazões com período de retorno de 25 anos na condição de uso do solo atual (cenário atual).

7.2 LEVANTAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES

Este item trata do levantamento de dados e informações dos setores censitários, a partir do Censo do IBGE 2010, para formulação de Cenários, Diagnóstico e Prognósticos do Plano Diretor de Águas Pluviais / Fluviais do Município de Santa Leopoldina - ES.

Pesquisaram-se alguns dados pertinentes no site eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referentes ao Censo de 2010, tais como: população total do município de Santa Leopoldina; população urbana e

população rural; total de domicílios particulares permanente; domicílios particulares permanentes na área urbana e rural; área territorial total; área territorial urbana e área territorial rural; densidade por setor censitário; população total por setor censitário; e área total de cada setor censitário. Esses dados foram trabalhados juntamente com as informações dos Mapas Censitário entregues pela SEDURB, mapas esses em base GIS e que foram elaborados no último Censo. Utilizou-se também como fonte de informação o Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES) e o Google Earth.

Através dos dados gerados pela pesquisa, foram feitos mapas temáticos e tabelas, a fim de analisar a ocupação do territorial, com foco especial nas ocupações situadas nas Bacias Hidrográficas do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e córrego do Nove. A partir desses dados será possível criar os cenários futuros de expansão da população ao longo do território.

Os dados referentes à densidade demográfica e os dados por setor censitário do município de Santa Leopoldina – ES estão apresentados na **Tabela 7-1**.

A **Figura 7-1**, a **Figura 7-2**, a **Figura 7-3** e a **Figura 7-4** apresentam, respectivamente, os mapas dos setores censitários por macrozona, dos setores censitários na macrozona urbana, de densidade demográfica por setor censitário e de densidade demográfica no setor censitário na macrozona urbana.

Tabela 7-1: Densidade demográfica por setor censitário e dados por setor censitário.

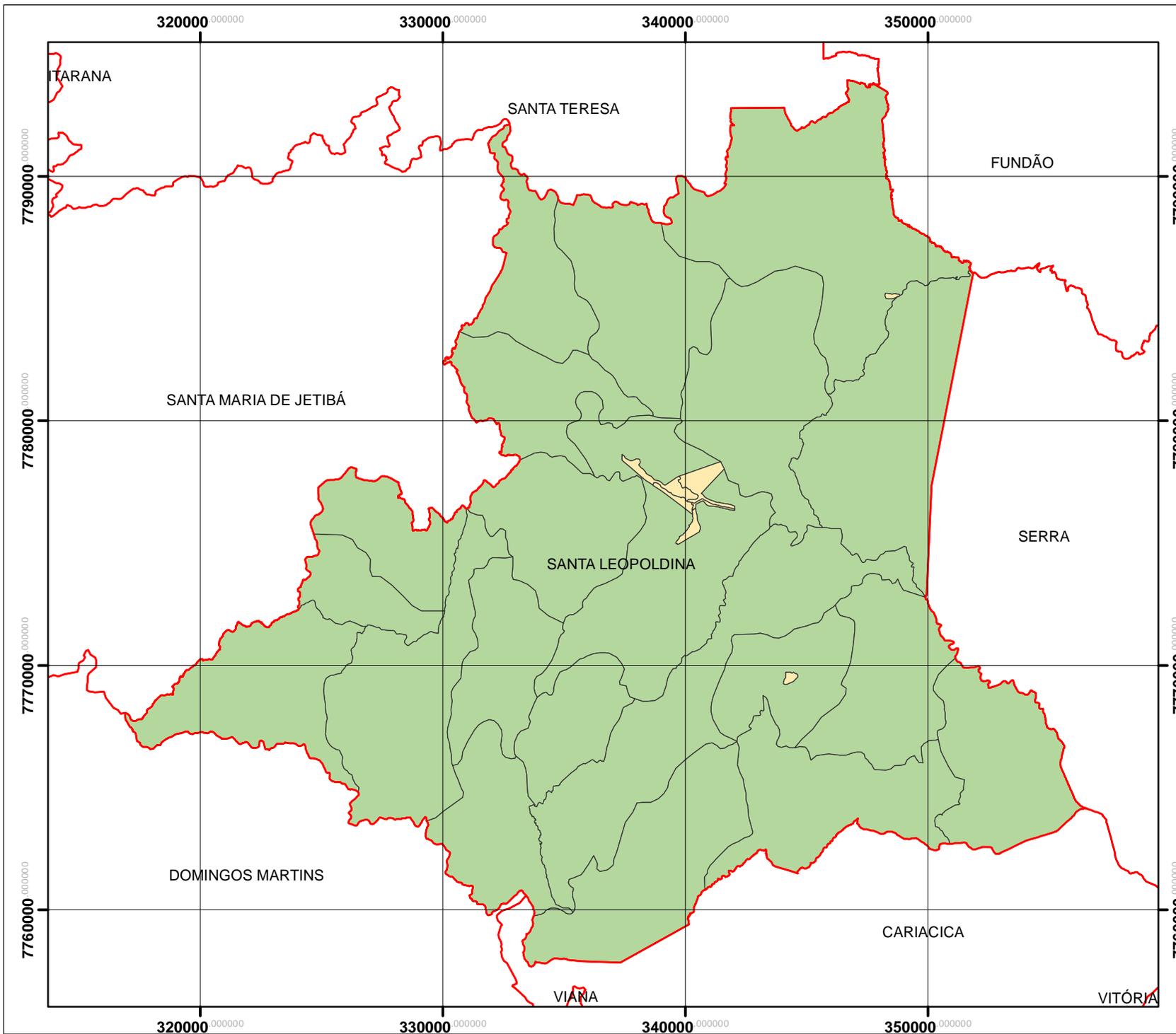
DENSIDADE DEMOGRÁFICA POR SETOR CENSITÁRIO - SANTA LEOPOLDINA/ES						
DADOS GERAIS						
População*	População Urbana*	População Rural*	Domicílios Particulares*	Domicílios Particulares Permanentes Urbanos*		Domicílios Particulares Permanentes Rural*
12240	2615	9625	3824	928		2896
Num. Habitantes / Domicílio**		Área Territorial (Km²)*		Área Territorial Rural (Km²)**		Área Territorial Urbana (Km²)**
3,2		717,984		713,975		4,010
REFERÊNCIA PARA CÁLCULO DE DENSIDADE DEMOGRÁFICA (hab/Km²)						
Padrão 1	Padrão 2	Padrão 3		Padrão 4		Padrão 5
ate 100	110 a 500	510 a 1.000		1.010 a 2.000		2.010 a 3.000
DADOS POR SETOR CENSITÁRIO						
Identificação Setor Censitário*	Densidade (hab/Km²)*	População por Setor (hab)*	Área	Distrito / Comunidade	Bacia Hidrográfica	Inserção na Bacia
3944	1490.16	552	urbano	Sede	Rio Santa Maria - Córrego do Nove -	Parcial - Parcial - Parcial
3945	562.55	566	urbano	Sede	Rio Santa Maria - Córrego do Nove	Parcial - Parcial
3946	586.1	832	urbano	Sede		
3955	2770.38	412	urbano	Sede	Ribeirão da Crubixa	Parcial
3956	559.9	230	urbano	Sede	Ribeirão da Crubixa	Parcial
3960	131.72	12	urbano	Djalma Coutinho		
3963	62.04	11	urbano	Mangaraí		
3947	14.57	563	rural		Rio Santa Maria	Total
3948	26.45	822	rural		Rio Santa Maria	Total
3949	15.39	420	rural		Rio Santa Maria	Total
3950	15.75	337	rural		Rio Santa Maria - Rio da Prata	Parcial - Parcial
3951	9.97	340	rural		Rio da Prata	Total
3952	12.42	490	rural			

Tabela 7-1 (Continuação): Densidade demográfica por setor censitário e dados por setor censitário.

DADOS POR SETOR CENSITÁRIO						
Identificação Setor Censitário*	Densidade (hab/Km ²)*	População por Setor (hab)*	Área	Distrito / Comunidade	Bacia Hidrográfica	Inserção na Bacia
3953	9.01	425	rural		Rio Santa Maria - Rio da Prata - Córrego do Nove - Ribeirão da Crubixa	Parcial - Parcial - Parcial - Parcial
3954	30.6	356	rural		Rio Santa Maria	Total
3957	14.66	295	rural		Rio Santa Maria	Total
3958	18.68	387	rural		Rio Santa Maria	Total
3959	33.43	580	rural		Rio Santa Maria	Total
3961	6.27	283	rural	Djalma Coutinho		
3962	9.55	600	rural	Djalma Coutinho		
3964	11.78	585	rural	Mangaraí		
3965	14.24	270	rural	Mangaraí		
3966	18.5	594	rural	Mangaraí		
3967	23.37	842	rural	Mangaraí		
3968	18.59	395	rural	Mangaraí		
3969	8.61	244	rural	Mangaraí		
3970	18.29	275	rural	Mangaraí		
3971	19.34	522	rural	Mangaraí		

* Fonte dos dados: IBGE, Censo 2010.

** Dados estimados a partir dos dados consultados no IBGE, Censo 2010.



Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

- Divisão Municipal
- Área Urbana
- Área Rural

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	07/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto: Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais Diagnóstico

Título: Mapa Temático Setores Censitários Urbanos e Rurais

Responsável técnico: Fernanda Ferreira
 Arquiteta Urbanista
 CAU A56232-7

Elaboração: Tainah Christina Teixeira de Souza
 Estagiária em Engenharia Sanitária e Ambiental

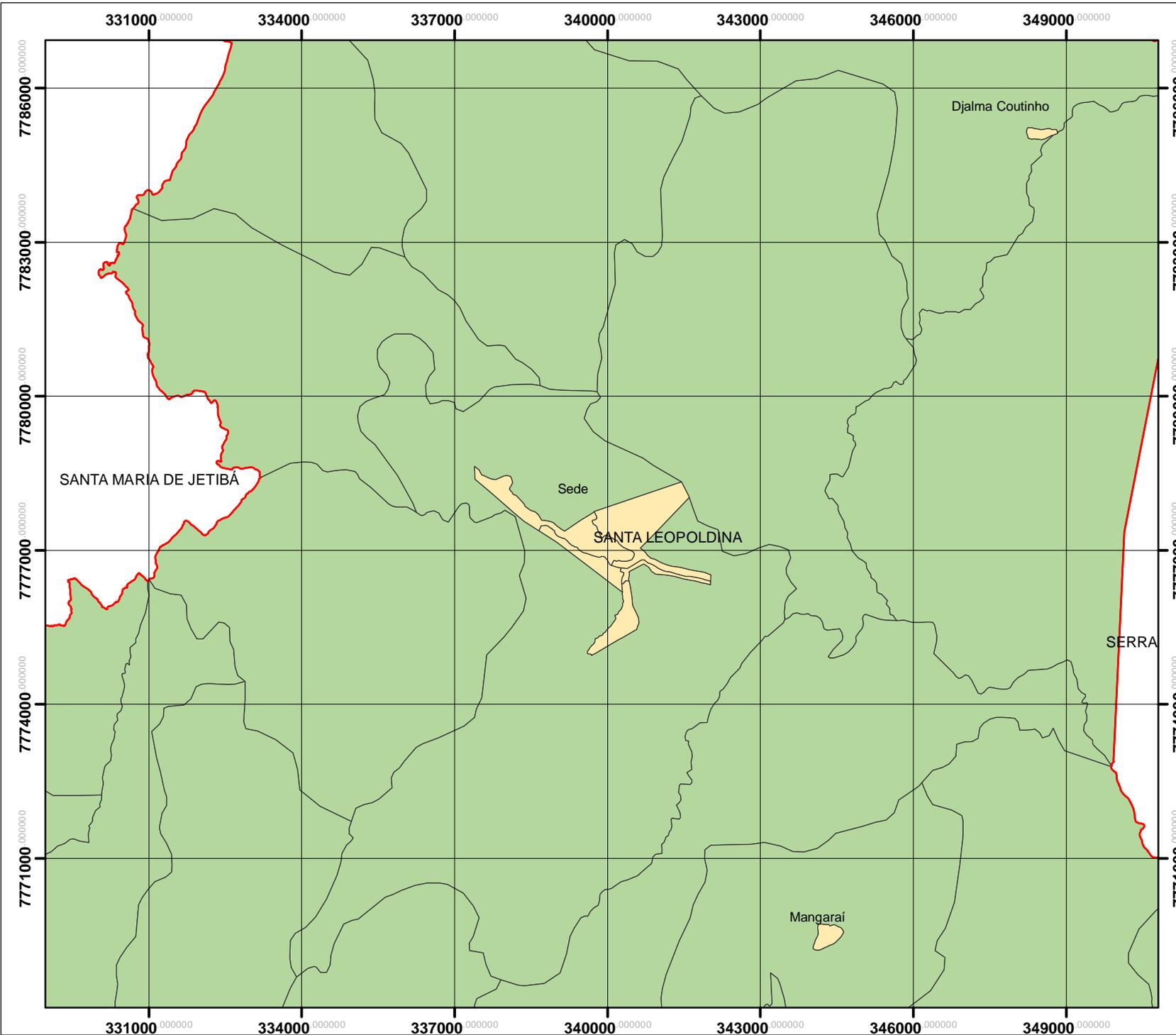
Escala: 1:220,000
0
1.5
3
6
Km

Folha: 1 de 1 Local: Santa Leopoldina-ES

Papel: A4 Nº: **Figura 7-1**

Contratante: Consórcio:





Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

- Divisão Municipal
- Área Urbana
- Área Rural

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

REV	DESCRIÇÃO	DATA
0	Emissão original	07/02/2014

Projeto: Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais Diagnóstico

Título: Mapa Temático Setores Censitários na Área Urbana

Responsável técnico: Fernanda Ferreira
 Arquiteta Urbanista
 CAU A56232-7

Elaboração: Tainah Christina Teixeira de Souza
 Estagiária em Engenharia Sanitária e Ambiental

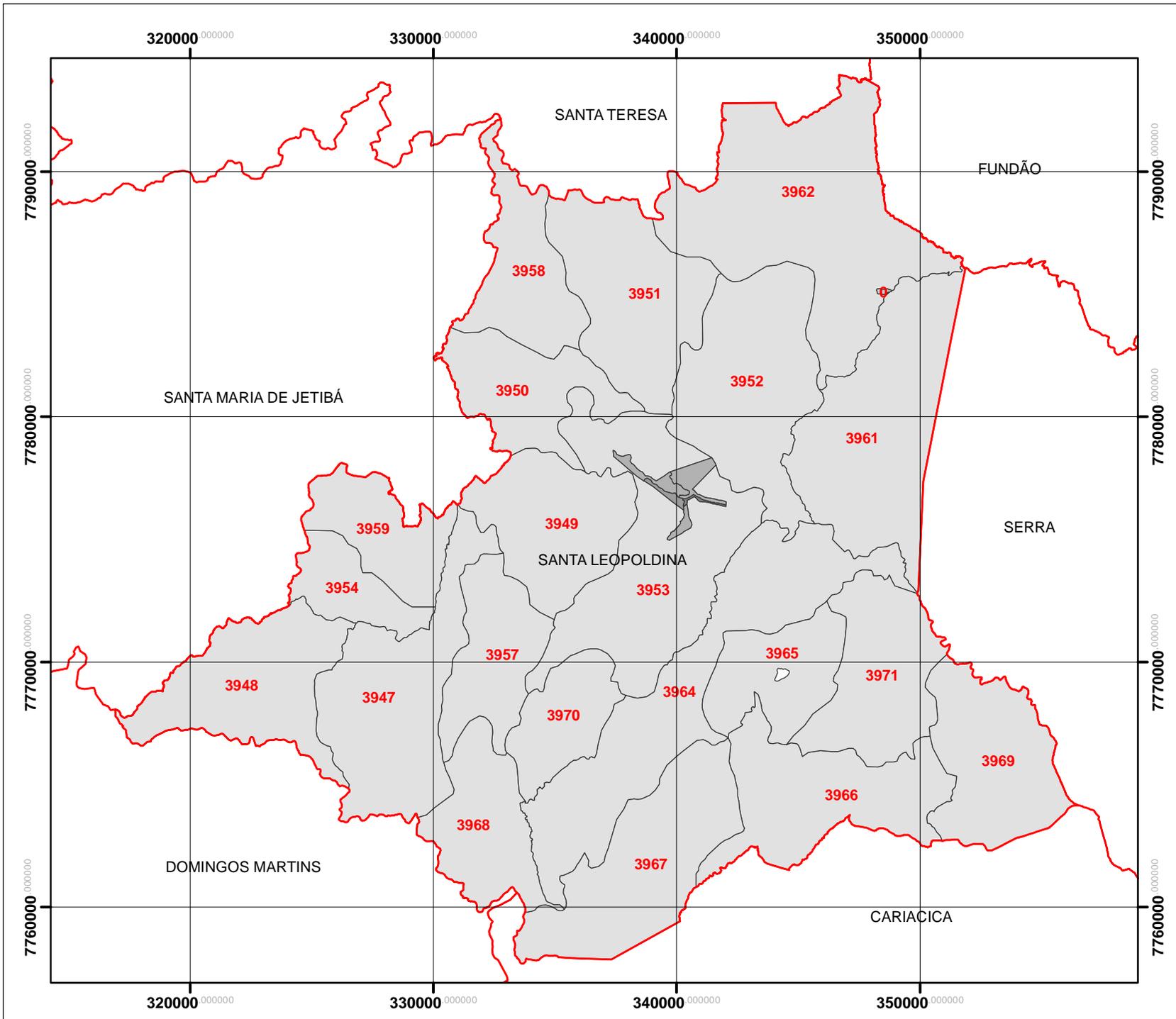
Escala: 1:105,000

Folha: 1 de 1 Local: Santa Leopoldina-ES

Papel: A4 Nº: **Figura 7-2**

Contratante: Consórcio:





Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

Divisão Municipal

Densidade Demográfica(hab/km²)

- 2010 a 3000
- 1010 a 2000
- até 100
- 510 a 1000
- 110 a 500

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomoaico 1:15.000. 2007/2008.

REV	DESCRIÇÃO	DATA
0	Emissão original	07/02/2014

Projeto:
 Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
 Diagnóstico

Título:
 Mapa Temático
 Densidade Demográfica por Setor Censitário

Responsável técnico:
 Fernanda Ferreira
 Arquiteta Urbanista
 CAU A56232-7

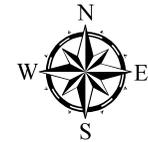
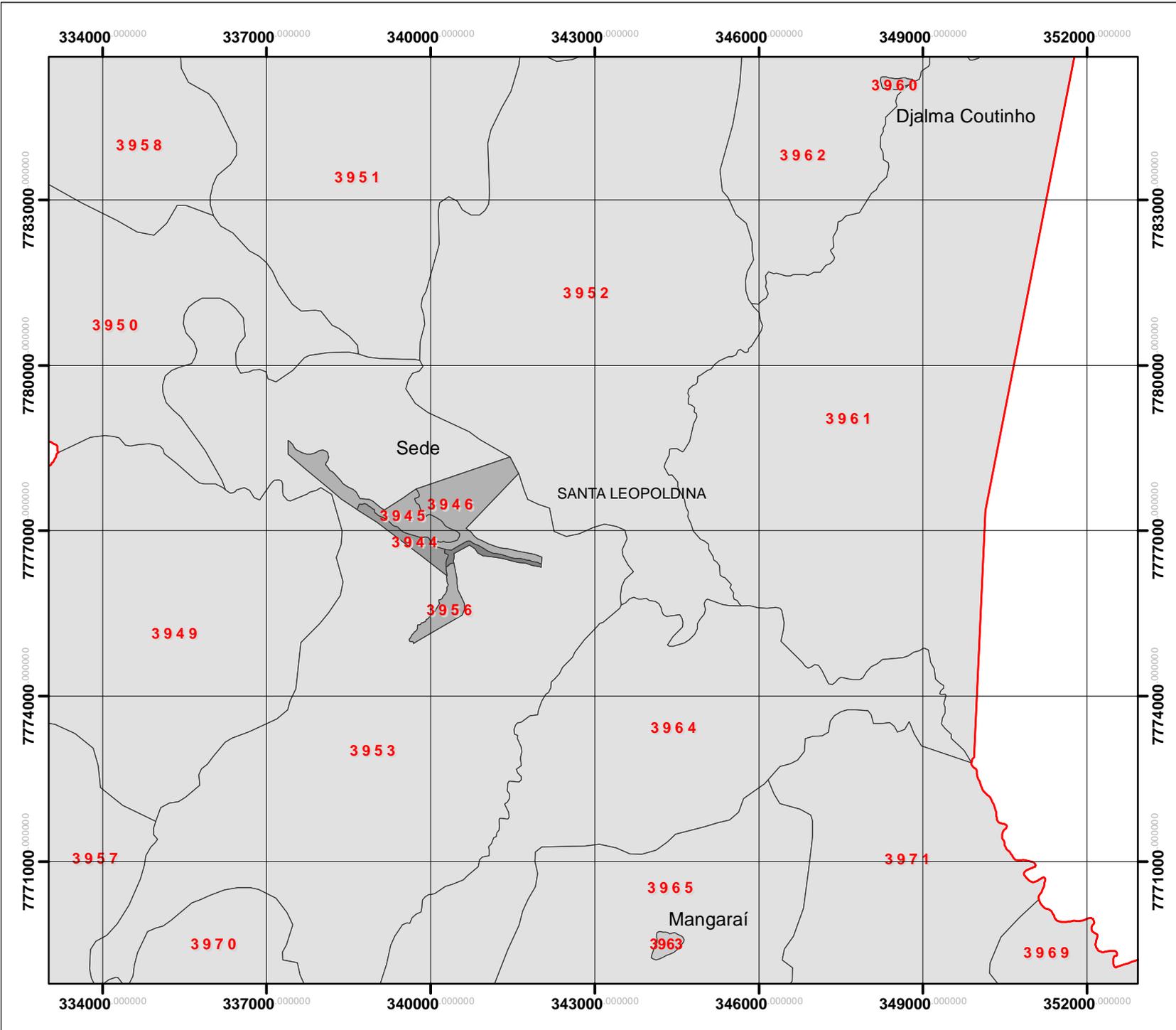
Elaboração:
 Marcela Lopes Barros
 Estagiária em Engenharia
 Sanitária e Ambiental

Escala: 1:220,000

Folha: 1 de 1 *Local:* Santa Leopoldina-ES

Papel: A4 *Nº:* **Figura 7-3**

Contratante: *Consórcio:*



Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

Densidade Demográfica (hab/km²)

- 2010 a 3000
- 1010 a 2000
- até 100
- 510 a 1000
- 110 a 500

Documentação e Referências

IMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

REV	Emissão original	DATA
∅		07/02/2014
REV	DESCRICOÃO	DATA

Projeto:
 Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
 Diagnóstico

Título:
 Mapa Temático
 Densidade Demográfica por Setor Censitário
 na Área Urbana

Responsável técnico:
 Fernanda Ferreira
 Arquiteta Urbanista
 CAU A56232-7

Elaboração:
 Tainah Christina Teixeira de Souza
 Estagiária em Engenharia
 Sanitária e Ambiental

Escala: 1:98,000

Folha: 1 de 1 Local: Santa Leopoldina-ES

Papel: A4 Nº: **Figura 7-4**

Contratante: Consórcio:



A partir do número total da população no ano de 1991, 1996, 2000, 2007 e 2010, obtidos no Censo 2010 do IBGE, calculou-se a média de crescimento populacional por ano. Dessa forma, foi possível projetar o número total da população para o ano de 2015, 2020, 2030 até 2060 (**Figura 7-5**). Considerando-se os dados coletados nos Censos, calculou-se uma Taxa de Crescimento Populacional de 0,53% ao ano.

A média de crescimento populacional também orientou o cálculo desse crescimento e da densidade demográfica por setor censitário, em horizontes de 5 anos, 10 anos, 15 anos, 20 anos e 50 anos a partir de 2010 (**Tabela 7-2**).

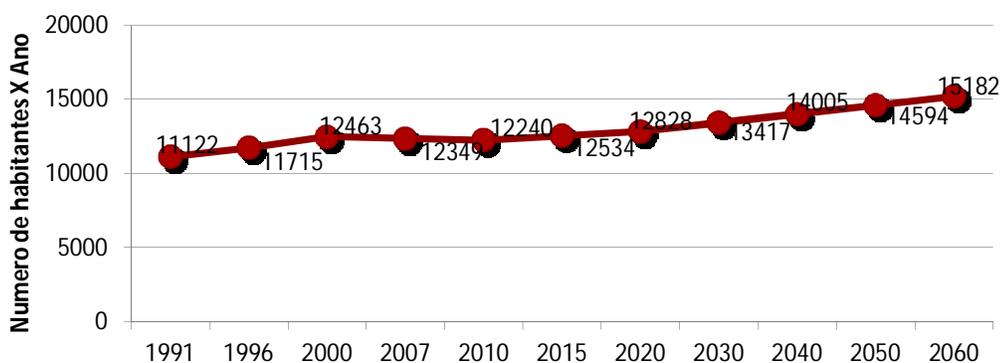


Figura 7-5: Evolução da população de Santa Leopoldina - ES.

Tabela 7-2: Crescimento populacional por setor censitário.

CRESCIMENTO POPULACIONAL POR SETOR CENSITÁRIO															
Identificação Setor Censitário	H O R I Z O N T E	Densidade (hab/Km²)**	População Estimada**	H O R I Z O N T E											
3944		1379,20	565		1411,57	579		1443,94	592		1476,32	605		1670,56	685
3945		520,66	580		532,88	593		545,10	607		557,32	620		630,65	702
3946		542,46	852		555,20	872		567,93	892		580,66	912		657,06	1032
3955		2564,08	422		2624,27	432		2684,46	442		2744,64	452		3105,75	511
3956		518,19	236		530,35	241		542,52	247		554,68	252		627,66	285
3960		121,94	12		124,80	13		127,67	13		130,53	13		147,70	15
3963		57,41	11		58,76	12		60,10	12		61,45	12		69,54	14
3947		13,48	577		13,80	590		14,11	604		14,43	617		16,33	698
3948		24,48	842		25,05	862		25,63	881		26,20	901		29,65	1020
3949		14,24	430		14,58	440		14,91	450		15,24	460		17,25	521
3950		14,57	345		14,92	353		15,26	361		15,60	369		17,65	418
3951		9,23	348		9,45	356		9,66	365		9,88	373		11,18	422
3952	5	11,50	502	1	11,77	514	1	12,04	525	2	12,31	537	5	13,93	608
3953		8,34	435	0	8,54	445	5	8,73	456	0	8,93	466	0	10,10	527
3954		28,32	365		28,98	373		29,65	382		30,31	390		34,30	442
3957		13,56	302	A	13,88	309	A	14,20	316	A	14,52	323	A	16,43	366
3958		17,29	396	N	17,70	406	N	18,10	415	N	18,51	424	N	20,94	480
3959		30,94	594	O	31,66	608	O	32,39	622	O	33,12	636	O	37,47	719
3961		5,81	290	S	5,94	297	S	6,08	303	S	6,22	310	S	7,03	351
3962		8,84	614		9,05	629		9,26	643		9,46	658		10,71	744
3964	(2015)	10,90	599	(	11,16	613	(	11,41	627	(	11,67	641	(	13,20	726
3965		13,18	276	2	13,49	283	2	13,79	289	2	14,10	296	2	15,96	335
3966		17,12	608	0	17,52	623	0	17,93	637	0	18,33	651	0	20,74	737
3967		21,62	862	2	22,13	882	2	22,63	903	3	23,14	923	6	26,19	1044
3968		17,20	404	0	17,60	414	5	18,01	423	0	18,41	433	0	20,83	490
3969		7,96	250	)	8,15	256	)	8,34	262	)	8,53	267	)	9,65	303
3970		16,92	282		17,32	288		17,72	295		18,12	301		20,50	341
3971		17,90	535		18,32	547		18,74	560		19,16	572		21,68	647

* Fonte dos dados: IBGE, Censo 2010.

** Dados estimados a partir dos dados consultados no IBGE, Censo 2010.

7.3 INUNDAÇÃO NAS BACIAS DO RIO SANTA MARIA DA VITÓRIA, RIBEIRÃO CRUBIXÁ-MIRIM E DO CÓRREGO DO NOVE NO CENÁRIO FUTURO

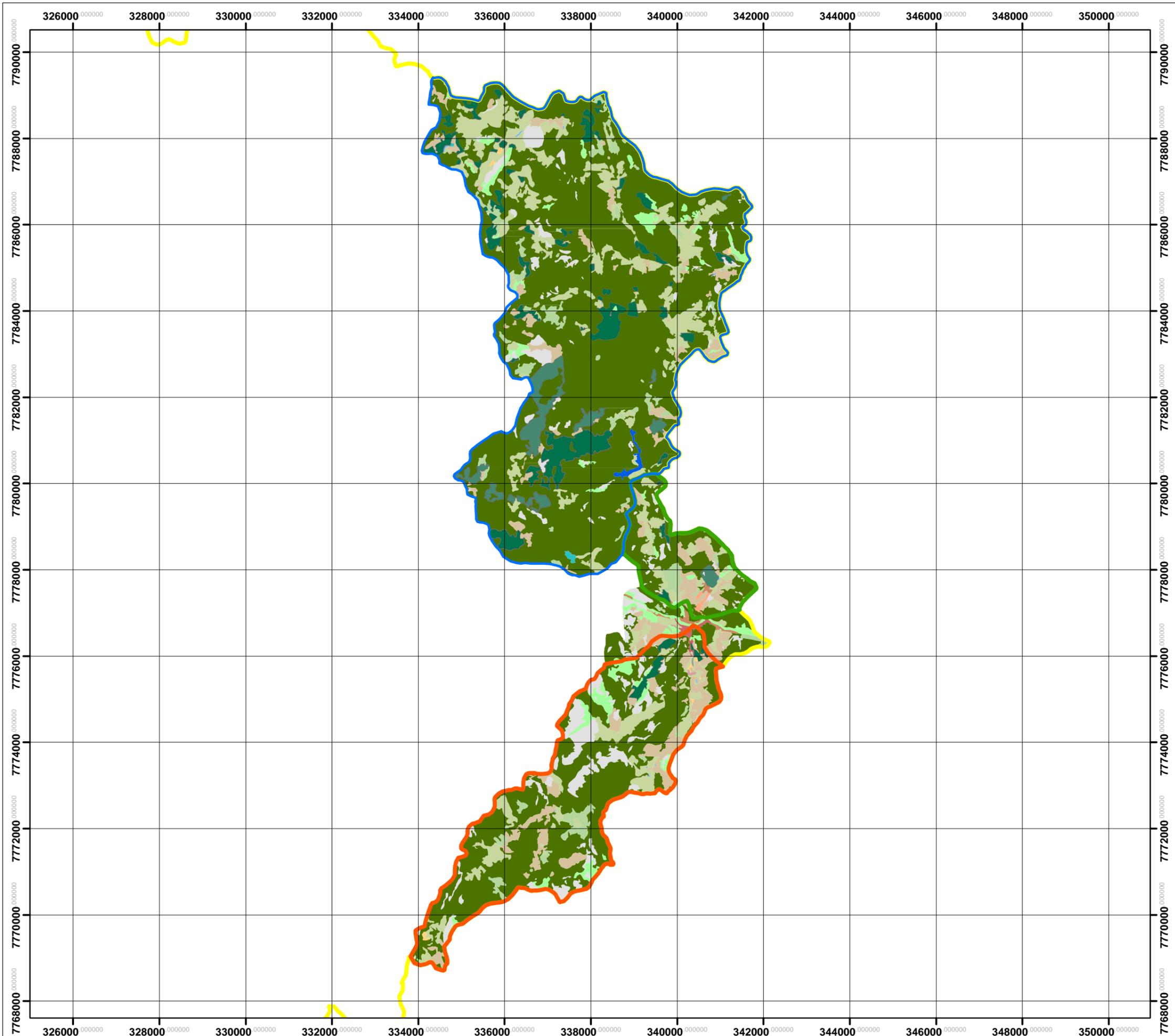
No Cenário Futuro, foram previstas alterações do uso do solo das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina e simuladas vazões do mesmo a partir das chuvas com períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos. As vazões foram simuladas utilizando a mesma metodologia utilizada para a simulação do Cenário Atual. Após o cálculo das vazões, estas foram usadas como dado de entrada para o modelo HEC-RAS para simulação dos níveis d'água e das áreas a serem inundadas pelas respectivas vazões.

As mudanças no uso do solo propostas, que geraram o mapa de uso de solo futuro da área simulada foram as seguintes:

- no bairro Centro, áreas urbanas com 65% de impermeabilização passam a área urbana com 85% de impermeabilização;
- ainda no bairro Centro, áreas urbanas com 38% de impermeabilização passam a área urbana com 85% de impermeabilização;
- no bairro Cocal, áreas urbanas com 12% de impermeabilização passam a área urbana com 30% de impermeabilização;
- ainda no bairro Cocal, haverá crescimento urbana com área urbana com 30% de impermeabilização;
- no bairro Vila Nova, área urbana com 30% de impermeabilização passam a área urbana com 38% de impermeabilização;
- ainda no bairro Vila Nova, área urbana com 38% de impermeabilização passam a área urbana com 65% de impermeabilização.

7.3.1 Uso do solo futuro e cálculo de vazões

A **Figura 7-6** apresenta o Mapa de Uso Futuro das bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina. A **Tabela 7-3**, a **Tabela 7-4**, a **Tabela 7-5**, a **Tabela 7-6**, a **Tabela 7-7**, a **Tabela 7-8** e a **Tabela 7-9**, por sua vez, apresentam as vazões simuladas para as bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove, correspondentes a chuvas com períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos, respectivamente.



Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

- Limite de Bacia**
- Bacia do Rio Santa Maria
 - Bacia do Rio da Prata
 - Bacia do Córrego do Nove
 - Bacia do Ribeirão da Crubixa Mirim
- Uso do Solo**
- Afloramento rochoso
 - Floresta
 - Área industrial 72
 - Macega
 - Área urbana 12
 - Pasto sujo
 - Área urbana 20
 - Massa d'água
 - Área urbana 30
 - Pastagem
 - Área urbana 38
 - Solo desnudo
 - Área urbana 65
 - Eucalipto
 - Café
 - Instalação rural
 - Cultura perene
 - Loteamento

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

∅	Emissão original	07/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
 Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
 Diagnóstico

Título: Uso do Solo das bacias de drenagem urbana do município de Santa Leopoldina.
 Cenário Futuro

Responsável técnico:
 Marco Aurélio C. Caiado
 Eng. Agrônomo, Ph. D.
 CREA - ES 3757 D

Elaboração:
 Tainah Christina Teixeira de Souza
 Estagiária em Engenharia
 Sanitária e Ambiental

Escala: 1:86,000

Folha: 1 de 1 Local: Santa Leopoldina-ES

Papel: A3 Nº: **Figura 7-6**

Contratante: *Consórcio:*

Tabela 7-3: Vazões das Bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove para chuva com período de retorno de 5 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m ³ /s	%		m ³ /s	%
Junção-1	1.00	0.00%	Sub bacia-10	0.10	0.00%
Junção-2	269,32	0.00%	Sub bacia-11	0.40	50.00%
Junção-3	269,32	0.00%	Sub bacia-12	0.10	100.00%
Junção-4	269,32	0.00%	Sub bacia-13	0.20	50.00%
Junção-5	5.30	1.89%	Sub bacia-15	4.50	0.00%
Junção-6	5.70	1.75%	Sub bacia-16	2.40	0.00%
Junção-7	269,32	0.00%	Sub bacia-2	0.20	0.00%
Trecho-1	1.00	0.00%	Sub bacia-3	0.20	50.00%
Trecho-2	269,32	0.00%	Sub bacia-4	0.20	0.00%
Trecho-3	269,32	0.00%	Sub bacia-5	0.00	0.00%
Trecho-4	5.30	1.89%	Sub bacia-6	0.20	0.00%
Trecho-5	5.70	1.75%	Sub bacia-7	0.20	50.00%
Trecho-6	269,32	0.00%	Sub bacia-8	5.20	0.00%
Source-1	269,32	0.00%	Sub bacia-9	0.50	0.00%
Sub bacia-1	0.70	0.00%	-	-	-

Tabela 7-4: Vazões das Bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove para chuva com período de retorno de 10 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m ³ /s	%		m ³ /s	%
Junção-1	2.00	5.00%	Sub bacia-10	0.20	0.00%
Junção-2	321,33	0.00%	Sub bacia-11	0.70	42.86%
Junção-3	321,33	0.00%	Sub bacia-12	0.20	100.00%
Junção-4	321,33	0.00%	Sub bacia-13	0.40	75.00%
Junção-5	9.40	0.00%	Sub bacia-15	6.20	0.00%
Junção-6	10.20	0.98%	Sub bacia-16	6.90	0.00%
Junção-7	321,33	0.00%	Sub bacia-2	0.50	0.00%
Trecho-1	2.00	5.00%	Sub bacia-3	0.50	60.00%
Trecho-2	321,33	0.00%	Sub bacia-4	0.50	20.00%
Trecho-3	321,33	0.00%	Sub bacia-5	0.00	0.00%
Trecho-4	9.40	1.06%	Sub bacia-6	0.40	25.00%
Trecho-5	10.20	0.98%	Sub bacia-7	0.40	25.00%
Trecho-6	321,33	0.00%	Sub bacia-8	9.20	0.00%
Source-1	321,33	0.00%	Sub bacia-9	1.10	9.09%
Sub bacia-1	1.50	6.67%	-	-	-

Tabela 7-5: Vazões das Bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove para chuva com período de retorno de 20 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m ³ /s	%		m ³ /s	%
Junção-1	3.80	2.63%	Sub bacia-10	0.40	25.00%
Junção-2	403,52	0.00%	Sub bacia-11	1.30	30.77%
Junção-3	403,52	0.00%	Sub bacia-12	0.40	75.00%
Junção-4	403,52	0.00%	Sub bacia-13	0.70	57.14%
Junção-5	15.60	0.00%	Sub bacia-15	8.40	0.00%
Junção-6	16.90	0.59%	Sub bacia-16	14.30	0.00%
Junção-7	403,52	0.00%	Sub bacia-2	1.10	0.00%
Trecho-1	3.70	0.00%	Sub bacia-3	0.90	44.44%
Trecho-2	403,52	0.00%	Sub bacia-4	0.80	12.50%
Trecho-3	403,52	0.00%	Sub bacia-5	0.10	0.00%
Trecho-4	15.60	0.00%	Sub bacia-6	0.80	25.00%
Trecho-5	16.90	0.59%	Sub bacia-7	0.70	28.57%
Trecho-6	403,52	0.00%	Sub bacia-8	15.40	0.00%
Source-1	403,52	0.00%	Sub bacia-9	1.90	0.00%
Sub bacia-1	2.70	0.00%	-	-	-

Tabela 7-6: Vazões das Bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove para chuva com período de retorno de 25 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m ³ /s	%		m ³ /s	%
Junção-1	4.50	0.00%	Sub bacia-10	0.50	20.00%
Junção-2	424,36	0.00%	Sub bacia-11	1.50	33.33%
Junção-3	424,36	0.00%	Sub bacia-12	0.40	75.00%
Junção-4	424,36	0.00%	Sub bacia-13	0.80	62.50%
Junção-5	18.20	0.00%	Sub bacia-15	9.20	0.00%
Junção-6	19.70	0.51%	Sub bacia-16	17.40	0.00%
Junção-7	424,36	0.00%	Sub bacia-2	1.30	0.00%
Trecho-1	4.50	0.00%	Sub bacia-3	1.00	40.00%
Trecho-2	424,36	0.00%	Sub bacia-4	1.00	10.00%
Trecho-3	424,36	0.00%	Sub bacia-5	0.10	0.00%
Trecho-4	18.20	0.00%	Sub bacia-6	1.00	20.00%
Trecho-5	19.70	0.51%	Sub bacia-7	0.80	25.00%
Trecho-6	424,36	0.00%	Sub bacia-8	18.00	0.56%
Source-1	424,36	0.00%	Sub bacia-9	2.30	0.00%
Sub bacia-1	3.30	3.03%	-	-	-

Tabela 7-7: Vazões das Bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove para chuva com período de retorno de 30 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m ³ /s	%		m ³ /s	%
Junção-1	5.30	1.89%	Sub bacia-10	0.60	16.67%
Junção-2	441,32	0.00%	Sub bacia-11	1.70	29.41%
Junção-3	441,32	0.00%	Sub bacia-12	0.40	75.00%
Junção-4	441,32	0.00%	Sub bacia-13	0.80	50.00%
Junção-5	20.60	0.49%	Sub bacia-15	9.80	0.00%
Junção-6	22.20	0.90%	Sub bacia-16	20.30	0.00%
Junção-7	441,32	0.00%	Sub bacia-2	1.50	0.00%
Trecho-1	5.30	1.89%	Sub bacia-3	1.10	36.36%
Trecho-2	441,32	0.00%	Sub bacia-4	1.20	16.67%
Trecho-3	441,32	0.00%	Sub bacia-5	0.10	0.00%
Trecho-4	20.60	0.49%	Sub bacia-6	1.20	25.00%
Trecho-5	22.20	0.90%	Sub bacia-7	0.90	11.11%
Trecho-6	441,32	0.00%	Sub bacia-8	20.30	0.49%
Source-1	441,32	0.00%	Sub bacia-9	2.70	3.70%
Sub bacia-1	3.80	2.63%	-	-	-

Tabela 7-8: Vazões das Bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove para chuva com período de retorno de 50 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m ³ /s	%		m ³ /s	%
Junção-1	7.90	1.27%	Sub bacia-10	0.90	11.11%
Junção-2	488,56	0.00%	Sub bacia-11	2.40	25.00%
Junção-3	488,56	0.00%	Sub bacia-12	0.60	66.67%
Junção-4	488,56	0.00%	Sub bacia-13	1.10	45.45%
Junção-5	28.30	0.35%	Sub bacia-15	11.90	0.00%
Junção-6	30.30	0.33%	Sub bacia-16	29.70	0.00%
Junção-7	488,56	0.00%	Sub bacia-2	2.40	0.00%
Trecho-1	7.90	1.27%	Sub bacia-3	1.50	26.67%
Trecho-2	488,56	0.00%	Sub bacia-4	1.70	5.88%
Trecho-3	488,56	0.00%	Sub bacia-5	0.20	0.00%
Trecho-4	28.20	0.00%	Sub bacia-6	1.80	16.67%
Trecho-5	30.30	0.66%	Sub bacia-7	1.40	21.43%
Trecho-6	488,56	0.00%	Sub bacia-8	27.80	0.00%
Source-1	488,56	0.00%	Sub bacia-9	3.90	2.56%
Sub bacia-1	5.50	0.00%	-	-	-

Tabela 7-9: Vazões das Bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e do córrego do Nove para chuva com período de retorno de 100 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m ³ /s	%		m ³ /s	%
Junção-1	12.80	0.78%	Sub bacia-10	1.70	5.88%
Junção-2	552,29	0.00%	Sub bacia-11	3.40	17.65%
Junção-3	552,29	0.00%	Sub bacia-12	0.70	57.14%
Junção-4	552,29	0.00%	Sub bacia-13	1.60	37.50%
Junção-5	41.80	0.24%	Sub bacia-15	15.20	0.00%
Junção-6	44.60	0.45%	Sub bacia-16	46.80	0.00%
Junção-7	552,29	0.00%	Sub bacia-2	4.10	0.00%
Trecho-1	12.80	0.78%	Sub bacia-3	2.10	23.81%
Trecho-2	552,29	0.00%	Sub bacia-4	2.70	7.41%
Trecho-3	552,29	0.00%	Sub bacia-5	0.50	0.00%
Trecho-4	41.80	0.24%	Sub bacia-6	2.90	13.79%
Trecho-5	44.60	0.45%	Sub bacia-7	2.40	16.67%
Trecho-6	552,29	0.00%	Sub bacia-8	41.20	0.24%
Source-1	552,29	0.00%	Sub bacia-9	6.20	1.61%
Sub bacia-1	8.90	1.12%	-	-	-

Conforme informado anteriormente, os elementos Trecho 6, Trecho 2 e Trecho 3 representam os trechos do Rio Santa Maria da Vitória. O Trecho 1, por sua vez, corresponde ao trecho do córrego do Nove. Os Trechos 4 e 5 representam os trechos do Ribeirão Crubixá-Mirim. Por fim, a subbacia 16 representa a contribuição do Rio da Prata.

7.3.2 Modelagem hidráulica das bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e córrego do Nove no Cenário Futuro

Não foi realizada a análise das vazões futuras para a hidráulica do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e córrego do Nove, uma vez que, o crescimento urbano da sede municipal de Santa Leopoldina será insignificante para a vazão destes cursos d'água.

7.4 VAZÕES MÁXIMAS PARA AS SUBBACIAS

As sub bacias urbanas e periurbanas de Santa Leopoldina foram modeladas objetivando o dimensionamento das estruturas de drenagem das águas da mesma. A intensidade da chuva de projeto foi obtida para um período de retorno de 10 anos e com duração igual a três ou quatro vezes o tempo de concentração das mesmas, com hietograma definido a partir do método dos blocos alternados, conforme metodologia descrita nos itens **6.2**, **6.3** e **6.5.2**.

A **Figura 7-7** apresenta o resultado da modelagem da sub bacia 15 e a **Figura 7-8** apresenta o resultado do escoamento superficial no córrego do Nove, enquanto a **Tabela 7-10** mostra o pico de vazões que as estruturas de drenagem a serem dimensionadas deverão suportar.

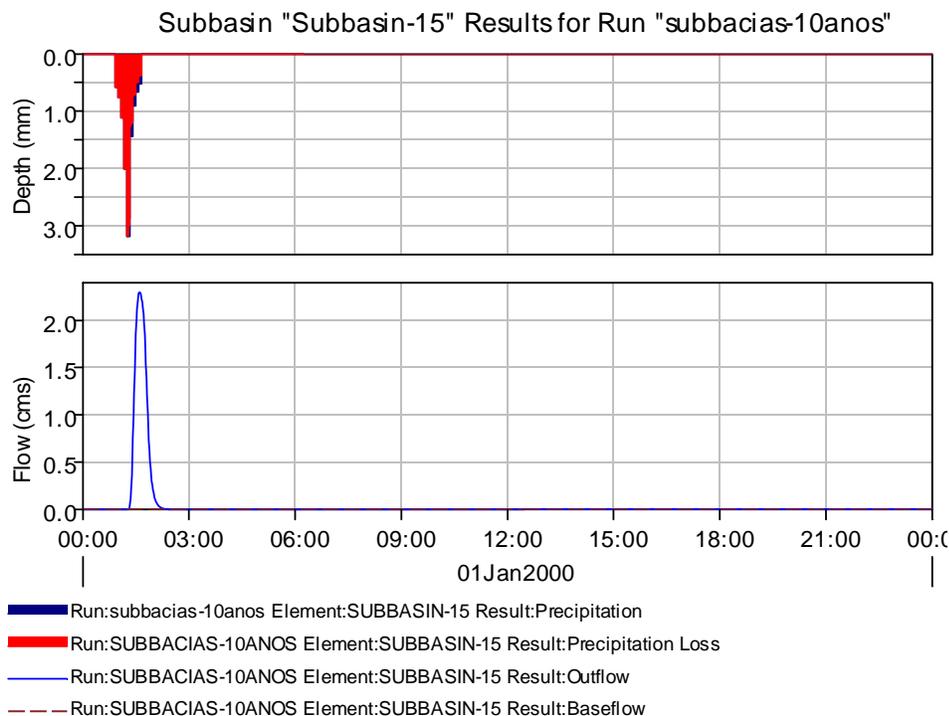


Figura 7-7: Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 15 para chuva com tempo de recorrência de 10 anos.

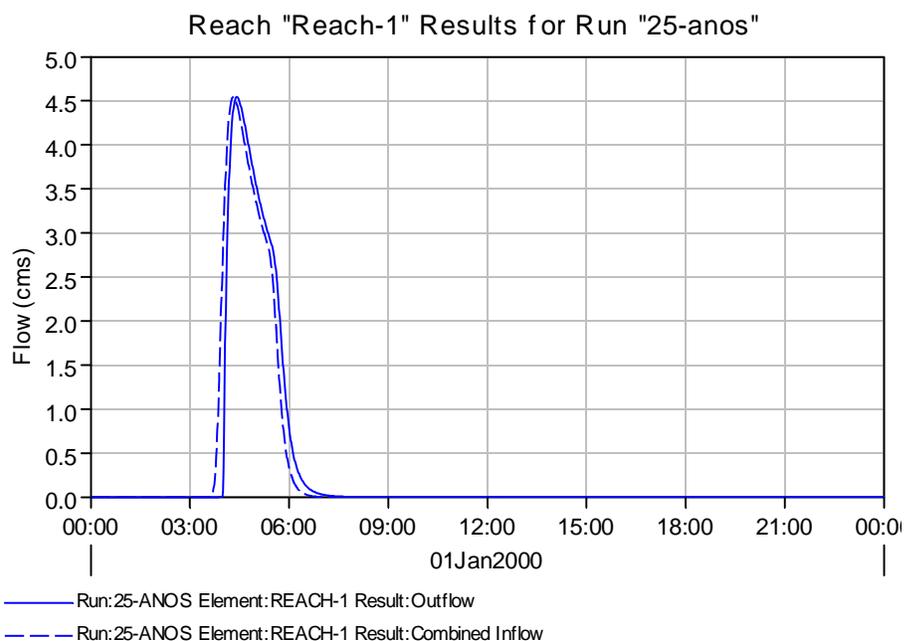


Figura 7-8: Hidrograma e escoamento superficial córrego do Nove para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.

Tabela 7-10: Pico de vazão da sub bacia 15 e do córrego do Nove, na sede municipal de Santa Leopoldina.

Sub bacia	Pico de vazão (m ³ /s)	Recorrência
15	2,3	10 anos
Córrego do Nove	4,5	25 anos

Estas vazões deverão ser observadas para o dimensionamento de estruturas de drenagem a serem recomendadas em documento a ser apresentado em seguida ao presente relatório.

7.5 CENÁRIOS ALTERNATIVOS

Para a resolução dos problemas de cheias nas bacias do Rio Santa Maria da Vitória, Ribeirão Crubixá-Mirim e córrego do Nove, foram simulados três cenários alternativos com a implementação de ações estruturais descritas em seguida, as quais são constituídas de reservatórios, canais de gabião e dragagem.

7.5.1 Cenário 1

Este cenário é caracterizado pela implantação de um Programa de Prevenção de Cheias dos Reservatórios de Suíça e de Rio Bonito.

O Programa de Prevenção de Cheias terá como objetivo otimizar o uso dos reservatórios existentes na bacia hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória, aproveitando a infraestrutura para o melhor gerenciamento de recursos hídricos.

Será instrumento do Programa de Prevenção de Cheias o Plano Anual de Prevenção de Cheias, que deverá ser elaborado por equipe especializada em hidrologia, climatologia e operação de barragens. Este deverá estudar a situação climática e do regime hídrico do ano corrente, traçando diretrizes e normas de operação para o ano hidrológico.

Para verificar a viabilidade deste cenário, foi calculado o Volume de Espera com base nos dados medidos na estação fluviométrica do Córrego do Galo (57170000), localizada no Rio Jucu Braço Norte. A estação fluviométrica do Córrego do Galo foi escolhida para esta análise pelos seguintes motivos:

- não há influência de reservatórios a montante do seu ponto de medição;
- área de drenagem do ponto monitorado no Rio Jucu Braço Norte é muito próximo da área de drenagem do Rio Santa Maria da Vitória na sede municipal de Santa Leopoldina;
- as bacias hidrográficas do Rio Santa Maria da Vitória e do Rio Jucu estão na mesma região hidrológica;
- dados de alta qualidade, que vem sendo utilizados para diversas pesquisas e estudos desenvolvidos na bacia do Rio Santa Maria da Vitória.

Os dados de vazão média diária da estação fluviométrica Córrego do Galo foram obtidos através do sistema Hidroweb da Agência Nacional de Águas – ANA. A **Tabela 7-11** apresenta as características da estação fluviométrica córrego do Galo. Como a bacia de drenagem da estação fluviométrica Córrego do Galo tem área de 980 Km² e a sede municipal de Santa Leopoldina tem 1020 Km² foi realizado uma operação de relação de área em toda a série de dados, compensando assim as diferenças de área entre a fonte de dados e o local de estudo.

Tabela 7-11: Características da estação fluviométrica córrego do Galo.

Característica	Informação
Código	57170000
Nome	Córrego do Galo
Rio	Rio Jucu Braço Norte
Latitude	-20:18:59
Longitude	-40:39:6
Altitude (m)	580
Área de Drenagem (Km2)	980
Período de dados	1969-dias atuais

Em seguida, foi calculado os volumes diários de água a partir da vazão média diária, conforme apresentado na fórmula a seguir:

$$V_{dia} = Q_{dia} \times 86400$$

Equação 28

Onde:

V_{dia} = volume de água que passou pelo local de estudo em 24h;

Q_{dia} = vazão média diária em m³/s.

Após o cálculo do volume diário, definiu-se qual a vazão e seu respectivo volume diário a calha do Rio Santa Maria da Vitória suporta em seu cenário atual. Este valor foi obtido com base nas modelagens hidráulicas discutidas no **item 6.5.4** do presente relatório e seu valor foi definido para 100 m³/s. Desta forma, o volume diário que a calha do Rio Santa Maria da Vitória em Santa Leopoldina suporta será 8.640.000 m³.

Conhecendo o volume diário que a calha do Rio Santa Maria da Vitória, em Santa Leopoldina, suporta e os volumes diários de água produzidos pela bacia de drenagem a montante do local de estudo foi possível calcular os Volumes Excedentes Diários através de subtração do Volume Diário produzido pela área de drenagem pelo Volume que a calha do Rio Santa Maria da Vitória em Santa Leopoldina suporta.

Se caso ocorressem Volumes Excedentes Diários seguidos, estes foram somados de modo a acumular o Volume Total do Evento Pluviométrico. Após o término do evento pluviométrico, restringiu-se a saída do volume acumulado anteriormente, tendo como limite a vazão máxima determinada para a calha do Rio Santa Maria em Santa Leopoldina, de modo que caso ocorressem eventos pluviométricos após alguns dias, os volumes provenientes de chuvas anteriores e que não puderam ser liberados do reservatórios ainda, voltem a ser contabilizados nos volumes acumulados do novo evento pluviométrico.

Após os cálculo dos Volumes Excedentes Diários Acumulados, identificou-se os volumes máximos ocorridos em cada ano, conforme apresentado na **Tabela 7-12**.

Tabela 7-12: Volumes máximos excedentes acumulados em cada ano no cenário 1.

Ano	Volume (m³)	Ano	Volume (m³)
1970	0.00	1992	0.00
1971	0.00	1993	0.00
1972	0.00	1994	0.00
1973	2.690.742,86	1995	0.00
1974	0.00	1996	0.00
1975	0.00	1997	0.00
1976	0.00	1998	0.00
1977	0.00	1999	0.00
1978	0.00	2000	0.00
1979	11.115.624,49	2001	0.00
1980	1.161.991,84	2002	0.00
1981	0.00	2003	0.00
1982	0.00	2004	0.00
1983	0.00	2005	0.00
1984	0.00	2006	0.00
1985	0.00	2007	0.00
1986	0.00	2008	0.00
1987	0.00	2009	2.821.739,12
1988	0.00	2010	0.00
1989	0.00	2011	6.393.659,92
1990	0.00	2012	0.00
1991	0.00	-	-

Com base nos dados anuais obtidos, aplicou-se o modelo estatístico de Gumbel para obter o tempo de recorrência dos volumes excedentes acumulados, conforme apresentado na **Tabela 7-13**.

Tabela 7-13: Período de retorno dos volumes excedentes acumulados no cenário 1.

Período de retorno (anos)	Volumes Excedentes Acumulado (m ³)
2	247.177,12
5	2.175.519,13
10	3.452.249,33
25	5.065.401,32
50	6.262.129,62
75	6.957.713,74
100	7.450.021,47

Desta forma, considerando que os projetos estruturais desenvolvidos neste PDAP assume-se vazão de projeto com período de recorrência de 25 anos, adotou-se o Volume Excedente Acumulado com recorrência de 25 anos para ser proposto como Volume de Espera dos reservatórios de Suíça e de Rio Bonito, sendo o valor de 5.065.401,32 m³, que corresponde a 28% do volume total do Reservatório de Rio Bonito.

É importante que Plano Anual de Prevenção de Cheias a ser desenvolvido pela EDP (operadora dos reservatórios supracitados) detalhe os Volumes de Espera em cada um dos reservatórios de modo a reduzir ao mínimo o custo de operação e os riscos de geração de energia.

O **ANEXO III** apresenta o mapa de soluções propostas para o Cenário 1.

O Cenário 1 não possui custo estimado, já que o custo da operação do Programa de Prevenção de Cheias será da operadora responsável pelos Reservatórios de Suíça e de Rio Bonito.

7.5.2 Cenário 2

No Cenário 2 foi planejado com a construção de um canal de gabião, sendo um trecho com 1,6 Km de extensão e seção hidráulica de 30 x 5 m. Também foi planejado a execução de uma escavação da margem esquerda do Rio Santa Maria da Vitória após a afluência do córrego do Nove em um trecho de 1 Km, enquanto na margem direita ainda haverá a implantação do muro de gabião.

Ainda foi planejada a remoção das rochas localizadas na OAE da ES-264, a fim de adequar a seção hidráulica neste trecho e evitar inundações no Bairro Funil.

Por fim, foram planejadas três estações com comporta Stop-Log e estação de bombeamento para drenar as bacias do Ribeirão Crubixá-Mirim, córrego do Nove e a pequena bacia onde está localizado o CRAS da Santa Leopoldina.

O **ANEXO IV** apresenta o mapa de soluções propostas para o Cenário 2.

O valor estimado para o cenário 2 foi de **R\$ 19.985.000,00**.

7.5.3 Cenário 3

No cenário 3 foi planejado a dragagem do Rio Santa Maria da Vitória de 33.000 m³. Com a dragagem foi possível aumentar a capacidade de transporte da calha do Rio Santa Maria da Vitória para 140 m³/s. Este valor foi aplicado no modelo discutido no Cenário 1 a fim de obter os valores de Volume Excedente Acumulado para o Cenário 3.

A **Tabela 7-14** apresenta os volumes máximos excedentes acumulados em cada ano para o Cenário 3. A **Tabela 7-15** apresenta os períodos de retorno dos volumes excedentes acumulados no cenário 3.

Desta forma, considerando que os projetos estruturais desenvolvidos neste PDAP assume-se vazão de projeto com período de recorrência de 25 anos, adotou-se o Volume Excedente Acumulado com recorrência de 25 anos para ser proposto como Volume de Espera dos reservatórios de Suíça e de Rio Bonito, sendo o valor de 1.334.884,30 m³, que corresponde a 7% do volume total do Reservatório de Rio Bonito.

É importante que Plano Anual de Prevenção de Cheias a ser desenvolvido pela EDP (operadora dos reservatórios supracitados) detalhe os Volumes de Espera em cada um dos reservatórios de modo a reduzir ao mínimo o custo de operação e os riscos de geração de energia.

Tabela 7-14: Volumes máximos excedentes acumulados em cada ano no cenário 3.

Ano	Volume (m³)	Ano	Volume (m³)
1970	0.00	1992	0.00
1971	0.00	1993	0.00
1972	0.00	1994	0.00
1973	98742.86	1995	0.00
1974	0.00	1996	0.00
1975	0.00	1997	0.00
1976	0.00	1998	0.00
1977	0.00	1999	0.00
1978	0.00	2000	0.00
1979	1906089.80	2001	0.00
1980	0.00	2002	0.00
1981	0.00	2003	0.00
1982	0.00	2004	0.00
1983	0.00	2005	0.00
1984	0.00	2006	0.00
1985	0.00	2007	0.00
1986	0.00	2008	0.00
1987	0.00	2009	229739.12
1988	0.00	2010	0.00
1989	0.00	2011	3014556.00
1990	0.00	2012	0.00
1991	0.00	-	-

Tabela 7-15: Período de retorno dos volumes excedentes acumulados no cenário 3.

Período de retorno (anos)	Volumes Excedentes Acumulado (m ³)
2	37.168,74
5	556.538,39
10	900.406,29
25	1.334.884,30
50	1.657.204,90
75	1.884.549,92
100	1.977.145,53

O **ANEXO V** apresenta o mapa de soluções propostas para o Cenário 3.

O valor estimado para o cenário 3 foi de **R\$ 900.000,00** para a execução da obra de dragagem. Os custos de operação dos reservatórios no âmbito do Programa de Prevenção de Cheias serão de responsabilidade da EDP.

8 CONCLUSÕES

Como resultado deste trabalho, conclui-se que:

- As cheias do rio Santa Maria da Vitória, ribeirão Crubixá-Mirim e córrego do Nove são frequentes e os problemas oriundos das mesmas vêm se agravando devido ao avanço da população para as proximidades de suas margens;
- Os problemas de macrodrenagem do município de Santa Leopoldina podem se resumir em: a) presença de trechos com baixa declividade, quando comparado com a declividade média do curso d'água na bacia hidrográfica; b) presença de trechos dos cursos d'água com rocha que serve de anteparo para o escoamento; c) ocupação das margens dos cursos d'água por edificações, reduzindo a seção de escoamento; d) sub dimensionamento de estruturas hidráulicas, como pontes e bueiros;
- Observou-se, a partir da modelagem hidráulica, que 150 domicílios estão na área de risco classificada como muito alto (inundação com 5 anos de recorrência);
- Observou-se, ainda, que 245 domicílios são inundados com vazões de 25 anos de recorrência (vazão de projeto);
- A população de Santa Leopoldina tem apresentado crescimento populacional que tende a levar sua população dos atuais 12.240 habitantes (censo de 2010) para 13.417 habitantes em 2030 (com 8,77% de crescimento) e 14.594 (com 16,13% de crescimento) habitantes em 2050. Este crescimento resultará em uma mudança pouco significativa no uso do solo, restringindo-se, principalmente à zona urbana.
- Para a solução dos problemas de inundação do município de Santa Leopoldina foram propostos três cenários alternativos.
- O Cenário 1 é caracterizado pela implantação de um Programa de Prevenção de Cheias para os Reservatórios de Suíça e de Rio Bonito, de modo a apropriar um Volume de Espera para o amortecimento de ondas de cheia do Rio Santa Maria da Vitória;

- O Cenário 2 é caracterizado, pela implantação de canais de gabião e de terra, além da substituição de uma ponte e a implantação de três estações de bombeamento com comportas Stop-Log e seu custo está estimado em **R\$ 19.985.000,00**.
- O Cenário 3 é caracterizado, pela dragagem e pela implementação do Programa de Prevenção de Cheias nos Reservatórios de Suíça e de Rio Bonito e seu custo está estimado em **R\$ 900.000,00**.

9 REFERÊNCIAS

ASSIS, F. N. de; ARRUDA, H. V. de; PEREIRA, R. P. **Aplicações de estatística à climatologia – teoria e prática**. Pelotas: Editora Universitária, 1996. 161p.

CHOW, V. T. **Open Channel Hydraulics**. McGraw-Hill Book Company, NY. 1959.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. **Applied Hydrology**. McGraw-Hill International Student Edition, Singapura, 1988.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Precipitação**. In: **Introduzindo Hidrologia**. Universidade Federal do Rio Grande Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/43435101/Apostila-Hidrologia>>. Acesso em: 24 jul. 2012.

EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Classificação de solo*. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

FELÍCIO, L. C. **Modelagem da dinâmica de sistemas e estudo da resposta**. São Paulo: Rima, 2007.

FORD, A. **Modelling the environment: an introduction to systems dynamics models of environmental systems**. Washington: Island Press, 1999.

GEORGE, M. e SCHENSUL, D. (Eds) **The demography of adaptation to climate change**. New York, London, and Mexico City: UNFPA, IIED and El Colegio de Mexico. 2013.

HAAN, C. T. **Statistical methods in hydrology**. Ames, USA: ISUP. 1977. 378p.

HEMA. **Ortofotomosaico do Estado do Espírito Santo**. Escala 1:15.000. 2007/2008.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. **Demografia e urbanização**. Vitória, ES. 2011.

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Plano Diretor de Drenagem Urbana Manual de Drenagem Urbana** - Volume VI. Porto Alegre, 2005.

KIBLER, D.F. **Urban stormwater hydrology**. Washington, D.C., AGU, 1982.

KITE, G. W. **Frequency and risk analyses in hydrology**. Fort Collins, Colorado: Water Resources Publications.1978. 224p.

MARINHA DO BRASIL. **Carta Náutica 1402: do pontal de Regência à ponta de Ubu**. Diretoria de Hidrografia e Navegação. 2012.

MOCKUS, V. **Estimation of total (and peak rates of) surface runoff for individual storms**. Exhibit A no Apêndice B, Interim Survey Report (Neosho) River Watershed USDA. 1949.

MUSGRAVE, G.W. **How much of the rain enters the Soil?** In: Yearbook of Agriculture 1955, Water. USDA: Washington DC. 1955.

NAGHETTINI, M. **Engenharia de recursos hídricos**. Belo Horizonte: UFMG, 1999.

PAÇO, N. M. S. **Estabelecimento de Hidrogramas Unitários. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil**. Instituto Superior Técnico,

Universidade Técnica de Lisboa. 2008. Disponível em: <https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/232943/1/Tese_final.pdf> Acesso em: 20 de fev. de 2011.

Placer County Flood Control And Water Conservation District Stormwater Management Manual. Auburn, CA. 1990.

RADAMBRASIL. Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória; **Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: MME/SG/Projeto RADAMBRASIL.** 1983.

SCS-USDA. **Urban hydrology for small watersheds.** TR-55. 1986.164 p.

SILVEIRA, A. L. L. **Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, n. 10, 2005.

SOPRANI, M. A. S; REIS, J. A, T. **Proposição de equações de intensidade-duração-frequência de precipitações para a bacia do rio Benevente, ES.** Revista Capixaba de Ciência e Tecnologia n.2, p. 18-25, 1. Sem. 2007.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos.** Porto Alegre: Editora da Universidade / UFRGS / Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 669p. 1998.

TUCCI, C. E. M. **Workshop for decision makers on flood in South America (Nov 2002: Porto Alegre, RS.** Porto Alegre. 2003.

Us Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center. Hydrologic Modeling System - **HEC-HMS Technical Reference Manual.** 2000.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS. **Hydrologic Engineering Center (HEC).** HEC-RAS, River Analysis System: Hydraulic Reference Manual Version 4.1. January 2010.

WINKLER, A. S., TEIXEIRA, C. F. A., DAMÉ, R. C. F., WINKE, L. O. L. **Estimativa do tempo de concentração de uma bacia hidrográfica: comparação entre metodologias. XCIII CIC – Congresso de Iniciação Científica, do XI ENPOS.** I Mostra Científica, Universidade Federal de Pelotas, Brasil. Disponível em:<
http://www.ufpel.edu.br/cic/2009/cd/pdf/EN/EN_00388.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2012.

WOODWARD, D.E.; HAWKINS, R. H.; HJELMFELT JR., A.T.; VAN MULLEM, J. A.; QUAN, Q. D. **Curve number method: origins, applications and limitations.** ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/NWMC/CN_info/Woodward_paper.doc. Acessado em 15/06/2013. YARNELL, D. L. Bridge Piers as Channel Obstructions. Technical Bulletin 442, U. S. Department of Agriculture, Washington D.C. 1934.

10 EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Kleber Pereira Machado
Formação	Eng ^o Civil, Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental
Empresa	AVANTEC Engenharia Ltda.
Registro no Conselho de Classe	CREA-ES 7.839/D
Responsável pela(s) seção(ões)	Coordenação Geral, Orçamento
Assinatura	

Profissional	Marco Aurélio Costa Caiado
Formação	Eng ^o Agrônomo, Ph.D. em Engenharia de Biosistemas
Empresa	CTE/AVANTEC Engenharia Ltda.
Registro no Conselho de Classe	CREA-ES 3.757/D
Responsável pela(s) seção(ões)	Diagnóstico das Bacias, Proposição de Cenários, Coordenação Técnica
Assinatura	

Profissional	Fillipe Tesch
Formação	Tecnólogo em Saneamento Ambiental, Mestrando em Eng. Ambiental
Empresa	AVANTEC Engenharia Ltda.
Registro no Conselho de Classe	CREA-ES 24.763/D
Responsável pela(s) seção(ões)	Modelagem Hidrológica e Hidráulica, Diagnóstico das Bacias, Proposição de Cenários e Coordenação Operacional
Assinatura	

Profissional	Felippe Zucolotto Pereira
Formação	Tecnólogo em Saneamento Ambiental
Empresa	AVANTEC Engenharia Ltda.
Registro no Conselho de Classe	CREA-ES 32.790/D
Responsável pela(s) seção(ões)	Modelagem Hidráulica e Geoprocessamento
Assinatura	

Profissional	Fernanda Ferreira
Formação	Arquiteta e Urbanista
Empresa	Zemlya Consultoria e Serviços
Registro no Conselho de Classe	CAU A56232-7
Responsável pela(s) seção(ões)	Caracterização do contexto institucional, projeção do cenário futuro.
Assinatura	

Apoio Técnico	
Tainah Christina de Souza	Acadêmica do curso de Eng. Sanitária e Ambiental
Marcela Lopes Barros	Acadêmica do curso de Eng. Sanitária e Ambiental

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I-a: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Santa Leopoldina-ES no cenário atual (Carta 248).



Projeção: Universal Transversa Mercator.
Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

Suscetibilidade à inundação associada ao tempo de retorno (Área molhada)

- 5 anos (30 ha)
- 10 anos (35 ha)
- 20 anos (39 ha)
- 25 anos (40 ha)
- 30 anos (41 ha)
- 50 anos (44 ha)
- 100 anos (46 ha)

Suscetibilidade à inundação associada ao tempo de retorno (Domicílios Atingidos)

- 5 anos (150 domicílios)
- 25 anos (245 domicílios)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	24/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

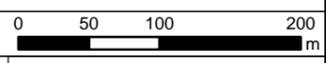
Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa de Suscetibilidade à Inundação para a Área Urbana do Município de Santa Leopoldina - ES
Cenário Atual

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração:
Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia Sanitária e Ambiental

Escala: 1:5.000



Carta: 248 **Local:** Santa Leopoldina - ES

Papel: A3 **Nº:** Anexo I - a

Contratante: Consórcio:



ANEXO I-b: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Santa Leopoldina-ES no cenário atual (Carta 249).

339200 000000 339600 000000 340000 000000 340400 000000 340800 000000



Projeção: Universal Transversa Mercator.
Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

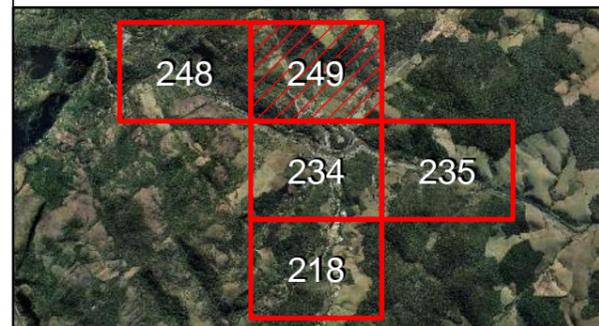
Suscetibilidade à inundação associada ao tempo de retorno (Área molhada)

	5 anos (30 ha)		30 anos (41 ha)
	10 anos (35 ha)		50 anos (44 ha)
	20 anos (39 ha)		100 anos (46 ha)
	25 anos (40 ha)		

Suscetibilidade à inundação associada ao tempo de retorno (Domicílios Atingidos)

5 anos (150 domicílios)
25 anos (245 domicílios)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

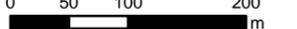
Ø	Emissão original	24/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa de Suscetibilidade à Inundação para a Área Urbana do Município de Santa Leopoldina - ES
Cenário Atual

Responsável técnico: Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração: Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia Sanitária e Ambiental

Escala: 1:6.000 

Carta: 249 Local: Santa Leopoldina - ES

Papel: A3 Nº: Anexo I - b

Contratante: Consórcio:



339200 000000 339600 000000 340000 000000 340400 000000 340800 000000

7778400 000000
7778000 000000
7777600 000000
7777200 000000

7778400 000000
7778000 000000
7777600 000000
7777200 000000

ANEXO I-c: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Santa Leopoldina-ES no cenário atual (Carta 234).



Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

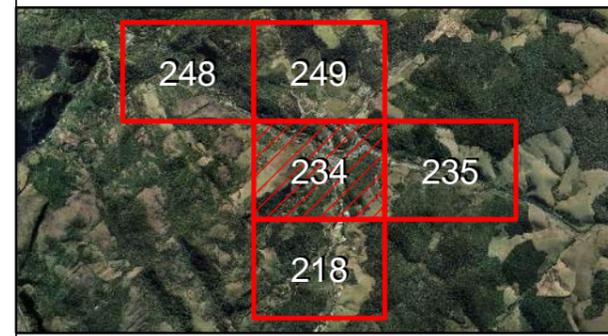
Suscetibilidade à inundação associada ao tempo de retorno (Área molhada)

5 anos (30 ha)	30 anos (41 ha)
10 anos (35 ha)	50 anos (44 ha)
20 anos (39 ha)	100 anos (46 ha)
25 anos (40 ha)	

Suscetibilidade à inundação associada ao tempo de retorno (Domicílios Atingidos)

5 anos (150 domicílios)
 25 anos (245 domicílios)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	24/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
 Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
 Diagnóstico

Título:
 Mapa de Suscetibilidade à Inundação para a Área Urbana do Município de Santa Leopoldina - ES
 Cenário Atual

Responsável técnico:
 Marco Aurélio C. Caiado
 Eng. Agrônomo, Ph. D.
 CREA - ES 3757 D

Elaboração:
 Tainah Christina Teixeira de Souza
 Estagiária em Engenharia Sanitária e Ambiental

Escala: 1:6.000 m

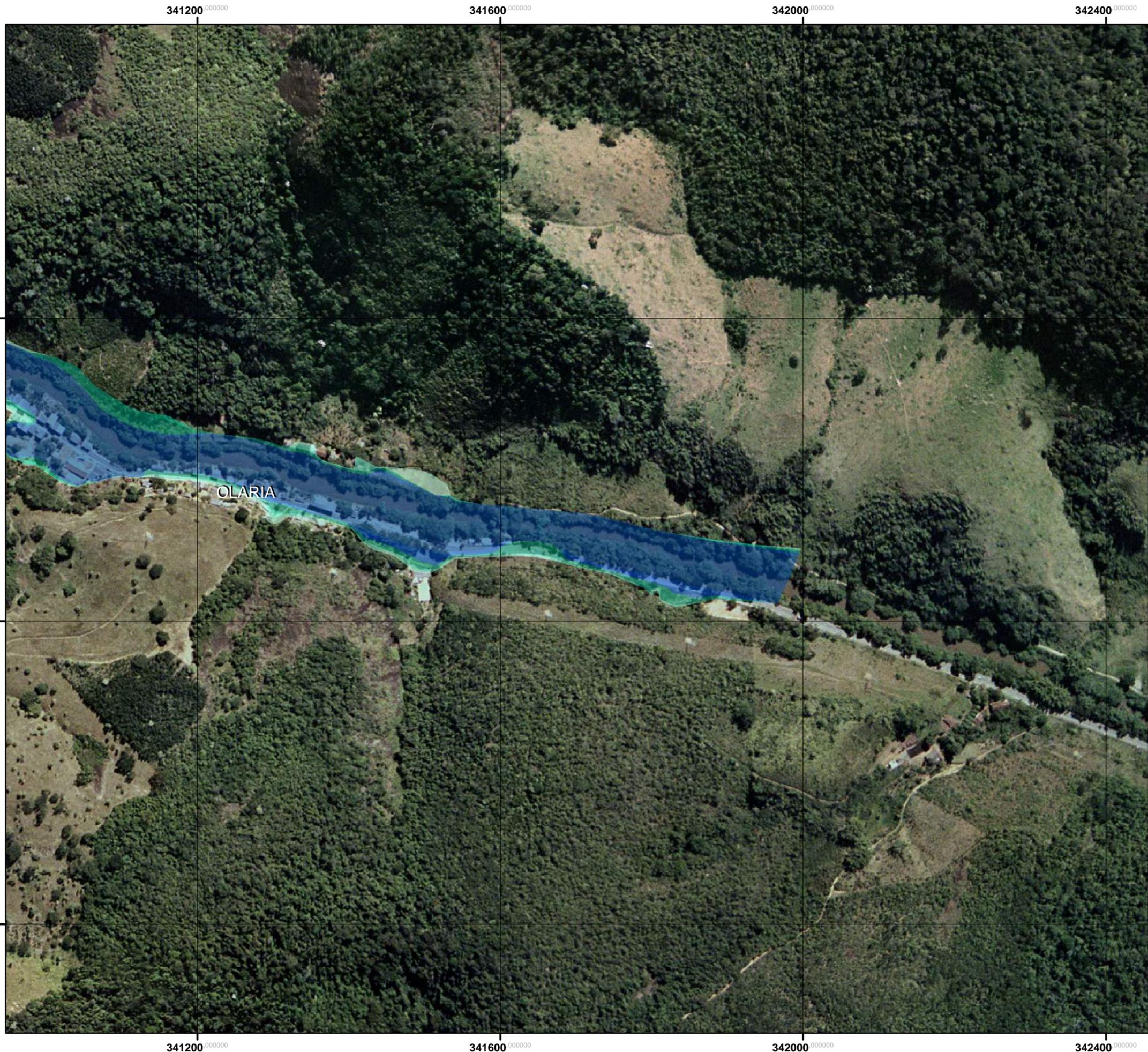
Carta: 234 **Local:** Santa Leopoldina - ES

Papel: A3 **Nº:** Anexo I - c

Contratante: **Consórcio:**



ANEXO I-d: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Santa Leopoldina-ES no cenário atual (Carta 235).



Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

Suscetibilidade à inundação associada ao tempo de retorno (Área molhada)

5 anos (30 ha)	30 anos (41 ha)
10 anos (35 ha)	50 anos (44 ha)
20 anos (39 ha)	100 anos (46 ha)
25 anos (40 ha)	

Suscetibilidade à inundação associada ao tempo de retorno (Domicílios Atingidos)

5 anos (150 domicílios)
 25 anos (200 domicílios)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	24/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
 Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
 Diagnóstico

Título:
 Mapa de Suscetibilidade à Inundação para a Área Urbana do Município de Santa Leopoldina - ES
 Cenário Atual

Responsável técnico:
 Marco Aurélio C. Caiado
 Eng. Agrônomo, Ph. D.
 CREA - ES 3757 D

Elaboração:
 Tainah Christina Teixeira de Souza
 Estagiária em Engenharia Sanitária e Ambiental

Escala: 1:5.000

Carta: 235 **Local:** Santa Leopoldina - ES

Papel: A3 **Nº:** Anexo I - d

Contratante: Consórcio:



ANEXO I-e: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Santa Leopoldina-ES no cenário atual (Carta 218).

339600 000000

340000 000000

340400 000000

340800 000000



Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

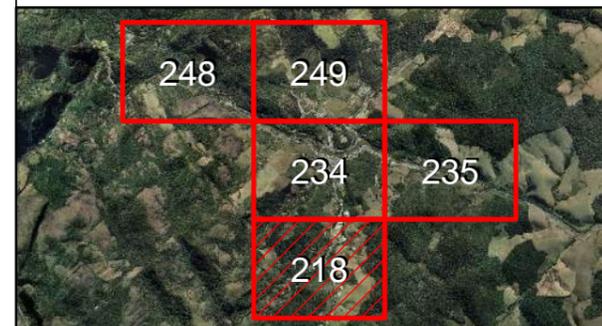
Suscetibilidade à inundação associada ao tempo de retorno (Área molhada)

5 anos (30 ha)	30 anos (41 ha)
10 anos (35 ha)	50 anos (44 ha)
20 anos (39 ha)	100 anos (46 ha)
25 anos (40 ha)	

Suscetibilidade à inundação associada ao tempo de retorno (Domicílios Atingidos)

5 anos (150 domicílios)
 25 anos (200 domicílios)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	24/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
 Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
 Diagnóstico

Título:
 Mapa de Suscetibilidade à Inundação para a Área Urbana do Município de Santa Leopoldina - ES
 Cenário Atual

Responsável técnico:
 Marco Aurélio C. Caiado
 Eng. Agrônomo, Ph. D.
 CREA - ES 3757 D

Elaboração:
 Tainah Christina Teixeira de Souza
 Estagiária em Engenharia Sanitária e Ambiental

Escala: 1:5.000

Carta: 218 **Local:** Santa Leopoldina - ES

Papel: A3 **Nº:** Anexo I - e

Contratante: Consórcio:



7775600 000000

7775200 000000

7774800 000000

339600 000000

340000 000000

340400 000000

340800 000000

7775600 000000

7775200 000000

7774800 000000

ANEXO II-a: Mapa de Risco de Inundação para o município de Santa Leopoldina-ES no cenário atual (Carta 248).



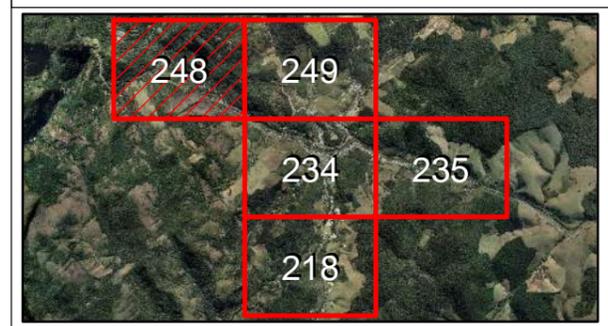
Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

Classes de Risco de Inundação

- Risco 1: Baixo (tempo de retorno >30 anos e =100 anos)
- Risco 2: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos)
- Risco 3: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)
- Risco 4: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

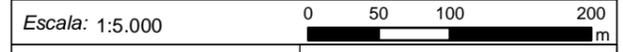
REV	EMISSÃO	DATA
0	Emissão original	17/02/2014
1	DESCRIBÇÃO	

Projeto:
 Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
 Diagnóstico

Título:
 Mapa de Risco à Inundação para a Área Urbana do Município de Santa Leopoldina - ES
 Cenário Atual

Responsável técnico:
 Marco Aurélio C. Caiado
 Eng. Agrônomo, Ph. D.
 CREA - ES 3757 D

Elaboração:
 Tainah Christina Teixeira de Souza
 Estagiária em Engenharia Sanitária e Ambiental



Carta: 248 **Local:** Santa Leopoldina - ES

Papel: A3 **Nº:** Anexo II - a

Contratante: **Consórcio:**



ANEXO II-b: Mapa de Risco de Inundação para o município de Santa Leopoldina-ES no cenário atual (Carta 249).



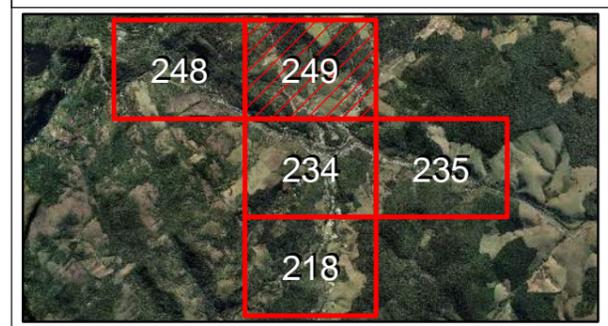
Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

Classes de Risco de Inundação

- Risco 1: Baixo (tempo de retorno >30 anos e =100 anos)
- Risco 2: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos)
- Risco 3: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)
- Risco 4: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

REV	DESCRIÇÃO	DATA
0	Emissão original	17/02/2014

Projeto:
 Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
 Diagnóstico

Título:
 Mapa de Risco à Inundação para a Área Urbana do Município de Santa Leopoldina - ES
 Cenário Atual

Responsável técnico:
 Marco Aurélio C. Caiado
 Eng. Agrônomo, Ph. D.
 CREA - ES 3757 D

Elaboração:
 Tainah Christina Teixeira de Souza
 Estagiária em Engenharia Sanitária e Ambiental

Escala: 1:5,000 0 50 100 200 m

Carta: 249 Local: Santa Leopoldina - ES

Papel: A3 Nº: Anexo II - b

Contratante: Consórcio:



ANEXO II-c: Mapa de Risco de Inundação para o município de Santa Leopoldina-ES no cenário atual (Carta 234).



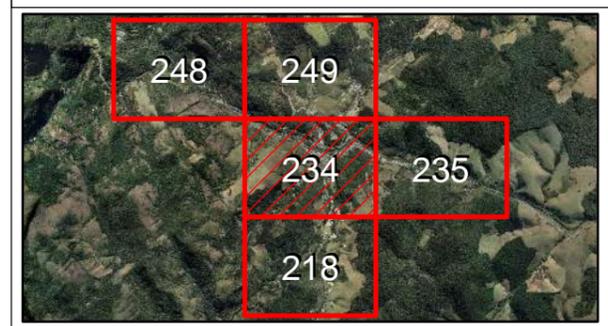
Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

Classes de Risco de Inundação

- Risco 1: Baixo (tempo de retorno >30 anos e =100 anos)
- Risco 2: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos)
- Risco 3: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)
- Risco 4: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)

Índice Espacial



Documentação e Referências
 IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

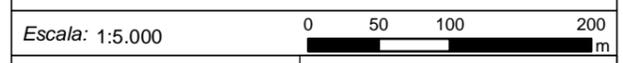
REV	EMISSÃO ORIGINAL	DATA
∅	Emissão original	17/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
 Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
 Diagnóstico

Título:
 Mapa de Risco à Inundação para a Área Urbana do Município de Santa Leopoldina - ES
 Cenário Atual

Responsável técnico: Marco Aurélio C. Caiado
 Eng. Agrônomo, Ph. D.
 CREA - ES 3757 D

Elaboração: Tainah Christina Teixeira de Souza
 Estagiária em Engenharia Sanitária e Ambiental



Carta: 234 Local: Santa Leopoldina - ES

Papel: A3 Nº: Anexo II - c

Contratante: Consórcio:



ANEXO II-d: Mapa de Risco de Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 235).



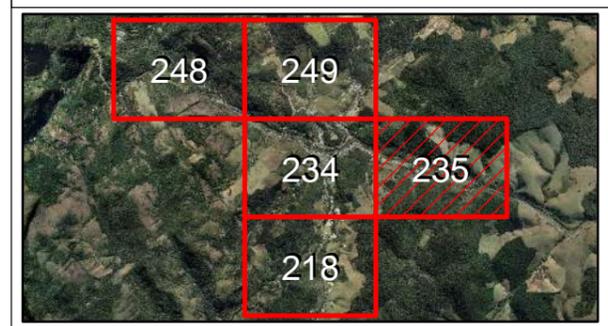
Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

Classes de Risco de Inundação

- Risco 1: Baixo (tempo de retorno >30 anos e =100 anos)
- Risco 2: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos)
- Risco 3: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)
- Risco 4: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	17/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
 Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
 Diagnóstico

Título:
 Mapa de Risco à Inundação para a Área Urbana do Município de Santa Leopoldina - ES
 Cenário Atual

Responsável técnico: Marco Aurélio C. Caiado
 Eng. Agrônomo, Ph. D.
 CREA - ES 3757 D

Elaboração: Tainah Christina Teixeira de Souza
 Estagiária em Engenharia Sanitária e Ambiental

Escala: 1:5.000 0 50 100 200 m

Carta: 235 Local: Santa Leopoldina - ES

Papel: A3 Nº: Anexo II - d

Contratante: Consórcio:



ANEXO II-e: Mapa de Risco de Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 218).



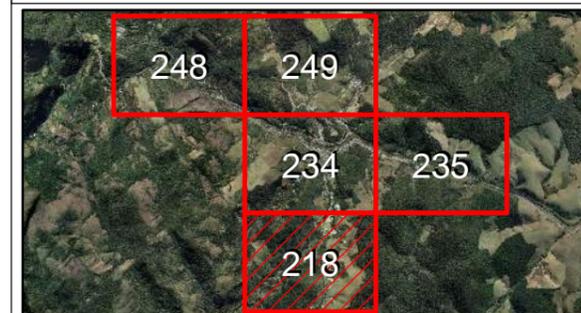
Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

Classes de Risco de Inundação

- Risco 1: Baixo (tempo de retorno >30 anos e =100 anos)
- Risco 2: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos)
- Risco 3: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)
- Risco 4: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

REV	EMISSÃO	DATA
0	Emissão original	17/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
 Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
 Diagnóstico

Título:
 Mapa de Risco à Inundação para a Área
 Urbana do Município de Santa Leopoldina - ES
 Cenário Atual

Responsável técnico: Marco Aurélio C. Caiado
 Eng. Agrônomo, Ph. D.
 CREA - ES 3757 D

Elaboração: Tainah Christina Teixeira de Souza
 Estagiária em Engenharia
 Sanitária e Ambiental

Escala: 1:5.000 0 50 100 200 m

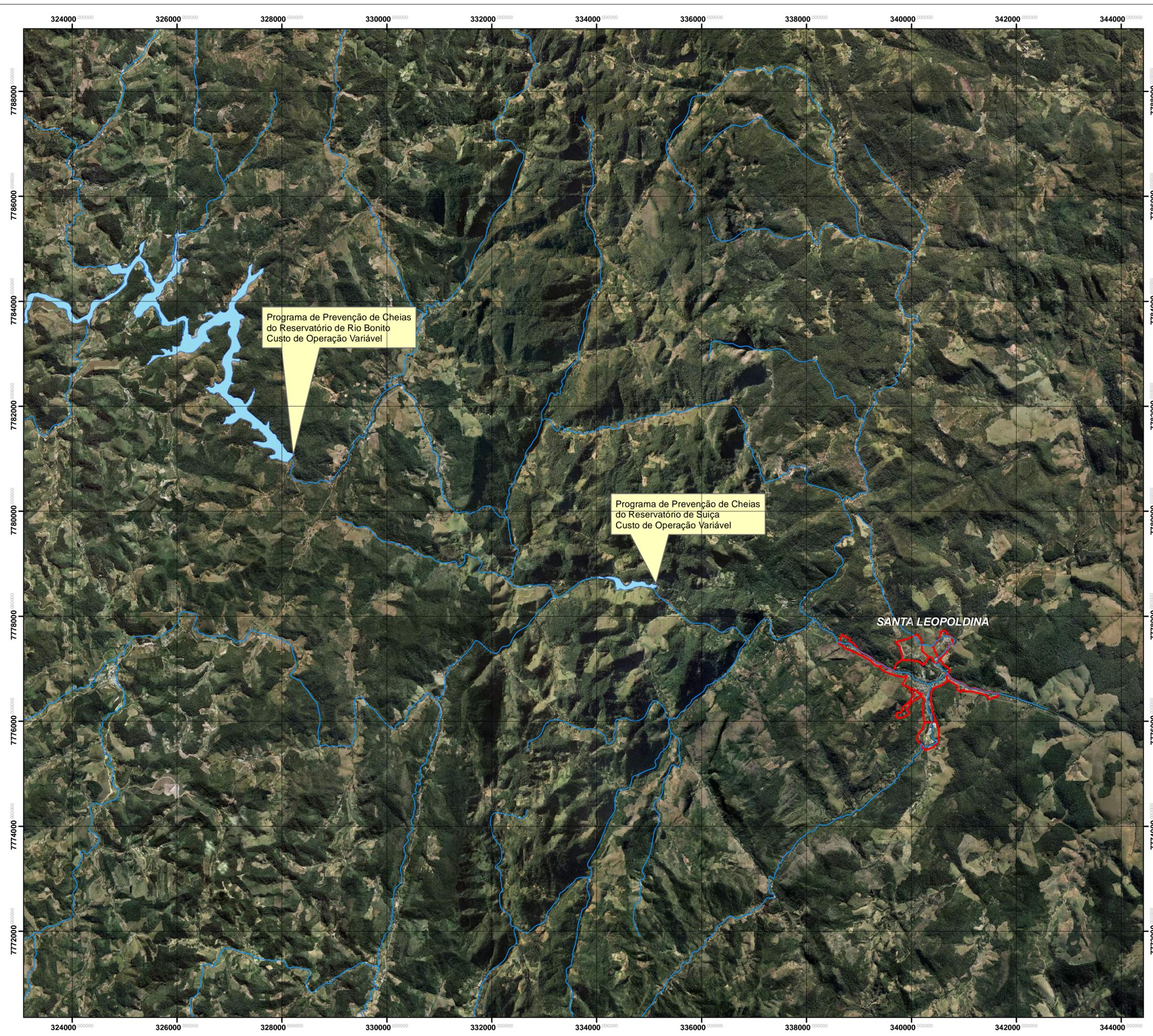
Carta: 218 **Local:** Santa Leopoldina - ES

Papel: A3 **Nº:** Anexo II - e

Contratante: **Consórcio:**



ANEXO III: Mapa de intervenções e soluções construtivas de Santa Leopoldina
– Cenário 1.



Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

- Cursos d'água
- Reservatórios
- Área urbana de Santa Leopoldina

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomoaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	24/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
 Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
 Diagnóstico

Título:
 Mapa de Intervenções e Soluções Construtivas
 de Santa Leopoldina - Cenário 1

Responsável técnico:
 Marco Aurélio C. Caiado
 Eng. Agrônomo, Ph. D.
 CREA - ES 3757 D

Elaboração:
 Filipe Tesch
 Tecgº em Saneamento Ambiental
 CREA-ES nº 24763/D

Escala: 1:50,000

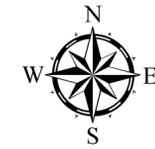
Folha: 1 de 1 Local: Santa Leopoldina - ES

Papel: A2 Nº: ANEXO III

Contratante: Consórcio:



ANEXO IV: Mapa de intervenções e soluções construtivas de Santa Leopoldina
– Cenário 2.



Projeção: Universal Transversa Mercator.
Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

-  Comporta Stop Log com casa de bombas
-  Derrocagem
-  Muro de Gabião
-  Curso d'água
-  Escavação de margem

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomoaico 1:15.000. 2007/2008.

REV	DESCRIÇÃO	DATA
0	Emissão original	24/02/2014

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa de Intervenções e Soluções Construtivas
de Santa Leopoldina - Cenário 2

Responsável técnico:

Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração:

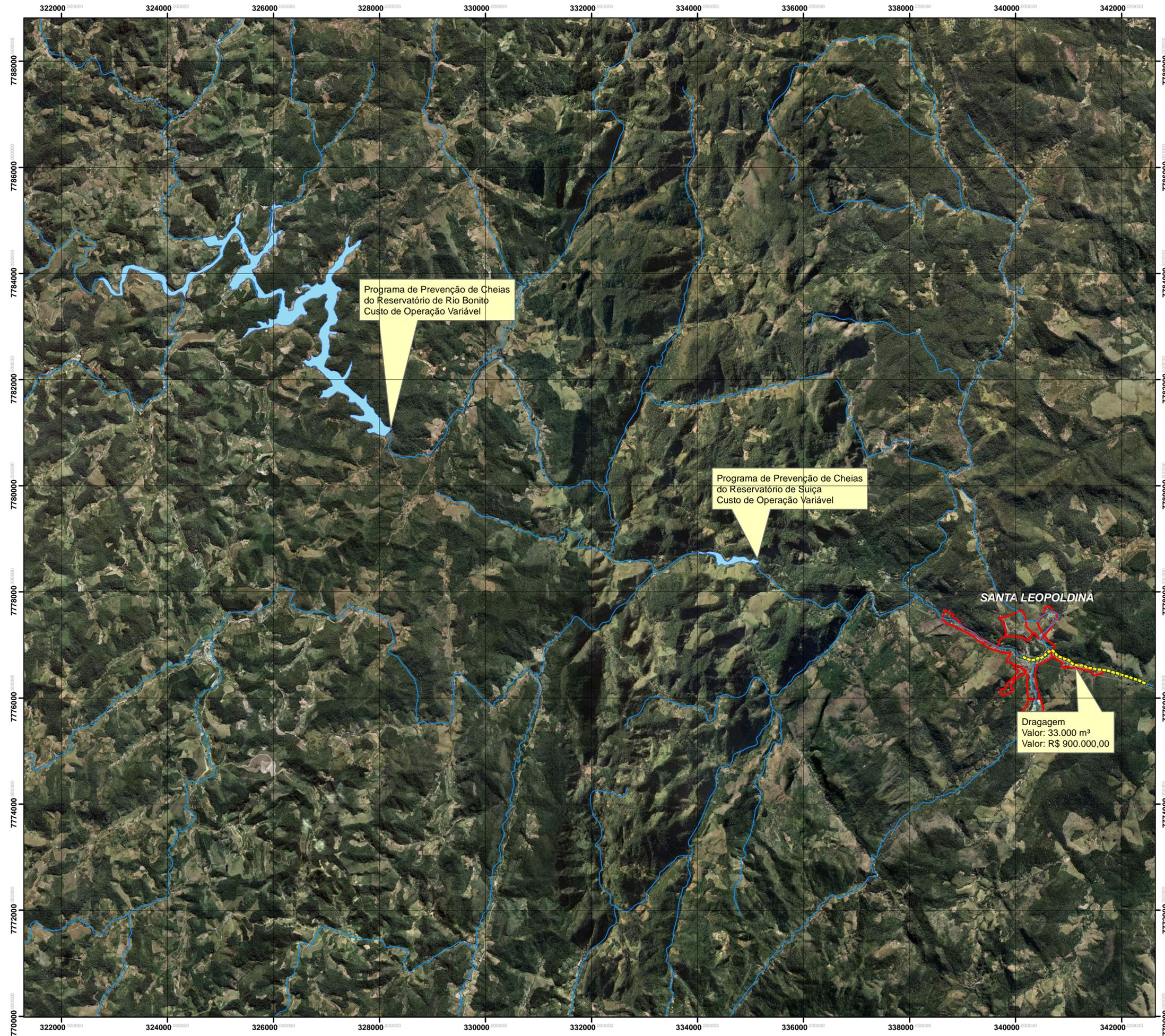
Fillipe Tesch
Tecgº em Saneamento Ambiental
CREA-ES nº 24763/D

Escala: 1:7,000
Folha: 1 de 1 Local: Santa Leopoldina - ES
Papel: A2 Nº: ANEXO IV

Contratante: Consórcio:



ANEXO V: Mapa de intervenções e soluções construtivas de Santa Leopoldina
– Cenário 3.



Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

- Cursos d'água
- - - - - Dragagem
- Reservatórios
- Área urbana de Santa Leopoldina

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomoaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	24/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
 Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
 Diagnóstico

Título:
 Mapa de Intervenções e Soluções Construtivas
 de Santa Leopoldina - Cenário 3

Responsável técnico:
 Marco Aurélio C. Caiado
 Eng. Agrônomo, Ph. D.
 CREA - ES 3757 D

Elaboração:
 Filipe Tesch
 Tecgº em Saneamento Ambiental
 CREA-ES nº 24763/D

Escala: 1:50,000

Folha: 1 de 1 Local: Santa Leopoldina - ES

Papel: A2 Nº: ANEXO V

Contratante: Consórcio:

