



# **Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do Município de Alegre**

**– Volume I: Diagnóstico e Prognóstico de Inundações –**



**ZAV-SED-DIA\_ALE\_01.001-R0**

**Novembro / 2013**

		Nº: ZAV-SED-DIA_ALE_01.001-R0								
		<b>CLIENTE:</b> Secretaria de Saneamento, Habitação e Desenvolvimento Urbano								
		<b>PROJETO:</b> Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do Município de Alegre								
		<b>TÍTULO:</b> VOLUME I: DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DE INUNDAÇÕES						<b>MEIO AMBIENTE</b>		
								ENGENHARIA		
<b>RESPONSÁVEL TÉCNICO PELO DOCUMENTO:</b> Marco Aurélio Costa Caiado Engenheiro Agrônomo, Ph. D. CREA-ES nº 3757/D						<b>RUBRICA:</b>				
<b>ÍNDICE DE REVISÕES</b>										
<b>REV.</b>		<b>DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS</b>								
0		EMISSÃO INICIAL								
		REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7	REV. 8
DATA		12/11/2013								
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 Alegre, 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 Alegre 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 Alegre, que também norteou o presente documento.

## SUMARIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTOS.....</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>METAS.....</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>INFORMAÇÕES CEDIDAS PELO CONTRATANTE E PELO MUNICÍPIO 22</b>	
<b>6</b>	<b>DIAGNÓSTICO .....</b>	<b>23</b>
<b>6.1</b>	<b>ÁREAS DE INTERVENÇÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>6.2</b>	<b>APROPRIAÇÃO DA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS .....</b>	<b>26</b>
<b>6.3</b>	<b>TEMPO DE CONCENTRAÇÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>6.4</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO INSTITUCIONAL MUNICIPAL RELACIONADO AO PDAP .....</b>	<b>35</b>
<b>6.4.1</b>	<b>Estrutura institucional do município na área urbana e habitacional .....</b>	<b>36</b>
<b>6.4.2</b>	<b>Ações governamentais do município nas áreas urbana e habitacional .....</b>	<b>40</b>
<b>6.4.3</b>	<b>Legislação Federal, Estadual e Municipal.....</b>	<b>42</b>
<b>6.4.3.1</b>	<b><i>Legislação Federal .....</i></b>	<b>44</b>
<b>6.4.3.1.1</b>	<b>Estatuto da Cidade - Lei Federal nº 10.257/2001.....</b>	<b>44</b>
<b>6.4.3.1.2</b>	<b>Parcelamento do Solo Urbano - Lei Federal nº 6.766/1979 .....</b>	<b>50</b>
<b>6.4.3.1.3</b>	<b>Programa Minha Casa, Minha Vida e Regularização Fundiária de Assentamentos Urbanos - Lei Federal nº 11.977/2009.....</b>	<b>52</b>
<b>6.4.3.1.4</b>	<b>Proteção de Vegetação Nativa - Lei Federal nº 12.651/2012.....</b>	<b>54</b>
<b>6.4.3.1.5</b>	<b>Política Nacional de Meio Ambiente - Lei Federal nº 6.938/1981.....</b>	<b>58</b>
<b>6.4.3.1.6</b>	<b>Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei Federal nº 9.433/1997</b>	<b>59</b>
<b>6.4.3.1.7</b>	<b>Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei Federal nº 12.305/2010</b>	<b>60</b>
<b>6.4.3.1.8</b>	<b>Saneamento Básico - Lei Federal nº 11.445/2007 .....</b>	<b>61</b>
<b>6.4.3.2</b>	<b><i>Legislação Estadual .....</i></b>	<b>64</b>



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 ...	68
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	Política Estadual de Resíduos Sólidos - Lei Estadual nº 9.264/2009	71
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 nº 2980/2008 .....	73
6.4.4	<b>Posturas legais mais impactantes e gargalos institucionais .....</b>	<b>85</b>
6.5	<b>INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO ALEGRE NO CENÁRIO ATUAL</b>	<b>88</b>
6.5.1	<b>Contextualização .....</b>	<b>88</b>
6.5.2	<b>Apropriação dos valores de vazões máximas .....</b>	<b>93</b>
6.5.2.1	<i>Estudo Estatístico de Vazões Máximas do Rio Alegre .....</i>	<i>93</i>
6.5.2.1.1	Distribuição Lognormal tipo II .....	96
6.5.2.1.2	Distribuição Lognormal tipo III .....	97
6.5.2.1.3	Distribuição Pearson tipo III .....	97
6.5.2.1.4	Distribuição Logpearson III .....	98
6.5.2.1.5	Distribuição de Gumbel .....	99
6.5.2.1.6	Vazões máximas do rio Alegre .....	99
6.5.2.1.7	Vazão máxima instantânea .....	100
6.5.2.2	<i>Modelagem Hidrológica do Rio Alegre e do Córrego Varjão da Cutia</i>	<i>101</i>
6.5.3	<b>Modelagem hidráulica do Rio Alegre com o Cenário Atual .....</b>	<b>124</b>
6.5.3.1	<i>Introdução .....</i>	<i>124</i>
6.5.3.2	<i>Domínio do modelo .....</i>	<i>125</i>
6.5.3.3	<i>Geometria do modelo .....</i>	<i>125</i>
6.5.3.4	<i>Riscos de Inundação e Simulação Hidráulica com o Cenário Atual</i>	<i>127</i>

<b>7</b>	<b>PROGNÓSTICO.....</b>	<b>134</b>
<b>7.1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>134</b>
<b>7.2</b>	<b>LEVANTAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES.....</b>	<b>134</b>
<b>7.3</b>	<b>INUNDAÇÃO DAS BACIAS DO RIO ALEGRE NO CENÁRIO</b>	
<b>FUTURO</b>	<b>147</b>	
<b>7.3.1</b>	<b>Uso do solo futuro e cálculo de vazões .....</b>	<b>148</b>
<b>7.3.2</b>	<b>Modelagem hidráulica do Rio Alegre com o Cenário Futuro.....</b>	<b>158</b>
<b>7.4</b>	<b>VAZÕES MÁXIMAS PARA AS SUB-BACIAS .....</b>	<b>162</b>
<b>7.5</b>	<b>CENÁRIOS ALTERNATIVOS.....</b>	<b>165</b>
<b>7.5.1</b>	<b>Cenário 1 .....</b>	<b>165</b>
<b>7.5.2</b>	<b>Cenário 2.....</b>	<b>173</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>174</b>
<b>9</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>176</b>
<b>10</b>	<b>EQUIPE TÉCNICA .....</b>	<b>180</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES E TABELAS

### FIGURAS:

<b>Figura 1-1:</b> Casas nas margens do rio Alegre, bairro Centro, Alegre.....	17
<b>Figura 1-2:</b> Exemplo de leito Pedregoso no Rio Alegre. ....	17
<b>Figura 1-3:</b> Enchente no bairro Centro da Sede de Alegre. Novembro/2012.....	17
<b>Figura 1-4:</b> Barramento da PCH Alegre em momento de forte vazão do rio Alegre. .....	17
<b>Figura 6-1:</b> Localização do município de Alegre no Espírito Santo. ....	24
<b>Figura 6-2:</b> Bacias hidrográficas do rio Alegre e do córrego Varjão da Cutia e sua relação com os bairros de Alegre.....	25
<b>Figura 6-3:</b> Localização das estações pluviométricas no município de Alegre e entorno.....	28
<b>Figura 6-4:</b> Curvas intensidade x duração de chuva para diferentes períodos de recorrência na estação pluviométrica Rive. ....	31
<b>Figura 6-5:</b> Barragem da hidroelétrica da EDP. ....	88
<b>Figura 6-6:</b> Vista sobre pedra a montante do barramento da hidrelétrica. ....	88
<b>Figura 6-7:</b> Vista montante do Rio Alegre sobre ponte na Rua Misael Barcelos..	89
<b>Figura 6-8:</b> Vista do trecho em leito pedregoso a montante do barramento da hidrelétrica da EDP. ....	89
<b>Figura 6-9:</b> Casas construídas sobre as margens do rio Alegre. ....	89
<b>Figura 6-10:</b> Redução da seção hidráulica do rio Alegre. Vista a montante sobre ponte na Rua Mizael P. Barcelos.....	89
<b>Figura 6-11:</b> Vista montante sobre a ponte na Rua Pde. Aureliano Lopes. Córrego Varjão da Cutia no início da área urbana de Alegre.....	90
<b>Figura 6-12:</b> Vista jusante sobre a ponte na Rua Pde. Aureliano Lopes. Córrego Varjão da Cutia no início da área urbana de Alegre.....	90
<b>Figura 6-13:</b> Vista jusante da constrição 1 sob a Rua Dr. Wanderley.....	90
<b>Figura 6-14:</b> Vista montante da constrição 2 sob a Trav. Honório Lacerda Ferraz. .....	90
<b>Figura 6-15:</b> Vista jusante da constrição 3 sob a Av. Olívio C. Pedrosa. ....	91

<b>Figura 6-16:</b> Vista montante da constrição 4 do Hospital Público Municipal de Alegre.....	91
<b>Figura 6-17:</b> Pontilhões sobre o córrego Varjão da Cutia. Bairro Centro.....	92
<b>Figura 6-18:</b> Encontro do córrego da Cutia com o rio Alegre.....	92
<b>Figura 6-19:</b> Margem direita do rio Alegre alteado por moradores.....	92
<b>Figura 6-20:</b> Inundação no bairro Centro de Alegre.....	92
<b>Figura 6-21:</b> Localização da estação fluviométrica Rive. ....	94
<b>Figura 6-22:</b> Mapa de Divisão das sub bacias de drenagem urbana do rio Alegre. .....	102
<b>Figura 6-23:</b> Mapa de uso do solo das bacias do córrego Varjão da Cutia e bacias urbanas do rio Alegre.....	108
<b>Figura 6-24:</b> Mapa Pedológico das bacias do córrego Varjão da Cutia e das bacias urbanas do rio Alegre.....	109
<b>Figura 6-25:</b> Hietograma da chuva com recorrência de 25 anos e duração igual a duas vezes o tempo de concentração da bacia do córrego Varjão da Cutia. ....	112
<b>Figura 6-26:</b> Bacia de drenagem urbana do rio Alegre modelada pelo <i>software</i> HEC-HMS. ....	113
<b>Figura 6-27:</b> TIN do trecho urbano da sede de Alegre.....	126
<b>Figura 6-28:</b> Localização das constrições e pontes que cortam os principais cursos d'água da sede de Alegre.....	128
<b>Figura 6-29:</b> Perfil longitudinal da simulação hidráulica do trecho do córrego Varjão da Cutia na ponte-1 e ponte-2, no cenário atual.....	130
<b>Figura 6-30:</b> Perfil longitudinal da simulação hidráulica do trecho do córrego Varjão da Cutia entre as constrições 1 e 3, no cenário atual.....	131
<b>Figura 6-31:</b> Perfil longitudinal da simulação hidráulica do trecho do córrego Varjão da Cutia, na ponte-8, no cenário atual.....	131
<b>Figura 6-32:</b> Perfil longitudinal da simulação hidráulica do rio Alegre que compreende o trecho no qual os bairros Vila do Sul e São Miguel margeiam o rio Alegre.....	132
<b>Figura 6-33:</b> Perfil longitudinal da simulação hidráulica do trecho do rio Alegre, na ponte-12, no cenário atual. ....	133
<b>Figura 7-1:</b> Mapa temático: Setores censitários por macrozona.....	139
<b>Figura 7-2:</b> Mapa temático: Setores censitários na Zona Urbana. ....	140
<b>Figura 7-3:</b> Mapa temático: densidade demográfica por setor censitário.....	141

<b>Figura 7-4:</b> Mapa temático: densidade demográfica por setor censitário na Zona Urbana. ....	142
<b>Figura 7-5:</b> Evolução da população de Alegre-ES. ....	143
<b>Figura 7-6:</b> Mapa de uso de Solo futuro da bacia do rio Alegre previsto para um horizonte de 20 anos.....	156
<b>Figura 7-7:</b> Perfil longitudinal da simulação hidráulica do trecho do córrego Varjão da Cutia na ponte-1 e ponte-2, no cenário futuro.....	159
<b>Figura 7-8:</b> Perfil longitudinal da simulação hidráulica do trecho do córrego Varjão da Cutia entre as constrições 1 e 3, no cenário futuro. ....	160
<b>Figura 7-9:</b> Perfil longitudinal da simulação hidráulica do trecho do córrego Varjão da Cutia, na ponte-8, no cenário futuro.....	160
<b>Figura 7-10:</b> Perfil longitudinal da simulação hidráulica do rio Alegre que compreende o trecho que o bairro Vila Sul e São Miguel margeia o rio Alegre, no cenário futuro. ....	161
<b>Figura 7-11:</b> Perfil longitudinal da simulação hidráulica do trecho do rio Alegre, na ponte-12, no cenário futuro. ....	162
<b>Figura 7-12:</b> Hietograma e escoamento superficial da sub-bacia 3 para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.....	163
<b>Figura 7-13:</b> Hietograma e escoamento superficial da sub bacia 7 para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.....	163
<b>Figura 7-14:</b> Hietograma e escoamento superficial da sub bacia 10 para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.....	164
<b>Figura 7-15:</b> Hietograma e escoamento superficial da sub bacia 11 para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.....	164
<b>Figura 7-16:</b> Mapa de localização da barragem para o cenário proposto e sua área de drenagem.....	167
<b>Figura 7-17:</b> Gráfico de eficiência de contenção de águas pluviais da barragem estudada. ....	168
<b>Figura 7-18:</b> Mapa de detalhe da barragem e sua área de inundação temporária. ....	170
<b>Figura 7-19:</b> Aspecto da área do barramento (retângulo vermelho) e da área a ser temporariamente inundada. ....	171
<b>Figura 7-20:</b> Aspecto da área a ser temporariamente inundada. A casa em destaque na foto encontra-se abandonada.....	171

**Figura 7-21:** Perfil longitudinal do rio Alegre, no cenário atual.....172

**Figura 7-22:** Perfil longitudinal do rio Alegre, no cenário proposto.....172

## TABELAS:

**Tabela 6-1:** Estações pluviométricas do interior e no entorno do município de Alegre, os códigos das mesmas e as datas de início e fim da coleta de dados....26

**Tabela 6-2:** Precipitações máximas anuais medidas na estação Rive entre os anos 1940 e 2011. ....29

**Tabela 6-3:** Precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de recorrência para a estação pluviométrica Rive. ....30

**Tabela 6-4:** Precipitações máximas (em mm), para a estação pluviométrica Rive, associadas a diferentes períodos de recorrência e durações. ....30

**Tabela 6-5:** Características da estação fluviométrica Rive.....95

**Tabela 6-6:** Vazões máximas anuais da estação fluviométrica Rive.....95

**Tabela 6-7:** Vazões máximas para os períodos de recorrência de 5, 10, 20, 25,30, 50 e 100 anos na estação fluviométrica Rive.....99

**Tabela 6-8:** Vazões máximas para os períodos de recorrência de 5, 10, 20, 25,30, 50 e 100 anos à montante da cidade de Alegre.....100

**Tabela 6-9:** Vazões máximas para os períodos de recorrência de 5, 10, 20, 25,30, 50 e 100 anos à montante da cidade de Alegre adotadas no presente estudo. .101

**Tabela 6-10:** Tempo de concentração das bacias do córrego Varjão da Cutia e das bacias urbanas e periurbanas do rio Alegre.....104

**Tabela 6-11:** Valores de CN médio das bacias do córrego Varjão da Cutia e das bacias urbanas e periurbanas do rio Alegre.....107

**Tabela 6-12:** Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 5 anos.....117

**Tabela 6-13:** Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 10 anos.....118

**Tabela 6-14:** Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 20 anos.....119

**Tabela 6-15:** Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 25 anos. ....120

<b>Tabela 6-16:</b> Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 30 anos. ....	121
<b>Tabela 6-17:</b> Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 50 anos. ....	122
<b>Tabela 6-18:</b> Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 100 anos. ....	123
<b>Tabela 7-1:</b> Densidade demográfica por setor censitário e dados por setor censitário. ....	136
<b>Tabela 7-2:</b> Crescimento populacional por setor censitário. ....	144
<b>Tabela 7-3:</b> Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 5 anos. ....	149
<b>Tabela 7-4:</b> Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 10 anos. ....	150
<b>Tabela 7-5:</b> Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 20 anos. ....	151
<b>Tabela 7-6:</b> Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 25 anos. ....	152
<b>Tabela 7-7:</b> Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 30 anos. ....	153
<b>Tabela 7-8:</b> Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 50 anos. ....	154
<b>Tabela 7-9:</b> Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 100 anos. ....	155
<b>Tabela 7-10:</b> Picos de vazão das sub-bacias urbanas do rio Alegre para chuvas com tempo de recorrência de 25 anos. ....	165
<b>Tabela 7-11:</b> Principais características da barragem estudada. ....	166



## LISTA DE ANEXOS

**ANEXO I-a:** Mapa de Suscetibilidade a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário atual (Carta 307).

**ANEXO I-b:** Mapa de Suscetibilidade a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário atual (Carta 308).

**ANEXO I-c:** Mapa de Suscetibilidade a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário atual (Carta 286).

**ANEXO I-d:** Mapa de Suscetibilidade a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário atual (Carta 287).

**ANEXO II-a:** Mapa de Risco a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário atual (Carta 307).

**ANEXO II-b:** Mapa de Risco a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário atual (Carta 308).

**ANEXO II-c:** Mapa de Risco a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário atual (Carta 286).

**ANEXO II-d:** Mapa de Risco a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário atual (Carta 287).

**ANEXO III-a:** Mapa de Suscetibilidade a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário futuro (Carta 307).

**ANEXO III-b:** Mapa de Suscetibilidade a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário futuro (Carta 308).

**ANEXO III-c:** Mapa de Suscetibilidade a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário futuro (Carta 286).

**ANEXO III-d:** Mapa de Suscetibilidade a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário futuro (Carta 287).

**ANEXO IV-a:** Mapa de Risco a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário futuro (Carta 307).

**ANEXO IV-b:** Mapa de Risco a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário futuro (Carta 308).



**ANEXO IV-c:** Mapa de Risco a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário futuro (Carta 286).

**ANEXO IV-d:** Mapa de Risco a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário futuro (Carta 287).

**ANEXO V:** Mapa de soluções propostas para o município de Alegre no Cenário 1.

**ANEXO VI:** Mapa de soluções propostas para o município de Alegre no Cenário 2.

## 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 Alegre passou de 31.714 em 2000 para 30.786 em 2010, com um decrescimento médio anual de 0,3%.

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 Alegre, 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 bueiros, 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.

A sede do município de Alegre é drenada pela bacia do rio Alegre, que por sua vez, recebe afluência do córrego Varjão da Cutia no interior do núcleo urbano da cidade.

Grande parte da área urbana da sede municipal apresenta considerável variação topográfica, com exceção do bairro Centro onde a declividade média é de 0,001 m/m. Entretanto, ao longo do trecho urbano do rio Alegre, observaram-se em campo muitas casas que foram construídas sobre ou muito próximas das margens dos mesmos (**Figura 1-1**). Além disso, alguns moradores dessas tomaram a iniciativa de altear as margens desses cursos d'água para a solução de inundação em seus terrenos. Outro aspecto observado foi que, a jusante da área urbana da sede de Alegre, o leito do rio Alegre é bastante pedregoso (**Figura 1-2**) em pontos específicos, ocorrendo seu afunilamento em alguns casos, o que promove a elevação do nível de suas águas em períodos de cheias.



**Figura 1-1:** Casas nas margens do rio Alegre, bairro Centro, Alegre.



**Figura 1-2:** Exemplo de leito Pedregoso no Rio Alegre.

Como produto dos aspectos supracitados, em momentos de fortes precipitações, a área urbana da sede municipal sofre com inundações do rio Alegre e do córrego Varjão da Cutia, onde pode ser observado na **Figura 1-3**. Ao final da área urbana, a jusante do desague do córrego Varjão da Cutia no rio Alegre, existe um barramento da PCH Alegre, operada pela EDP. Por consequência do seu desnível topográfico em relação ao leito do rio Alegre, esse barramento não provoca remanso das água.



**Figura 1-3:** Enchente no bairro Centro da Sede de Alegre. Novembro/2012.



**Figura 1-4:** Barramento da PCH Alegre em momento de forte vazão do rio Alegre.

Observa-se, entretanto, preocupação do poder público em níveis estadual e municipal em implementar ações que venham a minimizar e/ou evitar os problemas inerentes às cheias que vem ocorrendo na sede do município de Alegre, o que resultou, na estruturação da defesa civil municipal e estadual e, entre outras ações, a inclusão do município de Alegre 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 Alegre 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 Alegre, tendo como foco as bacias do córrego Varjão da Cutia e Rio Alegre.
- (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 a inundações, buscando a diminuição dos riscos nas áreas de intervenção.



### 3 FUNDAMENTOS

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

- Abordagem interdisciplinar no diagnóstico e na solução dos problemas de inundação;
- Bacias hidrográficas do córrego Varjão da Cutia e rio Alegre 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 Alegre 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 e pelo município 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;
- Relatório final sobre o estudo de minimização de cheias no município de Alegre – ES;
- Levantamento topo-hidrográfico, medições hidráulicas e sedimentológicas do rio Alegre e seus afluentes realizado pelo INPH. Alegre – ES Período: 12/06/2012 à 20/06/2012.

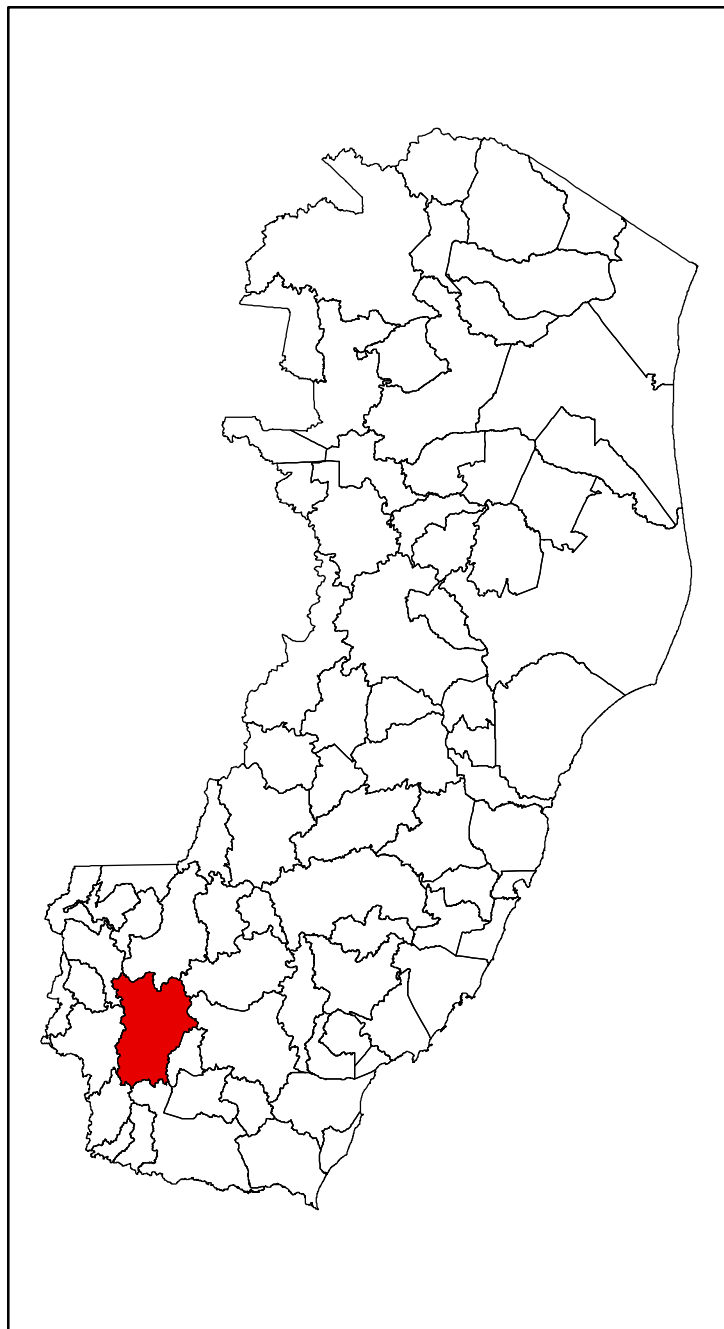
### Informações cedidas pelo Município:

- Registro fotográfico de inundações do rio Alegre e córrego Varjão da Cutia;

## 6 DIAGNÓSTICO

### 6.1 ÁREAS DE INTERVENÇÃO

O Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais do município de Alegre tem como foco o trecho urbano das bacias hidrográficas do rio Alegre e de seu principal afluente, o córrego Varjão da Cutia, que abrigam o principal aglomerado populacional do município. A **Figura 6-1** apresenta a localização do município de Alegre no Espírito Santo, enquanto a **Figura 6-2** apresenta as bacias hidrográficas supracitadas e sua relação com a área urbana do município.



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

#### Legenda

- Município de Alegre
- Divisão Municipal e Limite estadual do Espírito Santo

#### Documentação e Referências

GEOBASES. Divisão municipal.

Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

#### Projeto:

Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais  
Diagnóstico

#### Título:

Localização do município de Alegre  
no Espírito Santo

#### 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: 1:400,000

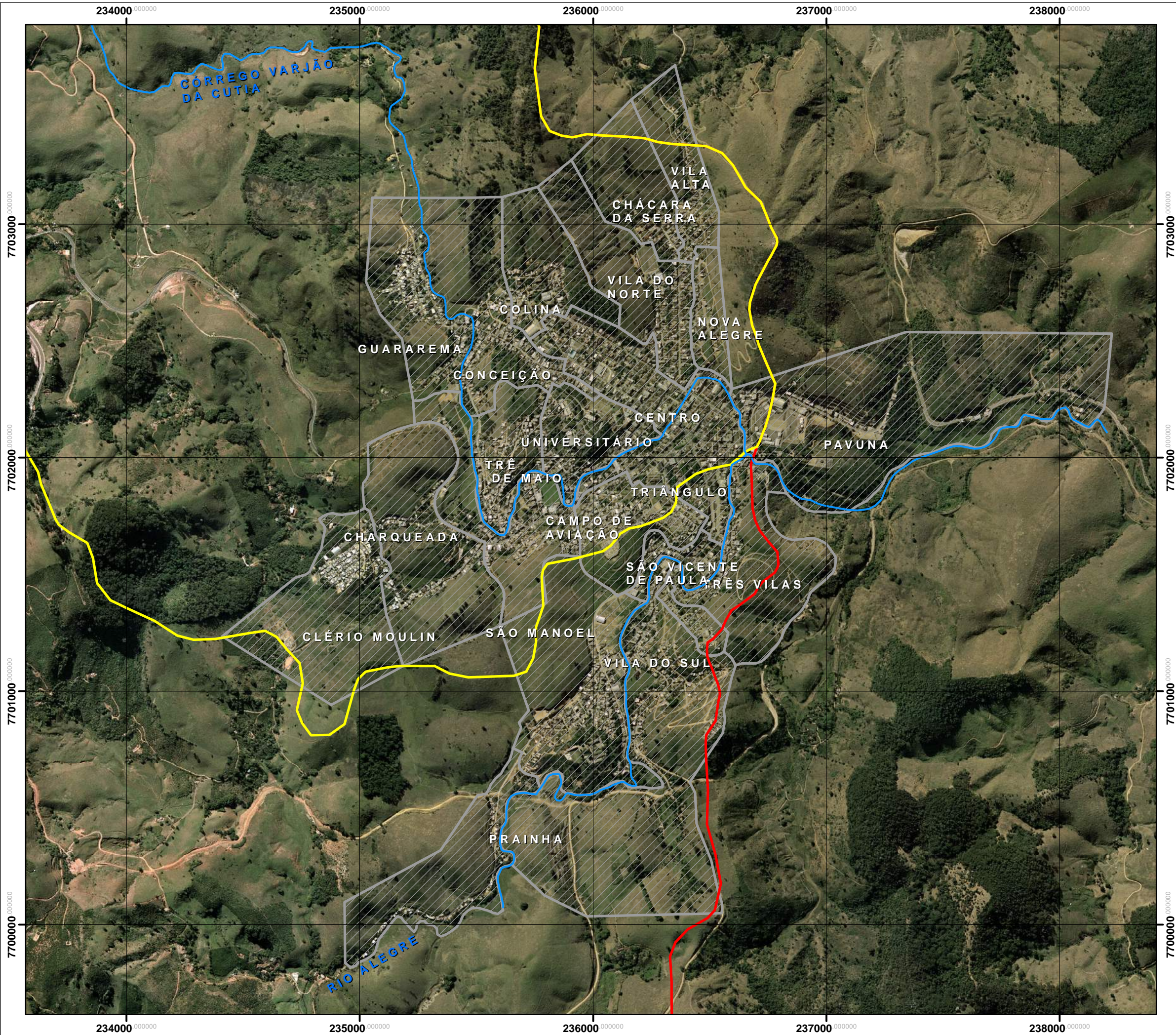
Folha: 1 de 1 Local: Alegre - ES

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 do município de Alegre
- Limites das bacias
- Bacia do Rio Alegre
- Bacia do Córrego Varjão da Cutia

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

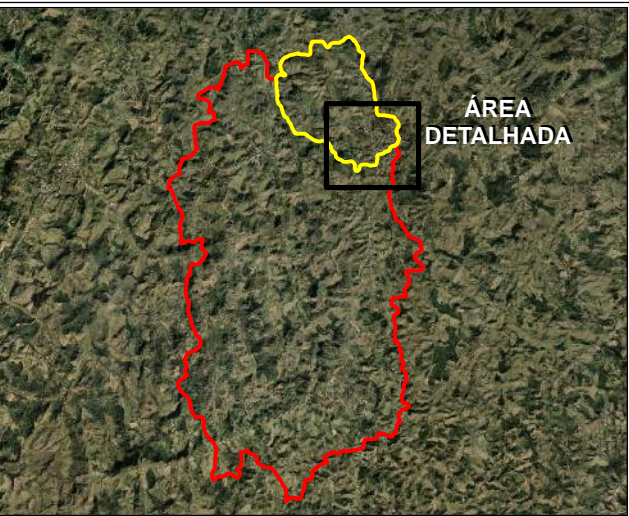
GEOBASES. Bacias Hidrográficas.

GEOBASES. Divisão de Bairros.

GEOBASES. Cursos d'água.

Ø	Emissão original	30/10/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Índice Espacial



Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais  
Diagnóstico

Título:  
Bacias de drenagem do Rio Alegre e a relação  
das mesmas com os bairros de Alegre

Responsável técnico:	Elaboração:
Marco Aurélio Costa Caiado Engº Agrônomo, Ph.D. CREA-ES nº 3757/D	Tainah Christina Teixeira de Souza Estagiária em Engenharia Sanitária e Ambiental

Escala: 1:30.000 0 125 250 500 750 m

Folha: 01 de 01 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº: Figura 6-2

Contratante: Consórcio:





## 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 recorrência, 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.

Conforme pode ser observado na **Figura 6-3**, no interior e no entorno do município de Alegre ocorrem as estações pluviométricas Guaçuí (DNOS), Guaçuí (ANA), Vila do Sul, Rive e Alegre. A **Tabela 6-1** apresenta os códigos das mesmas e as datas de início e fim da coleta de dados.

**Tabela 6-1:** Estações pluviométricas do interior e no entorno do município de Alegre, os códigos das mesmas e as datas de início e fim da coleta de dados.

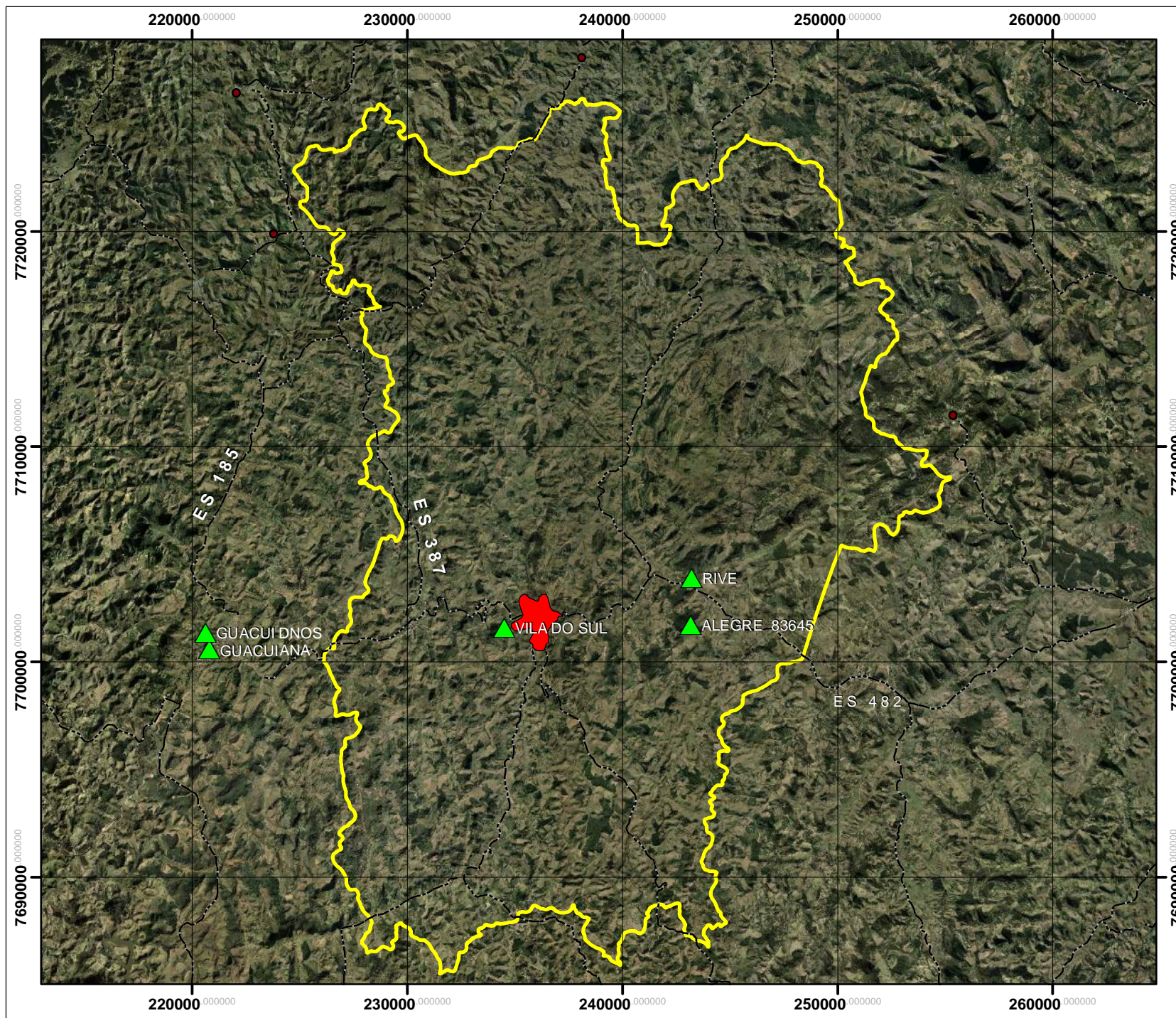
Nome	Código	Início coleta	Fim coleta
Guaçuí (DNOS)	2041028	-	-
Guaçuí (ANA)	2041001	1/1/1939	Dias atuais
Vila do Sul	2041034	-	-
Rive	2041003	1/10/1939	Dias atuais
Alegre	2041049	1/7/1975	1/12/1997

A estação pluviométrica Rive, código 2041003, foi a escolhida para a apropriação da equação intensidade-duração-frequência de chuvas do

município por possuir o maior número de anos com dados e por 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](http://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 recorrência;
- Conversão das máximas precipitações anuais de 1 dia, associadas a diferentes períodos de recorrência, em precipitações máximas de 24 horas;
- Conversão das precipitações máximas de 24 horas, associadas a diferentes períodos de recorrência, 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
- Mancha urbana do município de Alegre
- Limite municipal de Alegre
- Rodovias

#### Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

ANA. Estações Pluviométricas.

GEOBASES. Mancha Urbana.

GEOBASES. Limite Municipal.

Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

**Projeto:**  
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais  
Diagnóstico

**Título:**  
Localização das Estações Pluviométricas no  
município de Alegre 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: 1:250,000

Folha: 1 de 1 Local: Alegre - ES

Papel: A4 Nº: **Figura 6-3**

Contratante: Consórcio:





A **Tabela 6-2** apresenta as precipitações máximas anuais medidas na estação Rive entre os anos 1940 e 2011.

**Tabela 6-2:** Precipitações máximas anuais medidas na estação Rive entre os anos 1940 e 2011.

Ano	Máxima	Ano	Máxima	Ano	Máxima
1940	105,50	1958	76,40	1976	68,00
1941	57,30	1959	72,40	1977	153,20
1942	86,10	1960	120,00	1978	50,20
1943	77,00	1961	91,00	1979	97,40
1944	78,50	1962	90,20	1980	75,40
1945	85,10	1963	36,60	1981	62,40
1946	76,20	1964	75,00	1982	97,00
1947	79,60	1965	73,00	1983	70,00
1948	70,00	1966	78,40	1984	80,40
1949	88,60	1967	71,40	1985	84,00
1950	56,00	1968	64,00	1986	83,40
1951	116,40	1969	97,00	1987	98,80
1952	85,40	1970	100,80	1988	71,60
1953	97,40	1971	83,80	1989	-
1954	90,60	1972	38,00	1990	72,00
1955	45,40	1973	45,60	1991	146,00
1956	85,30	1974	85,60	1992	85,40

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

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

**Tabela 6-3:** Precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de recorrência para a estação pluviométrica Rive.

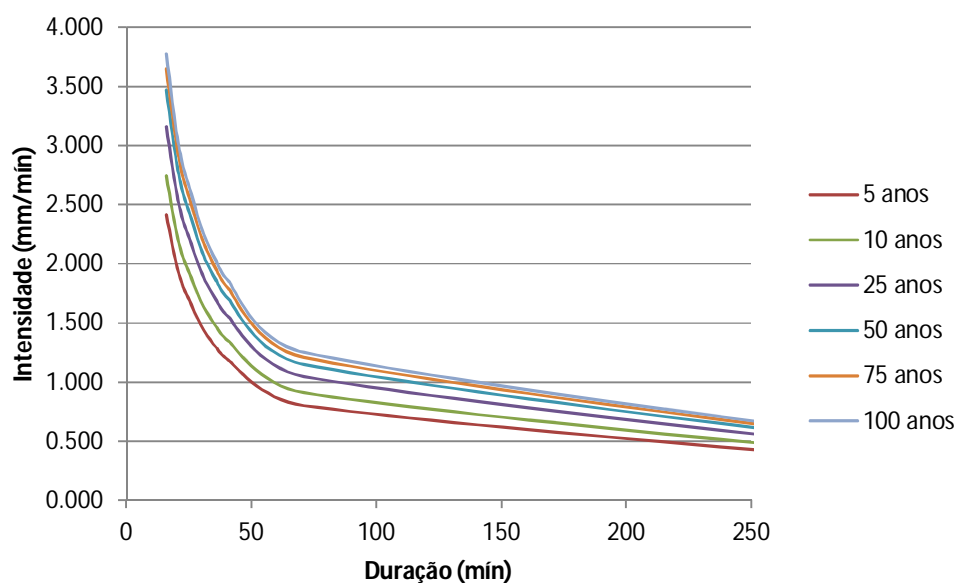
Período de recorrência (anos)	Precipitação máxima anual (mm)
5	100,22
10	113,91
25	131,21
50	144,04
75	151,50
100	156,77

**Tabela 6-4:** Precipitações máximas (em mm), para a estação pluviométrica Rive, associadas a diferentes períodos de recorrência e durações.

Duração	Período de recorrência					
	5	10	25	50	75	100
24h	114,25	129,86	149,58	164,20	172,70	178,72
12h	97,11	110,38	127,14	139,57	146,80	151,91
10h	93,69	106,48	122,65	134,65	141,62	146,55
8h	89,12	101,29	116,67	128,08	134,71	139,40
6h	82,26	93,50	107,69	118,23	124,35	128,68
1h	47,99	54,54	62,82	68,97	72,54	75,06
30min	35,51	40,36	46,49	51,03	53,68	55,55
25min	32,31	36,73	42,30	46,44	48,85	50,55
20min	28,76	32,69	37,66	41,34	43,48	44,99
15min	24,86	28,25	32,54	35,72	37,57	38,88
10min	19,18	21,79	25,10	27,56	28,99	30,00
5min	12,07	13,72	15,81	17,35	18,25	18,89

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

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



**Figura 6-4:** Curvas intensidade x duração de chuva para diferentes períodos de recorrência na estação pluviométrica Rive.

$$i = \frac{15,971T^{0,1249}}{(t + 11)^{0,751}}$$

**Equação 2**

Sendo:

$i$  = intensidade da chuva em mm/min;

$T$  = Tempo de recorrência, em anos;

$t$  = Tempo de duração, em minutos.

### 6.3 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O 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*, *Kirpich*, *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 Km<sup>2</sup>.

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

Sendo:

$T_c$ : tempo de concentração (horas);

$A$ : área da bacia (Km<sup>2</sup>);

$L$ : 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 com áreas de até 3.000 km<sup>2</sup>.

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

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 Km<sup>2</sup>.

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**).

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

**Equação 7**

Sendo:

$T_c$ : tempo de concentração (horas);

$\eta$ : 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**).

$$V = 16,1345 \cdot \sqrt{S}$$

**Equação 8**

Sendo:

$V$ : velocidade (pés/s);

$S$ : declividade (m/m).

- Fluxo de canal (**Equação 9**).

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

**Equação 9**

Sendo:

$V$ : velocidade (m/s);

$C$ : 1;

$R$ : raio hidráulico;

$S$ : declividade (m/m);

$\eta$ : coeficiente de manning.

Os tempos de concentração das sub-bacias nas quais o rio Alegre foi dividido 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

Não foi identificada uma legislação única que instituía as secretarias municipais de Alegre, portanto serão descritas diversas legislações, além de pesquisas realizadas no endereço eletrônico da Prefeitura Municipal de Alegre<sup>1</sup>.

Constituem a estrutura organizacional da Prefeitura Municipal Alegre, atualmente, nove Secretarias, a saber: a Secretaria Municipal de Administração, a Secretaria Municipal de Finanças, a Secretaria Municipal de Educação, a Secretaria Municipal de Saúde e Saneamento, a Secretaria Municipal de Ação Social e Direitos Humanos, a Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente, a Secretaria Municipal de Turismo, Cultura e Esporte, a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Sustentável e a Secretaria Municipal de Obras, Planejamento Urbano e Serviços Públicos. Integram-se ainda a administração os seguintes órgãos: a Procuradoria Geral, a Controladoria Geral e a Coordenadoria Geral de Defesa Civil.

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

Segundo o referido endereço eletrônico da Prefeitura Municipal de Alegre, são objetivos gerais da Secretaria Municipal de Ação Social e Direitos Humanos:

- prover serviços, programas, projetos e benefícios de proteção social básica e, ou, especial, para famílias, indivíduos e grupos que deles necessitam;
- contribuir com a inclusão e a equidade dos usuários em grupos específicos, ampliando o acesso aos bens e serviços sócio-assistenciais básicos e especiais, em área urbana e rural;



- assegurar que as ações no âmbito da assistência social tenham centralidade na família, e que garantam vida familiar e comunitária.

A Lei Municipal nº 2.924 de março de 2008 reestrutura a Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente criando a Superintendência Municipal de Meio Ambiente e, segundo o art. 2º, é competência desta Superintendência o planejamento, organização, execução e coordenação de programas, projetos e atividades que proporcionem o desenvolvimento e a melhoria da qualidade ambiental, bem como, contribuam para a minimização de impactos ambientais, preservação, conservação, proteção, recuperação e manejo sustentável dos recursos naturais, e melhoria contínua da qualidade de vida. Segundo o art. 3º, são objetivos específicos dessa secretaria:

- promover a fiscalização do controle ambiental;
- licenciar empreendimentos, projetos, atividades, de acordo com a legislação municipal, estadual e federal;
- fiscalizar e monitorar os empreendimentos e projetos licenciados, bem como o cumprimento de condicionantes e programas ambientais dos mesmos;
- auxiliar a Secretaria Municipal de Obras no planejamento, execução e fiscalização das obras e serviços realizados pelo poder público ou empreiteiras contratadas, objetivando minimizar impactos ambientais e proteger o meio ambiente;
- contribuir para a correta gestão dos resíduos sólidos;
- desenvolver, implantar e coordenar programas, projetos e ações que visem à proteção, preservação, conservação, recuperação e manejo sustentável dos recursos naturais;
- desenvolver programas e projetos que incentivem a proteção das nascentes, córregos e rios e demais áreas de Preservação Permanente;
- promover a compatibilização do desenvolvimento do município com a conservação dos recursos naturais.

A Lei Municipal nº 2.660 de maio de 2005 cria a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Sustentável, regulamentando no art. 2º seu objetivo geral: promover a execução das políticas da administração municipal na área de

desenvolvimento econômico, bem como as atividades ligadas ao desenvolvimento urbano, à ciência, à tecnologia, à organização social e à geração de emprego e renda no município.

A Lei Municipal nº 2.981 de janeiro de 2009 cria a Secretaria Municipal de Obras, Planejamento Urbano e Serviços Públicos, que tem como objetivo o planejamento, a programação, a execução, a organização, a supervisão, a fiscalização e o controle da política de obras públicas do município, infraestrutura, serviços urbanos, saneamento e de posturas. O art. 4º estabelece como competência dessa secretaria:

- promover e acompanhar as atividades de construção civil e edificações de obras públicas, observando os Códigos Municipais de Obras e Posturas;
- promover a elaboração de projetos de obras públicas municipais e os respectivos orçamentos;
- promover a execução de obras de saneamento básico;
- executar as atividades de análise e aprovação de projetos de obras particulares;
- responsabilizar-se pela elaboração e atualização do Plano Diretor do Município;
- promover a execução das atividades de urbanização no âmbito municipal
- promover as atividades relativas à execução de estudos e projetos urbanísticos e ao controle urbanísticos e paisagismo;
- promover e acompanhar a execução dos planos municipais de desenvolvimento;
- promover a elaboração e o acompanhamento de diagnósticos, projetos e estudos voltados para o planejamento do município.

A Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMDEC) foi criada pela Lei Municipal nº 2.602 de novembro de 2003 e está subordinado diretamente ao Prefeito e tem como finalidade a coordenação, em nível municipal, de todas as ações de defesa civil, nos períodos de normalidade e anormalidade.

Em termos de gestão urbana participativa o Município conta dois conselhos que discutem as políticas de habitação social, planejamento urbano e

ocupação do solo: o Conselho Municipal de Habitação e o Conselho Municipal de Defesa Civil.

O Conselho Municipal de Habitação foi criado pela Lei Municipal nº 2909 de fevereiro de 2008 e tem como objetivos: definir as prioridades dos investimentos públicos na área habitacional; elaborar propostas, acompanhar, avaliar e fiscalizar a execução da Política Municipal de Habitação; discutir e participar das ações de intervenção pública em assentamentos precários; garantir o acesso à moradia com condições de habitabilidade, priorizando as famílias com renda mensal de até dois salários mínimos; articular, compatibilizar, fiscalizar e apoiar a atuação das entidades que desempenham funções no setor de habitação; e incentivar a participação popular na discussão, formulação e acompanhamento das políticas habitacionais e seu controle social.

O Conselho Municipal de Defesa Civil foi criado pela Lei Municipal nº 3.258 de maio de 2013, com suas competências regulamentadas pelo art. 3º: planejar e atuar na prevenção dos desastres; preparar o Plano de Ação Anual e de atuação nas calamidades; encaminhar ao Chefe do Executivo, a previsão orçamentária de gastos para o exercício seguinte; mobilizar e treinar as comunidades de áreas de risco; manter atualizadas e disponíveis as informações relacionadas à defesa civil, inclusive um banco de dados sobre os riscos de desastres no município; nas situações de desastres, executar a distribuição e o controle de suprimentos necessários, agindo em conjunto com os demais órgãos envolvidos; capacitar recursos humanos, inclusive sob a forma de voluntariado para a criação de núcleos comunitários de defesa civil nos bairros da cidade; e propor campanhas públicas para envolver a população nas medidas de Defesa Civil.

O risco hidrológico e geológico-geotécnico constituem 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 nas áreas urbana e habitacional**

O município de Alegre possui poucos programas, planos e projetos em andamento ou que foram executados, sendo parte implantados a partir de convênios com o Governo Federal ou Estadual e alguns desses com recurso próprio. Dentre eles está um convênio do município com o Governo Federal, firmado através do Programa de Aceleração do Crescimento, para construção da rede de captação de esgoto dos bairros Centro, Guararema, Novo Alegre e Charqueada e de uma estação de tratamento de esgoto. As obras já estão sendo executadas e a previsão de término é em 2013.

Outro programa em andamento é um convênio com o Ministério das Cidades e com o Instituto de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Estado do Espírito Santo (IDURB), através Programa Casa Nova, para execução de moradias pelo Minha Casa Minha Vida, contemplando 50 famílias. A prefeitura está selecionando terreno para execução do empreendimento.

O município também possui projetos, já elaborados, aguardando a captação de recursos para serem executados, sendo projetos de drenagem e pavimentação para o Centro.

Além desses, foram identificados iniciativas por parte do Poder Público municipal e também através de convênios com a SEDURB, para execução de obras de muro de arrimo. No momento, está sendo executado um muro de arrimo, na rodovia que sai de Alegre e vai para Cachoeiro do Itapemirim, mas já foram executadas outras contenções no município.

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. Eles estão com recurso para contratar o Plano Municipal de Saneamento, que deverá ser elaborado em 2014.

Em se tratando de obras para erradicação de risco, é prática do governo municipal atuar na limpeza das redes de drenagem urbana, tais como bocas-de-lobo e poços de visita e também na limpeza dos rios, sendo executadas pela Secretaria Municipal de Obras.

Conclui-se, que 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.

Em se tratando situações de desastre e emergência, os técnicos da Prefeitura Municipal relataram que a cidade possui problemas com inundação e deslizamento, sendo maior a ocorrência nos distritos fora da Sede Municipal, mas as maiores perdas e desastres se dão nos pontos de deslizamentos. Os rios e córregos que inundam, em geral, atingem o distrito Sede, já os pontos de deslizamento encontram-se por todo o município.

A Defesa Civil do município ainda não efetua nenhum tipo de conscientização de moradores de áreas de risco no intuito de orientá-los em caso de uma emergência, em minimizar as situações de risco já formadas ou não deixar que novos pontos de risco apareçam. Eles também não tem um cadastro de associações de moradores e lideranças comunitárias, principalmente de áreas com vulnerabilidade social. As visitas e contato com essa população, com vistas ao enfrentamento do risco geológico e/ou hidrológico, só ocorrem quando a própria população solicita. Nesse caso, o técnico da Defesa Civil vai até a edificação, onde o morador solicitou uma visita técnica e produz um laudo sobre a situação do local. Caso seja necessária a remoção da família, esta é efetivada com apoio da Secretaria de Ação Social. Segundo informações coletadas em reunião com os técnicos da Prefeitura Municipal, existe um Núcleo de Defesa Civil que se encontra instalado na Sede do Município.

A Defesa Civil possui certa infraestrutura básica, que auxilia em sua atuação, como carros, computadores e um barco, além de outros equipamentos, mas ainda está se organizando, não estando perfeitamente estruturada. A Defesa Civil mantém contato com a Defesa Civil Estadual e com os municípios vizinhos para ser orientada, quanto a previsão de chuva forte.

O Município não possui abrigos para assistir às famílias no caso de um desastre e os próprios moradores costumam se mobilizar para auxiliar e abrigar as famílias. Em caso de emergência as famílias poderão acessar o aluguel social, que atenderá famílias em situação de vulnerabilidade temporária, advindas de riscos, perdas e danos à integridade pessoal, podendo permanecer no auxílio pelo período de seis meses. Esse benefício também pode ser indicado para famílias, que se encontram em edificações precárias em situação de risco, sendo identificado após vistoria feita pela Defesa Civil informando, através de um laudo técnico, a necessidade de remoção da família. Atualmente o aluguel está amparando 13 famílias, que foram removidas de áreas de risco.

#### **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 apresentados 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 insertas 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 m<sup>2</sup>, 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 125m<sup>2</sup> (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  $25^\circ$ , 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 reúso 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 inundações, 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 Ecnegócio 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 nº 2980/2008

A Lei Municipal nº 2.980 de 28 de dezembro de 2008 institui o Plano Diretor Municipal de Alegre e, segundo o art. 1º ela é o instrumento global de planejamento municipal e de implementação da política de desenvolvimento territorial, social, econômico e ambiental do Município, em atendimento às disposições do artigo 182 da Constituição Federal e da Lei nº. 10.257, de 10 de julho de 2001 e Lei Orgânica Municipal.

Art. 4º. São objetivos gerais a serem alcançados através da implementação do Plano Diretor Municipal de Alegre:

I – promover a participação da sociedade nos processos de planejamento e de gestão territorial;

II – indicar instâncias de controle social para acompanhamento da execução da política de desenvolvimento do território;

III – integrar as políticas públicas com base na compreensão das dinâmicas sociais, ambientais, econômicas e culturais locais, considerando as diferenças internas do Município e sua inserção na região;

IV – promover a utilização sustentável do território municipal, de acordo com as orientações para localização e funcionamento das atividades econômicas e demais usos, e de acordo com as orientações para ocupação do solo urbano;

V – promover o saneamento ambiental, através da universalização do acesso à água potável, aos serviços de esgotamento sanitário, à coleta e disposição de resíduos sólidos e ao manejo sustentável das águas pluviais, de forma integrada às políticas ambientais, de recursos hídricos e de saúde;

VI – aplicar os instrumentos que possibilitem a gestão social da valorização da terra urbana, previstos no Estatuto da Cidade.

VII – promover a regularização fundiária, bem como a urbanização específica nas áreas ocupadas pelas populações de baixa renda, observando-se as regulamentações constantes desta lei e da legislação ambiental.

Para alcançar os objetivos gerais desse Plano Diretor foram criadas, no Título III, Políticas para Desenvolvimento Territorial. Segundo o art. 5º essa deverá ser orientada com base em diretrizes sustentáveis estabelecendo formas de desenvolvimento fundamentadas na responsabilidade social, ambiental, econômica, cultural e política de maneira a contemplar as gerações presentes e as futuras, respeitando as especificidades locais e buscando a inclusão social e a melhoria da qualidade de vida de todos.

Art. 7º. - A Política de Desenvolvimento Territorial do Município visa o direito à cidade, o cumprimento da função social da propriedade, a justa distribuição dos serviços públicos, da infra-estrutura e dos equipamentos urbanos, a ordenação do uso e da ocupação do solo e da produção do espaço urbano e rural, inclusive as áreas de expansão e preservação do patrimônio ambiental e cultural, mediante gestão participativa.

(...)

Art. 10º. - A política ambiental de meio ambiente tem por objetivo a promoção do meio ambiente ecologicamente equilibrado, como um bem comum de toda a população e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à

coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as atuais e futuras gerações.

A Política de Patrimônio Ambiental institui em seu art. 12º diretrizes para gestão dos recursos hídricos, destacam-se entre eles: o desenvolvimento e a implantação de um projeto de recuperação de matas ciliares nos arroios, cursos d'água e lagoas, em uma microbacia piloto, estendendo posteriormente às demais bacias e microbacias do município de forma a garantir a capacidade de produção e qualidade da água; não são permitidos os parcelamentos do solo, as edificações, aterros e quaisquer outras obras, nas áreas inundáveis, antes da execução das obras de escoamento das águas pluviais, de acordo estudo da drenagem da bacia hidrográfica correspondente.

Está também instituído dentro da Política de Patrimônio Ambiental, em seu art. 15º, diretrizes para gestão dos serviços de saneamento ambiental: fixação de metas progressivas de regularidade, universalização e melhoria da qualidade relativa ao sistema de abastecimento de água e ao sistema de tratamento de esgotos a serem alcançadas pelas empresas concessionárias; promoção do controle das cargas poluidoras difusas, com vistas à sua redução, particularmente daquelas originadas do lançamento de resíduos sólidos e de ligações clandestinas de esgotamento sanitário.

Destacam-se também as diretrizes instituídas, no art. 18º, para gestão de resíduos sólidos: promoção da universalidade, da eficiência e da regularidade do atendimento à população na prestação dos serviços de coleta de resíduos sólidos; estímulo à gestão compartilhada e a garantia do controle social do sistema de limpeza pública; responsabilização civil de todo aquele que, em decorrência de sua atividade, tenha produzido resíduo sólido causador de dano ambiental ou de qualquer modo tenha contribuído para ele, seja, dentre outros, o prestador de serviço, produtor, importador ou comerciante;

Por fim, destacam-se as diretrizes para gestão do sistema de drenagem urbana, ainda dentro da Política de Patrimônio Ambiental, instituídas em seu art. 19º:



Art.19º. - O Poder Executivo Municipal promoverá a implantação de um sistema de macrodrenagem na área urbana e de expansão urbana, observando o equilíbrio sistêmico de absorção, retenção e escoamento das águas pluviais, as disposições pertinentes da legislação federal, estadual e municipal aplicável, além das regras, princípios e diretrizes desta lei.

Parágrafo único - Nas áreas de interesse ambiental e seus entornos, os estudos das bacias de drenagem obrigatoriamente deverão contemplar a viabilidade técnica de realização da captação das águas através de caixa de infiltração definindo se as demais condições relativas à infiltração das águas no solo, à erosão do solo, ao nível do lençol freático e a outros aspectos geotécnicos de modo a evitar interferências no ecossistema.

§ 1º. As obras de macrodrenagem que interferirem nas bacias que vertam em parte ou totalidade de alguma das áreas de interesse ambiental, obrigatoriamente deverão contemplar um estudo de viabilidade técnica considerando as condições relativas à infiltração das águas no solo, a erosão do solo, ao nível do lençol freático e a outros aspectos geotécnicos de modo a evitar interferências no ecossistema.

§ 2º. O Plano de Macrodrenagem é um instrumento de planejamento e deverá indicar intervenções estruturais, medidas de controle e monitoramento, definindo critérios para o uso do solo compatível aos serviços de drenagem, considerando as principais

bacias e sub-bacias hidrográficas de Alegre e de seus municípios limítrofes.

O Título V trata do uso, ocupação e parcelamento do solo. O Capítulo II trata do uso do solo urbano e fica regulamentado no art. 77º, que todos os usos, atividades e índices urbanísticos deverão obedecer às características e finalidades das macrozonas e das zonas em que vierem a se instalar segundo o disposto nesta lei.

O Capítulo III trata da ocupação do solo e inicia tratando dos Índices de Controle Urbanísticos, no art 83º, que são o conjunto de normas que regula o dimensionamento das edificações, em relação ao terreno onde serão construídas, e ao uso a que se destinam, e esses serão definidos para cada uma das Zonas Urbanas.

Em seguida trata-se do parcelamento do solo e o art. 95º deixa claro que só será admitido parcelamento do solo para fins urbanos e em áreas urbanas definidas pelo próprio Plano Diretor.

Art. 95º. - 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;

(...)

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

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

(...)

VI – 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;

VII – em terrenos que não tenham acesso à via ou logradouros públicos;

VIII – em sítios arqueológicos definidos em legislação federal, estadual ou municipal;

(...)

X – nos estuários dos rios, numa faixa de 100 m (cem metros) em torno das áreas lacustres;

Art. 97º. - Os projetos de parcelamento deverão ser desenvolvidos de forma a se obter conjuntos urbanos harmônicos, compatibilizando-se a superfície topográfica e o suporte natural com as exigências das diretrizes urbanísticas, definidas no Plano Diretor, e desta Lei.

Art. 103º. - O parcelamento do solo não poderá prejudicar o escoamento natural das águas pluviais, e, as obras necessárias à sua garantia serão feitas obrigatoriamente nas vias ou em faixas reservadas para este fim.

O Título VI trata do ordenamento territorial, estando delimitado no Capítulo II o macrozoneamento municipal. O art. 115º define seis macrozonas para o município de Alegre:

- A Macrozona de Dinamização, que compreende os territórios localizados dentro e fora do perímetro urbano, inclui o território urbanizado, com a melhor infraestrutura instalada no Município, maior densidade de ocupação, concentração de comércios e serviços, potencial para o desenvolvimento de atividades ligadas a serviços tecnológicos e

educacionais de apoio à agropecuária e apresenta como eixo dinamizador a rodovia ES-482, principal via de ligação do município;

- a Macrozona de Dinamização Rural, que corresponde ao território localizado dentro da área rural do município, caracterizado por uma baixa densidade de ocupação, predomínio de monoculturas, boa acessibilidade, declínio da produção agrícola, e a presença de propriedades e monumentos naturais de interesse de preservação.;
- a Macrozona de Produção, que compreende o território localizado dentro da área rural do município, caracterizada por concentrar um número significativo de comunidades rurais, predomínio de monoculturas, boa acessibilidade e apresenta grandes investimentos na área de produção de energia elétrica, Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH;
- a Macrozona de Ocupação Urbana, que compreende o território urbano do município formado localidades de Anutiba, Araraí, Café, Santa Angélica e São João do Norte, apresenta-se de forma descontínua em áreas com maior densidade de ocupação, concentração de comércios e serviços e melhor infraestrutura instalada no Município;
- a Macrozona de Integração Turística, que corresponde ao território localizado dentro da área rural do município, possui potencial turístico em função dos recursos hídricos, apresenta áreas de preservação ambiental e deficiência na acessibilidade de algumas áreas;
- A Macrozona de Preservação Ambiental corresponde ao território localizado dentro da área rural do município, caracterizado por uma baixa densidade de ocupação, apresenta acessibilidade debilitada nas áreas mais elevadas em função da sua topografia, concentra grande parte das áreas de preservação ambiental e dos recursos hídricos do município e possui potencial para desenvolver atividades ligadas ao agroturismo;

O Capítulo III trata do Zoneamento Municipal e o art 127º divide o território municipal em onze zonas, sendo elas:

- As Zona de Preservação Ambiental (ZPA);
- As Zona de Recuperação Ambiental (ZRA) ficam definidas pela Faixa de Recuperação e Preservação Permanente, compreendendo as áreas da

Faixa de Preservação Permanente, atualmente degradadas e demais formas de vegetação natural, situadas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água e nas nascentes e ou arroios secos ou ainda que intermitentes;

- As Zona de Proteção Paisagística (ZPP) constituem áreas localizadas na sede do distrito de São Pedro de Itabapoana, que tem por finalidade proteger a visualização do conjunto histórico encontrado na região, evitando a descaracterização de seus elementos históricos e arquitetônicos. Taxa de ocupação máxima de 70% e taxa de permeabilidade mínima de 10%;
- As Zona de Interesse Histórico (ZIH 1 e 2) são aquelas onde se pretende preservar elementos que possuam referência social, espaço-temporal e apropriação de seu entorno pelo grupo social a ele relacionado, localizadas dentro do perímetro urbano, que se destinam à regular áreas de interesse de proteção do patrimônio histórico, cultural, artístico e paisagístico. Taxa de ocupação máxima de 70% ou 80% e taxa de permeabilidade mínima de 10%;
- As Zona de Ocupação Limitada (ZOL) são áreas localizadas dentro do perímetro urbano, com algum tipo de deficiência na infraestrutura, apresentando ocupações esparsas ou próximas a zonas ambientalmente frágeis ou em áreas de risco. Taxa de ocupação máxima de 70% e taxa de permeabilidade mínima de 10%;
- As Zona Especial de Interesse Social (ZEIS 1 e 2) desenvolve-se em áreas dentro do perímetro urbano que exigem tratamento diferenciado dos parâmetros de uso e ocupação do solo urbano, áreas ocupadas predominantemente por populações de baixa renda, ou que tenham sido objeto de loteamentos e ou conjuntos habitacionais irregulares e que serão destinadas a programas e projetos especiais de urbanização, reurbanização, regularização urbanística e fundiária. Taxa de ocupação máxima de 60% ou 70% e taxa de permeabilidade mínima de 10%;
- Zona de Ocupação Preferencial (ZOP 1 e 2) desenvolvem-se em áreas localizadas dentro do perímetro urbano, com ou próximas às áreas de

melhor infraestrutura, onde se torna desejável induzir o adensamento. Taxa de ocupação máxima de 75% ou 80% e taxa de permeabilidade mínima de 10%;

- Zona Especial (ZE) correspondem às áreas dentro do perímetro urbano, com localização estratégica, compostas por áreas que englobam atividades com características especiais, cuja ocupação ou ampliação dependerá da elaboração, pelos responsáveis, de planos específicos do conjunto da área, quanto ao uso e ocupação do solo, bem como respectivos estudos de impacto;
- Zona de Expansão Urbana (ZEU) são áreas localizadas dentro do perímetro urbano, com localização adequada para a expansão da área urbana em função da proximidade com eixos viários consolidados, relevo com poucos acidentes geográficos e proximidade de áreas infra-estruturadas, necessitando de melhorias na infra-estrutura urbana e adequação no sistema viário, possibilitando futura ocupação. Taxa de ocupação máxima de 60%, 70% ou 75% e taxa de permeabilidade mínima de 10%;
- Eixo de Dinamização (ED 1 e 2) é uma zona linear dentro do perímetro urbano que correspondem às áreas formadas por vias localizadas estrategicamente, que possuem importância de ligação e de centralização de atividades de comércio, serviços e indústrias. Taxa de ocupação máxima de 70%, 75% ou 80% e taxa de permeabilidade mínima de 10%;
- Eixo Rodoviário (ER) é uma zona linear dentro do perímetro urbano que conecta a sede do município, a sede dos distritos de Café, Celina, Rive e a outros municípios, possui infra-estrutura suficiente para exercer seu papel de ligação e concentração de atividades de comércio e serviços. Taxa de ocupação máxima de 60%, 65%, 70% ou 80% e taxa de permeabilidade mínima de 10%;
- Eixo Histórico (EH) é uma zona linear dentro do perímetro urbano com localização estratégica e presença de edificações de interesse histórico e arquitetônico, dotada parcialmente de infra-estrutura, necessitando de melhorias para exercer seu importante papel de ligação, centralização de



atividades de comércio e serviço e seu potencial turístico vinculado ao patrimônio arquitetônico. Taxa de ocupação máxima de 70%, 75% ou 80% e taxa de permeabilidade mínima de 10%.

O Título IX trata dos instrumentos da política urbana e o art. 202º descreve que para o planejamento e gestão do desenvolvimento urbano, o Município de Alegre adotará instrumentos da política urbana que forem necessários, especialmente aqueles previstos na Lei Federal nº. 10.257, de 10 de julho de 2001 – Estatuto da Cidade.

O parcelamento, edificação ou utilização compulsórios estão regulamentados na Seção I, portanto fica definido no art. 208º, que será exigido do proprietário do solo urbano não edificado, subutilizado ou não utilizado que promova o seu adequado aproveitamento mediante parcelamento, edificação ou utilização compulsórios, devendo os proprietários serem notificados para efetivar as devidas providências. Os proprietários notificados deverão, no prazo máximo de um ano a partir do recebimento da notificação, protocolizar pedido de aprovação e execução de parcelamento ou edificação.

Nos casos de descumprimento das condições e prazos estabelecidos para o parcelamento, edificação ou utilização compulsórios, será aplicado o IPTU progressivo no tempo, instituído no art. 214º, pelo período de cinco anos consecutivos.

Decorridos os cinco anos de cobrança de IPTU progressivo no tempo sem que o proprietário tenha cumprido a obrigação de parcelamento, edificação ou utilização do imóvel urbano, o Município poderá, de acordo com a conveniência e oportunidade, proceder à desapropriação do imóvel com pagamento em títulos da dívida pública, de acordo com o que dispõe a legislação federal aplicável.

Fica estabelecido no art. 216º, como forma para cumprimento da função social da propriedade, a possibilidade do proprietário propor ao Poder Executivo Municipal o estabelecimento de consórcio imobiliário.

§ 1º. Consórcio imobiliário é a forma de viabilizar a urbanização ou edificação por meio da qual o

proprietário transfere ao Poder Público Municipal seu imóvel mediante escritura devidamente registrada no Cartório de Registro Geral de Imóveis e, após a realização das obras, recebe, como pagamento, unidades imobiliárias devidamente urbanizadas ou edificadas.

A Seção V estabelece o direito de preempção, por meio do qual o Poder Executivo Municipal terá preferência na aquisição de imóvel urbano de alienação onerosa entre particulares para utilizá-lo com os devidos fins: regularização fundiária; execução de programas e projetos de habitação de interesse social; constituição de reserva fundiária para promoção de projetos de habitação; ordenamento e direcionamento da expansão urbana; entre outros.

Fica regulamentado na Seção VI, art. 225º, a outorga onerosa do direito de construir, onde as áreas sujeitas as operações consorciadas, quando da realização destas, o direito de construir poderá ser exercido acima do coeficiente de aproveitamento básico do terreno até o limite estabelecido pelo coeficiente de aproveitamento máximo do terreno mediante contrapartida a ser prestada pelo beneficiário.

A Seção VIII institui a transferência do direito de construir, em seu art 232º:

Art. 232º. - O Poder Executivo Municipal poderá autorizar o proprietário de imóvel urbano, privado ou público, a transferir o direito de construir previsto na legislação urbanística municipal, para o referido imóvel, quando ele for considerado necessário para fins de:

(...)

III – implementação de programas de regularização fundiária, urbanização de assentamentos precários ou promoção da habitação de interesse social.

O art. 235º da Seção X descreve a respeito da concessão do uso especial de imóvel público para fins de moradia e, conforme o próprio nome diz, o Poder Executivo concederá o uso especial de imóvel público, relativamente ao bem objeto da posse, que esteja sendo utilizado unicamente para finalidade de moradia, por família de baixa renda que resida por cinco anos, ininterruptamente e sem oposição, desde que não seja proprietário ou concessionário de outro imóvel urbano ou rural.

Os mapas e plantas que se fazem necessários para compreensão desse Plano Diretor encontram-se sob a forma de Anexos no presente documento.

#### **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 Alegre. 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.

Em relação às legislações, que dispõe sobre a estrutura administrativa da Prefeitura Municipal de Alegre, destacam-se as competências da Secretaria Municipal de Ação Social e Direitos Humanos e da Secretaria Municipal de Obras, Planejamento Urbano e Serviços Públicos.

Em relação à Secretaria de Ação Social, torna-se importante sua atuação por gerenciar, coordenar e instituir programas de assistência social para famílias em vulnerabilidade social, o que passa pela garantia de acesso à moradia digna e acesso a cidade. Essa secretaria também produz levantamentos socioeconômicos com vistas ao planejamento habitacional. Destaca-se uma falha nas competências dessa secretaria que, apesar de deixar subentendido sua atuação nas questões relacionadas ao direito à moradia, essa ação não

está bem delimitada e não é tratada como prioridade nos objetivos a serem alcançados com o trabalho de assistência social.

A Secretaria de Obras, Planejamento Urbano e Serviços Públicos tem sua importância na gestão do risco hidrológico e geológico por estar responsável pela coordenação e controle das obras públicas, devendo executar as benfeitorias e obras de infraestrutura do município, tais como pavimentação de vias, conservação de bueiros e drenagem, redes de esgoto, entre outros. Além disso, ela é responsável pela gestão do território municipal e pelo acompanhamento e proposição de normas, leis e planos, que estejam relacionados com o planejamento, uso e ocupação do território.

Torna-se importante uma ação conjunta da Secretaria de Obras e Infraestrutura e da Secretaria Ação Social nos programas habitacionais, devendo ser competência da Secretaria de Ação Social a coordenação e a realização das ações de participação, mobilização e organização comunitária para programas habitacionais para população de baixa renda, ficando a cargo da Secretaria de Obras a coordenação e execução de obras como construção de novas unidades habitacionais, melhorias habitacionais, obras de pavimentação, drenagem e as demais benfeitorias.

A Secretaria Municipal de Obras também é importante por ser responsável pela 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. Essa secretaria também é responsável pela educação pública quanto a destinação e tratamento do lixo.

A Lei Municipal nº 2.980 de 28 de dezembro de 2008, que institui o Plano Diretor de Alegre encontra-se em perfeito acordo com as necessidades do município de regular o uso e ocupação do solo, a expansão e ordenamento territorial, a proteção do meio ambiente e construção de novos empreendimentos e edificações. Além disso, ela ainda se encontra dentro do prazo de validade estabelecido pelo Estatuto da Cidade, sendo de dez anos.

Destaca-se a importância do Plano Diretor ao instituir o Macrozoneamento e Zonas Urbanas, regulamentar o parcelamento, uso e ocupação do solo urbano, além de regulamentar os instrumentos da política urbana.

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, contribuirá de forma positiva para organizar a expansão do território, mitigar os problemas existentes, e melhorar a qualidade e expectativas dos espaços públicos. A partir de informações dos técnicos municipais, percebe-se que é prática atuar sobre aprovação de projetos de edificações e parcelamentos, entretanto ainda possuem deficiência na fiscalização da execução desses, visto que o corpo técnico municipal é reduzido não conseguindo atuar de forma eficaz.

Não foi identificado um Código Municipal de Meio Ambiente na reunião realizada com os técnicos da Prefeitura Municipal e em pesquisas elaboradas no endereço eletrônico da Prefeitura Municipal e no endereço eletrônico da Câmara Municipal de Alegre. Esse é um instrumento imprescindível para o licenciamento e controle da implantação de empreendimentos, que possam gerar impactos ambientais indesejáveis no município.

A partir de análise feita a partir de reunião dos técnicos da prefeitura municipal sobre programas e projetos em andamento, além da prática de aprovação de parcelamento, conclui-se que o município tem trabalhado no sentido de minimizar os problemas de infraestrutura, principalmente relacionados à drenagem urbana e estabilização de encostas, no entanto ainda é ineficaz a produção de habitação de baixa renda para beneficiar famílias em vulnerabilidade social.

A aprovação desses dois planos – Plano Diretor de Águas Pluvias e Fluvias e Plano de Risco Geológico –, além do Plano Diretor já existente, 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 INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO ALEGRE NO CENÁRIO ATUAL

### 6.5.1 Contextualização

O município de Alegre sofre com constantes inundações em área urbana, consequência das cheias do Rio Alegre e o córrego Varjão da Cutia. De acordo com registros da Defesa Civil Municipal essas inundações são de recorrência anual.

O rio Alegre é formado pelo encontro do ribeirão Arraial do Café e o ribeirão Vargem Alegre e possui extensão de aproximadamente 2.400 m até um barramento localizado imediatamente a jusante de Alegre, onde se encontra em operação uma Pequena Central Hidrelétrica (**Figura 6-5** e **Figura 6-6**) operada pela EDP e responsável pela geração de parte da energia do município. A montante desse barramento, a aproximadamente 70 m, o rio Alegre recebe a afluição do córrego Varjão da Cutia, que corta importantes bairros da área urbana do município.



**Figura 6-5:** Barragem da hidroelétrica da EDP.



**Figura 6-6:** Vista sobre pedra a montante do barramento da hidrelétrica.



Conforme pode ser observado na **Figura 6-7**, **Figura 6-8**, **Figura 6-9** e na **Figura 6-10** o leito do rio Alegre, no interior do núcleo urbano da cidade, apresenta trechos com presença de rochas, construção de casas sobre suas margens e redução de sua seção hidráulica com aterros, prejudicando o escoamento das águas em casos de vazões mais elevadas.



**Figura 6-7:** Vista montante do Rio Alegre sobre ponte na Rua Misael Barcelos.



**Figura 6-8:** Vista do trecho em leito pedregoso a montante do barramento da hidrelétrica da EDP.



**Figura 6-9:** Casas construídas sobre as margens do rio Alegre.

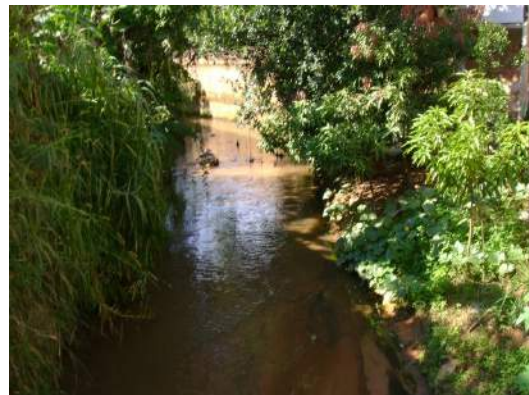


**Figura 6-10:** Redução da seção hidráulica do rio Alegre. Vista a montante sobre ponte na Rua Mizael P. Barcelos.

Desaguando no rio Alegre imediatamente a montante do barramento da PCH, o córrego Varjão da Cutia entra na área urbana de Alegre pelo bairro Guararema e corta a cidade de norte a sul. O córrego apresenta extensão total de aproximadamente 9.500 m (**Figura 6-11** e **Figura 6-12**) e se encontra muito impactado desde suas nascentes até a sua foz.



**Figura 6-11:** Vista montante sobre a ponte na Rua Pde. Aureliano Lopes. Córrego Varjão da Cutia no início da área urbana de Alegre.



**Figura 6-12:** Vista jusante sobre a ponte na Rua Pde. Aureliano Lopes. Córrego Varjão da Cutia no início da área urbana de Alegre.

Ao longo do seu trecho urbano, o córrego Varjão da Cutia é cortado por pontes e pontilhões. Em campo observou-se quatro importantes constrições em seu percurso (**Figura 6-13**, **Figura 6-14**, **Figura 6-15** e **Figura 6-16**) conforme apresentado em seguida.



**Figura 6-13:** Vista jusante da constrição 1 sob a Rua Dr. Wanderley.



**Figura 6-14:** Vista montante da constrição 2 sob a Trav. Honório Lacerda Ferraz.



**Figura 6-15:** Vista jusante da construção 3 sob a Av. Olívio C. Pedrosa.



**Figura 6-16:** Vista montante da construção 4 do Hospital Público Municipal de Alegre.

A construção sob a Rua Dr. Wanderley (**Figura 6-13**) possui 38 m de extensão e dimensões de 5m x 3m (B x H).

A construção sob a Trav. Honório Lacerda Ferraz (**Figura 6-14**) possui 42 m de extensão e dimensões de 5m x 3m (B x H).

A construção sob a Av. Olívio C. Pedrosa (**Figura 6-15**) possui 20 m de extensão e dimensões de 6m x 3m (B x H).

A construção do Hospital Público Municipal de Alegre (**Figura 6-16**) é causada pela passarela interna que interliga as duas alas construídas em margens distintos do córrego Varjão da Cutia. Sua extensão é de 4 m e dimensões de 6m x 5m (B x H).

Após percorrer as construções supracitadas, o córrego Varjão da Cutia é cortado por pontilhões que servem como acesso às casas construídas as margens deste até o encontro com o rio Alegre (**Figura 6-17** e **Figura 6-18**).





**Figura 6-17:** Pontilhões sobre o córrego Varjão da Cutia. Bairro Centro.



**Figura 6-18:** Encontro do córrego da Cutia com o rio Alegre.

Em face às constantes inundações, parte da população que mora ao longo do córrego Varjão da Cutia e do rio Alegre passou a altear suas margens para se proteger de alagamentos (**Figura 6-19**).

As várias ações acima citadas, aliadas ao intenso desmatamento das bacias dos cursos d'água em apreço tem resultado em problemas de inundação em vários pontos da cidade (**Figura 6-20**), já que a vazão máxima suportada pela calha dos mesmos no centro urbano é bem menor que vazões de cheias com curto intervalo de recorrência.



**Figura 6-19:** Margem direita do rio Alegre alteado por moradores.



**Figura 6-20:** Inundação no bairro Centro de Alegre.

## 6.5.2 Apropriação dos valores de vazões máximas

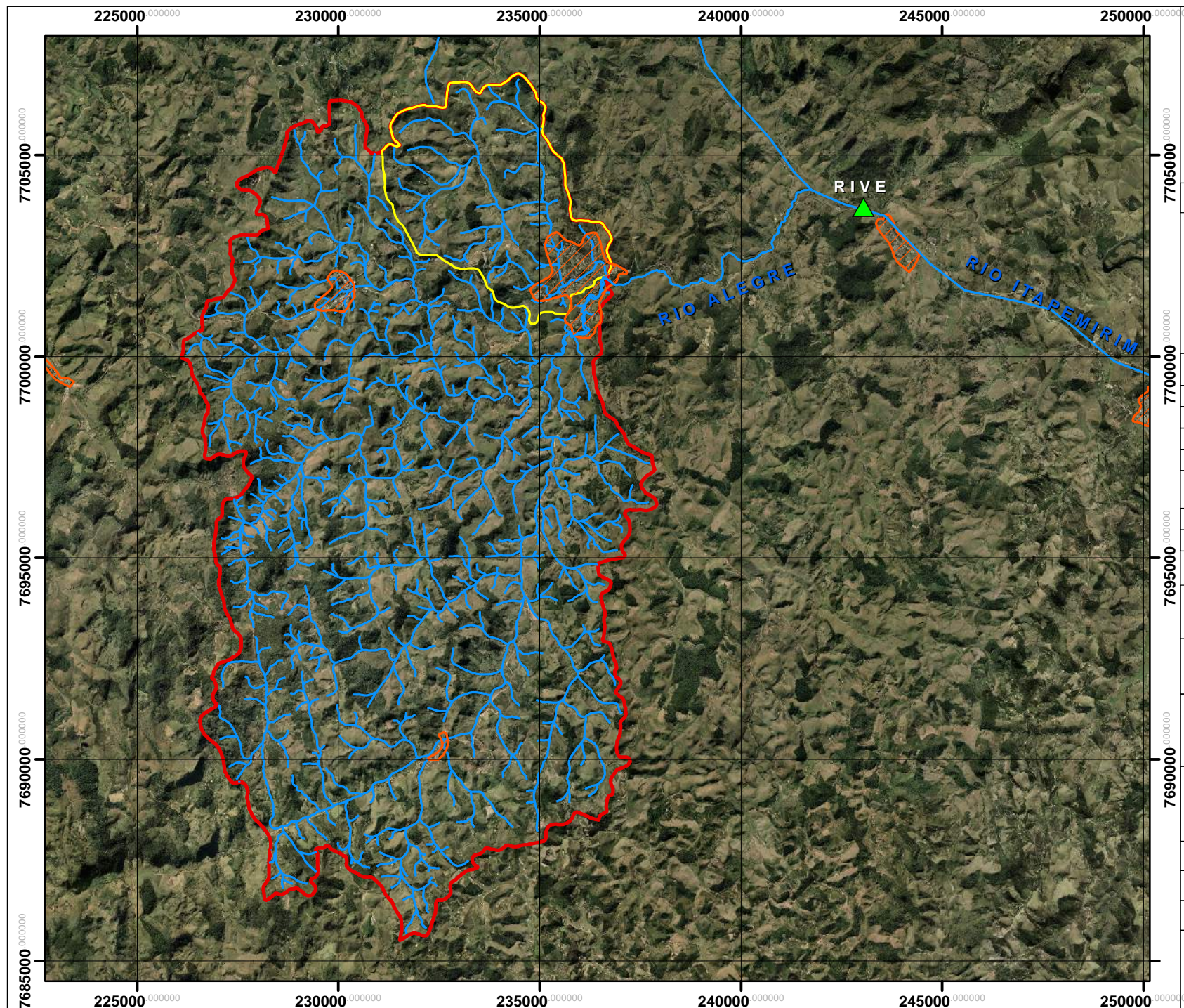
Como não existem resultados de medições de vazão de longo prazo no rio Alegre e no Varjão da Cutia, decidiu-se por apropriar as vazões máximas nestes a partir de dados fluviométricos do rio Itapemirim.

### 6.5.2.1 Estudo Estatístico de Vazões Máximas do Rio Alegre

O rio Itapemirim possui várias estações fluviométricas localizadas ao longo de todo seu percurso e a estação fluviométrica Rive, localizada no distrito de Rive logo a jusante da confluência do rio Alegre com o Itapemirim, foi utilizada para o estudo das vazões máximas do rio Itapemirim. A localização da estação fluviométrica está apresentada na **Figura 6-21** 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. As principais características da estação fluviométrica Rive estão apresentadas na **Tabela 6-5** enquanto a **Tabela 6-6** apresenta suas vazões máximas. Os dados de vazão da estação Rive, com os tempos de recorrência supracitados, foram transpostos para o ponto de drenagem imediatamente a montante da área urbana de Alegre por meio da relação entre a área drenada até a estação fluviométrica e a drenada até a seção a montante de Alegre.

Na análise estatística para a apropriação das vazões máximas na estação Rive, 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.





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

#### Legenda

- ▲ Estação Fluviométrica
- ▨ Mancha Urbana
- ▭ Bacia do Córrego Varjão da Cutia
- ▭ Bacia do Rio Alegre
- Cursos d'água

#### Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

ANA. Estações fluviométricas.

GEOBASES. Bacias Hidrográficas.

GEOBASES. Cursos d'água.

Ø	Emissão original	30/10/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto: Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais Diagnóstico

Título: Localização da Estação Fluviométrica de River com relação às Bacias estudadas

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: 1:132,000 0 0.5 1 2 3 km

Folha: 01 de 01 Local: Alegre-ES

Papel: A4 Nº: **Figura 6-21**

Contratante: Consórcio:





**Tabela 6-5:** Características da estação fluviométrica Rive.

Característica	Informação
<b>Código</b>	57450000
<b>Nome</b>	Rive
<b>Rio</b>	Rio Itapemirim
<b>Latitude</b>	-20:44:49
<b>Longitude</b>	-41:27:58
<b>Altitude (m)</b>	128
<b>Área de Drenagem (Km2)</b>	2.180
<b>Período de dados</b>	1939-dias atuais

**Tabela 6-6:** Vazões máximas anuais da estação fluviométrica Rive.

Ano	Vazão (m³/s)	Ano	Vazão (m³/s)	Ano	Vazão (m³/s)
1935	148,00	1958	152,00	1981	738,00
1936	205,00	1959	313,00	1982	398,00
1937	390,00	1960	653,00	1983	300,00
1938	130,00	1961	467,00	1984	370,00
1939	891,00	1962	323,00	1985	751,00
1940	261,00	1963	88,10	1986	357,00
1941	363,00	1964	248,00	1987	322,27
1942	629,00	1965	306,00	1988	198,06
1943	857,00	1966	404,00	1989	481,80
1944	228,00	1967	214,00	1990	261,54
1945	637,00	1968	807,00	1991	957,22
1946	266,00	1969	244,00	1992	406,21
1947	298,00	1970	367,00	1993	398,39
1948	679,00	1971	628,00	1994	525,08
1949	504,00	1972	223,00	1995	527,29
1950	682,00	1973	384,00	1996	1030,99
1951	241,00	1974	164,00	1997	1154,19
1952	576,00	1975	364,00	1998	475,45
1953	365,00	1976	368,00	1999	291,18
1954	187,00	1977	236,00	2001	347,44
1955	268,00	1978	308,00	2003	576,00
1956	971,00	1979	875,00	2004	562,79
1957	511,00	1980	497,00	2005	814,64

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.

#### 6.5.2.1.1 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:

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

**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,  $\mu'$  a média da série de logaritmos dos eventos da amostra e  $\sigma'$  o desvio padrão da série de logaritmos dos eventos da amostra.

### 6.5.2.1.2 Distribuição Lognormal tipo III

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

$$K = \frac{\left( e^{\sqrt{\ln(W^2 + 1)} \cdot D - \frac{\ln(W^2 + 1)}{2}} \right) - 1}{W} \quad \text{Equação 14}$$

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

$$W = \frac{1 - \omega^{2/3}}{\omega^{1/3}} \quad \text{Equação 15}$$

$$\omega = \frac{-\gamma + \sqrt{\gamma^2 + 4}}{2} \quad \text{Equação 16}$$

$$\gamma = \frac{N}{(N-1)(N-2)} \sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \mu)}{\sigma^3} \quad \text{Equação 17}$$

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**.

### 6.5.2.1.3 Distribuição Pearson tipo III

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

$$K = D + \left(D^2 - 1\right) \frac{\gamma}{6} + \frac{1}{3} (D - 6D) \left(\frac{\gamma}{6}\right)^2 - \left(D^2 - 1\right) \left(\frac{\gamma}{6}\right)^3 + D \left(\frac{\gamma}{6}\right)^4 + \frac{1}{3} \left(\frac{\gamma}{6}\right)^5 \quad \text{Equação 18}$$

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

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

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

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),  $\Gamma$  representa a função Gama, cujo valor pode ser estimado a partir da seguinte equação:

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

#### 6.5.2.1.4 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.

#### 6.5.2.1.5 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):

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

#### 6.5.2.1.6 Vazões máximas do rio Alegre

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 Rive.

Período de recorrência	Vazão (m³/s)	Método de distribuição
5 anos	628,12	Gumbel
10 anos	765,30	Lognormal III
20 anos	893,65	Lognormal III
25 anos	986,32	Gumbel
30 anos	1.024,20	Gumbel
50 anos	1.130,05	Gumbel
100 anos	1.272,76	Gumbel

A bacia de drenagem a montante do centro urbano de Alegre, possui área menor que a bacia de drenagem da estação Rive, com 154 Km<sup>2</sup> e 2.180 Km<sup>2</sup> respectivamente. Desta forma, foi executada a transposição das vazões por relação linear de área, para se obter a vazão correspondente a montante da cidade de Alegre. Os resultados são apresentados na **Tabela 6-8**.

**Tabela 6-8:** Vazões máximas para os períodos de recorrência de 5, 10, 20, 25,30, 50 e 100 anos à montante da cidade de Alegre.

Período de recorrência	Vazão (m³/s)
5 anos	44,35
10 anos	54,03
20 anos	63,07
25 anos	69,64
30 anos	72,33
50 anos	79,81
100 anos	89,85

#### 6.5.2.1.7 Vazão máxima instantânea

A estação fluviométrica Rive 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 6-9** apresenta as vazões máximas adotadas no presente estudo após a aplicação do coeficiente de majoração de Tucci.

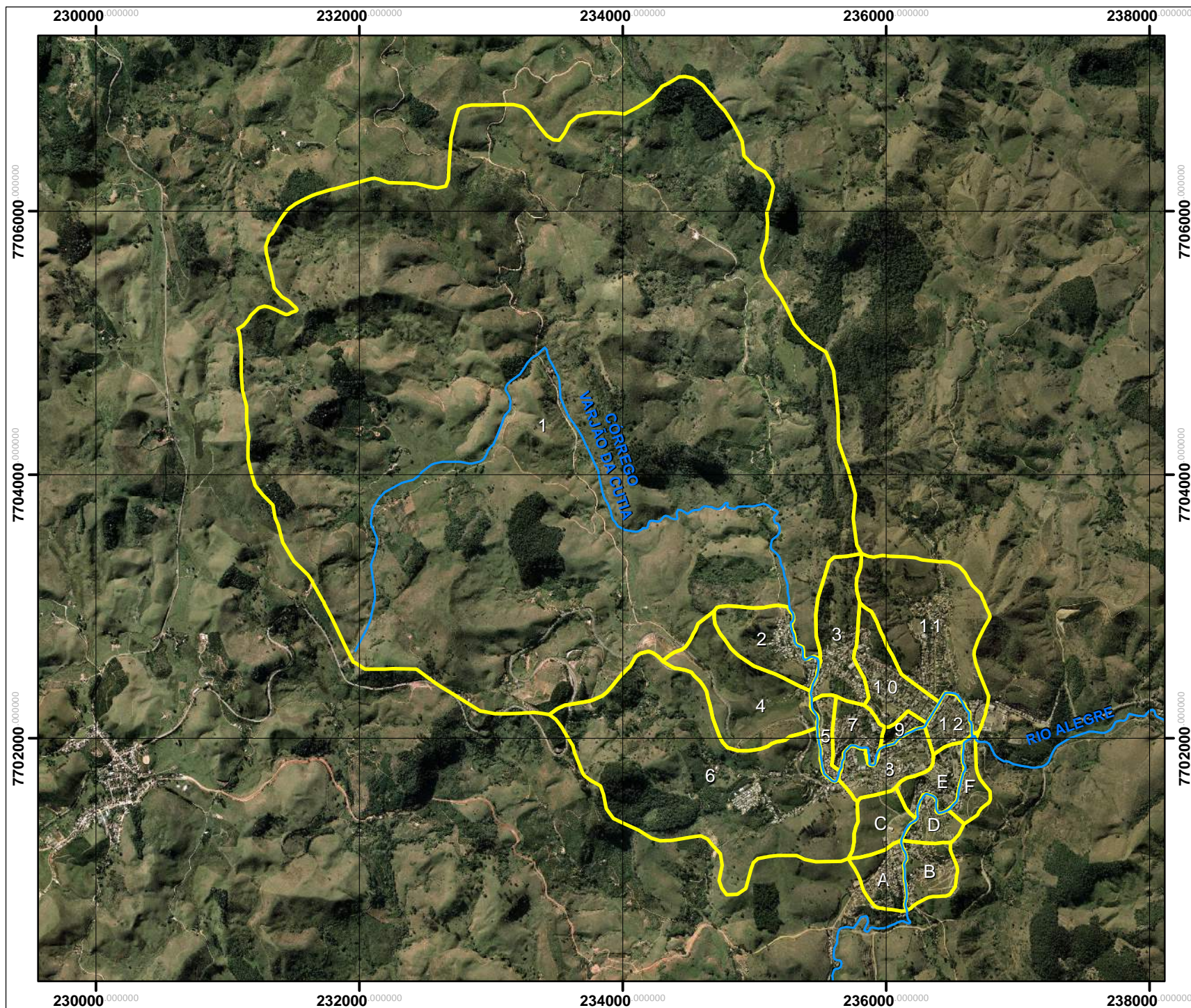
**Tabela 6-9:** Vazões máximas para os períodos de recorrência de 5, 10, 20, 25,30, 50 e 100 anos à montante da cidade de Alegre adotadas no presente estudo.

Período de recorrência	Vazão (m³/s)
5 anos	51,50
10 anos	62,74
20 anos	73,23
25 anos	80,86
30 anos	83,98
50 anos	92,67
100 anos	104,32

#### 6.5.2.2 Modelagem Hidrológica do Rio Alegre e do Córrego Varjão da Cutia

No presente estudo, a bacia de drenagem do córrego Varjão da Cutia e o trecho urbano da bacia do Rio Alegre foram divididas em 18 sub bacias, denominadas sub bacias A, B, C, D, E e F (sub bacias urbanas do rio Alegre) e 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 correspondentes às sub bacias do córrego Varjão da Cutia (**Figura 6-22**).





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

#### Legenda

- Cursos d'água
- Sub bacias

#### Documentação e Referências

IMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.  
GEOBASES. Cursos d'água.  
GEOBASES. Bacias Hidrográficas.

Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

#### Projeto:

Plano Diretor de Águas Pluviais - Diagnóstico

#### Título:

Mapa de Divisão das Sub Bacias da área urbana  
do Município de Alegre

#### Responsável técnico:

Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

#### Elaboração:

Tainah Christina Teixeira de Souza  
Estagiária em Engenharia  
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:40,000 0 200 400 800 1.200 m

Folha: 1 de 1 Local: Alegre - ES

Papel: A4 Nº: Figura 6-22

Contratante: Consórcio:



As vazões das bacias do córrego Varjão da Cutia e das bacias urbanas e periurbanas do rio Alegre 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. 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 do córrego Varjão da Cutia e rio Alegre foi considerado apropriado, dadas as possibilidades de se transformar as características da bacia em variáveis de entrada do modelo.

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 aritmética dos três valores obtidos, tendo sido calculados os tempos de concentração para cada uma das sub bacias. A **Tabela 6-10** apresenta o resultado dos cálculos do tempo de concentração das bacias do córrego Varjão da Cutia e das bacias urbanas e periurbanas do rio Alegre foram divididas.

**Tabela 6-10:** Tempo de concentração das bacias do córrego Varjão da Cutia e das bacias urbanas e periurbanas do rio Alegre.

Sub-bacia	Método (min)			Tc médio
	Ven Te Chow	Kirpich	SCS	
2	13,02	5,73	-	9,38
3	8,35	3,36	-	5,85
4	11,21	4,79	-	8,00
5	12,07	5,24	-	8,66
6	24,2	12,08	-	18,14
7	12,61	5,52	-	9,07
8	9,50	3,93	-	6,71
A	45,07	25,54	82,87	51,16
B	12,75	5,59	-	9,17
C	12,94	5,69	-	9,31
D	14,67	6,62	-	10,65
E	96,77	64,05	83,97	81,59
F	9,05	3,70	-	6,37
G	10,23	4,29	-	7,26
H	113,69	77,75	116,07	102,50
I	12,02	5,21	-	8,61
J	10,23	4,29	-	7,26
K	14,71	6,64	-	10,67
L	10,94	4,65	-	7,79
M	5,83	2,18	-	4,01

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:

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)} \quad \text{Equação 25}$$

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:

$$S = 25400 / CN - 254 \quad \text{Equação 26}$$

Sendo que o CN é um valor tabelado, relacionado ao uso do solo e ao tipo hidrológico desse. A partir do cruzamento do Mapa de Uso do Solo e do Mapa Pedológico da bacia urbana do rio Alegre, foram apropriados os valores de CN médio para cada uma de suas sub bacias. Os mapas de uso e ocupação do

solo das bacias do córrego Varjão da Cutia e das bacias urbanas e periurbanas do rio Alegre foram elaborados 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 uso 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 do córrego Varjão da Cutia e das bacias urbanas do rio Alegre está apresentado na **Figura 6-23**. Conforme pode ser observado, a maior parte da bacia encontra-se ocupada por pastagem (45%), seguida de floresta (18%), áreas urbanas (3%) e afloramentos rochosos (5%). No núcleo urbano, predominam áreas com taxa de impermeabilização de 65% e 85%.

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 do

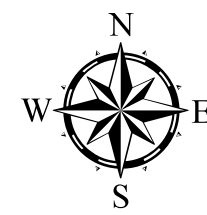
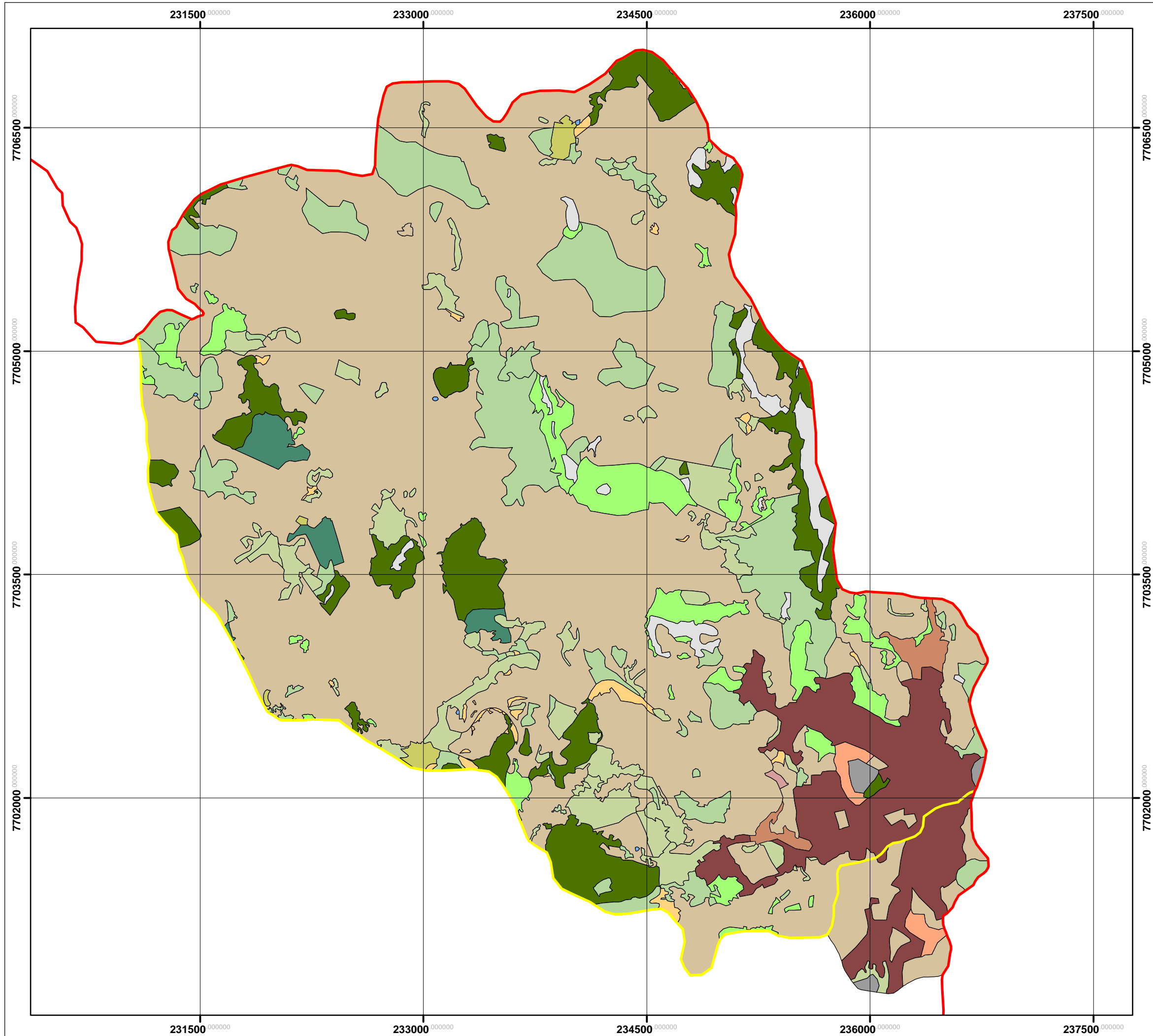


córrego Varjão da Cutia e das bacias urbanas do rio Alegre, o qual está apresentado na **Figura 6-24**.

A **Tabela 6-11** apresenta os valores de CN médio e as áreas das bacias do córrego Varjão da Cutia e das bacias urbanas e periurbanas do rio Alegre .

**Tabela 6-11:** Valores de CN médio das bacias do córrego Varjão da Cutia e das bacias urbanas e periurbanas do rio Alegre.

Sub-bacia	CN médio	Área (km <sup>2</sup> )
A	54,88	11,56
B	74,33	0,49
C	51,16	0,19
D	53,40	0,28
E	50,79	20,34
F	60,41	0,21
G	67,14	0,27
H	60,35	39,45
I	57,15	0,52
J	70,57	0,75
K	55,83	0,45
L	69,46	0,20
M	72,15	0,07
2	63,14	0,62
3	63,74	0,23
4	70,83	0,49
5	68,71	0,87
6	49,35	1,41
7	60,13	1,13



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

Legenda

Limites de Bacias

- Bacia do do Rio Alegre
- Bacia do Córrego Varjão da Cutia

Uso e Ocupação do Solo

- |                     |                |                |
|---------------------|----------------|----------------|
| Afloramento rochoso | Área urbana 65 | Cultura perene |
| Área industrial 72  | Área urbana 85 | Floresta       |
| Área urbana 12      | Banana         | Macega         |
| Área urbana 20      | Café           | Pastagem       |
| Área urbana 30      | Massa d'água   | Pasto sujo     |
| Área urbana 38      | Cultura anual  | Solo desnudo   |

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

GEOBASES. Bacias Hidrográficas.

Ø	Emissão original	30/10/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais  
Diagnóstico

Título:  
Mapa de uso e ocupação do solo da bacia de drenagem urbana  
do Rio Alegre e do Córrego Varjão da Cutia para o Cenário Atual

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

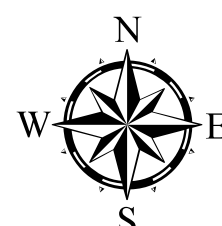
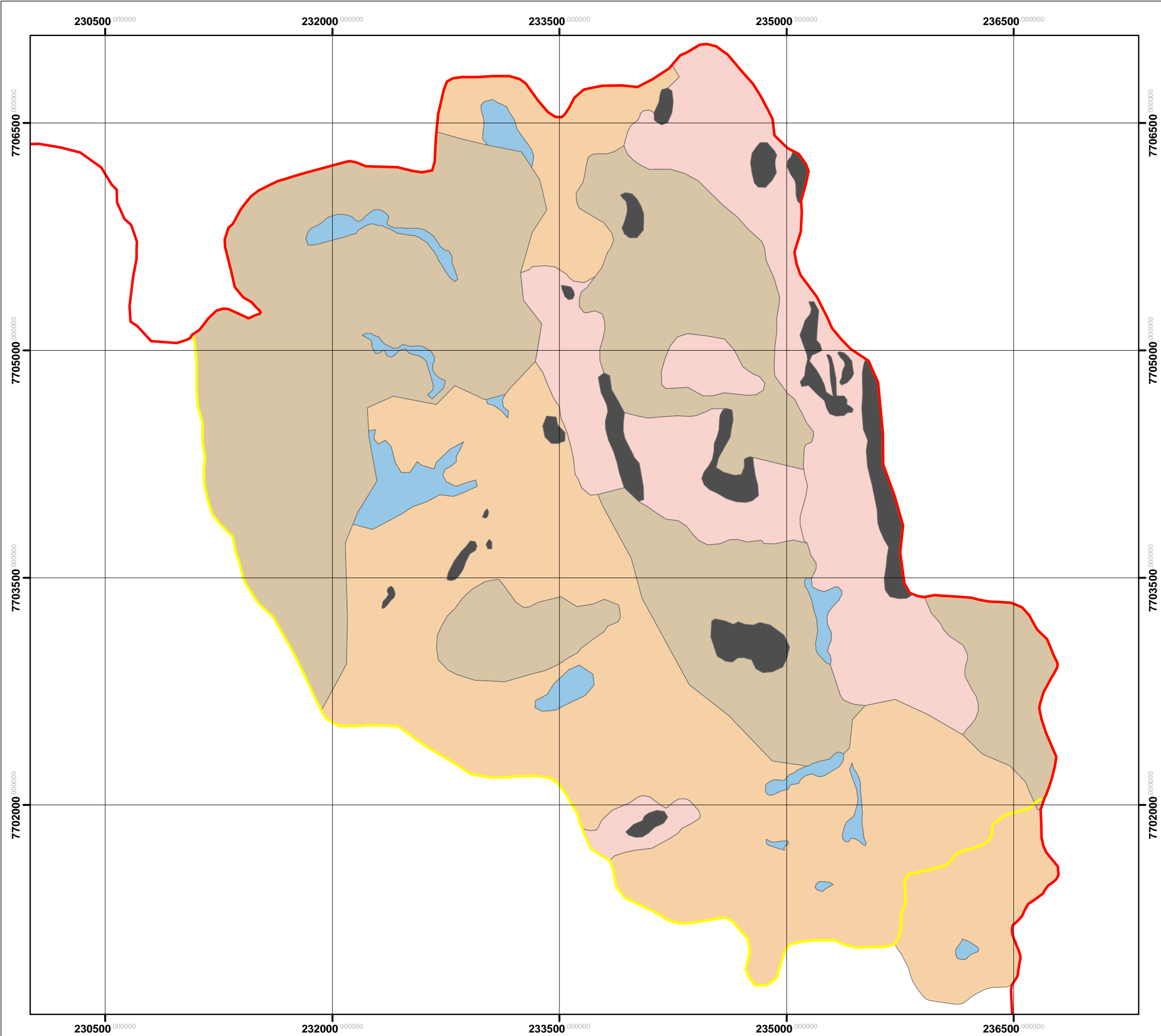
Elaboração:  
  
Tainah Christina Teixeira de Souza  
Estagiária em Engenharia  
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:25,000 0 150 300 600 900 m

Folha: 1 de 1 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº: Figura 6-23

Contratante: Consórcio:



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

**Legenda**

- Limites das bacias**
- Bacia do Rio Alegre
  - Bacia do Córrego Varjão da Cutia
- Pedologia**
- Afloramento rochoso e Neossolo Litólico
  - Cambissolo Álico
  - Gleissolo e Neossolo Flúvico
  - Latossolo Vermelho-amarelo
  - Argissolo Vermelho-amarelo

**Documentação e Referências**

- IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.
- EMBRAPA. Mapeamento de Solos. 1978.
- RADAMBRASIL. Pedologia. Folha SF 23/24. 1983.
- GEOBASES. Bacias Hidrográficas.

ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

**Projeto:**  
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais  
Diagnóstico

**Título:**  
Mapa pedológico da bacia do Córrego Varjão da Cutia  
e da bacia de drenagem urbana do Rio Alegre

**Responsável técnico:**  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

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

**Escala:** 1:25.000  
0 150 300 600 900 m

**Folha:** 01 de 01  
**Local:** Alegre - ES

**Papel:** A3  
**Nº:** **Figura 6-24**

**Contratante:**  
SECRETARIA DE SAANEAMENTO, SANEAMENTO E DESENVOLVIMENTO URBANO  
ESPIRITO SANTO

**Consórcio:**  
AVANTEC Engenharia  
Zemlya

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 km<sup>2</sup>, tendo-se, posteriormente, demonstrada a sua aplicabilidade em bacias de área mais reduzidas, entre 0,005 Km<sup>2</sup> e 25 km<sup>2</sup>.

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 tempos de recorrência 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. Para a simulação do Cenário Atual, o modelo HEC-HMS foi aplicado às bacias do córrego Varjão da Cutia e das bacias urbanas e periurbanas do rio Alegre utilizando duas abordagens: 1) precipitação com duração referente a três ou quatro vezes o tempo de concentração de cada sub bacia e; 2) precipitação com duração referente a duas vezes o tempo de concentração da bacia do córrego Varjão da Cutia. Os resultados da primeira abordagem são apresentados no **item 7.4**.

Conforme apresentado na **Tabela 6-10**, os cálculos do tempo de concentração da bacia do córrego Varjão da Cutia resultaram em um valor médio de 249,84 minutos em sua foz no Rio Alegre. 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 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.

O uso do coeficiente de abatimento  $K_A$  possibilita corrigir, pela área da bacia, a altura ou intensidade média da precipitação dada por uma IDF válida para a sub bacia.

Os coeficientes utilizados neste trabalho são provenientes do estudo realizado por Silveira (1996) apud IPH-UFGRS (2005), que estimou a estrutura de correlação espacial para Porto Alegre. O autor obteve uma expressão para o coeficiente de abatimento (redução) radial da precipitação, em função da área ao redor do ponto de maior intensidade. A expressão obtida é dada por:

$$K_A = 1 - 0,25 \frac{\sqrt{A}}{\beta}$$

**Equação 26**

Onde:

$K_A$ : Coeficiente de abatimento, que varia entre 0 e 1;

A: Área em km<sup>2</sup>;

$\beta$ : Distância teórica onde a correlação espacial se anula (variável com a duração do evento). Para Porto Alegre, a equação empírica recomendada para  $\beta$  é:

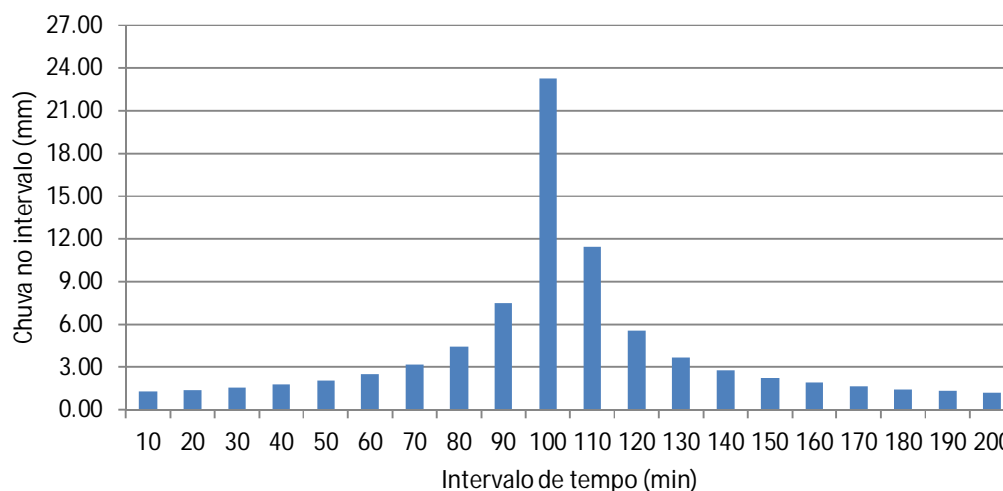
$$\beta = 0,054t + 12,9$$

**Equação 27**

Sendo t a duração do evento em minutos e  $\beta$  obtido em quilômetros.

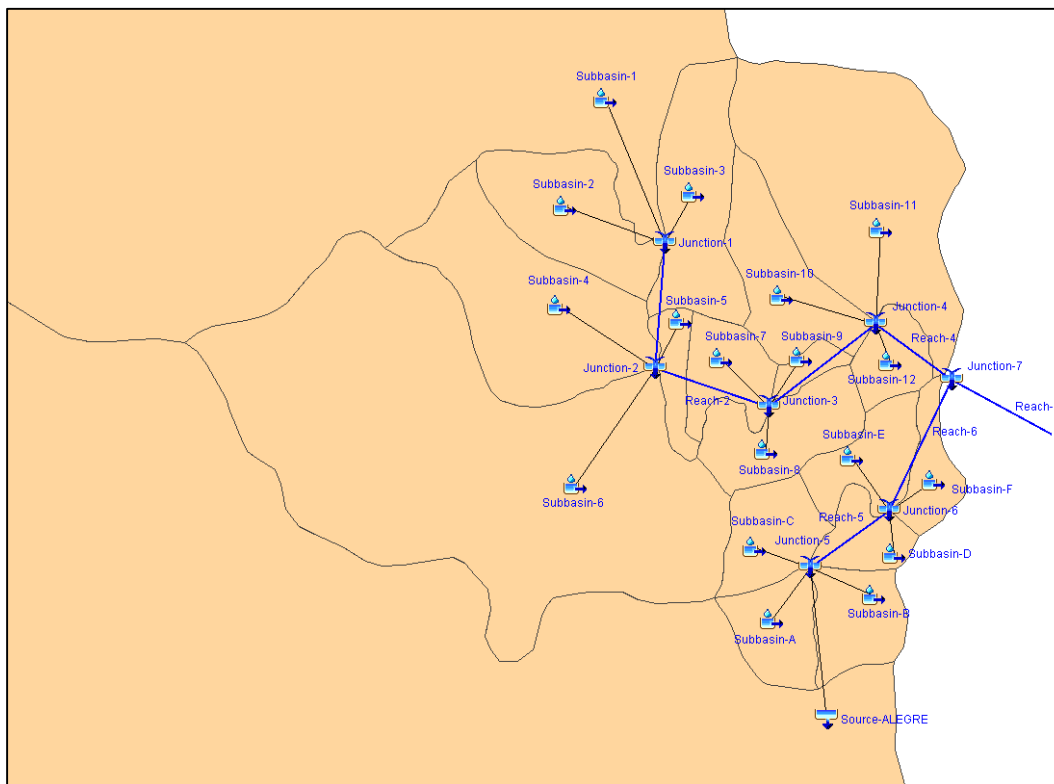
Para a bacia de drenagem urbana do rio Alegre, o cálculo do coeficiente de abatimento resultou no valor de 0,95.

A **Figura 6-25** apresenta o hietograma da chuva de 25 anos utilizada na simulação após aplicado o coeficiente de abatimento.



**Figura 6-25:** Hietograma da chuva com recorrência de 25 anos e duração igual a duas vezes o tempo de concentração da bacia do córrego Varjão da Cutia.

A tela principal do programa HEC-HMS preparada para a modelagem está apresentada na **Figura 6-26**.



**Figura 6-26:** Bacia de drenagem urbana do rio Alegre modelada pelo *software* HEC-HMS.

A Tabela 6-12, Tabela 6-13, Tabela 6-14,

Elemento hidrológico	Área drenada km <sup>2</sup>	Vazão de pico m <sup>3</sup> /s	Elemento hidrológico	Área drenada km <sup>2</sup>	Vazão de pico m <sup>3</sup> /s
<b>Junção-1</b>	16,92	15,90	<b>Sub bacia-3</b>	0,33	3,10
<b>Junção-2</b>	19,66	17,40	<b>Sub bacia-4</b>	0,55	0,80
<b>Junção-3</b>	20,07	18,10	<b>Sub bacia-5</b>	0,08	1,10
<b>Junção-4</b>	21,25	20,20	<b>Sub bacia-6</b>	2,11	1,10
<b>Junção-5</b>	154,47	76,00	<b>Sub bacia-7</b>	0,14	1,90
<b>Junção-6</b>	154,82	81,30	<b>Sub bacia-8</b>	0,22	4,60
<b>Junção-7</b>	176,07	94,90	<b>Sub bacia-9</b>	0,05	0,80
<b>Rio-1</b>	16,92	15,90	<b>Sub bacia-10</b>	0,26	3,80



<b>Rio-2</b>	19,66	17,40	<b>Sub bacia-11</b>	0,81	7,40
<b>Rio-3</b>	20,07	18,10	<b>Sub bacia-12</b>	0,11	2,90
<b>Rio-4</b>	21,25	20,20	<b>Sub bacia-A</b>	0,15	1,70
<b>Rio-5</b>	154,47	76,00	<b>Sub bacia-B</b>	0,16	1,40
<b>Rio-6</b>	154,82	81,10	<b>Sub bacia-C</b>	0,16	0,20
<b>Rio-7</b>	176,07	94,90	<b>Sub bacia-D</b>	0,10	1,60
<b>Alegre-montante</b>	154,00	73,20	<b>Sub bacia-E</b>	0,15	3,40
<b>Sub bacia-1</b>	16,29	15,10	<b>Sub bacia-F</b>	0,10	0,70
<b>Sub bacia-2</b>	0,30	1,40	-	-	-

Tabela 6-15,

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s		km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
<b>Junção-1</b>	16,92	17,70	<b>Sub bacia-3</b>	0,33	3,40
<b>Junção-2</b>	19,66	19,40	<b>Sub bacia-4</b>	0,55	1,00
<b>Junção-3</b>	20,07	20,20	<b>Sub bacia-5</b>	0,08	1,20
<b>Junção-4</b>	21,25	22,30	<b>Sub bacia-6</b>	2,11	1,30
<b>Junção-5</b>	154,47	83,90	<b>Sub bacia-7</b>	0,14	2,00
<b>Junção-6</b>	154,82	89,40	<b>Sub bacia-8</b>	0,22	4,90
<b>Junção-7</b>	176,07	104,90	<b>Sub bacia-9</b>	0,05	0,80
<b>Rio-1</b>	16,92	17,70	<b>Sub bacia-10</b>	0,26	4,00

<b>Rio-2</b>	19,66	19,40	<b>Sub bacia-11</b>	0,81	7,80
<b>Rio-3</b>	20,07	20,20	<b>Sub bacia-12</b>	0,11	3,00
<b>Rio-4</b>	21,25	22,30	<b>Sub bacia-A</b>	0,15	1,80
<b>Rio-5</b>	154,47	83,80	<b>Sub bacia-B</b>	0,16	1,50
<b>Rio-6</b>	154,82	89,20	<b>Sub bacia-C</b>	0,16	0,30
<b>Rio-7</b>	176,07	104,90	<b>Sub bacia-D</b>	0,10	1,70
<b>Alegre-montante</b>	154,00	80,90	<b>Sub bacia-E</b>	0,15	3,50
<b>Sub bacia-1</b>	16,29	16,90	<b>Sub bacia-F</b>	0,10	0,80
<b>Sub bacia-2</b>	0,30	1,60	-	-	-

Tabela 6-16, Tabela 6-17 e

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s		km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
<b>Junção-1</b>	16,92	24,50	<b>Sub bacia-3</b>	0,33	4,20
<b>Junção-2</b>	19,66	26,80	<b>Sub bacia-4</b>	0,55	1,50
<b>Junção-3</b>	20,07	27,70	<b>Sub bacia-5</b>	0,08	1,40
<b>Junção-4</b>	21,25	30,30	<b>Sub bacia-6</b>	2,11	2,10
<b>Junção-5</b>	154,47	96,50	<b>Sub bacia-7</b>	0,14	2,40
<b>Junção-6</b>	154,82	103,10	<b>Sub bacia-8</b>	0,22	5,60
<b>Junção-7</b>	176,07	125,00	<b>Sub bacia-9</b>	0,05	1,00
<b>Rio-1</b>	16,92	24,50	<b>Sub bacia-10</b>	0,26	4,60

<b>Rio-2</b>	19,66	26,80	<b>Sub bacia-11</b>	0,81	9,50
<b>Rio-3</b>	20,07	27,70	<b>Sub bacia-12</b>	0,11	3,30
<b>Rio-4</b>	21,25	30,30	<b>Sub bacia-A</b>	0,15	2,20
<b>Rio-5</b>	154,47	96,50	<b>Sub bacia-B</b>	0,16	1,90
<b>Rio-6</b>	154,82	102,70	<b>Sub bacia-C</b>	0,16	0,40
<b>Rio-7</b>	176,07	125,00	<b>Sub bacia-D</b>	0,10	2,00
<b>Alegre-montante</b>	154,00	92,70	<b>Sub bacia-E</b>	0,15	4,00
<b>Sub bacia-1</b>	16,29	23,40	<b>Sub bacia-F</b>	0,10	1,00
<b>Sub bacia-2</b>	0,30	2,10	-	-	-

**Tabela 6-18** apresentam os resultados da aplicação do HEC-HMS nas bacias modeladas para chuvas de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos, respectivamente.

As vazões referentes ao elemento hidrológico Alegre-montante são aquelas calculadas para a seção final do trecho rural do rio Alegre, calculadas por meio de análises estatísticas e adicionadas ao modelo HEC-HMS. As vazões correspondentes ao Rio-1 e Rio-6 são, respectivamente, calculadas para o trecho inicial e final do córrego Varjão da Cutia e as correspondentes ao Rio-5 e Rio-7 são, respectivamente, calculadas para o trecho urbano inicial e final do rio Alegre.

**Tabela 6-12:** Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 5 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s		km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
<b>Junção-1</b>	16,92	7,40	<b>Sub bacia-3</b>	0,33	1,90
<b>Junção-2</b>	19,66	8,00	<b>Sub bacia-4</b>	0,55	0,30
<b>Junção-3</b>	20,07	8,50	<b>Sub bacia-5</b>	0,08	0,70
<b>Junção-4</b>	21,25	14,10	<b>Sub bacia-6</b>	2,11	0,40
<b>Junção-5</b>	154,47	53,20	<b>Sub bacia-7</b>	0,14	1,30
<b>Junção-6</b>	154,82	56,70	<b>Sub bacia-8</b>	0,22	3,40
<b>Junção-7</b>	176,07	65,60	<b>Sub bacia-9</b>	0,05	0,50
<b>Rio-1</b>	16,92	7,40	<b>Sub bacia-10</b>	0,26	2,70
<b>Rio-2</b>	19,66	8,00	<b>Sub bacia-11</b>	0,81	4,80
<b>Rio-3</b>	20,07	8,50	<b>Sub bacia-12</b>	0,11	2,20
<b>Rio-4</b>	21,25	14,00	<b>Sub bacia-A</b>	0,15	1,10
<b>Rio-5</b>	154,47	53,20	<b>Sub bacia-B</b>	0,16	0,80
<b>Rio-6</b>	154,82	56,60	<b>Sub bacia-C</b>	0,16	0,10
<b>Rio-7</b>	176,07	65,60	<b>Sub bacia-D</b>	0,10	1,20
<b>Alegre-montante</b>	154,00	51,50	<b>Sub bacia-E</b>	0,15	2,50
<b>Sub bacia-1</b>	16,29	6,90	<b>Sub bacia-F</b>	0,10	0,40
<b>Sub bacia-2</b>	0,30	0,80	-	-	-

**Tabela 6-13:** Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 10 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s		km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
<b>Junção-1</b>	16,92	11,00	<b>Sub bacia-3</b>	0,33	2,50
<b>Junção-2</b>	19,66	12,00	<b>Sub bacia-4</b>	0,55	0,50
<b>Junção-3</b>	20,07	12,60	<b>Sub bacia-5</b>	0,08	0,90
<b>Junção-4</b>	21,25	16,90	<b>Sub bacia-6</b>	2,11	0,70
<b>Junção-5</b>	154,47	64,90	<b>Sub bacia-7</b>	0,14	1,60
<b>Junção-6</b>	154,82	69,30	<b>Sub bacia-8</b>	0,22	4,00
<b>Junção-7</b>	176,07	79,80	<b>Sub bacia-9</b>	0,05	0,70
<b>Rio-1</b>	16,92	11,00	<b>Sub bacia-10</b>	0,26	1,40
<b>Rio-2</b>	19,66	12,00	<b>Sub bacia-11</b>	0,81	6,00
<b>Rio-3</b>	20,07	12,60	<b>Sub bacia-12</b>	0,11	2,50
<b>Rio-4</b>	21,25	16,90	<b>Sub bacia-A</b>	0,15	1,40
<b>Rio-5</b>	154,47	64,90	<b>Sub bacia-B</b>	0,16	1,00
<b>Rio-6</b>	154,82	69,10	<b>Sub bacia-C</b>	0,16	0,10
<b>Rio-7</b>	176,07	79,70	<b>Sub bacia-D</b>	0,10	1,40
<b>Alegre-montante</b>	154,00	62,70	<b>Sub bacia-E</b>	0,15	2,90
<b>Sub bacia-1</b>	16,29	10,40	<b>Sub bacia-F</b>	0,10	0,50
<b>Sub bacia-2</b>	0,30	1,10	-	-	-

**Tabela 6-14:** Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 20 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s		km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
<b>Junção-1</b>	16,92	15,90	<b>Sub bacia-3</b>	0,33	3,10
<b>Junção-2</b>	19,66	17,40	<b>Sub bacia-4</b>	0,55	0,80
<b>Junção-3</b>	20,07	18,10	<b>Sub bacia-5</b>	0,08	1,10
<b>Junção-4</b>	21,25	20,20	<b>Sub bacia-6</b>	2,11	1,10
<b>Junção-5</b>	154,47	76,00	<b>Sub bacia-7</b>	0,14	1,90
<b>Junção-6</b>	154,82	81,30	<b>Sub bacia-8</b>	0,22	4,60
<b>Junção-7</b>	176,07	94,90	<b>Sub bacia-9</b>	0,05	0,80
<b>Rio-1</b>	16,92	15,90	<b>Sub bacia-10</b>	0,26	3,80
<b>Rio-2</b>	19,66	17,40	<b>Sub bacia-11</b>	0,81	7,40
<b>Rio-3</b>	20,07	18,10	<b>Sub bacia-12</b>	0,11	2,90
<b>Rio-4</b>	21,25	20,20	<b>Sub bacia-A</b>	0,15	1,70
<b>Rio-5</b>	154,47	76,00	<b>Sub bacia-B</b>	0,16	1,40
<b>Rio-6</b>	154,82	81,10	<b>Sub bacia-C</b>	0,16	0,20
<b>Rio-7</b>	176,07	94,90	<b>Sub bacia-D</b>	0,10	1,60
<b>Alegre-montante</b>	154,00	73,20	<b>Sub bacia-E</b>	0,15	3,40
<b>Sub bacia-1</b>	16,29	15,10	<b>Sub bacia-F</b>	0,10	0,70
<b>Sub bacia-2</b>	0,30	1,40	-	-	-

**Tabela 6-15:** Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 25 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s		km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
<b>Junção-1</b>	16,92	17,70	<b>Sub bacia-3</b>	0,33	3,40
<b>Junção-2</b>	19,66	19,40	<b>Sub bacia-4</b>	0,55	1,00
<b>Junção-3</b>	20,07	20,20	<b>Sub bacia-5</b>	0,08	1,20
<b>Junção-4</b>	21,25	22,30	<b>Sub bacia-6</b>	2,11	1,30
<b>Junção-5</b>	154,47	83,90	<b>Sub bacia-7</b>	0,14	2,00
<b>Junção-6</b>	154,82	89,40	<b>Sub bacia-8</b>	0,22	4,90
<b>Junção-7</b>	176,07	104,90	<b>Sub bacia-9</b>	0,05	0,80
<b>Rio-1</b>	16,92	17,70	<b>Sub bacia-10</b>	0,26	4,00
<b>Rio-2</b>	19,66	19,40	<b>Sub bacia-11</b>	0,81	7,80
<b>Rio-3</b>	20,07	20,20	<b>Sub bacia-12</b>	0,11	3,00
<b>Rio-4</b>	21,25	22,30	<b>Sub bacia-A</b>	0,15	1,80
<b>Rio-5</b>	154,47	83,80	<b>Sub bacia-B</b>	0,16	1,50
<b>Rio-6</b>	154,82	89,20	<b>Sub bacia-C</b>	0,16	0,30
<b>Rio-7</b>	176,07	104,90	<b>Sub bacia-D</b>	0,10	1,70
<b>Alegre-montante</b>	154,00	80,90	<b>Sub bacia-E</b>	0,15	3,50
<b>Sub bacia-1</b>	16,29	16,90	<b>Sub bacia-F</b>	0,10	0,80
<b>Sub bacia-2</b>	0,30	1,60	-	-	-



**Tabela 6-16:** Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 30 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s		km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
<b>Junção-1</b>	16,92	19,40	<b>Sub bacia-3</b>	0,33	3,60
<b>Junção-2</b>	19,66	21,40	<b>Sub bacia-4</b>	0,55	1,10
<b>Junção-3</b>	20,07	22,00	<b>Sub bacia-5</b>	0,08	1,20
<b>Junção-4</b>	21,25	24,30	<b>Sub bacia-6</b>	2,11	1,50
<b>Junção-5</b>	154,47	87,20	<b>Sub bacia-7</b>	0,14	2,10
<b>Junção-6</b>	154,82	93,00	<b>Sub bacia-8</b>	0,22	5,10
<b>Junção-7</b>	176,07	110,00	<b>Sub bacia-9</b>	0,05	0,90
<b>Rio-1</b>	16,92	19,40	<b>Sub bacia-10</b>	0,26	4,10
<b>Rio-2</b>	19,66	21,20	<b>Sub bacia-11</b>	0,81	8,30
<b>Rio-3</b>	20,07	22,00	<b>Sub bacia-12</b>	0,11	3,10
<b>Rio-4</b>	21,25	24,30	<b>Sub bacia-A</b>	0,15	1,90
<b>Rio-5</b>	154,47	87,20	<b>Sub bacia-B</b>	0,16	1,60
<b>Rio-6</b>	154,82	92,70	<b>Sub bacia-C</b>	0,16	0,30
<b>Rio-7</b>	176,07	110,00	<b>Sub bacia-D</b>	0,10	1,80
<b>Alegre-montante</b>	154,00	84,00	<b>Sub bacia-E</b>	0,15	3,70
<b>Sub bacia-1</b>	16,29	18,50	<b>Sub bacia-F</b>	0,10	0,80
<b>Sub bacia-2</b>	0,30	1,70	-	-	-

**Tabela 6-17:** Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 50 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s		km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
<b>Junção-1</b>	16,92	24,50	<b>Sub bacia-3</b>	0,33	4,20
<b>Junção-2</b>	19,66	26,80	<b>Sub bacia-4</b>	0,55	1,50
<b>Junção-3</b>	20,07	27,70	<b>Sub bacia-5</b>	0,08	1,40
<b>Junção-4</b>	21,25	30,30	<b>Sub bacia-6</b>	2,11	2,10
<b>Junção-5</b>	154,47	96,50	<b>Sub bacia-7</b>	0,14	2,40
<b>Junção-6</b>	154,82	103,10	<b>Sub bacia-8</b>	0,22	5,60
<b>Junção-7</b>	176,07	125,00	<b>Sub bacia-9</b>	0,05	1,00
<b>Rio-1</b>	16,92	24,50	<b>Sub bacia-10</b>	0,26	4,60
<b>Rio-2</b>	19,66	26,80	<b>Sub bacia-11</b>	0,81	9,50
<b>Rio-3</b>	20,07	27,70	<b>Sub bacia-12</b>	0,11	3,30
<b>Rio-4</b>	21,25	30,30	<b>Sub bacia-A</b>	0,15	2,20
<b>Rio-5</b>	154,47	96,50	<b>Sub bacia-B</b>	0,16	1,90
<b>Rio-6</b>	154,82	102,70	<b>Sub bacia-C</b>	0,16	0,40
<b>Rio-7</b>	176,07	125,00	<b>Sub bacia-D</b>	0,10	2,00
<b>Alegre-montante</b>	154,00	92,70	<b>Sub bacia-E</b>	0,15	4,00
<b>Sub bacia-1</b>	16,29	23,40	<b>Sub bacia-F</b>	0,10	1,00
<b>Sub bacia-2</b>	0,30	2,10	-	-	-

**Tabela 6-18:** Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 100 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s		km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
<b>Junção-1</b>	16,92	33,10	<b>Sub bacia-3</b>	0,33	5,10
<b>Junção-2</b>	19,66	36,20	<b>Sub bacia-4</b>	0,55	2,10
<b>Junção-3</b>	20,07	37,30	<b>Sub bacia-5</b>	0,08	1,70
<b>Junção-4</b>	21,25	40,30	<b>Sub bacia-6</b>	2,11	3,30
<b>Junção-5</b>	154,47	109,20	<b>Sub bacia-7</b>	0,14	2,90
<b>Junção-6</b>	154,82	116,80	<b>Sub bacia-8</b>	0,22	6,40
<b>Junção-7</b>	176,07	147,20	<b>Sub bacia-9</b>	0,05	1,20
<b>Rio-1</b>	16,92	33,10	<b>Sub bacia-10</b>	0,26	5,10
<b>Rio-2</b>	19,66	36,20	<b>Sub bacia-11</b>	0,81	11,40
<b>Rio-3</b>	20,07	37,30	<b>Sub bacia-12</b>	0,11	3,70
<b>Rio-4</b>	21,25	40,30	<b>Sub bacia-A</b>	0,15	2,60
<b>Rio-5</b>	154,47	109,10	<b>Sub bacia-B</b>	0,16	2,40
<b>Rio-6</b>	154,82	116,40	<b>Sub bacia-C</b>	0,16	0,60
<b>Rio-7</b>	176,07	147,20	<b>Sub bacia-D</b>	0,10	2,40
<b>Alegre-montante</b>	154,00	104,30	<b>Sub bacia-E</b>	0,15	4,60
<b>Sub bacia-1</b>	16,29	31,80	<b>Sub bacia-F</b>	0,10	1,30
<b>Sub bacia-2</b>	0,30	2,80	-	-	-

### 6.5.3 Modelagem hidráulica do Rio Alegre com o Cenário Atual

#### 6.5.3.1 Introdução

Para a simulação hidráulica da vazão de projeto da bacia do córrego Varjão da Cutia e das bacias urbanas e periurbanas do rio Alegre, 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 sedimentos, 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.

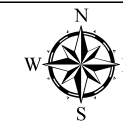
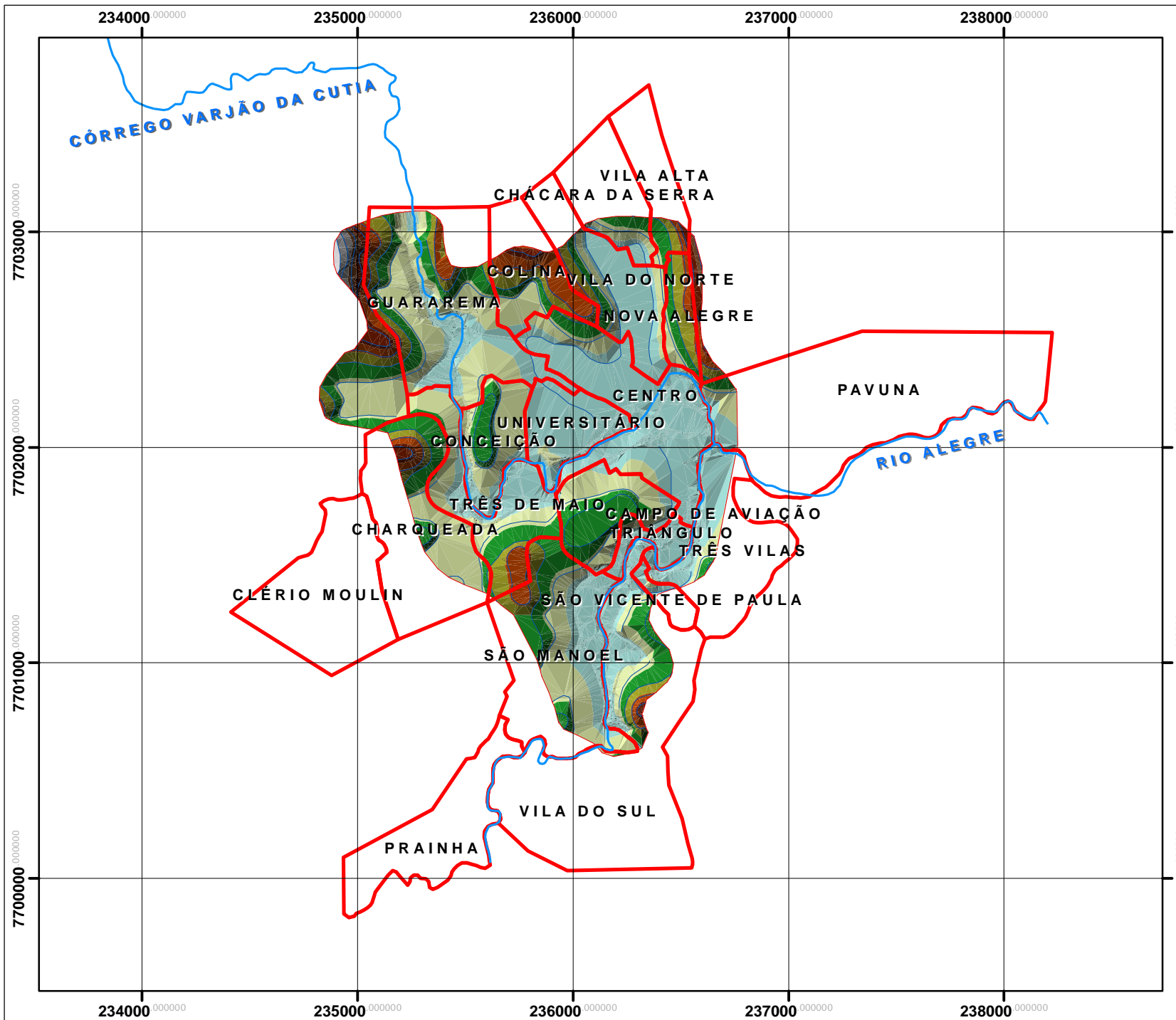
A seguir, é descrita a metodologia utilizada para o desenvolvimento do modelo hidráulico, bem como os dados de entrada e os coeficientes mais relevantes utilizados no presente estudo.

#### 6.5.3.2 Domínio do modelo

Foi definido como domínio do modelo o trecho urbano do córrego Varjão da Cutia e do rio Alegre, dentro da sede municipal de Alegre, totalizando uma extensão de aproximadamente 5,0 quilômetros.

#### 6.5.3.3 Geometria do modelo

Para o desenvolvimento do modelo hidráulico, foram utilizados dados topográficos obtidos a partir de curvas de nível do IBGE (com equidistância vertical de 20 metros) e de levantamentos realizados no âmbito do estudo de cheias do município de Alegre elaborado pelo INPH, cujas informações foram complementadas por levantamento topográfico realizado especificamente para o presente trabalho. A partir dos dados de topografia, foi construído o TIN – *Triangulated Irregular Network* da área modelada, que foi a base de entrada de dados do modelo HEC-RAS. A **Figura 6-27** apresenta o TIN das geometrias do córrego Varjão da Cutia e do trecho urbano do rio Alegre.



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

#### Legenda

- Bairros
- Cursos d'água
- Triangulação (Cota em metros)**
- |   |   |
|---|---|
| <span style="background-color: #d3d3d3; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> 360-380 | <span style="background-color: #808000; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> 260-280 |
| <span style="background-color: #a9a9a9; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> 340-360 | <span style="background-color: #008000; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> 240-260 |
| <span style="background-color: #808080; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> 320-340 | <span style="background-color: #90ee90; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> 220-240 |
| <span style="background-color: #654321; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> 300-320 | <span style="background-color: #7fffd4; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> 200-220 |
| <span style="background-color: #4682b4; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> 280-300 |   |

#### Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

GEOBASES. Bairros.

GEOBASES. Curvas de nível.

AVANTEC-ZEMLYA. Estudos Topográfico. 2013.

Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

#### Projeto:

Plano Diretor de Águas Pluviais - Diagnóstico

#### Título:

TIN do Rio Alegre e do Córrego Varjão da Cutia na Área Urbana

#### Responsável técnico:

Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

#### Elaboração:

Tainah Christina Teixeira de Souza  
Estagiária em Engenharia  
Sanitária e Ambiental

Escala: 1: 25.000



Folha: 01 de 01

Local: Alegre - ES

Papel: A4

Nº: **Figura 6-27**

#### Contratante:

Consórcio:





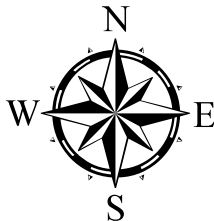
#### 6.5.3.4 Riscos de Inundação e Simulação Hidráulica com o Cenário Atual

O **ANEXO I** apresenta o Mapa de Suscetibilidade a Inundações para a sede urbana do município de Alegre - ES, como resultado da modelagem hidráulica. O mapa apresenta as áreas previstas de serem inundadas por cheias com períodos de recorrência de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos. A partir do Mapa de Suscetibilidade a Inundação, foi possível elaborar o Mapa de Risco de Inundação, apresentado no **ANEXO II**, onde são apresentadas as áreas de risco classificadas como: Muito Alto (áreas abrangidas por cheias com períodos de recorrência iguais ou menores que 5 anos), Alto (áreas abrangidas por cheias com períodos de recorrência maiores que 5 e menores ou iguais a 10 anos), Médio (áreas abrangidas por cheias com períodos de recorrência maiores que 10 e menores ou iguais a 30 anos) e Baixo (áreas abrangidas por cheias com períodos de recorrência maiores que 30 e menores ou iguais a 100 anos).

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. Deve-se considerar que as áreas de risco atingidas por cheias de maior recorrência (como as de 5 anos) também são atingidas por cheias de menor recorrência (como as de 100 anos).

Na **Figura 6-28** é possível observar a localização das construções e pontes citadas a seguir e no **item 7.3.2**.





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

Legenda

- Ponte
- Construção
- Curso d'água

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

GEOBASES. Cursos d'água

ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais  
Diagnóstico

Título:  
Mapa de localização das constrições e pontes da  
cidade sede do município de Alegre

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

Elaboração:  
  
Felippe Zuccolotto Pereira  
Tecgº Saneamento Ambiental  
CREA - ES 32790/D

Escala: 1:7.000  
0 50 100 200 300 m

Folha: 01 de 01  
Local: Alegre - ES

Papel: A4  
Nº: Figura 6-28

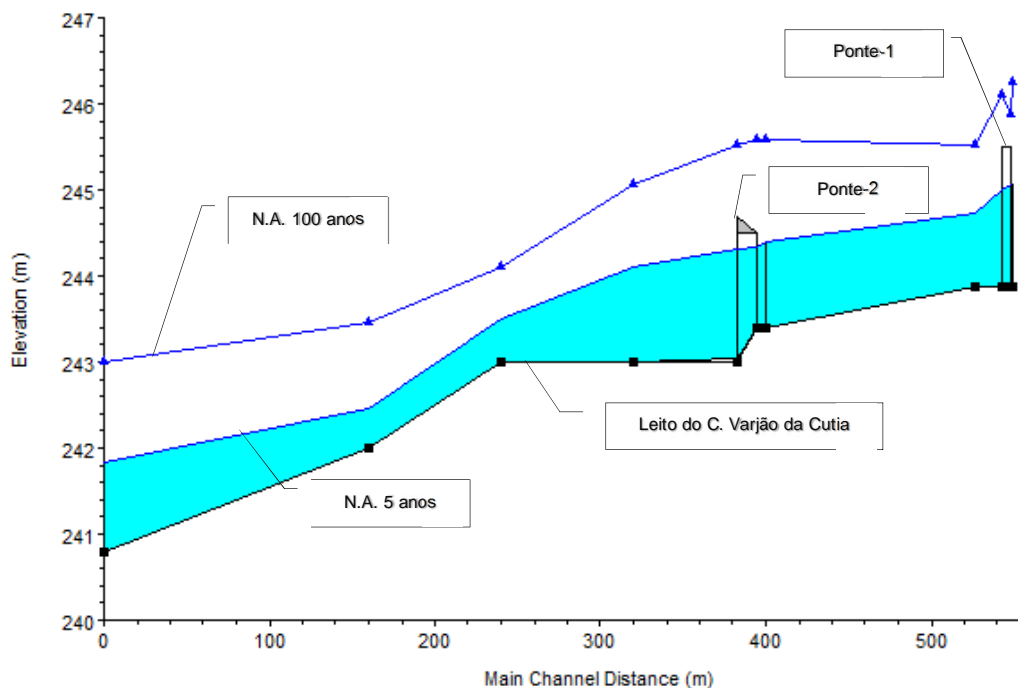
Contratante: Consórcio:



Na área urbana do município de Alegre, as áreas de inundação com períodos de recorrência de 5 anos (também classificada como área de risco muito alto) não apresentaram valores significativos relacionada a toda a área da sede do município de Alegre. De acordo com os resultados da modelagem hidráulica, as maiores manchas de inundação localizam-se no trecho inicial do córrego Varjão da Cutia, nas constrições citadas no **item 6.5.1** e no rio Alegre onde possui afloramento rochoso em seu leito. Em outras localidades, somente a população ribeirinha desses cursos d'água sofrem com inundações com esse período de recorrência.

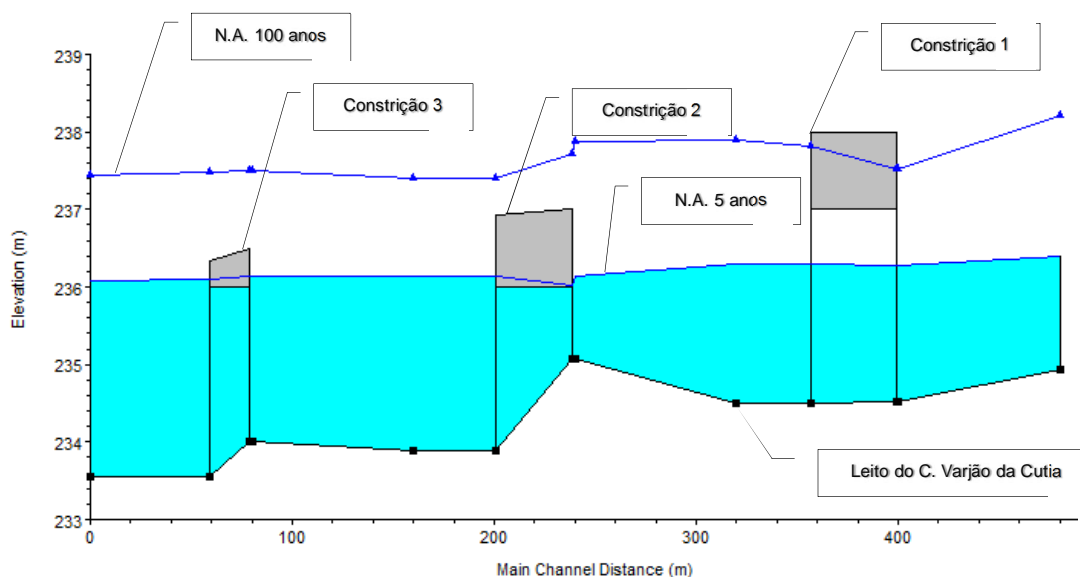
Observa-se uma quantidade considerável de domicílios dentro da área de risco R1 (muito alto), totalizando 50 domicílios, o que indica uma população com grande possibilidade de ser atingida por enchentes em intervalos iguais ou inferiores a 5 anos. Quando se considera a mancha de inundação de 25 anos de recorrência, o número de domicílios sobe para 90, ou seja, cresce consideravelmente o número de domicílios com probabilidade de ser atingido a cada 25 anos.

No trecho inicial do córrego Varjão da Cutia, no bairro Guararema, a mancha de inundação para período de recorrência de 5 anos tem largura de 78 m e chega até a Rua Dr. Wanderley. Em conformidade com o diagrama apresenta **Figura 6-29**, as duas primeiras pontes que cortam o córrego Varjão da Cutia (Ponte-1 e Ponte-2) mostram-se subdimensionadas para tempo de recorrência de 100 anos.



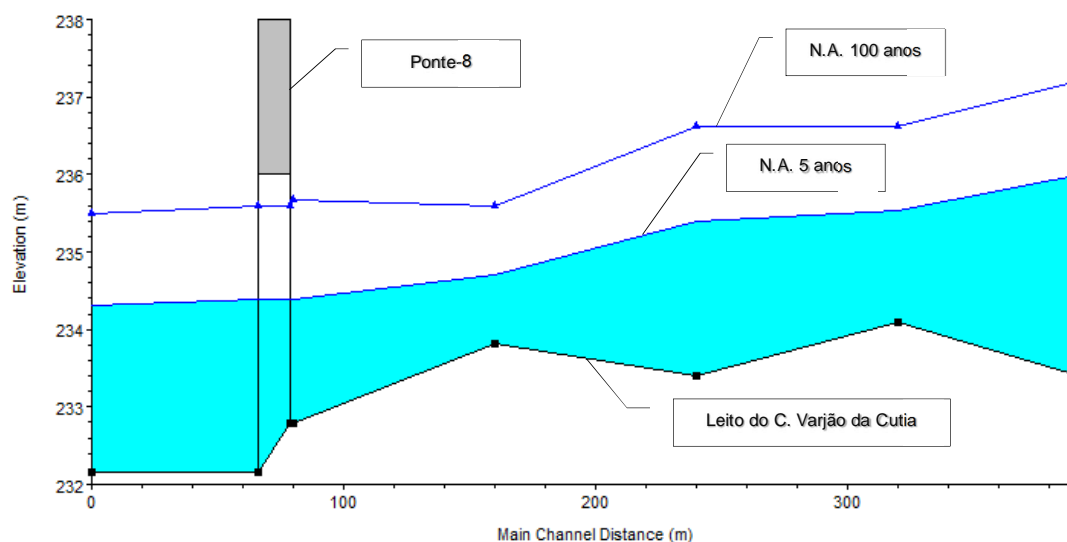
**Figura 6-29:** Perfil longitudinal da simulação hidráulica do trecho do córrego Varjão da Cutia na ponte-1 e ponte-2, no cenário atual.

Nesse mesmo córrego, no trecho entre a constrição 1 e a constrição 3, as manchas de inundação para os períodos de recorrência de 5 e 100 anos foram de 12 m e 76 m, respectivamente. A **Figura 6-13**, **Figura 6-14**, **Figura 6-15** apresentam as constrições 1, 2 e 3, respectivamente. De acordo com o diagrama apresentado na **Figura 6-30** percebe-se que as constrições 2 e 3 estão subdimensionadas para todos os períodos de recorrência superiores a 5 anos.



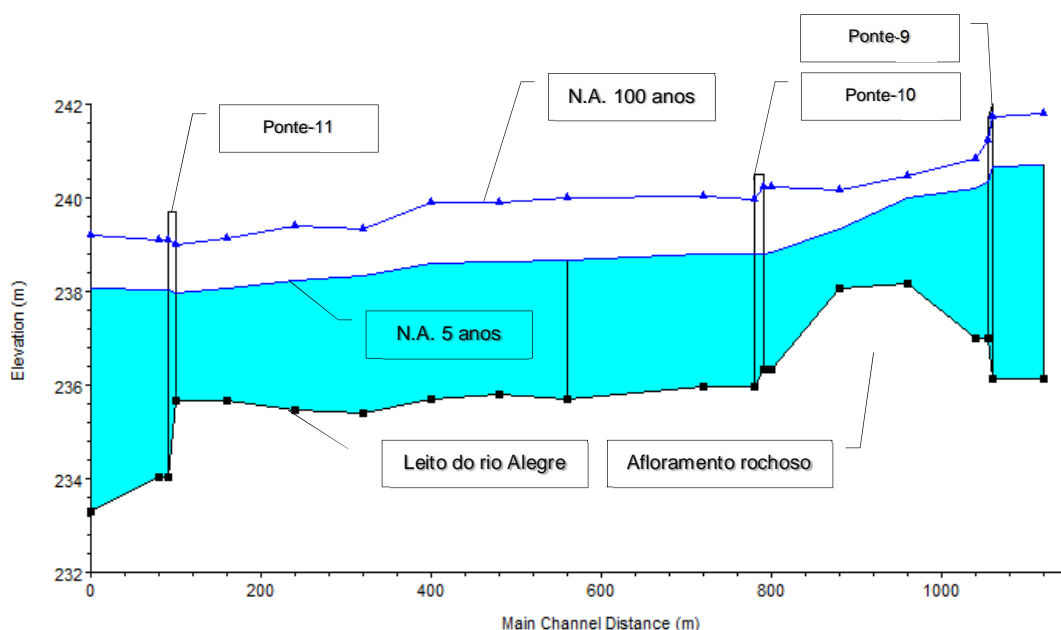
**Figura 6-30:** Perfil longitudinal da simulação hidráulica do trecho do córrego Varjão da Cutia entre as constrições 1 e 3, no cenário atual.

Por fim, no córrego Varjão da Cutia, a última ponte que corta seu trecho no bairro Centro, a 20 m do encontro com o rio Alegre, mostrou-se bem dimensionada para todos os períodos de recorrência simulados (**Figura 6-31**).



**Figura 6-31:** Perfil longitudinal da simulação hidráulica do trecho do córrego Varjão da Cutia, na ponte-8, no cenário atual.

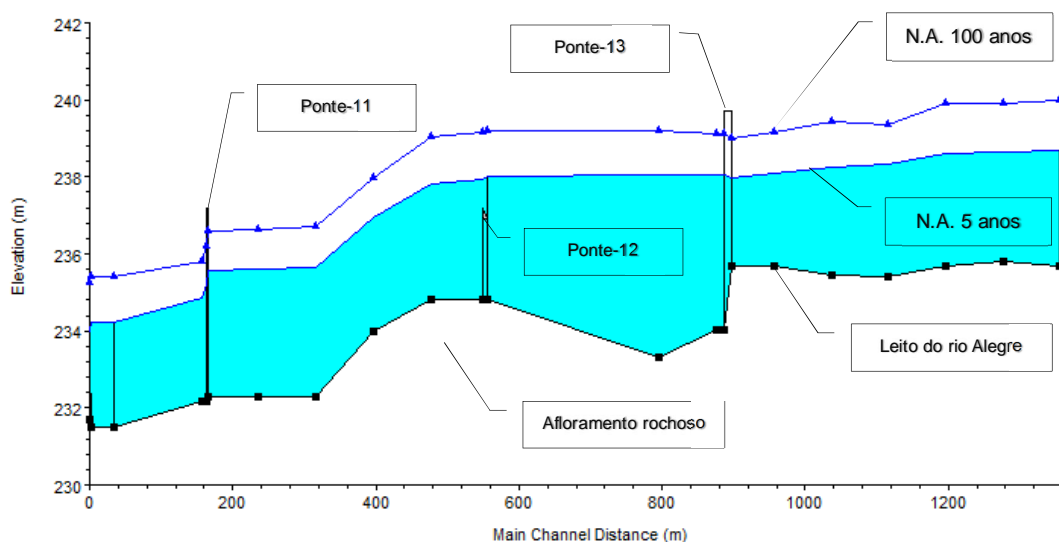
Nos bairros Vila do Sul e São Miguel, onde o rio Alegre inicia seu trajeto em trecho urbano, as três primeiras pontes que cortam seu leito (Ponte-9, Ponte-10 e a Ponte-11) se mostram bem dimensionadas para todos os períodos de recorrência simulados (**Figura 6-32**). Em contra partida, o trecho do rio Alegre entre a Ponte-10 e Ponte-11 apresenta manchas de inundação que ultrapassam suas margens para tempos de recorrência de 5 e 100 anos, 40 m e 60 m, respectivamente. Isso se explica pela presença de afloramentos rochosos nesse trecho que, conseqüentemente, eleva o leito desse curso d'água.



**Figura 6-32:** Perfil longitudinal da simulação hidráulica do rio Alegre que compreende o trecho no qual os bairros Vila do Sul e São Miguel margeiam o rio Alegre.

Na análise das simulações hidráulicas, a ponte que liga os bairros Três Vilas e Triângulo (Ponte-12) mostrou-se subdimensionada para todos os períodos de recorrência (**Figura 6-33**). Isso se explica pela baixa altimetria de trechos destes bairros em relação a trechos de montante e jusante, aliado à presença de afloramento rochoso no leito do rio Alegre logo após a Ponte-12.





**Figura 6-33:** Perfil longitudinal da simulação hidráulica do trecho do rio Alegre, na ponte-12, no cenário atual.

Ao final do trecho urbano do rio Alegre, as manchas de inundação para todos os períodos de recorrência não ultrapassam a calha do rio Alegre, pois o trecho a jusante do barramento da PCH Alegre é bastante acachoeirado e seu fundo tem um desnível médio de 6 m em relação ao nível das ruas que margeiam o trecho.

## **7 PROGNÓSTICO**

### **7.1 INTRODUÇÃO**

Neste capítulo, estão discutidos cenários futuros das bacias de drenagem do córrego Varjão da Cutia e o trecho urbano da bacia do rio Alegre com e sem as obras estruturais que estão sendo sugeridas no presente trabalho. Desta forma, primeiramente se discute o crescimento do município de Alegre 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 da bacia do córrego Varjão da Cutia e das bacias urbanas do rio Alegre previsto para um horizonte de 20 anos, ao que chamamos de cenário futuro. Este cenário de uso de solo foi utilizado para a realização de simulações hidrológicas e hidráulicas das inundações com vazões com período de recorrência de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos. Por fim, são apresentados os cenários com a implementação das ações estruturais aqui propostas, para vazões com período de recorrência de 25 anos na condição de uso do solo 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 Pluvias / Fluviais do Município de Alegre-ES.

Pesquisaram-se alguns dados pertinentes no *website* eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referentes ao Censo de 2010, tais como: população total do município de Alegre; 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 SIG 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), além de imagens apresentadas no Google Earth.

Através dos dados gerados pela pesquisa, foram feitos mapas temáticos e tabelas, a fim de analisar a ocupação territorial, com foco especial nas ocupações situadas na bacia do rio Alegre na sede municipal de Alegre e a montante desta. A partir desses dados, foi possível criar os cenários futuros de expansão da população ao longo do território.

Os dados referentes à densidade demográfica dos setores censitários e suas relações com a bacia hidrográfica do rio Alegre estão apresentados na **Tabela 7-1**.

A **Figura 7-1**, **Figura 7-2**, **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 - ALEGRE/ES						
DADOS GERAIS						
População*	População Urbana*	População Rural*	Domicílios Particulares*	Domicílios Particulares Permanentes Urbanos*		Domicílios Particulares Permanentes Rural*
30768	21512	9256	9948	7186		2762
Num. Habitantes / Domicílio**		Área Territorial (Km²)*		Área Territorial Rural (Km²)**		Área Territorial Urbana (Km²)**
3.09		772		766.611		6.078
REFERÊNCIA PARA CÁLCULO DE DENSIDADE DEMOGRÁFICA (hab/Km²)						
Padrão 1	Padrão 2	Padrão 3	Padrão 4	Padrão 5	Padrão 6	Padrão 7
ate 100	110 a 1.000	1.010 a 3.000	3.010 a 5.000	5.000 a 7.000	7.010 a 10.000	10.010 a 12.000
DADOS POR SETOR CENSITÁRIO						
Identificação Setor Censitario*	Densidade (hab/Km²)*	População por Setor (hab)*	Zona	Bairros / Comunidades	Bacia Hidrográfica	Inserção na Bacia
130	9730.53	737	urbana	Sede	Córrego Var. Cutia - Rio Alegre	total - total
131	8101	564	urbana	Sede	Córrego Var. Cutia - Rio Alegre	total - total
132	5011.32	686	urbana	Sede	Rio Alegre	total
133	11184.16	541	urbana	Sede	Córrego Var. Cutia - Rio Alegre	total - total
134	2262.21	482	urbana	Sede	Córrego Var. Cutia - Rio Alegre	total - total
135	8706.95	958	urbana	Sede	Córrego Var. Cutia - Rio Alegre	total - total
136	5066.22	350	urbana	Sede	Córrego Var. Cutia - Rio Alegre	total - total
137	6433.15	834	urbana	Sede	Córrego Var. Cutia - Rio Alegre	total - total
138	8514.32	570	urbana	Sede	Rio Alegre	total
139	7491.18	1083	urbana	Sede	Rio Alegre	total
140	10559.53	599	urbana	Sede	Rio Alegre	total

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

DADOS POR SETOR CENSITÁRIO						
Identificação Setor Censitário*	Densidade (hab/Km²) *	População por Setor (hab) *	Zona	Bairros / Comunidades	Bacia Hidrográfica	Inserção na Bacia
141	7050.76	712	urbana	Sede	Córrego Var. Cutia - Rio Alegre	parcial - total
142	2995.13	465	urbana	Sede	Rio Alegre	total
143	3875.44	743	urbana	Sede	Córrego Var. Cutia - Rio Alegre	parcial - total
144	3311.01	529	urbana	Sede	Rio Alegre	total
145	5654.32	625	urbana	Sede	Córrego Var. Cutia - Rio Alegre	total - total
154	2707.62	238	urbana	Sede	Córrego Var. Cutia - Rio Alegre	total - total
155	9590.32	835	urbana	Sede	Córrego Var. Cutia - Rio Alegre	total - total
156	9605.03	633	urbana	Sede	Córrego Var. Cutia - Rio Alegre	total - total
157	3533.74	433	urbana	Sede	Córrego Var. Cutia - Rio Alegre	total - total
158	4640.71	322	urbana	Sede	Córrego Var. Cutia - Rio Alegre	total - total
159	9155.4	786	urbana	Sede	Rio Alegre	total
160	3441.04	333	urbana	Sede	Rio Alegre	total
161	10240.9	613	urbana	Sede	Rio Alegre	total
162	10157.13	362	urbana	Sede	Rio Alegre	total
163	4236.08	850	urbana	Sede	Córrego Var. Cutia - Rio Alegre	total - total
164	10004.73	296	urbana	Sede	Córrego Var. Cutia - Rio Alegre	total - total
165	2176.28	966	urbana	Anutiba		
168	2274.71	245	urbana	Araraí		
171	2514.91	501	urbana	Café	Rio Alegre	total
175	2422.84	928	urbana	Celina	Rio Alegre	total
176	3067.94	872	urbana	Celina	Rio Alegre	total
179	4405.33	418	urbana	Rive		

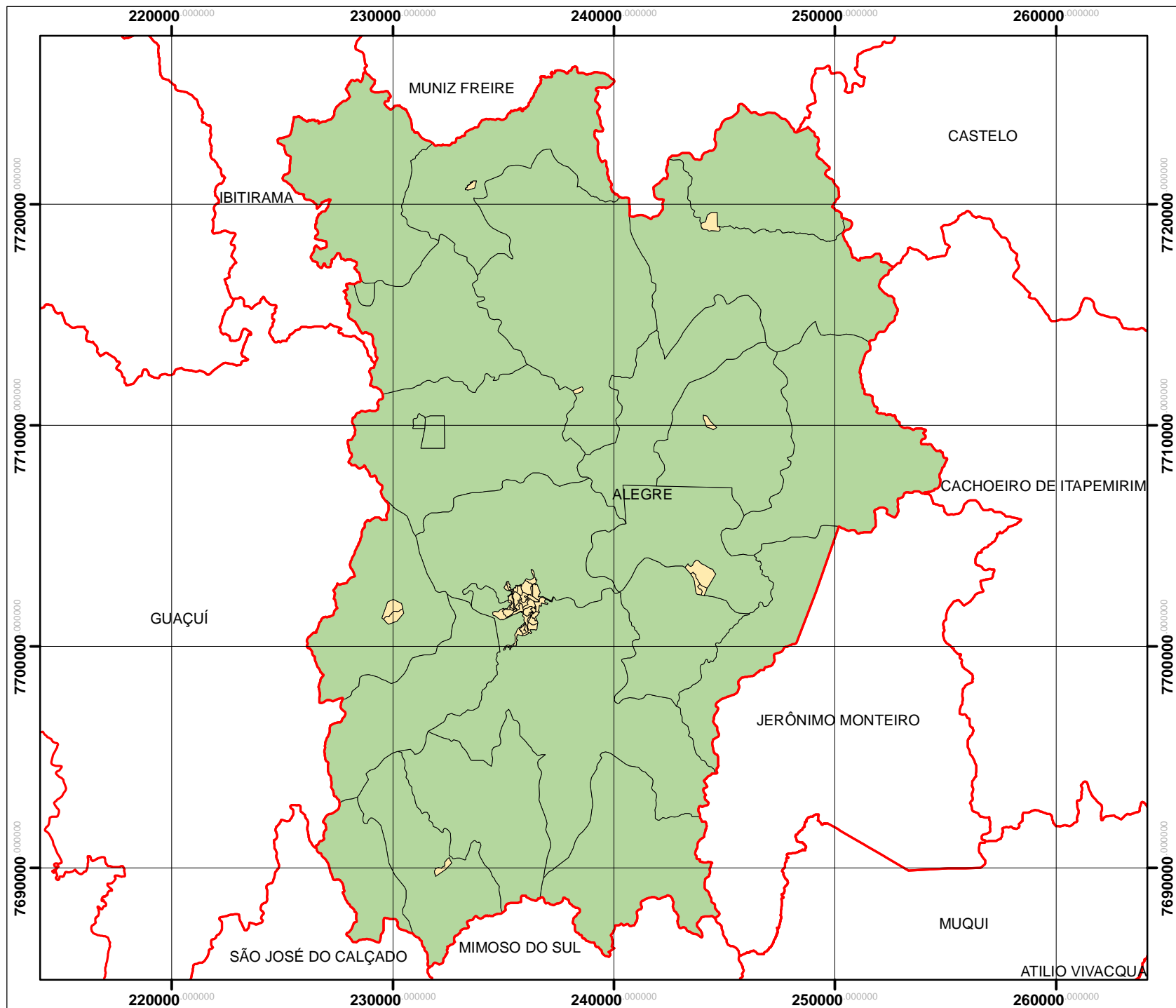


**Tabela 7-1 (Continuação):** Densidade demográfica por setor censitário e dados por setor censitário.

DADOS POR SETOR CENSITÁRIO						
Identificação Setor Censitário*	Densidade (hab/Km²)*	População por Setor (hab)*	Zona	Bairros / Comunidades	Bacia Hidrográfica	Inserção na Bacia
180	712.95	554	urbana	Rive		
184	3084.06	532	urbana	Rive		
186	1536.7	241	urbana	Santa Angélica		
189	937.8	76	urbana	São João do Norte		
146	11.26*	482	rural			
147	11.13	318	rural			
148	2.82	2	rural			
149	746.94	195	rural		Rio Alegre	parcial
150	13.06	449	rural		Córrego Var. Cutia - Rio Alegre	parcial - parcial
151	9.96	618	rural		Córrego Var. Cutia -	parcial
152	18.93	640	rural			
153	35.59	44	rural			
166	15.44	415	rural	Anutiba		
167	8	365	rural	Anutiba		
169	8.39	283	rural	Ararai		
170	12.71	452	rural	Ararai		
172	13.09	308	rural	Café	Rio Alegre	total
173	18.27	531	rural	Café	Rio Alegre	total
174	25.83	346	rural	Café	Rio Alegre	total
177	20.42	587	rural	Celina	Rio Alegre	total
178	15.5	425	rural	Celina	Rio Alegre	total
181	13.87	612	rural	Rive		
182	15.87	339	rural	Rive		
183	15.16	306	rural	Rive		
185	25.98	623	rural	Rive		
187	13.16	373	rural	Santa Angélica		
188	3.54	90	rural	Santa Angélica		
190	7.54	453	rural	São João do Norte		

\* Fonte dos dados: IBGE, Censo 2010.

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



Projeção: Universal Transversa Mercator

Datum Horizontal: SIRGAS2000

Fuso: 24 Hemisfério Sul

#### Legenda

- Divisão Municipal
- Zona Urbana
- Zona Rural

#### Documentação e Referências

IBGE. Censo 2010. 2010.

GEOBASES. Divisão municipal.

Ø	Emissão original	30/10/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

#### Projeto:

Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais  
Plano de Redução de Risco

#### Título:

Mapa Temático  
Setor Censitário por Macrozona

#### Responsável técnico:

Fernanda Ferreira  
Arquiteto Urbanista  
CAU A56232-7

#### Elaboração:

Tainah Christina Teixeira de Souza  
Estagiária em Engenharia  
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:240,000

0 1 2 4 6 km

Folha: 01 de 01

Local: Alegre - ES

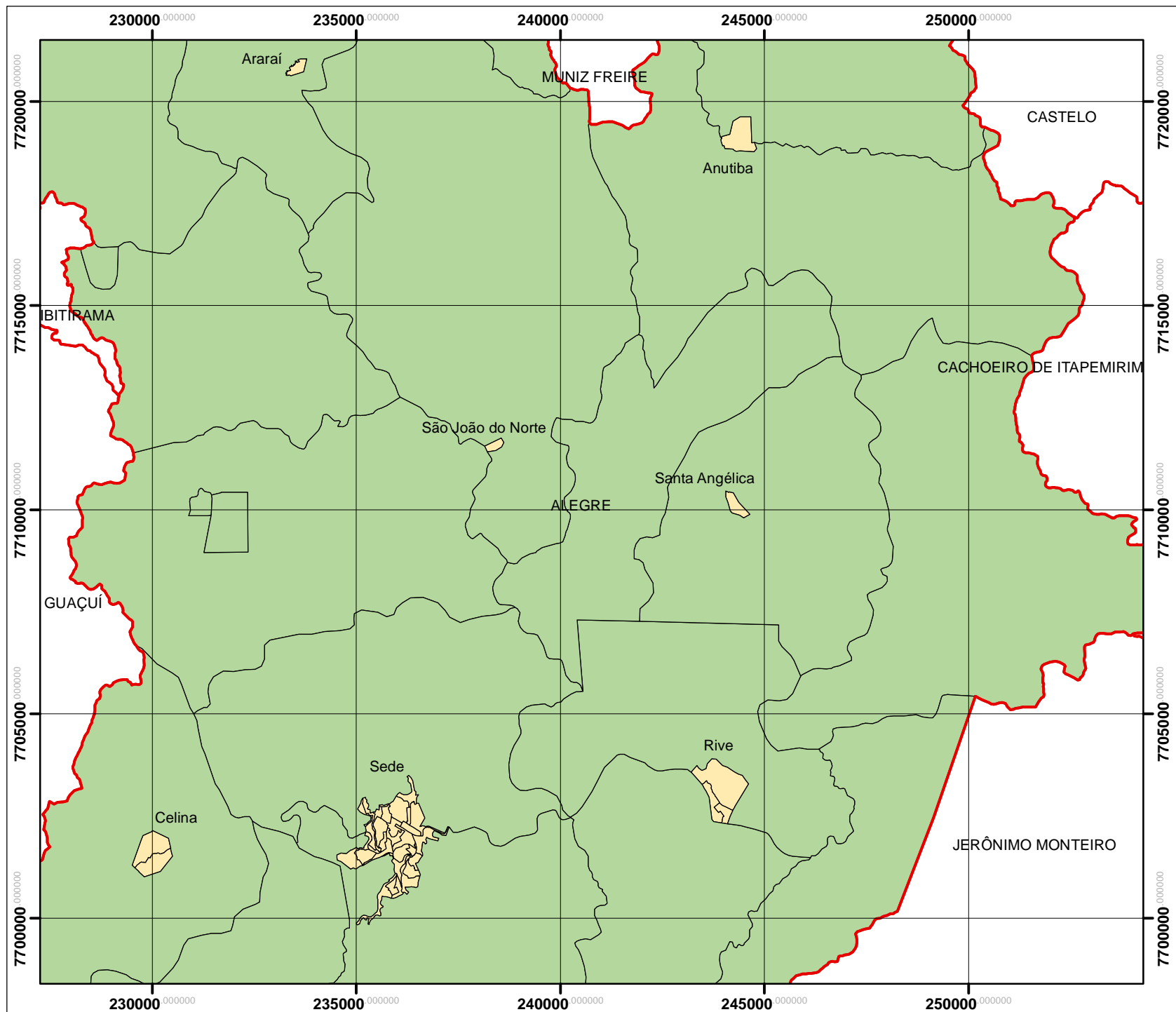
Papel: A4

Nº: **Figura 7 - 1**

#### Contratante:

#### Consórcio:





Projeção: Universal Transversa Mercator  
Datum Horizontal: SIRGAS2000  
Fuso: 24 Hemisfério Sul

#### Legenda

- Divisão Municipal
- Zona Urbana
- Zona Rural

IBGE. Censo 2010. 2010.

GEOBASES. Divisão Municipal.

Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais  
Plano de Redução de Risco

Título:  
Mapa Temático  
Setor Censitário Zona Urbana

Responsável técnico:  
Fernanda Ferreira  
Arquiteto Urbanista  
CAU A56232-7

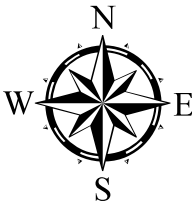
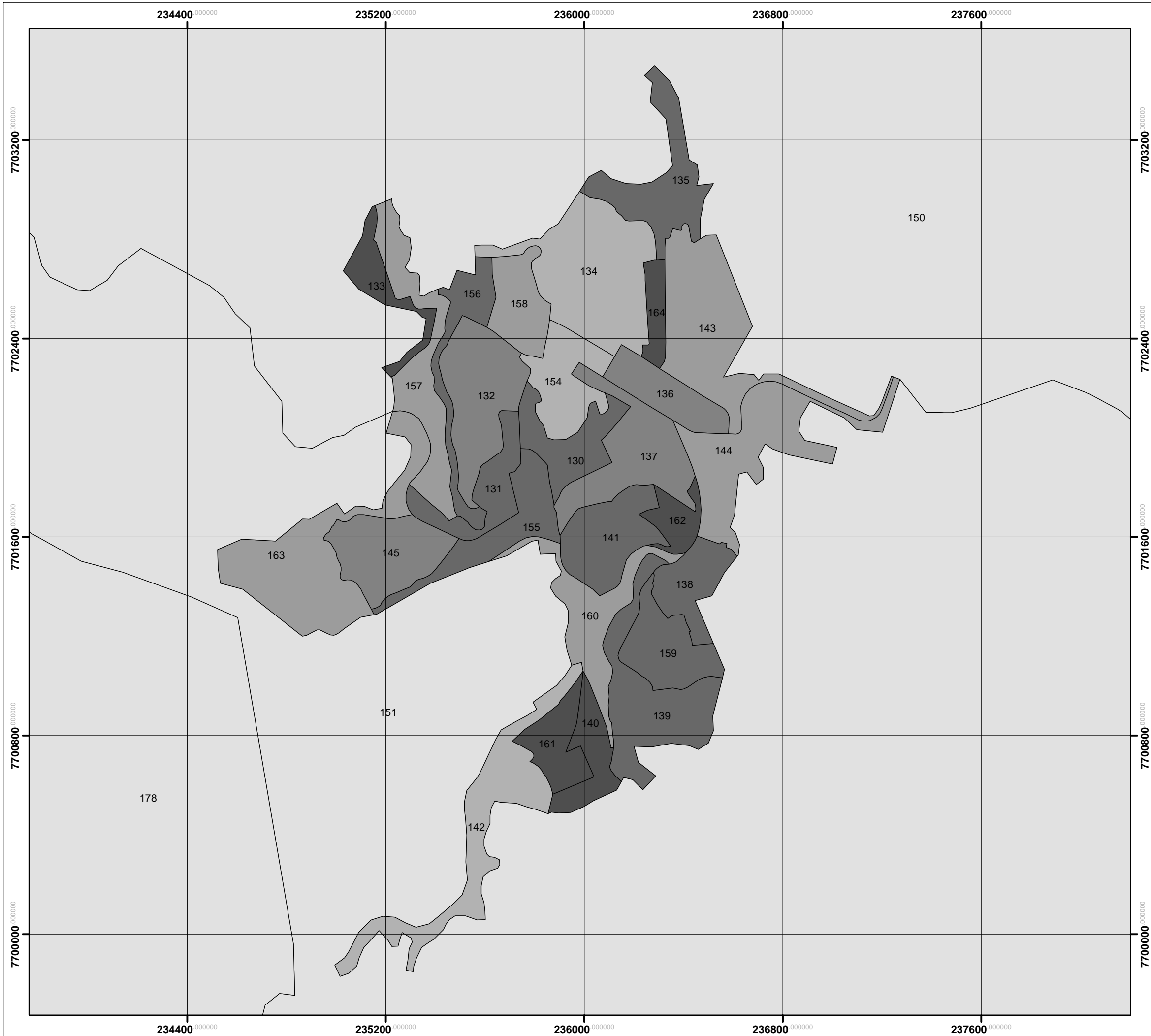
Elaboração:  
Tainah Christina Teixeira de Souza  
Estagiária em Engenharia  
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:130.000  
0 0.5 1 2 3 km

Folha: 01 de 01  
Local: Alegre - ES

Papel: A4  
Nº: **Figura 7-2**

Contratante: Consórcio:



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

Legenda

Densidade Dem. (hab/km²)

- até 100
- 110 a 1000
- 1010 a 3000
- 3010 a 5000
- 5010 a 7000
- 7010 a 10000
- 10010 a 13000

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

GEOBASES. Bacias Hidrográficas.

Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais  
Diagnóstico

Título:  
Mapa Temático  
Densidade Demográfica por Setor  
Censitário Zona Urbana

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

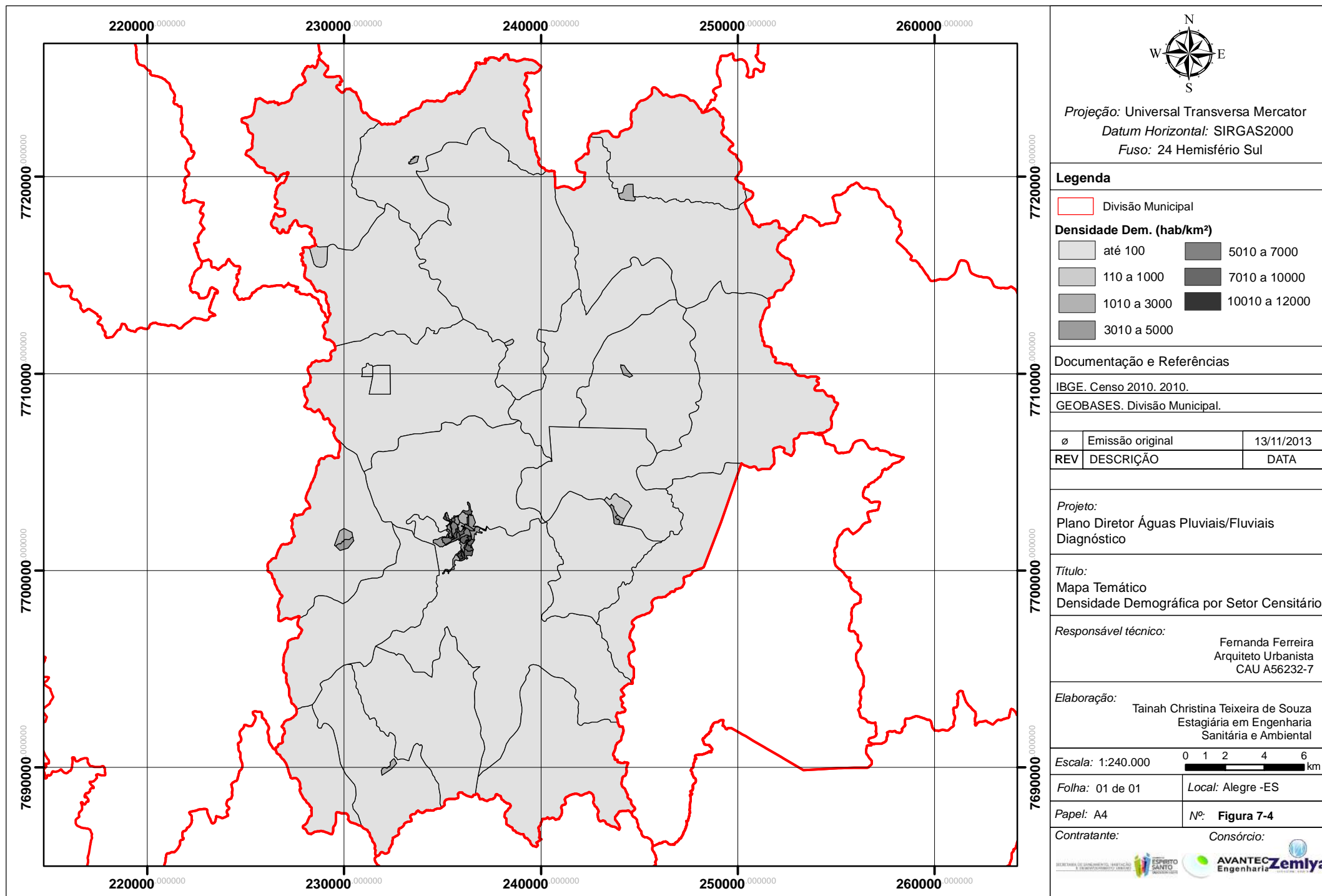
Elaboração:  
  
Tainah Christina Teixeira de Souza  
Estagiária em Engenharia  
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:15,000 0 100 200 400 600 m

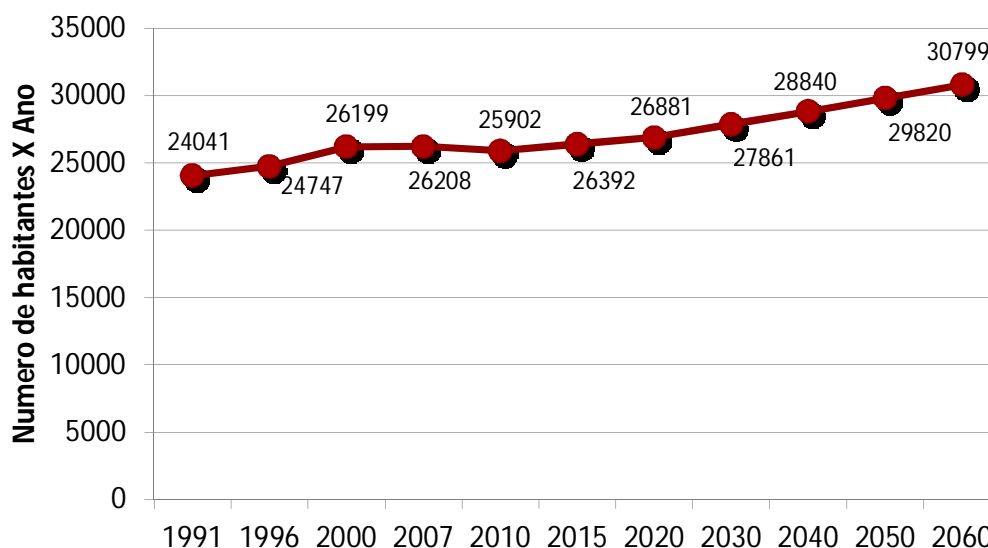
Folha: 1 de 1 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº: Figura 7-3

Contratante: Consórcio:



A partir do número total da população nos anos de 1991, 1996, 2000, 2007 e 2010, calculou-se a média de crescimento populacional por ano. Dessa forma, foi possível projetar a população para os anos de 2015, 2020, 2030, 2040, 2050 e 2100 (**Figura 7-5**). 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 Alegre-ES.



**Tabela 7-2:** Crescimento populacional por setor censitário.

CRESCIMENTO POPULACIONAL POR SETOR CENSITÁRIO															
Identificação Setor Censitário		Densidade (hab/Km²)**	População Estimada**		Densidade (hab/Km²)**	População Estimada**		Densidade (hab/Km²)**	População Estimada**		Densidade (hab/Km²)**	População Estimada**			
130	HORIZONTE - 5 ANOS (2015)	8799,90	739	HORIZONTE - 10 ANOS (2020)	8827,20	742	HORIZONTE - 15 ANOS (2025)	8854,49	744	HORIZONTE - 20 ANOS (2030)	8881,79	746	HORIZONTE - 50 ANOS (2060)	9045,55	760
131		7326,13	566		7348,86	568		7371,58	569		7394,30	571		7530,64	582
132		4532,03	688		4546,09	690		4560,14	692		4574,20	695		4658,54	707
133		10114,58	543		10145,95	544		10177,33	546		10208,70	548		10396,93	558
134		2045,88	483		2052,23	485		2058,57	486		2064,92	488		2102,99	497
135		7874,41	961		7898,84	964		7923,26	967		7947,69	970		8094,23	988
136		4581,71	351		4595,92	352		4610,13	353		4624,34	354		4709,61	361
137		5817,91	837		5835,96	839		5854,00	842		5872,05	844		5980,32	860
138		7700,04	572		7723,92	574		7747,80	575		7771,68	577		7914,98	588
139		6774,66	1086		6795,67	1090		6816,68	1093		6837,69	1096		6963,77	1117
140		9549,46	601		9579,08	603		9608,70	605		9638,32	606		9816,04	618
141		6376,38	714		6396,16	716		6415,94	719		6435,72	721		6554,38	734
142		2708,59	466		2716,99	468		2725,39	469		2733,79	471		2784,20	479
143		3504,85	745		3515,72	748		3526,59	750		3537,46	752		3602,69	766
144		2994,37	531		3003,66	532		3012,95	534		3022,24	536		3077,96	545
145		5113,48	627		5129,34	629		5145,20	631		5161,06	633		5256,22	644
154		2448,67	239		2456,27	239		2463,86	240		2471,46	241		2517,03	245
155		8673,07	838		8699,97	840		8726,87	843		8753,77	845		8915,18	861
156		8686,46	635		8713,40	637		8740,35	639		8767,29	641		8928,94	653
157		3195,77	434		3205,68	436		3215,60	437		3225,51	438		3284,98	446
158	4196,93	323	4209,95	324	4222,97	325	4235,98	326	4314,09	332					
159	8279,76	788	8305,45	791	8331,13	793	8356,81	796	8510,89	810					
160	3111,90	334	3121,55	335	3131,20	336	3140,86	337	3198,77	343					
161	9261,27	615	9290,00	617	9318,73	619	9347,45	621	9519,80	632					
162	9185,65	363	9214,14	364	9242,63	365	9271,12	367	9442,07	373					
163	3830,87	853	3842,75	855	3854,63	858	3866,51	861	3937,80	876					
164	9048,14	297	9076,20	298	9104,27	299	9132,33	300	9300,72	305					
165	1968,96	969	1975,06	972	1981,17	975	1987,28	978	2023,92	996					
168	2057,80	246	2064,18	247	2070,56	247	2076,95	248	2115,24	253					
171	2273,82	503	2280,87	504	2287,92	506	2294,97	507	2337,29	517					

**Tabela 7-2 (Continuação):** Crescimento populacional por setor censitário.

CRESCIMENTO POPULACIONAL POR SETOR CENSITÁRIO											
Identificação Setor Censitário	Densidade (hab/Km²)**	População Estimada**		Densidade (hab/Km²)**	População Estimada**		Densidade (hab/Km²)**	População Estimada**		Densidade (hab/Km²)**	População Estimada**
175	2190,95	931		2197,74	934		2204,54	937		2211,33	940
176	2774,29	875		2782,89	877		2791,50	880		2800,10	883
179	3984,46	419		3996,81	421		4009,17	422		4021,53	423
180	644,84	556		646,84	557		648,84	559		650,84	561
184	2789,42	534		2798,07	535		2806,73	537		2815,38	539
186	1390,07	242		1394,38	242		1398,69	243		1403,00	244
189	848,28	76		850,91	76		853,54	77		856,17	77
146	10,19	483		10,22	485		10,25	486		10,28	488
147	10,07	319		10,10	320		10,13	321		10,16	322
148	2,55	2		2,56	2		2,56	2		2,57	2
149	675,56	196		677,66	196		679,75	197		681,85	197
150	11,81	450		11,85	452		11,89	453		11,92	455
151	9,01	620		9,03	622		9,06	624		9,09	626
152	17,12	642		17,17	644		17,23	646		17,28	648
153	32,19	44		32,29	44		32,39	44		32,49	45
166	13,97	416		14,01	418		14,05	419		14,10	420
167	7,24	366		7,26	367		7,29	368		7,31	370
169	7,59	284		7,61	285		7,63	286		7,66	287
170	11,50	453		11,53	455		11,57	456		11,60	458
172	11,83	309		11,87	310		11,90	311		11,94	312
173	16,52	533		16,57	534		16,62	536		16,67	538
174	23,36	347		23,43	348		23,50	349		23,57	350
177	18,47	589		18,53	591		18,58	592		18,64	594
178	14,01	426		14,06	428		14,10	429		14,14	430
181	12,54	614		12,58	616		12,62	618		12,66	620
182	14,36	340		14,40	341		14,44	342		14,49	343

**Tabela 7-2 (Continuação):** Crescimento populacional por setor censitário.

CRESCIMENTO POPULACIONAL POR SETOR CENSITÁRIO															
Identificação Setor Censitário	HORIZONTE - 5 ANOS (2015)	Densidade (hab/Km²) **	População Estimada **	HORIZONTE - 10 ANOS (2020)	Densidade (hab/Km²) **	População Estimada **	HORIZONTE - 15 ANOS (2025)	Densidade (hab/Km²) **	População Estimada **	HORIZONTE - 20 ANOS (2030)	Densidade (hab/Km²) * *	População Estimada **	HORIZONTE - 50 ANOS (2060)	Densidade (hab/Km²) * *	População Estimada **
183		13,71	307		13,75	308		13,79	309		13,83	310		14,09	316
185		23,50	625		23,57	627		23,64	629		23,71	631		24,15	642
187		11,91	374		11,94	375		11,98	376		12,02	378		12,24	385
188		3,21	90		3,22	91		3,23	91		3,24	91		3,30	93
190		6,82	454		6,85	456		6,87	457		6,89	459		7,01	467

\* Fonte dos dados: IBGE, Censo 2010.

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

### 7.3 INUNDAÇÃO DAS BACIAS DO RIO ALEGRE NO CENÁRIO FUTURO

No Cenário Futuro, foram previstas alterações do uso do solo das bacias de drenagem do córrego Varjão da Cutia e o trecho urbano da bacia do rio Alegre e simuladas vazões dos mesmos a partir das chuvas com períodos de recorrência 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.

Na construção do cenário futuro, as seguintes mudanças no uso do solo foram consideradas:

- Devido ao fato de Alegre ser uma cidade universitária, por possuir um *campus* da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e a Faculdade de Filosofia de Alegre (FAFIA), sua população flutuante apresenta valores consideráveis em relação à população fixa. Portanto, as estimativas populacionais baseadas nos dados do IBGE indicam um baixo crescimento populacional no município;
- Foi observado um vetor de crescimento populacional na região das bacias urbanas do rio Alegre, que compreende o bairro Vila Sul e Três Vilas, com a construção de várias residências. Desta forma, estima-se um adensamento populacional nesta área, elevando sua taxa de impermeabilização para 65% e 38%; e
- Todo centro urbano da sede de Alegre está previsto de passar a ser zona urbana com 85% de impermeabilização.
- Não foram consideradas alterações no uso do solo da área rural do município, nem as possíveis mudanças nas localidades de Café e Celina, situadas nas cabeceiras dos dois principais formadores do rio Alegre.

### 7.3.1 Uso do solo futuro e cálculo de vazões

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** apresentam os picos das vazões simuladas para o rio Alegre e córrego Varjão da Cutia para o cenário de uso do solo futuro, correspondentes a chuvas com períodos de recorrência de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos, respectivamente, assim como o percentual de aumento do pico com relação ao calculado para o uso do solo no cenário atual. A **Figura 7-6**, por sua vez, apresenta o Mapa de Uso do Solo Futuro das bacias de drenagem urbana do rio Alegre e seu afluente, o córrego Varjão da Cutia.

**Tabela 7-3:** Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 5 anos.

Elemento hidrológico	Aumento	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Aumento	Vazão de pico
	%	m³/s		%	m³/s
<b>Junção-1</b>	0,00	7,40	<b>Sub bacia-3</b>	15,79	2,20
<b>Junção-2</b>	1,25	8,10	<b>Sub bacia-4</b>	0,00	0,30
<b>Junção-3</b>	2,35	8,70	<b>Sub bacia-5</b>	42,86	1,00
<b>Junção-4</b>	26,24	17,8	<b>Sub bacia-6</b>	25,00	0,50
<b>Junção-5</b>	3,20	54,9	<b>Sub bacia-7</b>	76,92	2,30
<b>Junção-6</b>	4,23	59,10	<b>Sub bacia-8</b>	14,71	3,90
<b>Junção-7</b>	5,79	69,40	<b>Sub bacia-9</b>	20,00	0,60
<b>Rio-1</b>	0,00	7,40	<b>Sub bacia-10</b>	29,63	3,50
<b>Rio-2</b>	1,25	8,10	<b>Sub bacia-11</b>	29,17	6,20
<b>Rio-3</b>	2,35	8,70	<b>Sub bacia-12</b>	0,00	2,20
<b>Rio-4</b>	27,14	17,80	<b>Sub bacia-A</b>	54,55	1,70
<b>Rio-5</b>	3,20	54,90	<b>Sub bacia-B</b>	125,00	1,80
<b>Rio-6</b>	4,06	58,90	<b>Sub bacia-C</b>	300,00	0,40
<b>Rio-7</b>	5,64	69,30	<b>Sub bacia-D</b>	33,33	1,60
<b>Alegre-montante</b>	0,00	51,50	<b>Sub bacia-E</b>	0,00	2,50
<b>Sub bacia-1</b>	0,00	6,90	<b>Sub bacia-F</b>	75,00	0,70
<b>Sub bacia-2</b>	12,50	0,90			



**Tabela 7-4:** Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 10 anos.

Elemento hidrológico	Aumento	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Aumento	Vazão de pico
	%	m <sup>3</sup> /s		%	m <sup>3</sup> /s
<b>Junção-1</b>	0,00	11,00	<b>Sub bacia-3</b>	12,00	2,80
<b>Junção-2</b>	1,67	12,20	<b>Sub bacia-4</b>	0,00	0,50
<b>Junção-3</b>	2,38	12,90	<b>Sub bacia-5</b>	33,33	1,20
<b>Junção-4</b>	24,85	21,10	<b>Sub bacia-6</b>	14,29	0,80
<b>Junção-5</b>	3,24	67,00	<b>Sub bacia-7</b>	62,50	2,60
<b>Junção-6</b>	3,90	72,00	<b>Sub bacia-8</b>	12,50	4,50
<b>Junção-7</b>	5,14	83,90	<b>Sub bacia-9</b>	0,00	0,70
<b>Rio-1</b>	0,00	11,00	<b>Sub bacia-10</b>	25,00	4,00
<b>Rio-2</b>	1,67	12,20	<b>Sub bacia-11</b>	25,00	7,50
<b>Rio-3</b>	2,38	12,90	<b>Sub bacia-12</b>	0,00	2,50
<b>Rio-4</b>	24,26	21,00	<b>Sub bacia-A</b>	42,86	42,86
<b>Rio-5</b>	3,08	66,90	<b>Sub bacia-B</b>	120,00	120,00
<b>Rio-6</b>	3,76	71,70	<b>Sub bacia-C</b>	500,00	500,00
<b>Rio-7</b>	5,27	83,90	<b>Sub bacia-D</b>	35,71	35,71
<b>Alegre-montante</b>	0,00	62,70	<b>Sub bacia-E</b>	3,45	3,45
<b>Sub bacia-1</b>	0,00	10,40	<b>Sub bacia-F</b>	60,00	60,00
<b>Sub bacia-2</b>	9,09	1,20			

**Tabela 7-5:** Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 20 anos.

Elemento hidrológico	Aumento	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Aumento	Vazão de pico
	%	m³/s		%	m³/s
<b>Junção-1</b>	0,00	15,90	<b>Sub bacia-3</b>	12,90	3,50
<b>Junção-2</b>	0,57	17,50	<b>Sub bacia-4</b>	0,00	0,80
<b>Junção-3</b>	1,10	18,30	<b>Sub bacia-5</b>	27,27	1,40
<b>Junção-4</b>	21,78	24,60	<b>Sub bacia-6</b>	18,18	1,30
<b>Junção-5</b>	3,16	78,40	<b>Sub bacia-7</b>	57,89	3,00
<b>Junção-6</b>	3,81	84,40	<b>Sub bacia-8</b>	13,04	5,20
<b>Junção-7</b>	4,74	99,40	<b>Sub bacia-9</b>	12,50	0,90
<b>Rio-1</b>	0,00	15,90	<b>Sub bacia-10</b>	23,68	4,70
<b>Rio-2</b>	0,57	17,50	<b>Sub bacia-11</b>	21,62	9,00
<b>Rio-3</b>	1,10	18,30	<b>Sub bacia-12</b>	0,00	2,90
<b>Rio-4</b>	21,29	24,50	<b>Sub bacia-A</b>	41,18	2,40
<b>Rio-5</b>	3,16	78,40	<b>Sub bacia-B</b>	85,71	2,60
<b>Rio-6</b>	3,70	84,10	<b>Sub bacia-C</b>	300,00	0,80
<b>Rio-7</b>	4,74	99,40	<b>Sub bacia-D</b>	31,25	2,10
<b>Alegre-montante</b>	0,00	73,20	<b>Sub bacia-E</b>	0,00	3,40
<b>Sub bacia-1</b>	0,00	15,10	<b>Sub bacia-F</b>	42,86	1,00
<b>Sub bacia-2</b>	7,14	1,50			

**Tabela 7-6:** Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 25 anos.

Elemento hidrológico	Aumento	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Aumento	Vazão de pico
	%	m <sup>3</sup> /s		%	m <sup>3</sup> /s
<b>Junção-1</b>	0,56	17,80	<b>Sub bacia-3</b>	8,82	3,70
<b>Junção-2</b>	1,03	19,60	<b>Sub bacia-4</b>	0,00	1,00
<b>Junção-3</b>	0,99	20,40	<b>Sub bacia-5</b>	25,00	1,50
<b>Junção-4</b>	15,70	25,80	<b>Sub bacia-6</b>	15,38	1,50
<b>Junção-5</b>	2,98	86,40	<b>Sub bacia-7</b>	60,00	3,20
<b>Junção-6</b>	3,69	92,70	<b>Sub bacia-8</b>	10,20	5,40
<b>Junção-7</b>	4,00	109,10	<b>Sub bacia-9</b>	12,50	0,90
<b>Rio-1</b>	0,56	17,80	<b>Sub bacia-10</b>	22,50	4,90
<b>Rio-2</b>	0,52	19,50	<b>Sub bacia-11</b>	23,08	9,60
<b>Rio-3</b>	0,99	20,40	<b>Sub bacia-12</b>	0,00	3,00
<b>Rio-4</b>	15,25	25,70	<b>Sub bacia-A</b>	38,89	2,50
<b>Rio-5</b>	2,98	86,30	<b>Sub bacia-B</b>	80,00	2,70
<b>Rio-6</b>	3,48	92,30	<b>Sub bacia-C</b>	166,67	0,80
<b>Rio-7</b>	4,00	109,10	<b>Sub bacia-D</b>	29,41	2,20
<b>Alegre-montante</b>	0,00	80,90	<b>Sub bacia-E</b>	2,86	3,60
<b>Sub bacia-1</b>	0,00	16,90	<b>Sub bacia-F</b>	37,50	1,10
<b>Sub bacia-2</b>	6,25	1,70			

**Tabela 7-7:** Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 30 anos.

Elemento hidrológico	Aumento	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Aumento	Vazão de pico
	%	m³/s		%	m³/s
<b>Junção-1</b>	0,00	19,40	<b>Sub bacia-3</b>	11,11	4,00
<b>Junção-2</b>	0,47	21,30	<b>Sub bacia-4</b>	0,00	1,10
<b>Junção-3</b>	0,91	22,20	<b>Sub bacia-5</b>	33,33	1,60
<b>Junção-4</b>	10,70	26,90	<b>Sub bacia-6</b>	13,33	1,70
<b>Junção-5</b>	2,98	89,80	<b>Sub bacia-7</b>	57,14	3,30
<b>Junção-6</b>	3,66	96,40	<b>Sub bacia-8</b>	9,80	5,60
<b>Junção-7</b>	3,55	113,90	<b>Sub bacia-9</b>	11,11	1,00
<b>Rio-1</b>	0,00	19,40	<b>Sub bacia-10</b>	24,39	5,10
<b>Rio-2</b>	0,47	21,30	<b>Sub bacia-11</b>	20,48	10,00
<b>Rio-3</b>	0,91	22,20	<b>Sub bacia-12</b>	0,00	3,10
<b>Rio-4</b>	10,29	26,80	<b>Sub bacia-A</b>	36,84	2,60
<b>Rio-5</b>	2,98	89,80	<b>Sub bacia-B</b>	81,25	2,90
<b>Rio-6</b>	3,56	96,00	<b>Sub bacia-C</b>	200,00	0,90
<b>Rio-7</b>	3,45	113,80	<b>Sub bacia-D</b>	27,78	2,30
<b>Alegre-montante</b>	0,00	84,00	<b>Sub bacia-E</b>	0,00	3,70
<b>Sub bacia-1</b>	0,00	18,50	<b>Sub bacia-F</b>	50,00	1,20
<b>Sub bacia-2</b>	5,88	1,80			

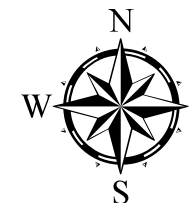
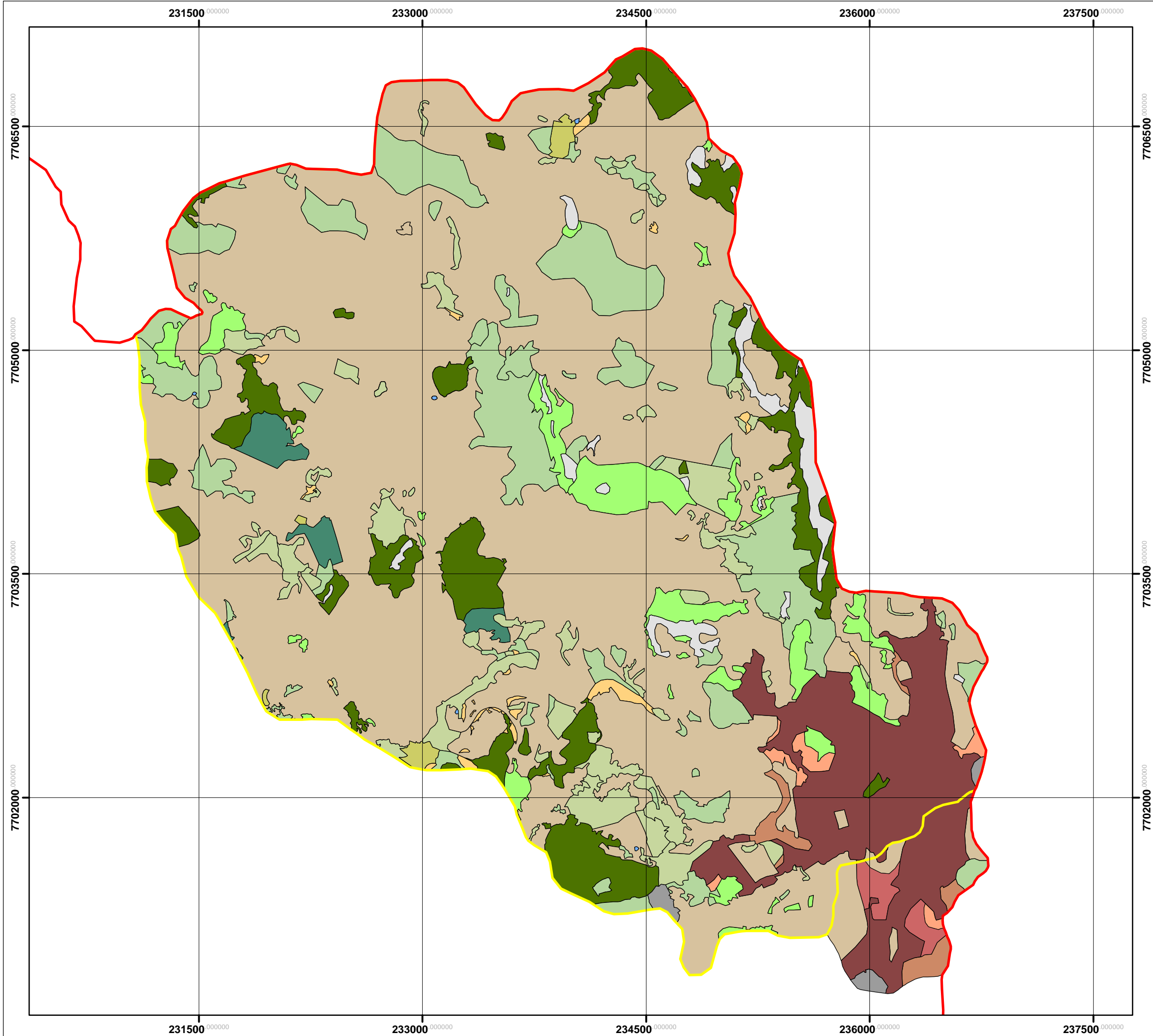
**Tabela 7-8:** Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 50 anos.

Elemento hidrológico	Aumento	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Aumento	Vazão de pico
	%	m³/s		%	m³/s
<b>Junção-1</b>	0,00	24,50	<b>Sub bacia-3</b>	9,52	4,60
<b>Junção-2</b>	0,75	27,00	<b>Sub bacia-4</b>	0,00	1,50
<b>Junção-3</b>	1,08	28,00	<b>Sub bacia-5</b>	28,57	1,80
<b>Junção-4</b>	1,65	30,80	<b>Sub bacia-6</b>	14,29	2,40
<b>Junção-5</b>	3,01	99,40	<b>Sub bacia-7</b>	50,00	3,60
<b>Junção-6</b>	3,59	106,80	<b>Sub bacia-8</b>	10,71	6,20
<b>Junção-7</b>	2,08	127,60	<b>Sub bacia-9</b>	10,00	1,10
<b>Rio-1</b>	0,00	24,50	<b>Sub bacia-10</b>	21074	5,60
<b>Rio-2</b>	0,75	27,00	<b>Sub bacia-11</b>	20,00	11,40
<b>Rio-3</b>	1,08	28,00	<b>Sub bacia-12</b>	0,00	3,30
<b>Rio-4</b>	1,65	30,80	<b>Sub bacia-A</b>	31,82	2,90
<b>Rio-5</b>	2,90	99,30	<b>Sub bacia-B</b>	73,68	3,30
<b>Rio-6</b>	3,51	106,30	<b>Sub bacia-C</b>	175,00	1,10
<b>Rio-7</b>	2,00	127,50	<b>Sub bacia-D</b>	30,00	2,60
<b>Alegre-montante</b>	0,00	92,70	<b>Sub bacia-E</b>	2,50	4,10
<b>Sub bacia-1</b>	0,00	23,40	<b>Sub bacia-F</b>	40,00	1,40
<b>Sub bacia-2</b>	9,52	2,30			

**Tabela 7-9:** Resposta hidrológica das bacias do córrego Varjão da Cutia e sub bacias do rio Alegre para chuva com tempo de retorno de 100 anos.

Elemento hidrológico	Aumento	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Aumento	Vazão de pico
	%	m³/s		%	m³/s
<b>Junção-1</b>	0,00	33,10	<b>Sub bacia-3</b>	9,80	5,60
<b>Junção-2</b>	0,55	36,40	<b>Sub bacia-4</b>	0,00	2,10
<b>Junção-3</b>	0,80	37,60	<b>Sub bacia-5</b>	23,53	2,10
<b>Junção-4</b>	1,49	40,90	<b>Sub bacia-6</b>	9,09	3,60
<b>Junção-5</b>	2,93	112,40	<b>Sub bacia-7</b>	41,38	4,10
<b>Junção-6</b>	3,60	121,00	<b>Sub bacia-8</b>	9,37	7,00
<b>Junção-7</b>	0,75	148,30	<b>Sub bacia-9</b>	8,33	1,30
<b>Rio-1</b>	0,00	33,10	<b>Sub bacia-10</b>	18,52	6,40
<b>Rio-2</b>	0,55	36,40	<b>Sub bacia-11</b>	18,42	13,50
<b>Rio-3</b>	0,80	37,60	<b>Sub bacia-12</b>	0,00	3,70
<b>Rio-4</b>	1,49	40,90	<b>Sub bacia-A</b>	30,77	3,40
<b>Rio-5</b>	3,02	112,40	<b>Sub bacia-B</b>	58,33	3,80
<b>Rio-6</b>	3,52	120,50	<b>Sub bacia-C</b>	150,00	1,50
<b>Rio-7</b>	0,75	148,30	<b>Sub bacia-D</b>	20,83	2,90
<b>Alegre-montante</b>	0,00	104,30	<b>Sub bacia-E</b>	2,17	4,70
<b>Sub bacia-1</b>	0,00	31,80	<b>Sub bacia-F</b>	30,77	1,70
<b>Sub bacia-2</b>	7,14	3,00			





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

**Legenda**

**Limites de Bacias**

- Bacia do do Rio Alegre
- Bacia do Córrego Varjão da Cutia

**Uso e Ocupação do Solo**

- Afloramento rochoso
- Área industrial 72
- Área urbana 30
- Área urbana 38
- Área urbana 65
- Área urbana 85
- Café
- Cultura anual
- Cultura perene
- Floresta
- Macega
- Pastagem
- Pasto sujo
- Solo desnudo

**Documentação e Referências**

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

GEOBASES. Bacias Hidrográficas.

Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais  
Diagnóstico

Título:  
Mapa de uso e ocupação do solo da bacia de drenagem urbana  
do Rio Alegre e do Córrego Varjão da Cutia para o 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: 1:25,000 0 150 300 600 900 m

Folha: 1 de 1 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº: Figura 7-6

Contratante: Consórcio:

As vazões correspondentes aos Trecho 4 e Trecho 7 são, respectivamente, as calculadas para os trechos finais do córrego Varjão da Cutia e do rio Alegre.

Conforme já comentado, a partir dos dados coletados nos Censos, prevê-se o aumento da população de Alegre de 30.786 em 2010 para 31.169 habitantes em 2030, agregando 383 habitantes num horizonte de 20 anos, o que promoverá uma ligeira mudança no uso do solo através da ampliação da área urbana e aumento da impermeabilização em algumas áreas. Embora seja prevista uma mudança pouco expressiva nos picos de vazão no final da área urbana de Alegre (uma média de 5% nos picos de vazão com períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos) as mudanças de pico em algumas sub bacias poderão ser mais expressivas, principalmente nas sub bacias B, C, D, E e F, onde está previsto um aumento mais intenso das taxas de impermeabilização.

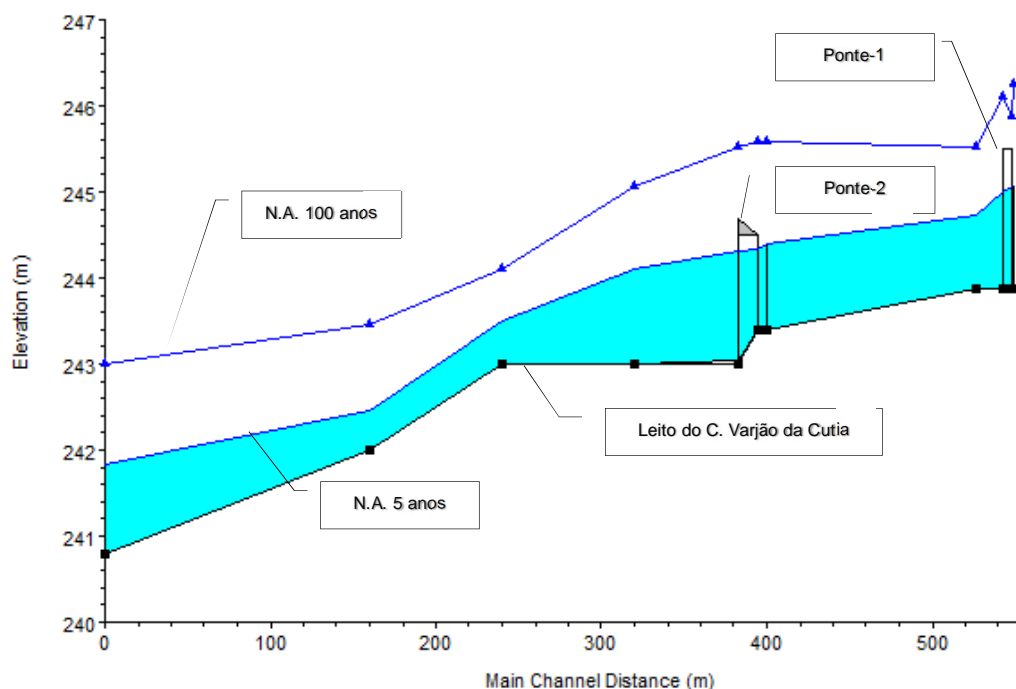
### 7.3.2 Modelagem hidráulica do Rio Alegre com o Cenário Futuro

Para a simulação hidráulica da vazão futura nas bacias em estudo, também foi utilizado o modelo matemático HEC-RAS 4.1 (*River Analysis System*). A metodologia de modelagem foi a mesma apresentada no **item 6.5.3**. O objetivo desta simulação foi verificar quais os impactos do crescimento populacional e consequente aumento da ocupação do solo sobre a inundação do trecho urbano do rio Alegre.

O **ANEXO III** apresenta o Mapa de Susceptibilidade à Inundação para o município de Alegre no cenário futuro, como resultado da modelagem hidráulica. A partir do Mapa de Susceptibilidade, foi elaborado o Mapa de Risco à Inundação, apresentado no **ANEXO IV**.

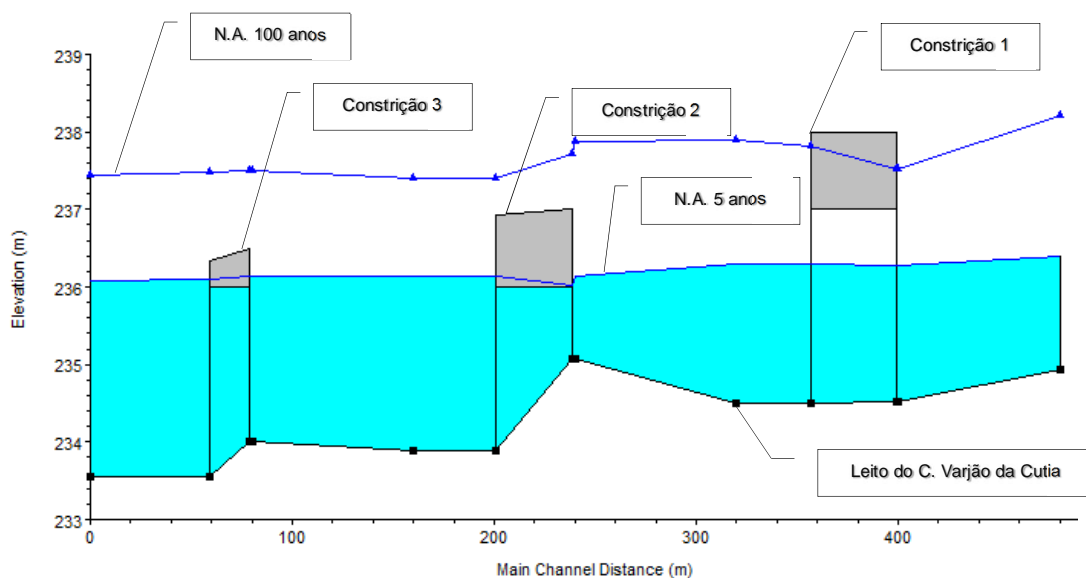
Para o cenário futuro, as manchas de inundação se diferenciaram muito pouco daquelas simuladas para o cenário atual, descrito no **item 6.5.3.4**. Isso se justifica pela pequena mudança do uso do solo que está prevista para ocorrer no horizonte de 20 anos, dada a pequena variação da população prevista.

No trecho inicial do córrego Varjão da Cutia, no bairro Guararema, a mancha de inundação para período de recorrência de 5 anos é de 80 m e chega até a Rua Dr. Wanderley. Em conformidade com o diagrama apresentado na **Figura 7-7**, as duas primeiras pontes que cortam o córrego Varjão da Cutia (Ponte-1 e Ponte-2) mostram-se subdimensionadas para tempo de recorrência de 100 anos.



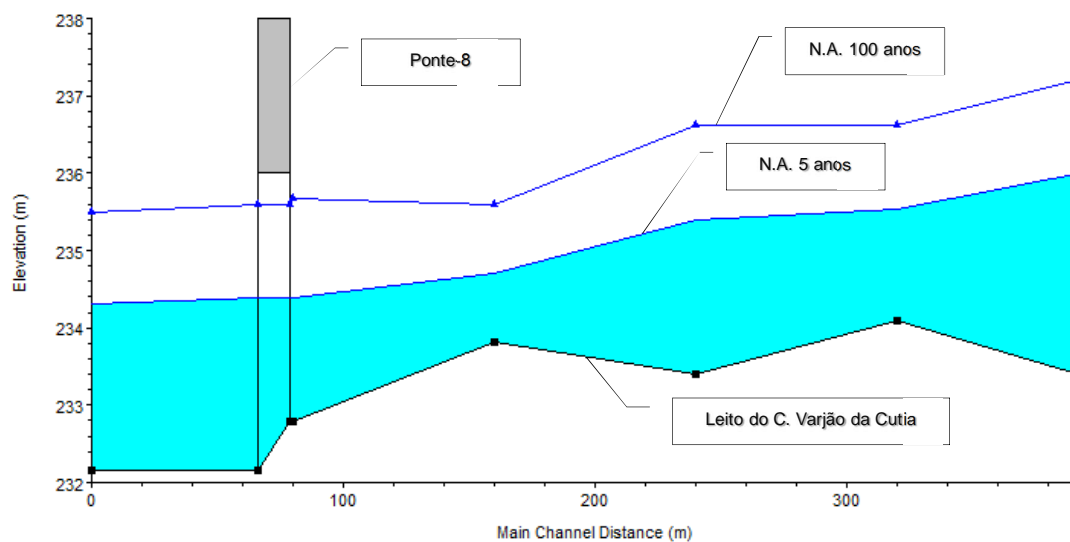
**Figura 7-7:** Perfil longitudinal da simulação hidráulica do trecho do córrego Varjão da Cutia na ponte-1 e ponte-2, no cenário futuro.

Nesse mesmo córrego, no trecho entre a constrição 1 e a constrição 3, as manchas de inundação para os períodos de recorrência de 5 e 100 anos foram de 16 m e 79 m, respectivamente. De acordo com o diagrama apresentado na **Figura 7-8** percebe-se que as constrições 2 e 3 estão subdimensionadas para todos os períodos de recorrência superiores à 5 anos.



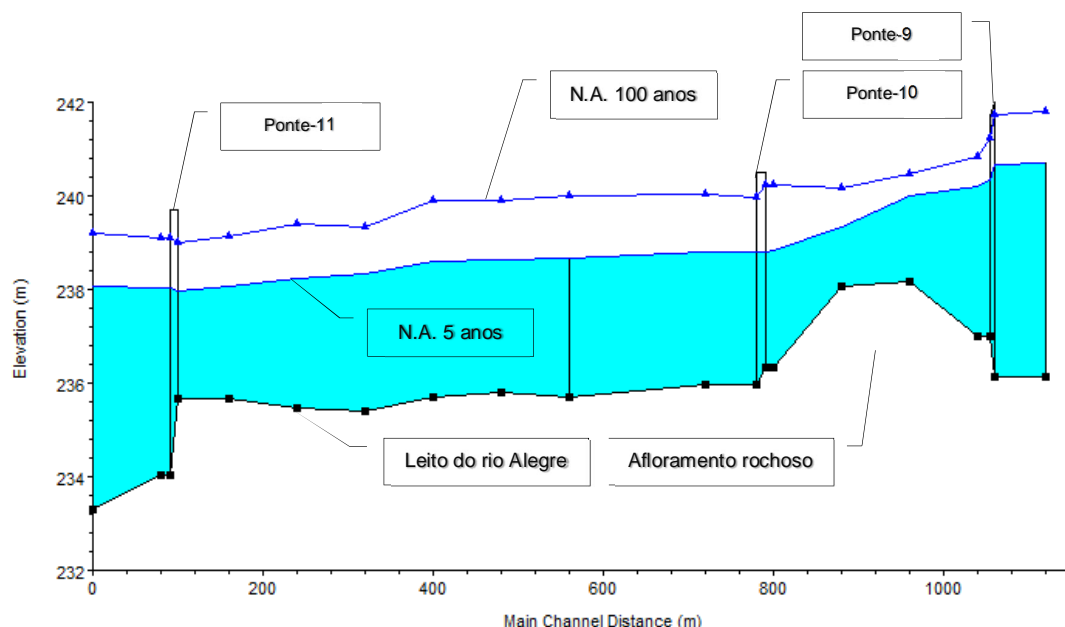
**Figura 7-8:** Perfil longitudinal da simulação hidráulica do trecho do córrego Varjão da Cutia entre as constrições 1 e 3, no cenário futuro.

Por fim, no córrego Varjão da Cutia, a última ponte que corta seu trecho no bairro Centro, a 20 m do encontro com o rio Alegre, mostrou-se bem dimensionada para todos os períodos de recorrência simulados (**Figura 7-9**).



**Figura 7-9:** Perfil longitudinal da simulação hidráulica do trecho do córrego Varjão da Cutia, na ponte-8, no cenário futuro.

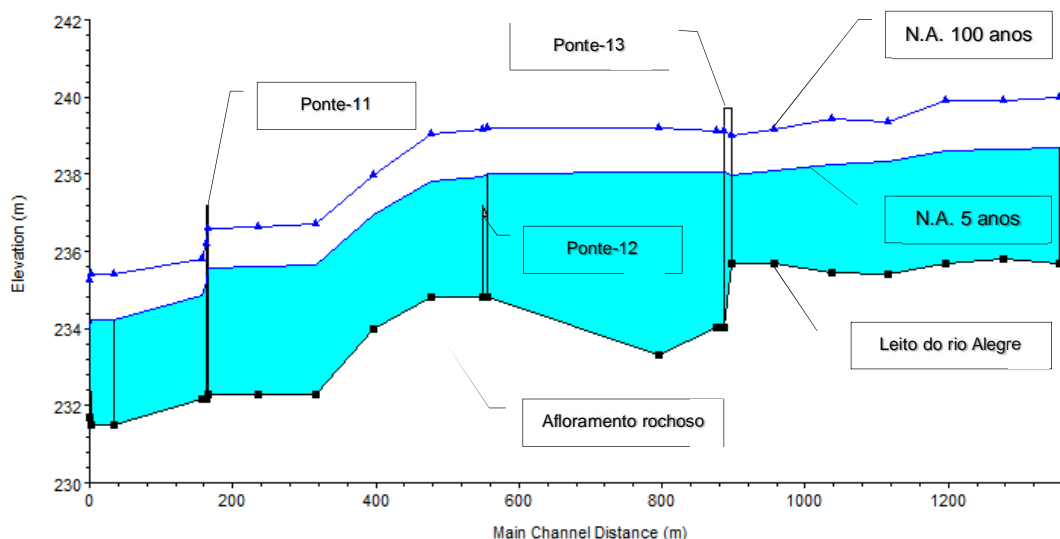
Nos bairros Vila Sul e São Miguel, onde o rio Alegre inicia seu trajeto em trecho urbano, as três primeiras pontes que cortam seu leito (Ponte-9, Ponte-10 e a Ponte-11) se mostram dimensionadas para todos os períodos de recorrência simulados (**Figura 7-10**). Em contra partida, o trecho do rio Alegre entre a Ponte-10 e Ponte-11 apresenta manchas de inundação que ultrapassam suas margens para tempos de recorrência de 5 e 100 anos, 44 m e 67 m, respectivamente. Isso se explica pela presença de afloramentos rochosos nesse trecho que consequentemente eleva o leito desse curso d'água.



**Figura 7-10:** Perfil longitudinal da simulação hidráulica do rio Alegre que compreende o trecho que o bairro Vila Sul e São Miguel margeia o rio Alegre, no cenário futuro.

Em análise as simulações hidráulicas, a ponte que liga os bairros Três Vilas e Triângulo (Ponte-12) mostrou-se subdimensionada para todos os períodos de recorrência (**Figura 7-11**).





**Figura 7-11:** Perfil longitudinal da simulação hidráulica do trecho do rio Alegre, na ponte-12, no cenário futuro.

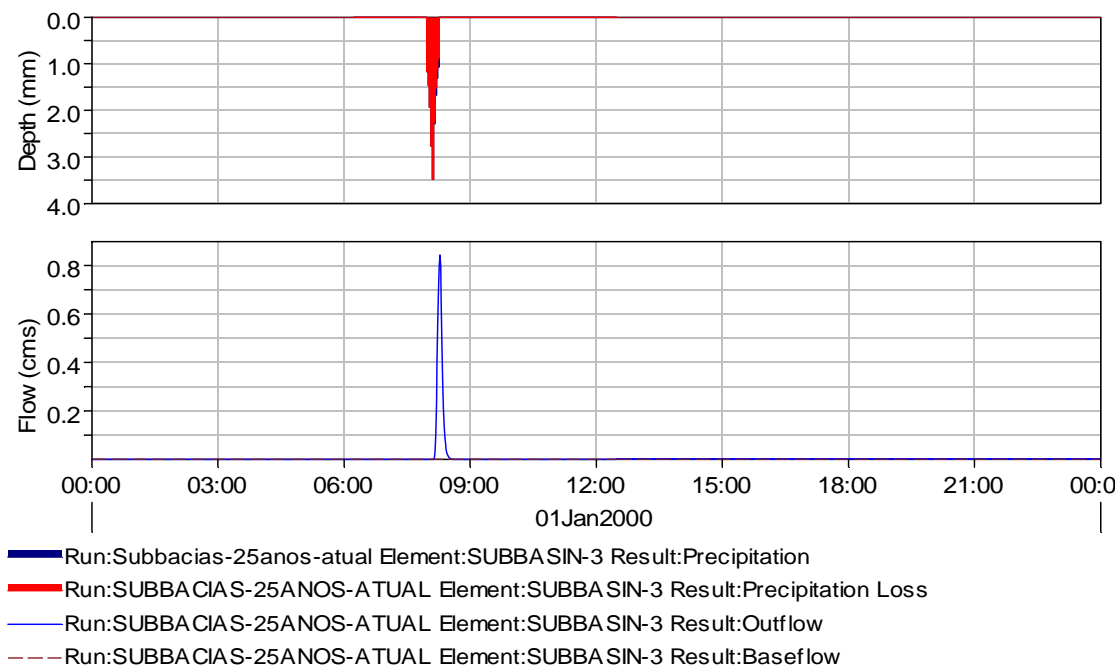
Ao final do trecho urbano do rio Alegre, as manchas de inundação para todos os períodos de recorrência não ultrapassam a calha do rio Alegre, pois o trecho a jusante do barramento da PCH Alegre é bastante acachoeirado e seu fundo tem um desnível médio de 6 m em relação ao nível das ruas que margeiam esse ponto.

## 7.4 VAZÕES MÁXIMAS PARA AS SUB-BACIAS

As sub bacias urbanas que compõem a bacia do rio Alegre foram modeladas objetivando o dimensionamento das estruturas de drenagem das águas das mesmas. A intensidade da chuva de projeto foi obtida para um período de recorrência de 25 anos e duração igual a duas a quatro vezes o tempo de concentração de cada bacia, com hietograma definido a partir do método dos blocos alternados, conforme metodologia descrita no **item 6.5.2.2**.

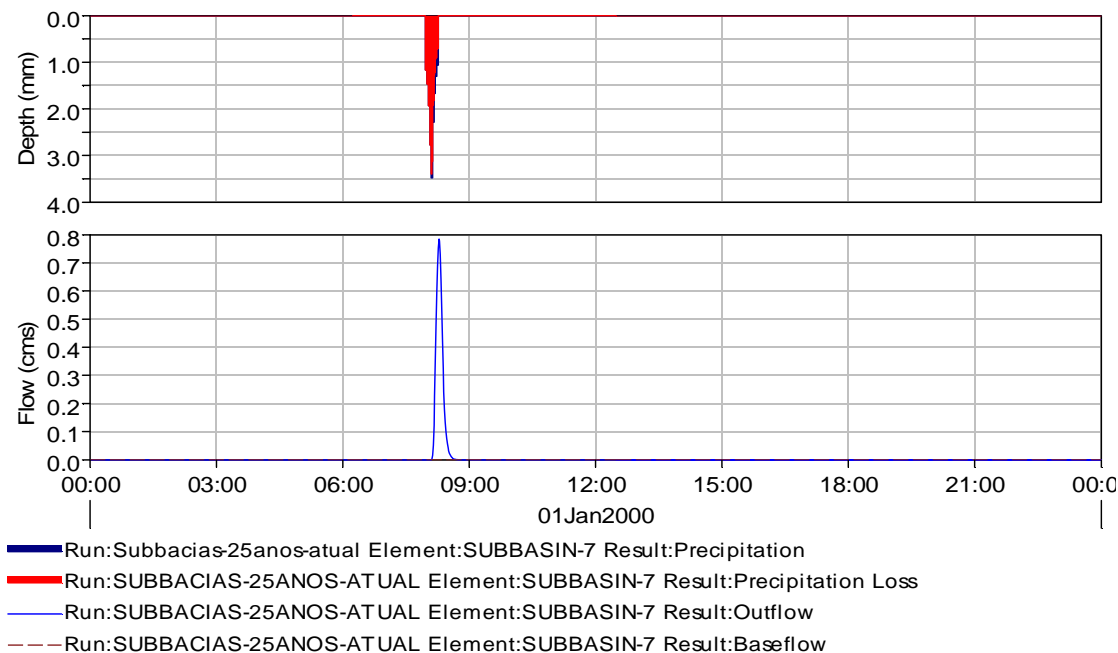
A **Figura 7-12**, **Figura 7-13**, **Figura 7-14** e a **Figura 7-15** apresentam os resultados da modelagem das sub bacias, com os respectivos hietogramas e as vazões de projeto, enquanto a **Tabela 7-10** mostra os picos de vazão de cada sub bacia que as estruturas de drenagem a serem dimensionadas deverão suportar.

### Subbasin "Subbasin-3" Results for Run "Subbacias-25anos-atual"



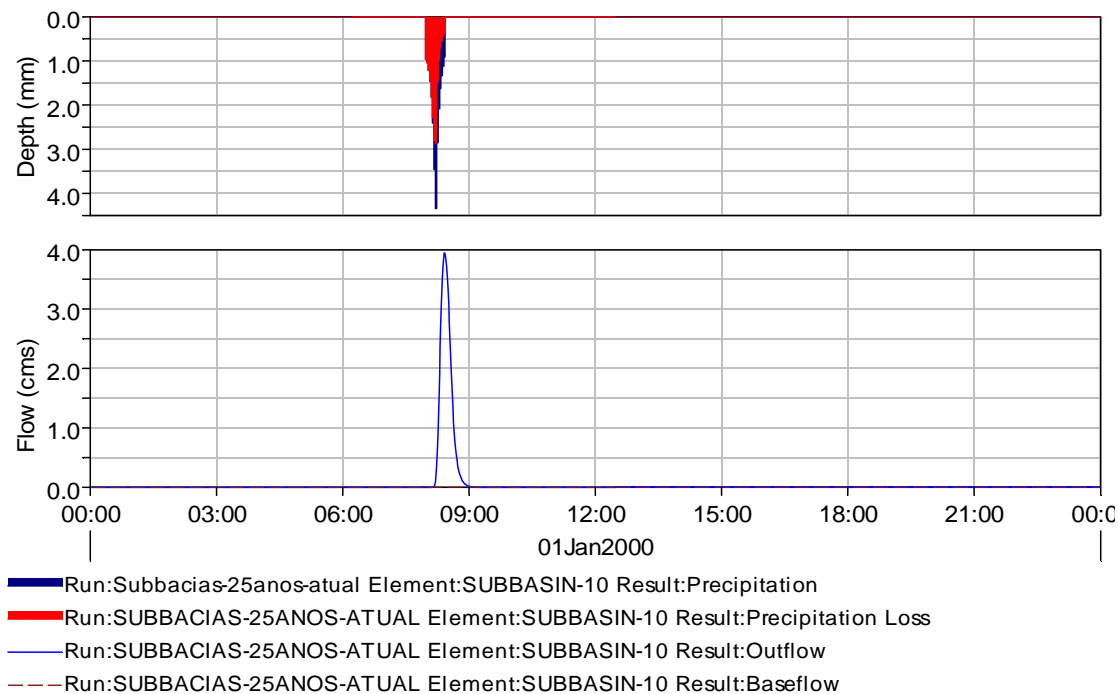
**Figura 7-12:** Hietograma e escoamento superficial da sub-bacia 3 para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.

### Subbasin "Subbasin-7" Results for Run "Subbacias-25anos-atual"



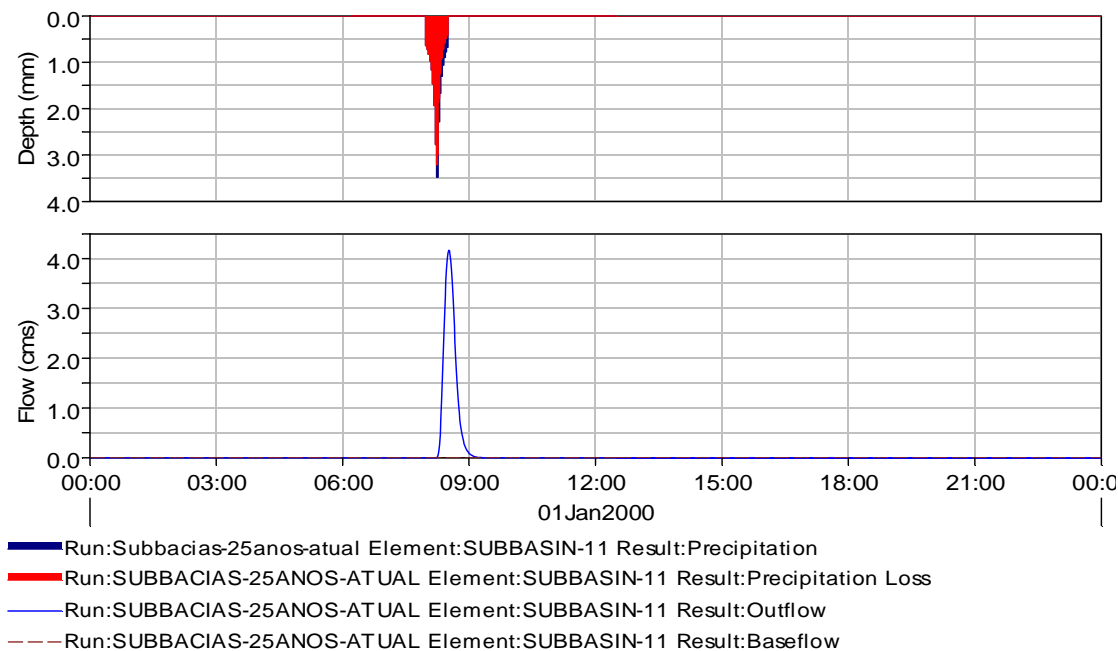
**Figura 7-13:** Hietograma e escoamento superficial da sub bacia 7 para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.

Subbasin "Subbasin-10" Results for Run "Subbacias-25anos-atual"



**Figura 7-14:** Hietograma e escoamento superficial da sub bacia 10 para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.

Subbasin "Subbasin-11" Results for Run "Subbacias-25anos-atual"



**Figura 7-15:** Hietograma e escoamento superficial da sub bacia 11 para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.

**Tabela 7-10:** Picos de vazão das sub-bacias urbanas do rio Alegre para chuvas com tempo de recorrência de 25 anos.

Sub-bacia	Pico de vazão (m³/s)
3	0,8
7	0,9
10	4,0
11	1,1

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

## 7.5 CENÁRIOS ALTERNATIVOS

Para a resolução dos problemas de cheias nas bacias dos córregos do Rio Alegre e do córrego Varjão da Cutia, foram simulados dois cenários com a implementação de ações estruturais descritas a seguir, as quais são constituídas de reservatórios, galerias e dragagem/derrocagem de canais.

### 7.5.1 Cenário 1

Este cenário é caracterizado, principalmente, pela implantação de um reservatório de retenção de cheias no córrego Varjão da Cutia, a montante do bairro Guararema, a 1.200 m do início da área urbana da sede municipal de Alegre. No Rio Alegre, por sua vez, foi planejada a execução de derrocagem de rochas em alguns trechos onde foram identificados problemas de escoamento. Os cálculos hidráulicos para as soluções supracitadas foram realizados com as vazões produzidas por chuvas com período de recorrência de 25 anos.

Cabe ressaltar que a bibliografia especializada orienta que barragens sejam projetadas para não ocorrer o vertimento durante chuvas com período de recorrência de até 50 anos.

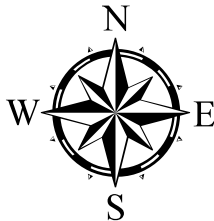
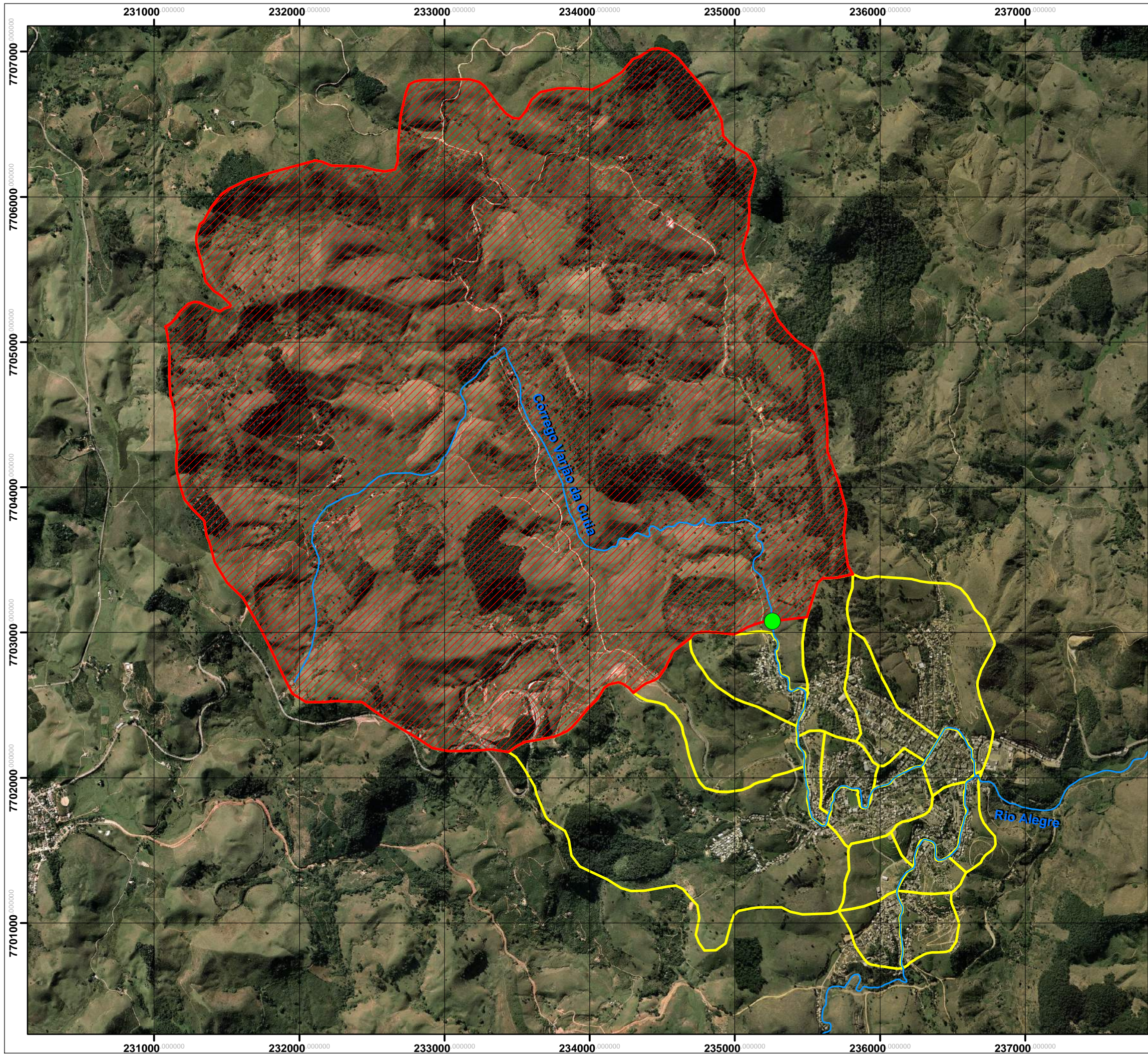
A **Tabela 7-11** apresenta as principais características da barragem supracitada. A barragem proposta foi estudada através de visita a campo e modelada com uso do modelo HEC-HMS a partir de informações topográficas obtidas em levantamento específico para este trabalho.

**Tabela 7-11:** Principais características da barragem estudada.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Área drenada (Km²)	16,2
Altura do vertedor (m)	4,5
Comprimento da barragem (m)	95
Área alagada (m²)	41.857
Capacidade volumétrica (m³)	65.000
Dimensões do orifício de saída (m x m)	2,0 x 1,0
Pico da vazão produzida pela bacia de drenagem (m³/s)	16,9
Pico da vazão de saída da barragem (m³/s)	9,2
Tempo de atraso do pico de vazão da bacia de drenagem (minutos)	65

A **Figura 7-16** apresenta a localização da barragem proposta e sua área de drenagem.





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

Legenda

- Ponto de barramento
- Cursos d'água
- Bacia de drenagem do barramento
- Divisão de subbacias

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

GEOBASES. Cursos d'água

Ø	Emissão original	12/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais  
Diagnóstico

Título:  
Mapa de localização da barramento para o cenário  
proposto e sua área de drenagem

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

Elaboração:  
  
Felippe Zuccolotto Pereira  
Tecgº Saneamento Ambiental  
CREA - ES 32790/D

Escala: 1:26.000 0 200 400 800 1,200 m

Folha: 01 de 01 Local: Alegre - ES

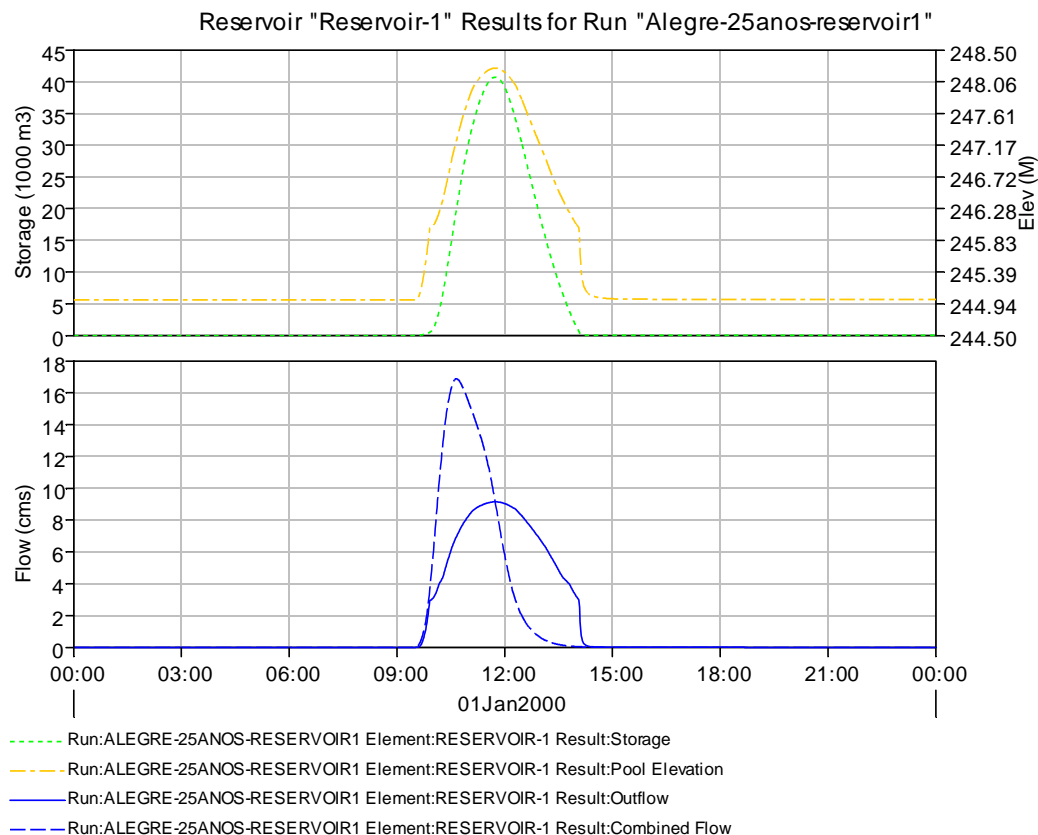
Papel: A3 Nº: Figura 7-16

Contratante:

Consórcio:



A **Figura 7-17** apresenta o resultado da modelagem do funcionamento da barragem frente a uma chuva de 25 anos de recorrência.



**Figura 7-17:** Gráfico de eficiência de contenção de águas pluviais da barragem estudada.

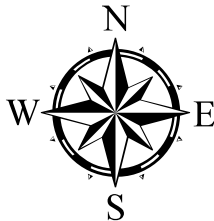
A simulação mostra que a barragem deverá possuir, no mínimo, 4,5 m de altura, apresentando eficiência de 45% na redução do pico da vazão, reduzindo o mesmo de 16,9 m<sup>3</sup>/s para 9,2 m<sup>3</sup>/s e o atrasando em 65 minutos.

No elemento hidrológico “Rio-3”, que se localiza entre a Rua Dr. Wanderley e a Av. Olívio Correia Pedrosa, o efeito da barragem manteve sua eficiência de 45% na redução do pico da vazão no trecho, reduzindo o mesmo de 20,2 m<sup>3</sup>/s para 11,0 m<sup>3</sup>/s.

Na área de inundação do barramento estão localizadas três casas. Em visita a campo, observou-se que estas encontram-se abandonadas e deverão ser derrubadas para evitar a volta de moradores.

A





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

Legenda

- Barramento
- Área inundada temporariamente
- Cursos d'água

Documentação e Referências

IMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.  
GEOBASES. Cursos d'água

Ø	Emissão original	12/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais  
Diagnóstico

Título:  
Mapa de detalhe da barragem para o cenário proposto  
e sua área de inundação temporária

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

Elaboração:  
  
Felippe Zuccolotto Pereira  
Tecgº Saneamento Ambiental  
CREA - ES 32790/D

Escala: 1:3.000 0 25 50 100 150 m

Folha: 01 de 01 Local: Alegre - ES  
Papel: A3 Nº: Figura 7-18

Contratante: Consórcio:



A área de inundação temporária da barragem estudada é ocupada por pastagem e algumas espécies arbustivas e arbóreas isoladas, conforme pode ser observado na **Figura 7-19** e **Figura 7-20**. De acordo com dados obtidos em simulações hidrológicas, as cotas máximas no interior do reservatório foram de 248,2 m e 249,1 m para chuvas com tempos de recorrência de 25 e 50 anos, respectivamente.



**Figura 7-19:** Aspecto da área do barramento (retângulo vermelho) e da área a ser temporariamente inundada.

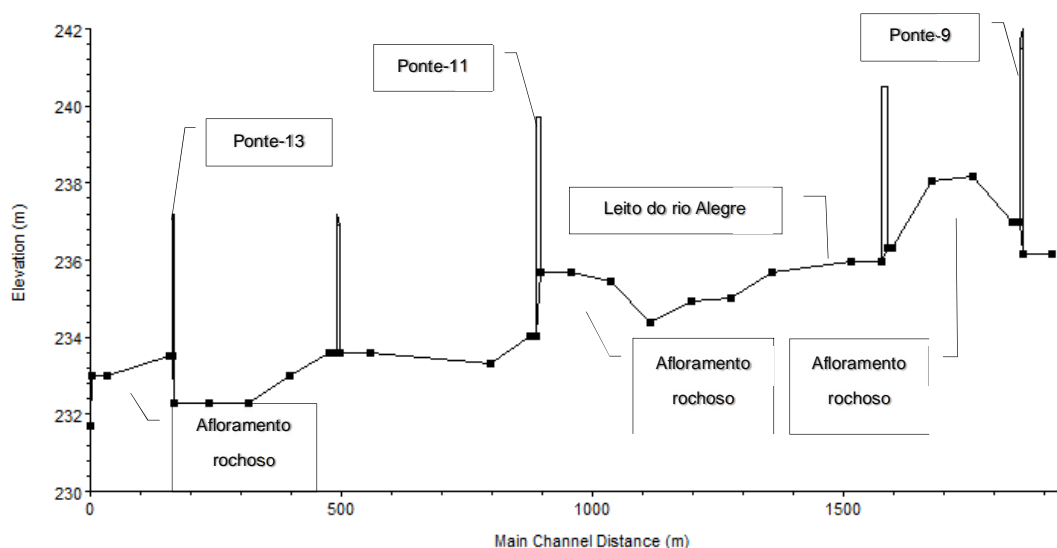


**Figura 7-20:** Aspecto da área a ser temporariamente inundada. A casa em destaque na foto encontra-se abandonada.

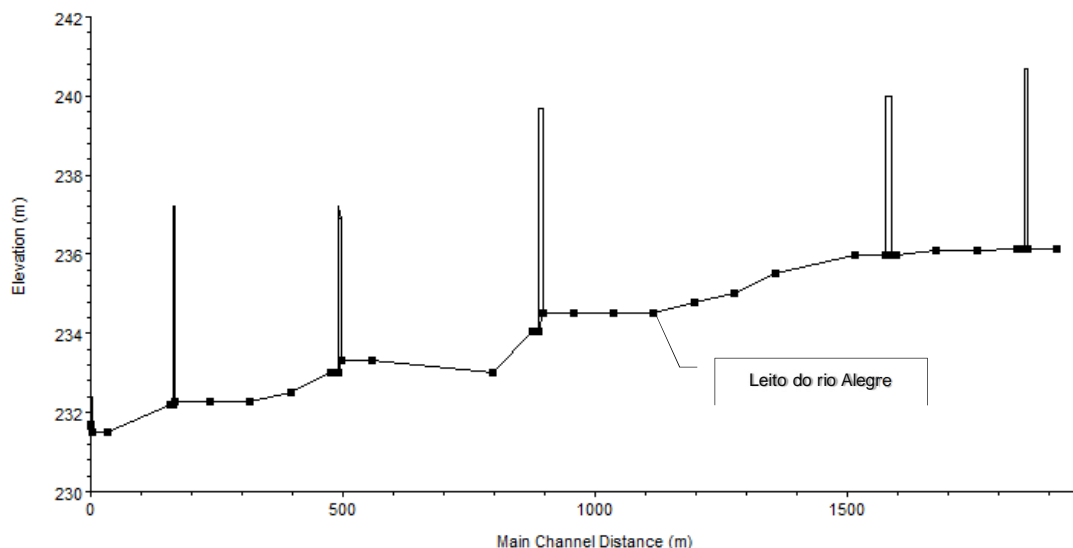
Com a construção desse barramento, deseja-se sanar os problemas de cheia na calha do córrego Varjão da Cutia para vazões produzidas por chuvas com período de recorrência de até 25 anos. Com isso, a modelagem hidráulica realizada com o barramento mostra que as constrições 1, 2 e 3, citadas nos **itens 6.5.3.4 e 7.3.2** não apresentarão mais problemas de retenção de água.

Ainda nesse cenário, propõe-se derrocagem em pontos específicos do rio Alegre. De acordo com o levantamento topo-batimétrico realizado no citado rio, foram encontrados três pontos de afloramento rochoso em seu leito. Ainda em conformidade com essa topografia, nesses pontos, a elevação do leito do rio Alegre é de aproximadamente 2 m.

A **Figura 7-21** mostra em perfil o leito do rio Alegre atualmente. Em comparação, a **Figura 7-22** mostra o perfil do leito do rio Alegre após as derrocagem propostas nesse cenário.



**Figura 7-21:** Perfil longitudinal do rio Alegre, no cenário atual.



**Figura 7-22:** Perfil longitudinal do rio Alegre, no cenário proposto.

A extensão total de derrocagem para o rio Alegre será de aproximadamente 400 m, sendo: uma extensão de 100 m a jusante da Ponte-9, 150 m a jusante da Ponte-11 e 150 m a jusante da Ponte-13, totalizando 5.000 m<sup>3</sup>.

Com a execução da derrocagem que compreende a localização da Ponte-11, haverá o comprometimento de sua estrutura, o que se fará necessário à demolição e construção de nova ponte.

O **ANEXO V** apresenta o mapa de soluções para o cenário 1.

O valor total estimado para o cenário 1 foi de **R\$ 8.200.000,00**.

## 7.5.2 Cenário 2

Este cenário é caracterizado, pela canalização do córrego Varjão da Cutia em quatro trechos, sendo três executados em gabião e o quarto executado em galeria de concreto. No Rio Alegre, planejou-se a derrocagem em trechos específicos, sendo o mesmo simulado para vazão produzida por chuvas com recorrência de 25 anos.

Com o revestimento em muro gabião, o córrego Varjão da Cutia, que compreende uma extensão total em área urbana de 760 m, será dividido em três trechos: de 400 m, 200 m e 160 m. dimensões calha dos trechos canalizados passará a ser de 7,0 x 1,5 m.

Por fim, visando solucionar as inundações no bairro Centro, propõe-se o redirecionamento do córrego Varjão da Cutia com galerias do tipo BTCC 2 x 2 m do trecho que percorrerá a Rua Dr. Wanderley e Rua Dulcino Pinheiro até a ponte sobre a Rod. ES-482 (Ponte-8). Após esse ponto, o córrego segue seu curso normal até o desague no rio Alegre.

Assim como proposto no Cenário 1, a extensão total de derrocagem para o rio Alegre será de aproximadamente 400 m, sendo: uma extensão de 100 m a jusante da Ponte-9, 150 m a jusante da Ponte-11 e 150 m a jusante da Ponte-13.

Com a execução da derrocagem que compreende a localização da Ponte-11, haverá o comprometimento de sua estrutura, o que se fará necessário à demolição e construção de nova ponte.

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

O valor estimado para o cenário 2 foi de **R\$ 12.250.000**.

## 8 CONCLUSÕES

Como resultado deste trabalho, conclui-se que:

- As cheias do Rio Alegre e do córrego Varjão da Cutia são frequentes e os problemas oriundos das mesmas vêm se agravando devido ao avanço da população para as proximidades de suas margens;
- Embora o centro urbano de Alegre seja alvo constante de inundações, é comum a prática de limpeza dos canais de drenagem pela prefeitura;
- Os problemas de macrodrenagem do município de Santa Teresa podem se resumir em: a) presença de rochas que provocam a elevação do nível d'água no Rio Alegre; b) pontes que causam significativa redução da seção hidráulica de escoamento tanto no Rio Alegre quanto no córrego Varjão da Cutia; c) edificações que foram construídas sobre o córrego Varjão da Cutia; d) assoreamento e crescimento de vegetação rasteiras em diversos trechos de canal;
- Observou-se, a partir da modelagem hidráulica, que 50 domicílios estão na área de risco classificada como muito alto (inundação com 5 anos de recorrência);
- Observou-se, ainda, que 90 domicílios são inundados com vazões de 25 anos de recorrência (vazão de projeto);
- Alegre tem apresentado crescimento populacional que tende a levar sua população dos atuais 30.786 habitantes (censo de 2010) para 31.169 habitantes em 2030 (1,22% de crescimento) e 31.552 habitantes em 2050 (1,21% de crescimento). Este crescimento resultará em mudanças no uso do solo que se restringirá às zonas urbanas e, principalmente, periurbanas do município;
- A zona sul da sede de Alegre, que abrange os bairros Vila Sul, São Vicente de Paula e Três Vilas, se configura como principal vetor de expansão urbana do município;



- Para uma chuva intensa com período de recorrência de 25 anos, prevê-se que a vazão no trecho final do rio Alegre passe de 104,9 m³/s para 109,1 m³/s (aumento de 4%) se ocorrer a tendência de expansão urbana prevista;
- Previu-se que a expansão urbana projetada para Alegre não modificará as manchas de inundação de forma significativa, uma vez que o incremento das vazões em função da redução das taxas de infiltração foi insignificante para a montante da bacia hidrográfica;
- Para a solução dos problemas de inundação do município de Santa Teresa foram propostos dois cenários alternativos.
- O Cenário 1 é caracterizado, principalmente, pela implantação de uma barragem a montante da sede municipal de Alegre no córrego Varjão da Cutia, além da derrocagem de trechos do Rio Alegre e demolição e construção de uma ponte. Seu custo foi estimado em **R\$ 8.200.000,00**;
- O Cenário 2 é caracterizado, principalmente, pela implantação da canalização em quatro trechos do córrego Varjão da Cutia, sendo os três primeiros executados em gabião e o quarto executado em galeria de concreto e o seu custo foi estimado em **R\$ 12.250.000,00**;

## 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 1:35.000. 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.

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](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. **Regionalização de vazão no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: IPH/UFRS. 1991.

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](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](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

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

<b>Profissional</b>	Marco Aurélio Costa Caiado
<b>Formação</b>	Engº Agrônomo, Ph.D. em Engenharia de Biossistemas
<b>Empresa</b>	<b>FACTO/AVANTEC Engenharia Ltda.</b>
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	CREA-ES 3.757/D
<b>Responsável pela(s) seção(ões)</b>	Diagnóstico das Bacias, Proposição de Cenários, Coordenação Técnica
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Felippe Zucolotto Pereira
<b>Formação</b>	Tecnólogo em Saneamento Ambiental
<b>Empresa</b>	<b>AVANTEC Engenharia Ltda.</b>
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	CREA-ES 32.790/D
<b>Responsável pela(s) seção(ões)</b>	Modelagem Hidrológica, Modelagem Hidráulica, Diagnóstico das Bacias, Proposição de Cenários, Geoprocessamento e Orçamento
<b>Assinatura</b>	

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

<b>Profissional</b>	Fillipe Tesch
<b>Formação</b>	Tecgº em Saneamento Ambiental, Mestrando em Eng. Ambiental
<b>Empresa</b>	<b>AVANTEC Engenharia Ltda.</b>
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	CREA-ES 24.763/D
<b>Responsável pela(s) seção(ões)</b>	Coordenação Operacional e Revisão Técnica
<b>Assinatura</b>	

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

## **ANEXOS**

**ANEXO I-a:** Mapa de Suscetibilidade a Inundação para o município de Alegres no cenário atual (Carta 307).



235000 000000 235500 000000 236000 000000



235000 000000 235500 000000 236000 000000



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

Legenda

Suscetibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Área Molhada)

- 100 anos (24 ha)
- 50 anos (22,8 ha)
- 30 anos (21,9 ha)
- 25 anos (20,4 ha)
- 20 anos (18,4 ha)
- 10 anos (18,3 ha)
- 5 anos (14,4 ha)

Suscetibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Domicílios Atingidos)

- 5 anos (50 domicílios)
- 25 anos (90 domicílios)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais - Diagnóstico

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

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

Elaboração:  
  
Felippe Zuccolotto Pereira  
Tecgº Saneamento Ambiental  
CREA - ES 32790/D

Escala: 1:5.000 0 50 100 200 m

Carta: 129 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº: ANEXO I-a

Contratante: Consórcio:





**ANEXO I-b:** Mapa de Suscetibilidade a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário atual (Carta 308).





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

Legenda

Suscetibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Área Molhada)

- 100 anos (24 ha)
- 50 anos (22,8 ha)
- 30 anos (21,9 ha)
- 25 anos (20,4 ha)
- 20 anos (18,4 ha)
- 10 anos (18,3 ha)
- 5 anos (14,4 ha)

Suscetibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Domicílios Atingidos)

- 5 anos (50 domicílios)
- 25 anos (90 domicílios)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais - Diagnóstico

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

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

Elaboração:  
  
Felippe Zuccolotto Pereira  
Tecgº Saneamento Ambiental  
CREA - ES 32790/D

Escala: 1:5.000  
0 50 100 200 m

Carta: 117 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº: ANEXO I-b

Contratante: Consórcio:





**ANEXO I-c:** Mapa de Suscetibilidade a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário atual (Carta 286).





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

Legenda

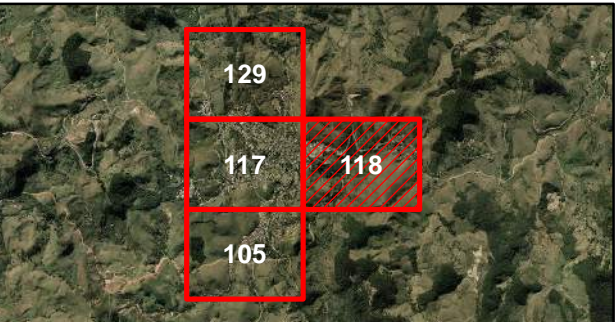
Suscetibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Área Molhada)

- 100 anos (24 ha)
- 50 anos (22,8 ha)
- 30 anos (21,9 ha)
- 25 anos (20,4 ha)
- 20 anos (18,4 ha)
- 10 anos (18,3 ha)
- 5 anos (14,4 ha)

Suscetibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Domicílios Atingidos)

- 5 anos (50 domicílios)
- 25 anos (90 domicílios)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais - Diagnóstico

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

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

Elaboração:  
  
Felippe Zuccolotto Pereira  
Tecgº Saneamento Ambiental  
CREA - ES 32790/D

Escala: 1:5.000 0 50 100 200 m

Carta: 118 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº: ANEXO I-c

Contratante: Consórcio:





**ANEXO I-d:** Mapa de Suscetibilidade a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário atual (Carta 287).





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

Legenda

Suscetibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Área Molhada)

- 100 anos (24 ha)
- 50 anos (22,8 ha)
- 30 anos (21,9 ha)
- 25 anos (20,4 ha)
- 20 anos (18,4 ha)
- 10 anos (18,3 ha)
- 5 anos (14,4 ha)

Suscetibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Domicílios Atingidos)

- 5 anos (50 domicílios)
- 25 anos (90 domicílios)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais - Diagnóstico

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

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

Elaboração:  
  
Felippe Zuccolotto Pereira  
Tecgº Saneamento Ambiental  
CREA - ES 32790/D

Escala: 1:5.000 0 50 100 200 m

Carta: 105 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº: ANEXO I-d

Contratante: Consórcio:





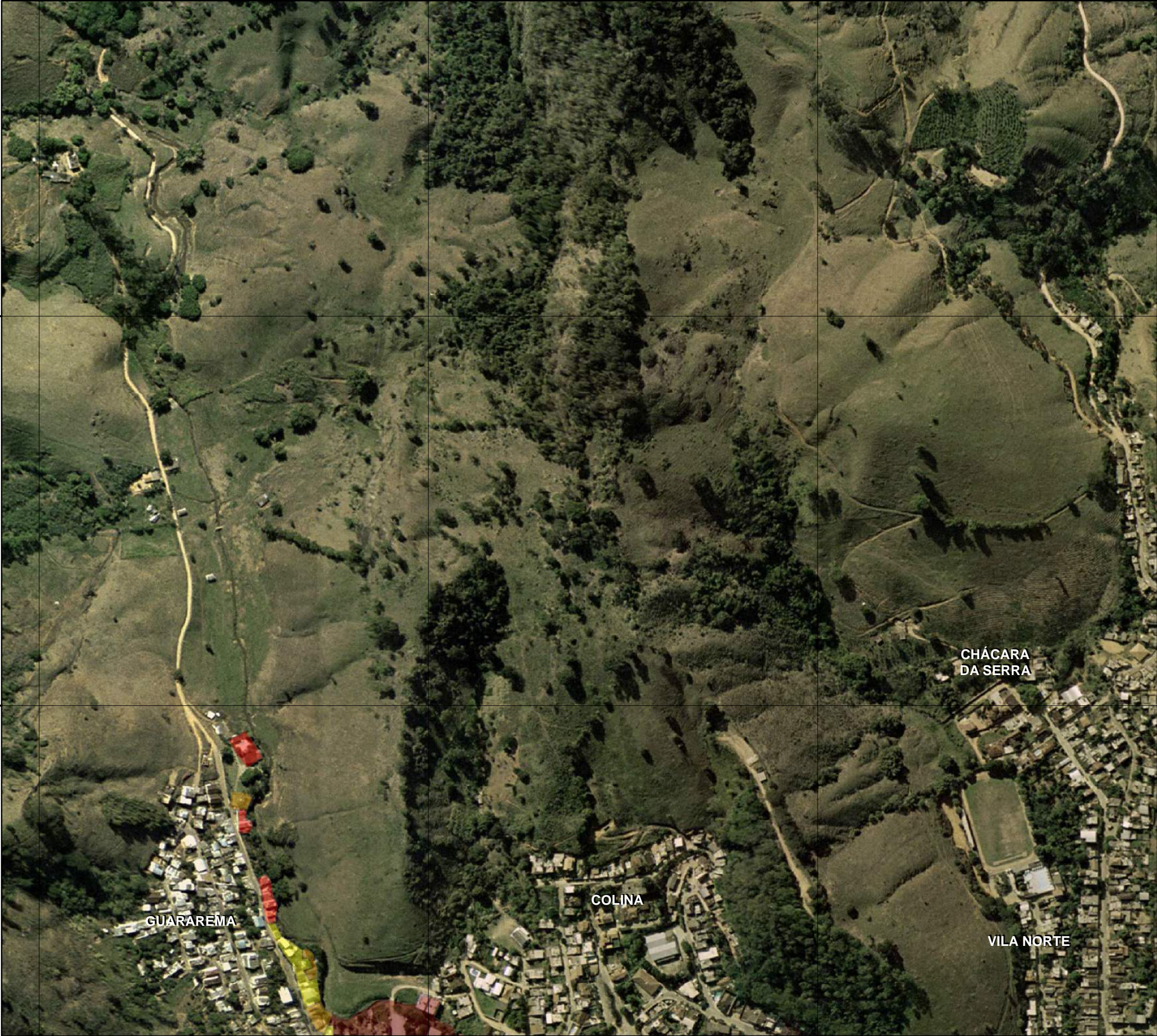
**ANEXO II-a:** Mapa de Risco a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário atual (Carta 307).



235000 000000

235500 000000

236000 000000



235000 000000

235500 000000

236000 000000



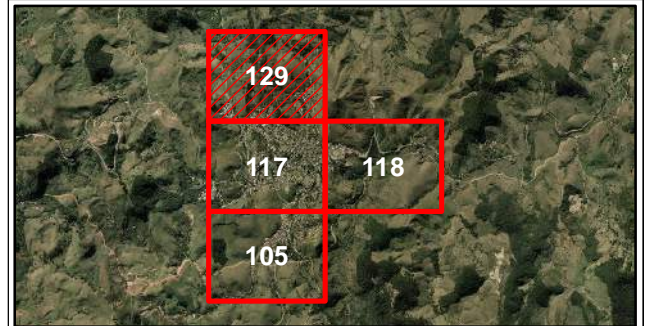
Projeção: Universal Transversa Mercator  
Datum Horizontal: SIRGAS 2000  
Fuso: 24 Hemisfério Sul

#### Legenda

#### Classes de Risco de Inundação

- Risco 1: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)
- Risco 2: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)
- Risco 3: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos)
- Risco 4: Baixo (tempo de retorno >30 e =100 anos)

#### Índice Espacial



#### Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais - Diagnóstico

Título:  
Mapa de Risco de Inundação para a Área Urbana do Município de Alegre-ES  
Cenário Atual

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

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

Escala: 1:5.000 0 50 100 200 m

Carta: 129 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº: ANEXO II-a

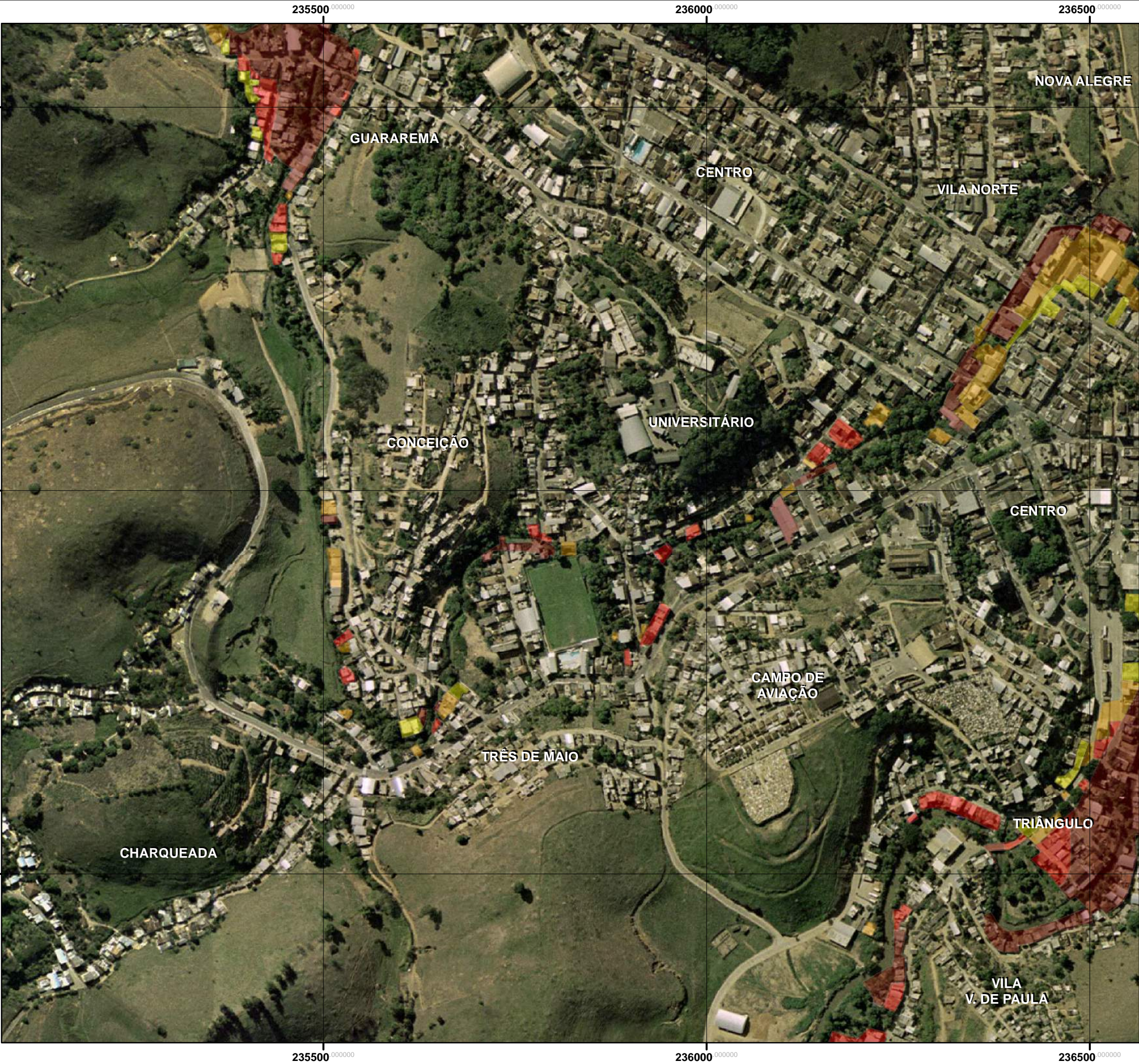
Contratante: Consórcio:





**ANEXO II-b:** Mapa de Risco a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário atual (Carta 308).





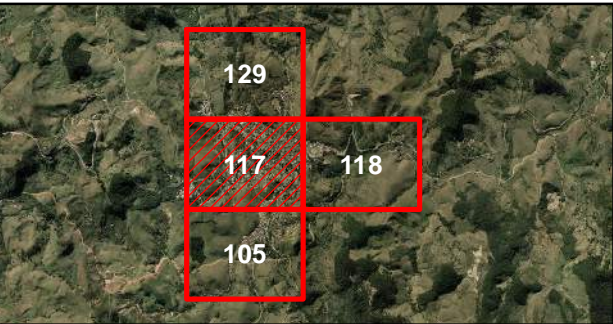
Projeção: Universal Transversa Mercator  
Datum Horizontal: SIRGAS 2000  
Fuso:24 Hemisfério Sul

Legenda

Classes de Risco de Inundação

- Risco 1: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)
- Risco 2: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)
- Risco 3: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos)
- Risco 4: Baixo (tempo de retorno >30 e =100 anos)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.		
Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais - Diagnóstico

Título:  
Mapa de Risco de Inundação para a Área Urbana do Município de Alegre-ES  
Cenário Atual

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

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

Escala: 1:5.000  
0 50 100 200 m

Carta: 117 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº: ANEXO II-b

Contratante: Consórcio:





**ANEXO II-c:** Mapa de Risco a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário atual (Carta 286).





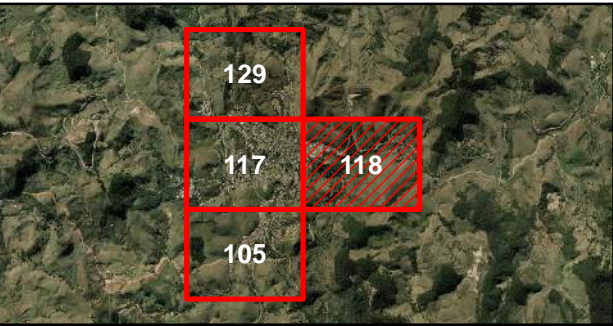
Projeção: Universal Transversa Mercator  
Datum Horizontal: SIRGAS 2000  
Fuso:24 Hemisfério Sul

Legenda

Classes de Risco de Inundação

- Risco 1: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)
- Risco 2: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)
- Risco 3: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos)
- Risco 4: Baixo (tempo de retorno >30 e =100 anos)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.		
Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais - Diagnóstico

Título:  
Mapa de Risco de Inundação para a Área Urbana do Município de Alegre-ES  
Cenário Atual

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

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

Escala: 1:5.000 0 50 100 200 m

Carta: 118 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº: ANEXO II-c

Contratante: Consórcio:





**ANEXO II-d:** Mapa de Risco a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário atual (Carta 287).





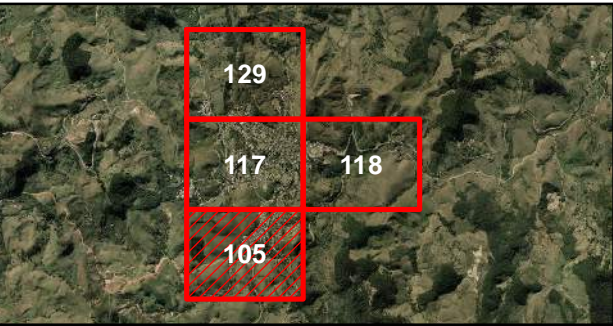
Projeção: Universal Transversa Mercator  
Datum Horizontal: SIRGAS 2000  
Fuso:24 Hemisfério Sul

Legenda

Classes de Risco de Inundação

- Risco 1: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)
- Risco 2: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)
- Risco 3: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos)
- Risco 4: Baixo (tempo de retorno >30 e =100 anos)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.		
Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais - Diagnóstico

Título:  
Mapa de Risco de Inundação para a Área Urbana do Município de Alegre-ES  
Cenário Atual

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

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

Escala: 1:5.000 0 50 100 200 m

Carta: 105 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº: ANEXO II-d

Contratante: Consórcio:





**ANEXO III-a:** Mapa de Suscetibilidade a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário futuro (Carta 307).





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

Legenda

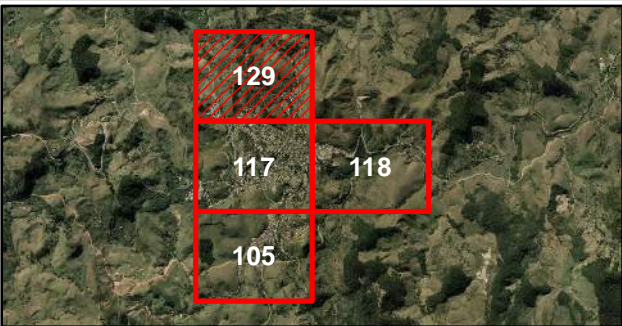
Suscetibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Área Molhada)

- 100 anos (24,4 ha) 20 anos (21,0 ha)
- 50 anos (23,6 ha) 10 anos (20,8 ha)
- 30 anos (22,7 ha) 5 anos (14,6 ha)
- 25 anos (21,3 ha)

Suscetibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Domicílios Atingidos)

- 5 anos (180 domicílios)
- 25 anos (250 domicílios)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais - Diagnóstico

Título:  
Mapa de Suscetibilidade à Inundação para a Área Urbana do Município de Alegre-ES  
Cenário Futuro

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

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

Escala: 1:5.000 0 50 100 200 m

Carta: 129 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº: ANEXO III-a

Contratante: Consórcio:





**ANEXO III-b:** Mapa de Suscetibilidade a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário futuro (Carta 308).





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

Legenda

Suscetibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Área Molhada)

- 100 anos (24,4 ha) 20 anos (21,0 ha)
- 50 anos (23,6 ha) 10 anos (20,8 ha)
- 30 anos (22,7 ha) 5 anos (14,6 ha)
- 25 anos (21,3 ha)

Suscetibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Domicílios Atingidos)

- 5 anos (180 domicílios)
- 25 anos (250 domicílios)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais - Diagnóstico

Título:  
Mapa de Suscetibilidade à Inundação para a Área Urbana do Município de Alegre-ES  
Cenário Futuro

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

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

Escala: 1:5.000 0 50 100 200 m

Carta: 117 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº:ANEXO III-b

Contratante: Consórcio:





**ANEXO III-c:** Mapa de Suscetibilidade a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário futuro (Carta 286).





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

Legenda

Suscetibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Área Molhada)

- 100 anos (24,4 ha) 20 anos (21,0 ha)
- 50 anos (23,6 ha) 10 anos (20,8 ha)
- 30 anos (22,7 ha) 5 anos (14,6 ha)
- 25 anos (21,3 ha)

Suscetibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Domicílios Atingidos)

5 anos (180 domicílios)  
25 anos (250 domicílios)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais - Diagnóstico

Título:  
Mapa de Suscetibilidade à Inundação para a Área Urbana do Município de Alegre-ES  
Cenário Futuro

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

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

Escala: 1:5.000 0 50 100 200 m

Carta: 118 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº:ANEXO III-c

Contratante: Consórcio:





**ANEXO III-d:** Mapa de Suscetibilidade a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário futuro (Carta 287).





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

Legenda

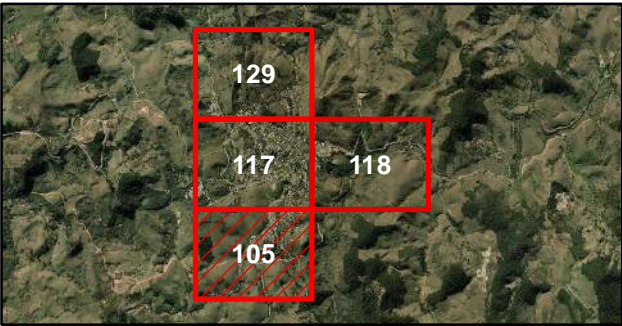
Suscetibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Área Molhada)

- 100 anos (24,4 ha) 20 anos (21,0 ha)
- 50 anos (23,6 ha) 10 anos (20,8 ha)
- 30 anos (22,7 ha) 5 anos (14,6 ha)
- 25 anos (21,3 ha)

Suscetibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Domicílios Atingidos)

- 5 anos (180 domicílios)
- 25 anos (250 domicílios)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais - Diagnóstico

Título:  
Mapa de Suscetibilidade à Inundação para a Área Urbana do Município de Alegre-ES  
Cenário Futuro

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

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

Escala: 1:5.000 0 50 100 200 m

Carta: 105 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº: ANEXO III-d

Contratante: Consórcio:





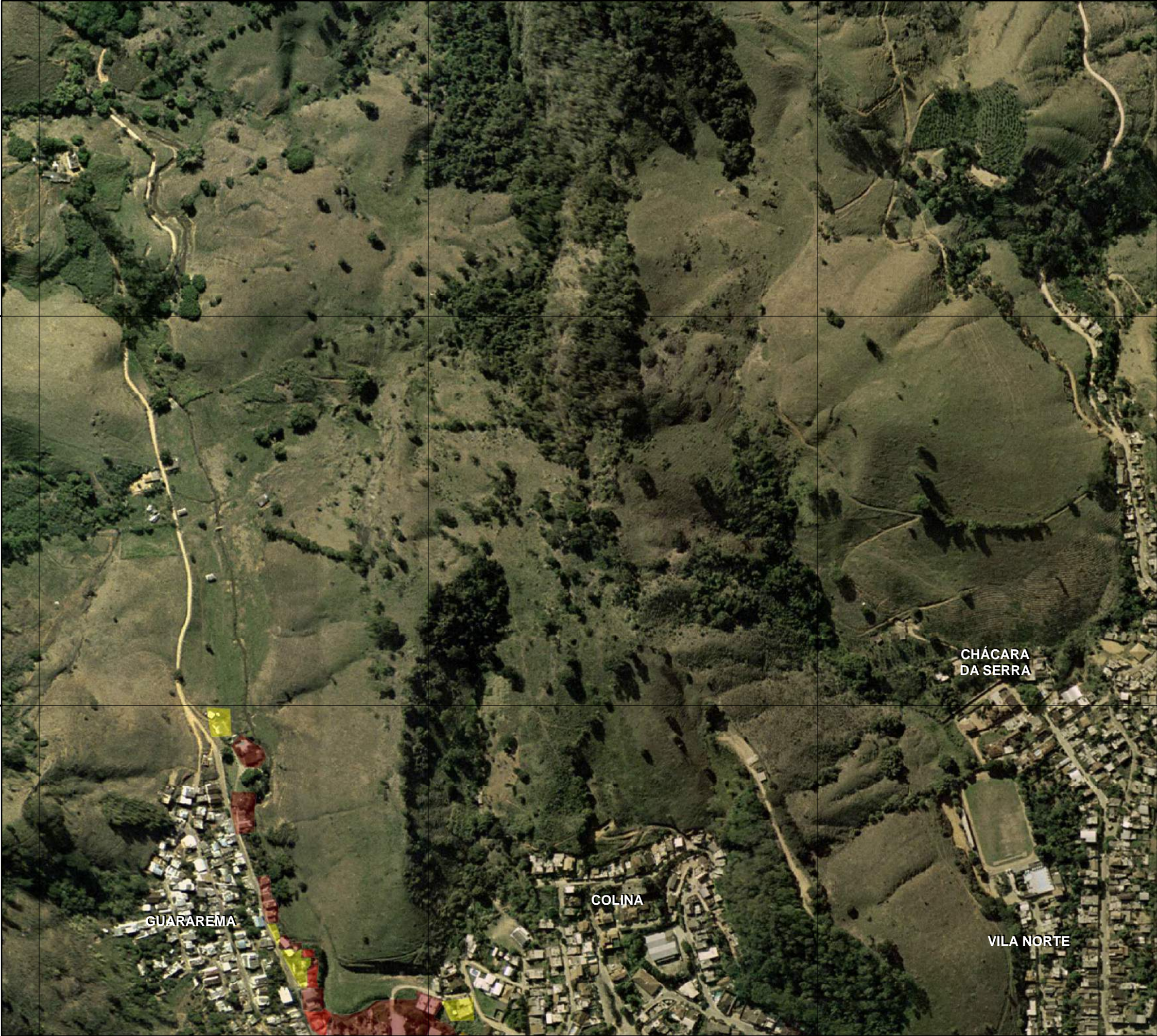
**ANEXO IV-a:** Mapa de Risco a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário futuro (Carta 307).



235000 000000

235500 000000

236000 000000



235000 000000

235500 000000

236000 000000



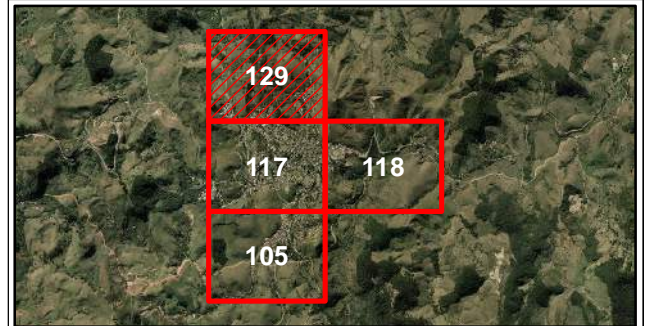
Projeção: Universal Transversa Mercator  
Datum Horizontal: SIRGAS 2000  
Fuso: 24 Hemisfério Sul

#### Legenda

#### Classes de Risco de Inundação

- Risco 1: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)
- Risco 2: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)
- Risco 3: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos)
- Risco 4: Baixo (tempo de retorno >30 e =100 anos)

#### Índice Espacial



#### Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais - Diagnóstico

Título:  
Mapa de Risco de Inundação para a Área Urbana do Município de Alegre-ES  
Cenário Futuro

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

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

Escala: 1:5.000 0 50 100 200 m

Carta: 129 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº: ANEXO IV-a

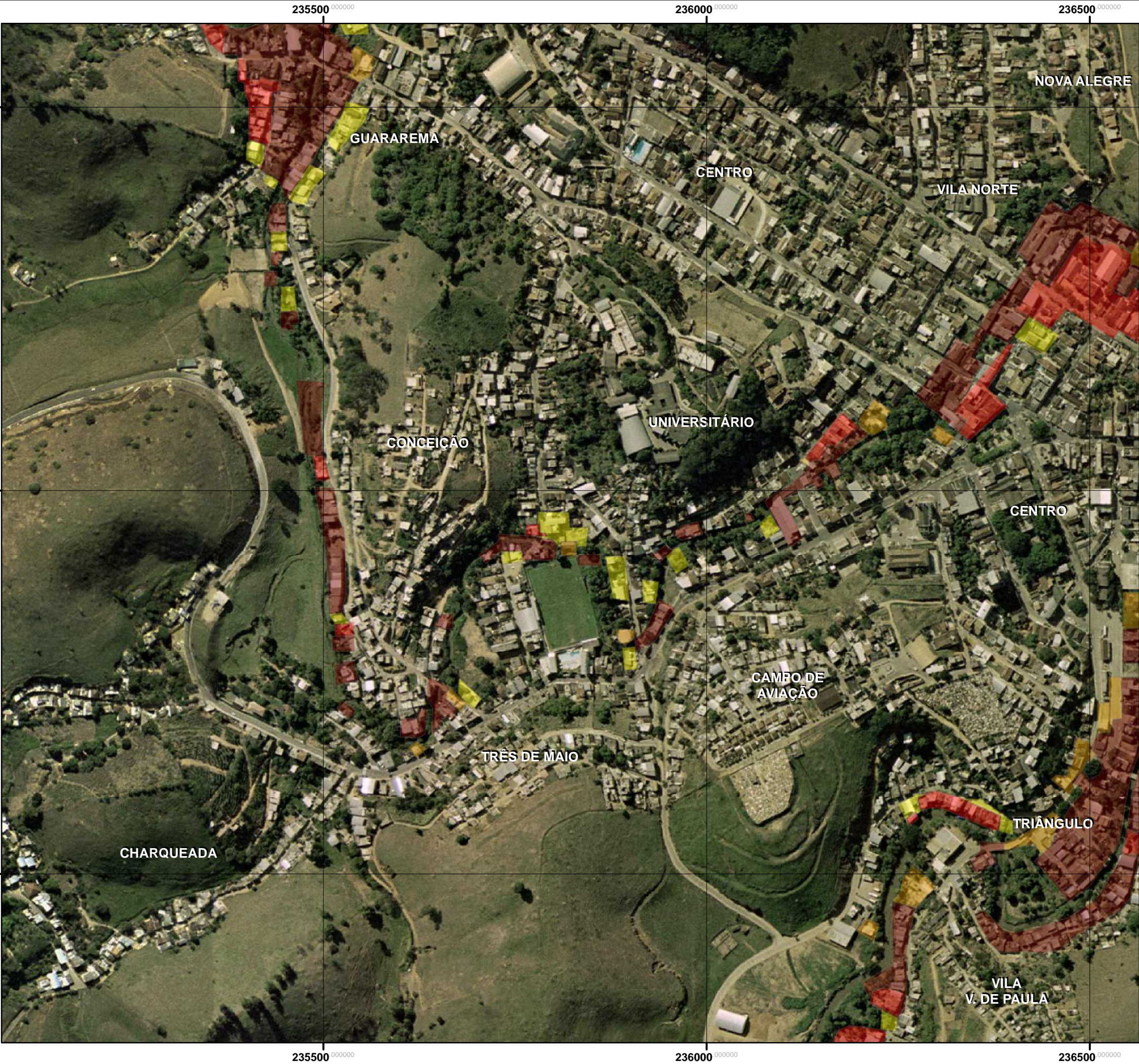
Contratante: Consórcio:





**ANEXO IV-b:** Mapa de Risco a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário futuro (Carta 308).





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

Legenda

Classes de Risco de Inundação

- Risco 1: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)
- Risco 2: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)
- Risco 3: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos)
- Risco 4: Baixo (tempo de retorno >30 e =100 anos)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.		
Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais - Diagnóstico

Título:  
Mapa de Risco de Inundação para a Área Urbana do Município de Alegre-ES  
Cenário Futuro

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

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

Escala: 1:5.000  
0 50 100 200 m

Carta: 117 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº: ANEXO IV-b

Contratante: Consórcio:





**ANEXO IV-c:** Mapa de Risco a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário futuro (Carta 286).





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

Legenda

Classes de Risco de Inundação

- Risco 1: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)
- Risco 2: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)
- Risco 3: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos)
- Risco 4: Baixo (tempo de retorno >30 e =100 anos)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.		
Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais - Diagnóstico

Título:  
Mapa de Risco de Inundação para a Área Urbana do Município de Alegre-ES  
Cenário Futuro

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

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

Escala: 1:5.000 0 50 100 200 m

Carta: 118 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº:ANEXO IV-c

Contratante: Consórcio:





**ANEXO IV-d:** Mapa de Risco a Inundação para o município de Alegre-ES no cenário futuro (Carta 287).





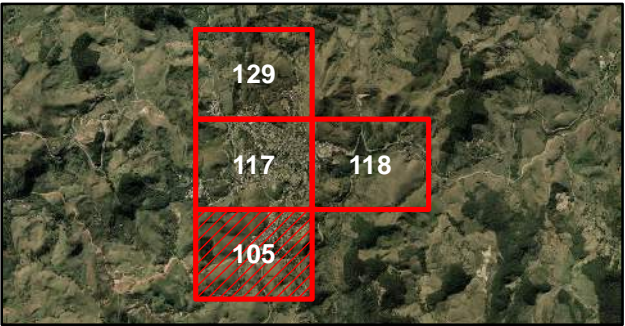
Projeção: Universal Transversa Mercator  
Datum Horizontal: SIRGAS 2000  
Fuso:24 Hemisfério Sul

Legenda

Classes de Risco de Inundação

- Risco 1: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)
- Risco 2: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)
- Risco 3: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos)
- Risco 4: Baixo (tempo de retorno >30 e =100 anos)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.		
Ø	Emissão original	13/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais - Diagnóstico

Título:  
Mapa de Risco de Inundação para a Área Urbana do Município de Alegre-ES  
Cenário Futuro

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

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

Escala: 1:5.000 0 50 100 200 m

Carta: 105 Local: Alegre - ES

Papel: A3 Nº:ANEXO IV-d

Contratante: Consórcio:

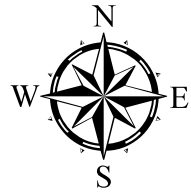
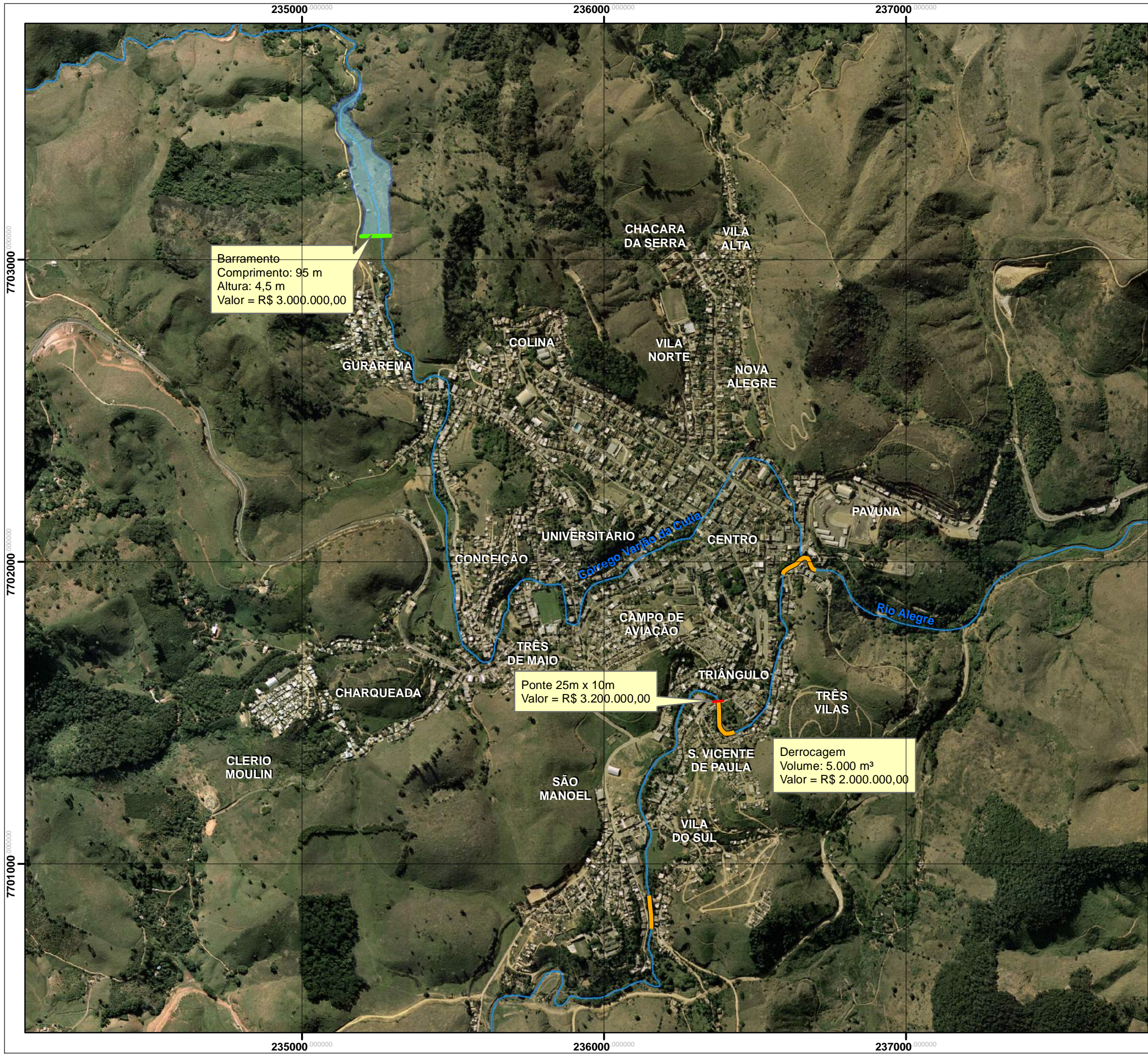




**ANEXO V:** Mapa de soluções propostas para o município de Alegre no Cenário

1.





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

Legenda

- Derrocagem
- Ponte
- Barramento
- Área de alagamento temporário
- Cursos d'água

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

GEOBASES. Cursos d'água

Ø	Emissão original	12/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais  
Diagnóstico

Título:  
Mapa de Soluções Construtivas e Não Construtivas  
de Alegre - Cenário 01

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

Elaboração:  
  
Felippe Zuccolotto Pereira  
Tecgº Saneamento Ambiental  
CREA - ES 32790/D

Escala: 1:12.500  
0 125 250 500 m

Folha: 01 de 01  
Local: Alegre - ES

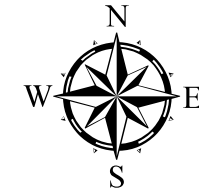
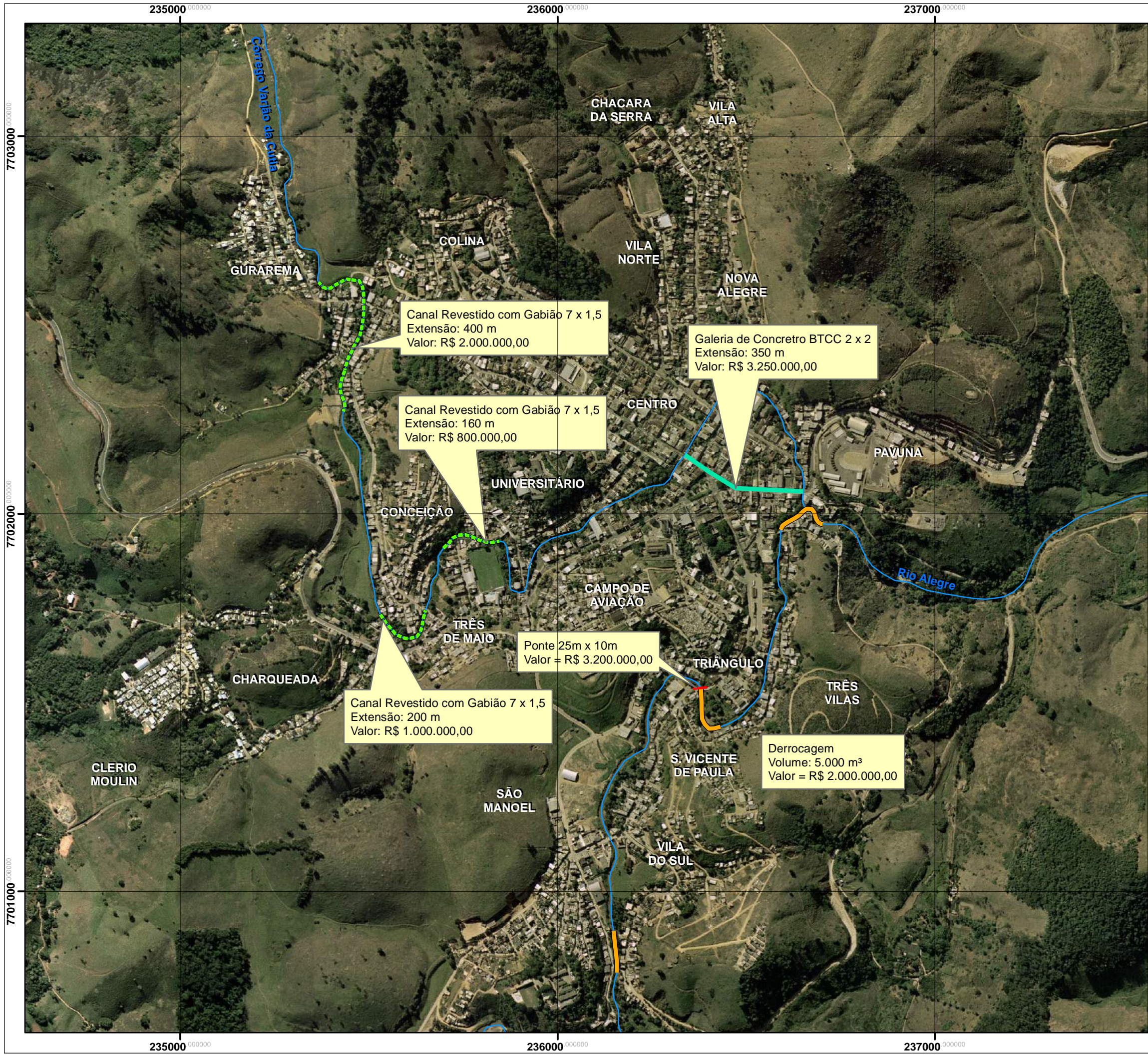
Papel: A3  
Nº: ANEXO V

Contratante:    



**ANEXO VI:** Mapa de soluções propostas para o município de Alegre no Cenário 2.





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

Legenda

- Derrocagem
- Ponte
- Galeria
- Canal
- Área alagada temporariamente
- Cursos d'água

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

GEOBASES. Cursos d'água

Ø	Emissão original	12/11/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais  
Diagnóstico

Título:  
Mapa de Soluções Construtivas e Não Construtivas  
de Alegre - Cenário 02

Responsável técnico:  
  
Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

Elaboração:  
  
Felippe Zuccolotto Pereira  
Tecnº Saneamento Ambiental  
CREA - ES 32790/D

Escala: 1:10.000  
0 75 150 300 450 m

Folha: 01 de 01  
Local: Alegre - ES

Papel: A3  
Nº: ANEXO VI

Contratante: Consórcio: