

Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do Município de Rio Novo do Sul

– Volume I: Diagnóstico e Prognóstico de Inundações –



AVANTEC
Engenharia


Zemlya
CONSULTORIA E SERVIÇOS

ZAV-SED-DIA_RNS_01.001-R0

Setembro / 2013

 SECRETARIA DE SANEAMENTO, HABITAÇÃO E DESENVOLVIMENTO URBANO ESPIRITO SANTO <small>ONDE VOCÊ É BEM-VINDO</small>	Nº: ZAV-SED-DIA_RNS_01.001-R0	
	CLIENTE: Secretaria de Saneamento, Habitação e Desenvolvimento Urbano	
	PROJETO: Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do Município de Rio Novo do Sul.	
 AVANTEC Engenharia  Zemlya <small>CONSULTORES CIVIS</small>	TÍTULO: VOLUME I: DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DE INUNDAÇÕES	MEIO AMBIENTE ENGENHARIA
RESPONSÁVEL TÉCNICO PELO DOCUMENTO:	Marco Aurélio Costa Caiado Engenheiro Agrônomo, Ph. D. CREA-ES nº 3757/D	RUBRICA:

ÍNDICE DE REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS
0	EMISSÃO INICIAL

	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7	REV. 8
DATA	24/09/2013								
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 Rio Novo do Sul, 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 inundaçao, 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 Rio Novo do Sul 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 Rio Novo do Sul, que também norteia o presente documento.

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS.....	21
3	FUNDAMENTOS.....	22
4	METAS.....	23
5	INFORMAÇÕES CEDIDAS PELO CONTRATANTE E PELO MUNICÍPIO 24	
6	DIAGNÓSTICO	25
6.1	ÁREAS DE INTERVENÇÃO	25
6.2	APROPRIAÇÃO DA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS	25
6.3	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	34
6.4	CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO INSTITUCIONAL MUNICIPAL RELACIONADO AO PDAP	38
6.4.1	Estrutura institucional do município na área urbana e habitacional	38
6.4.2	Ações governamentais do município na área urbana e habitacional	44
6.4.3	Legislação Municipal	46
6.4.4	Legislação Federal	47
6.4.4.1	<i>Estatuto da Cidade - Lei Federal nº 10.257/2001.....</i>	48
6.4.4.2	<i>Parcelamento do Solo Urbano - Lei Federal nº 6.766/1979</i>	53
6.4.4.3	<i>Programa Minha Casa, Minha Vida e Regularização Fundiária de Assentamentos Urbanos - Lei Federal nº 11.977/2009.....</i>	56
6.4.4.4	<i>Proteção de Vegetação Nativa - Lei Federal nº 12.651/2012.....</i>	57
6.4.4.5	<i>Política Nacional de Meio Ambiente - Lei Federal nº 6.938/1981.....</i>	61
6.4.4.6	<i>Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei Federal nº 9.433/1997</i>	62
6.4.4.7	<i>Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei Federal nº 12.305/2010</i>	63
6.4.4.8	<i>Saneamento Básico - Lei Federal nº 11.445/2007</i>	65
6.4.5	Legislação Estadual.....	68

6.4.5.1	<i>Parcelamento do Solo Urbano - Lei Estadual nº 7.943/2004</i>	68
6.4.5.2	<i>Instituto de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Estado do Espírito Santo - Lei Estadual Complementar nº 488/2009</i>	69
6.4.5.3	<i>Instituto Estadual de Meio Ambiente - Lei Estadual nº 4.886/1994</i> ...71	
6.4.5.4	<i>Política Florestal do Estado - Lei Estadual nº 5.361/1996</i>	72
6.4.5.5	<i>Política Estadual de Recursos Hídricos - Lei Estadual nº 5.818/1998</i>	
	73	
6.4.5.6	<i>Política Estadual de Resíduos Sólidos - Lei Estadual nº 9.264/2009</i>	74
6.4.5.7	<i>Política Estadual de Saneamento Básico - Lei Estadual nº 9.096/2008</i>	
	76	
6.4.6	Legislação Municipal	77
6.4.6.1	<i>Código de Obras – Lei Municipal nº 301/2007</i>	77
6.5	INUNDAÇÃO DAS BACIAS DOS CÓRREGOS PAU D’ALHO, SÃO VICENTE DE BAIXO E SÃO CAETANO NO CENÁRIO ATUAL.....	80
6.5.1	Contextualização	80
6.5.2	Apropriação dos valores de vazões máximas	87
6.5.3	Modelagem hidráulica dos Córregos Pau D’alho, São Vicente de Baixo e São Caetano com o Cenário Atual	104
6.5.3.1	<i>Introdução</i>	104
6.5.3.2	<i>Domínio do modelo</i>	105
6.5.3.3	<i>Geometria do modelo.....</i>	105
6.5.3.4	<i>Calibração do modelo.....</i>	107
6.5.3.5	<i>Riscos de Inundação e Simulação Hidráulica com o Cenário Atual</i> 107	
7	PROGNÓSTICO.....	117
7.1	INTRODUÇÃO	117
7.2	LEVANTAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES.....	117
7.3	INUNDAÇÃO DAS BACIAS DOS CÓRREGOS PAU D’ALHO, SÃO VICENTE DE BAIXO E SÃO CAETANO NO CENÁRIO FUTURO	127
7.3.1	Uso do solo futuro e cálculo de vazões	128
7.3.2	Modelagem hidráulica dos córregos Pau D’Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano com o Cenário Futuro.....	137

7.4	VAZÕES MÁXIMAS PARA AS SUBBACIAS	137
7.5	CENÁRIOS ALTERNATIVOS.....	141
7.5.1	Cenário 1	141
7.5.2	Cenário 2	144
7.5.3	Cenário 3	145
7.5.4	Cenário 4	145
7.5.5	Cenário 5	146
8	CONCLUSÕES	147
9	REFERÊNCIAS.....	150
10	EQUIPE TÉCNICA	154

LISTA DE ILUSTRAÇOES E TABELAS

FIGURAS:

Figura 1-1: Passarela de ferro instalada no centro de Rio Novo do Sul.....	19
Figura 1-2: Detalhe da passarela de ferro instalada no centro de Rio Novo do Sul.....	19
Figura 1-3: Passarela de concreto da Rua Itabapoana que não foi substituída... 19	19
Figura 1-4: Trecho onde foi executada a derrocagem de rochas.....	19
Figura 1-5: Trecho do canal do córrego Pau D'Alho com início de processo de assoreamento.	20
Figura 1-6: Trecho do canal do córrego São Caetano com processo avançado de assoreamento.	20
Figura 6-1: Localização do município de Rio Novo do Sul no Espírito Santo.....	26
Figura 6-2: Bacias dos córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano e a relação das mesmas com os bairros do município.....	27
Figura 6-3: Localização das estações pluviométricas no município de Rio Novo do Sul e entorno.....	30
Figura 6-4: Curvas intensidade x duração de chuva para diferentes períodos de retorno na estação pluviométrica Rio Novo do Sul.	33
Figura 6-5: Divisão de sub bacias de drenagem urbana do município de Rio Novo do Sul.....	82
Figura 6-6: Passarela de ferro instalada no centro de Rio Novo do Sul.....	84
Figura 6-7: Detalhe da passarela de ferro instalada no centro de Rio Novo do Sul.....	84
Figura 6-8: Passarela de concreto da Rua Itabapoana que não foi substituída... 85	85
Figura 6-9: Trecho onde foi executada a derrocagem de rochas.....	85
Figura 6-10: Trecho do canal do córrego Pau D'Alho com início de processo de assoreamento.	85
Figura 6-11: Trecho do canal do córrego São Caetano com processo avançado de assoreamento.	85

Figura 6-12: Barragem histórica no centro de Rio Novo do Sul	86
Figura 6-13: Mapa de uso do solo das bacias dos córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano	91
Figura 6-14: Mapa Pedológico das bacias dos córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano	92
Figura 6-15: Hietograma da chuva com recorrência de 25 anos e duração igual duas vezes o tempo de concentração da bacia.	95
Figura 6-16: Bacia dos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano modelada pelo programa HEC-HMS.	96
Figura 6-17: TIN das bacias dos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano.	106
Figura 6-18: Modelagem hidráulica da OAE da Rua Cel. Francisco Alves Athaydes / Rodovia ES-485 sobre o Córrego São Vicente de Baixo no cenário atual.	109
Figura 6-19: Modelagem hidráulica da OAE da Rua Mirandolina de Oliveira sobre o Córrego São Vicente de Baixo no cenário atual.....	109
Figura 6-20: Modelagem hidráulica da OAE atrás da Agência do Banco do Brasil sobre o Córrego São Vicente de Baixo no cenário atual.....	110
Figura 6-21: Modelagem hidráulica da OAE da Rua Cel. Joaquim Alves sobre o Córrego São Vicente de Baixo no cenário atual.....	110
Figura 6-22: Modelagem hidráulica do córrego São Vicente de Baixo para vazão com recorrência de 25 anos.....	111
Figura 6-23: Modelagem hidráulica da OAE da Rua Cel. Joaquim Alves sobre o Córrego São Caetano no cenário atual.....	111
Figura 6-24: Modelagem hidráulica da OAE atrás do campo de futebol sobre o Córrego São Caetano no cenário atual.....	112
Figura 6-25: Modelagem hidráulica da OAE da Travessa São Sebastião sobre o Córrego São Caetano no cenário atual.....	112
Figura 6-26: Modelagem hidráulica do córrego São Caetano para vazão com recorrência de 25 anos.	113

Figura 6-27: Modelagem hidráulica do bueiro do Afluente 4 do córrego São Caetano para vazão de 25 anos.....	113
Figura 6-28: Modelagem hidráulica da OAE da Rodovia ES-485 sobre o Córrego Pau D'Alho no cenário atual.....	114
Figura 6-29: Modelagem hidráulica da OAE da Rua José Brás de Mendonça sobre o Córrego Pau D'Alho no cenário atual.....	114
Figura 6-30: Modelagem hidráulica da OAE da Rua Duque de Caxias sobre o Córrego Pau D'Alho no cenário atual.....	115
Figura 6-31: Modelagem Hidráulica da OAE da BR-101 sobre o córrego Pau D'Alho no cenário atual.....	115
Figura 6-32: Modelagem Hidráulica do córrego Pau D'Alho para vazão com recorrência de 25 anos.....	116
Figura 7-1: Mapa temático: setor censitário por macrozona.....	121
Figura 7-2: Mapa temático: setor censitário na macrozona urbana.....	122
Figura 7-3: Mapa temático: densidade demográfica por setor censitário.....	123
Figura 7-4: Mapa temático: densidade demográfica na macrozona urbana.....	124
Figura 7-5: Evolução da população de Rio Novo do Sul - ES.....	125
Figura 7-6: Mapa de uso de Solo futuro da bacia dos córregos Pau D'alho, São Caetano e São Vicente de Baixo previsto para um horizonte de 20 anos.....	129
Figura 7-7: Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 4 para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.....	138
Figura 7-8: Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 14 para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.....	138
Figura 7-9: Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 16 para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.....	139
Figura 7-10: Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 17 para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.....	139
Figura 7-11: Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 21 para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.....	140

Figura 7-12: Relação Cota x Volume do reservatório do Córrego São Vicente de Baixo.....	142
Figura 7-13: Relação Cota x Volume do reservatório do Córrego São Caetano.....	142
Figura 7-14: Resultado gráfico da simulação do reservatório do Córrego São Vicente de Baixo.....	143
Figura 7-15: Resultado gráfico da simulação do reservatório do Córrego São Caetano.....	143

TABELAS:

Tabela 6-1: Estações pluviométricas do interior do município de Rio Novo do Sul, os códigos das mesmas e as datas de início e fim de coleta de dados.....	28
Tabela 6-2: Precipitações máximas anuais medidas na estação Rio Novo do Sul entre os anos 1969 e 2009.	31
Tabela 6-3: Precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno para a estação pluviométrica Rio Novo do Sul.	32
Tabela 6-4: Precipitações máximas (em mm), para a estação pluviométrica Rio Novo do Sul, associadas a diferentes períodos de retorno e durações.	32
Tabela 6-5: Tempo de concentração para as sub bacias nas quais as bacias do Córrego Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano foram divididas.....	88
Tabela 6-6: Valores de CN médio para as sub bacias dos córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano.....	93
Tabela 6-7: Resposta hidrológica das bacias dos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano para chuva com tempo de retorno de 5 anos...97	97
Tabela 6-8: Resposta hidrológica das bacias dos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano para chuva com tempo de retorno de 10 anos. 98	98
Tabela 6-9: Resposta hidrológica das bacias dos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano para chuva com tempo de retorno de 20 anos. 99	99

Tabela 6-10: Resposta hidrológica das bacias dos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano para chuva com tempo de retorno de 25 anos.	100
Tabela 6-11: Resposta hidrológica das bacias dos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano para chuva com tempo de retorno de 30 anos.	101
Tabela 6-12: Resposta hidrológica das bacias dos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano para chuva com tempo de retorno de 50 anos.	102
Tabela 6-13: Resposta hidrológica das bacias dos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano para chuva com tempo de retorno de 100 anos.	103
Tabela 7-1: Densidade demográfica por setor censitário e dados por setor censitário.....	119
Tabela 7-2: Crescimento populacional por setor censitário.....	126
Tabela 7-3: Vazões dos córregos Pau D'alho, São Caetano e São Vicente de Baixo para chuva com período de retorno de 5 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.....	130
Tabela 7-4: Vazões dos córregos Pau D'alho, São Caetano e São Vicente de Baixo para chuva com período de retorno de 10 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.....	131
Tabela 7-5: Vazões dos córregos Pau D'alho, São Caetano e São Vicente de Baixo para chuva com período de retorno de 20 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.....	132
Tabela 7-6: Vazões dos córregos Pau D'alho, São Caetano e São Vicente de Baixo para chuva com período de retorno de 25 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.....	133
Tabela 7-7: Vazões dos córregos Pau D'alho, São Caetano e São Vicente de Baixo para chuva com período de retorno de 30 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.....	134

Tabela 7-8: Vazões dos córregos Pau D'allho, São Caetano e São Vicente de Baixo para chuva com período de retorno de 50 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.135

Tabela 7-9: Vazões dos córregos Pau D'allho, São Caetano e São Vicente de Baixo para chuva com período de retorno de 100 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.136

Tabela 7-10: Picos de vazão das sub bacias da se de municipal de Rio Novo do Sul para chuvas com tempo de recorrência de 25 anos.140

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I-a: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 35).

ANEXO I-b: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 24).

ANEXO I-c: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 23).

ANEXO I-d: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 12).

ANEXO II-a: Mapa de Risco de Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 35).

ANEXO II-b: Mapa de Risco de Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 24).

ANEXO II-c: Mapa de Risco de Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 23).

ANEXO II-d: Mapa de Risco de Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 12).

ANEXO III-a: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário futuro (Carta 35).

ANEXO III-b: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário futuro (Carta 24).

ANEXO III-c: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário futuro (Carta 23).

ANEXO III-d: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário futuro (Carta 12).

ANEXO IV-a: Mapa de Risco de Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 35).

ANEXO IV-b: Mapa de Risco de Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 24).

ANEXO IV-c: Mapa de Risco de Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 23).

ANEXO IV-d: Mapa de Risco de Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 12).

ANEXO V: Mapa de soluções propostas para o município de Rio Novo do Sul no Cenário 1.

ANEXO VI: Mapa de soluções propostas para o município de Rio Novo do Sul no Cenário 2.

ANEXO VII: Mapa de soluções propostas para o município de Rio Novo do Sul no Cenário 3.

ANEXO VIII: Mapa de soluções propostas para o município de Rio Novo do Sul no Cenário 4.

ANEXO IX: Mapa de soluções propostas para o município de Rio Novo do Sul no Cenário 5.

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 Rio Novo do Sul passou de 11.481 em 2000 para 12.523 em 2010, com um crescimento médio anual de 0,91%, estando abaixo da taxa estadual.

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 inundaçāo 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 inundaçāo: quando a legislação de uso do solo e o planejamento urbano são inadequados e após uma sequencia de anos em que rios urbanos apresentam baixas vazões, a população passa a ocupar planícies de inundaçāo 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 inundaçāo 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 inundaçāes a montante.

Princípios básicos de drenagem urbana são largamente estudados e apresentados em manuais; entretanto estes não são, normalmente, empregados em cidades brasileiras, incluindo Rio Novo do Sul, 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.

O núcleo urbano de Rio Novo do Sul se localiza na confluência dos córregos São Vicente de Baixo e São Caetano, formando o Córrego Pau D'alho, um dos principais afluentes do Rio Novo em seu trecho final.

As cheias dos córregos Pau D'Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano são frequentes e vem se agravando devido ao avanço da urbanização de suas bacias, que vem trazendo, principalmente, agravamentos quanto à construção de residências próxima à calha do rio ou em seu leito maior.

Esta situação levou a Prefeitura Municipal de Rio Novo do Sul a decretar estado de emergência em dezembro de 2003 e em fevereiro de 2005. Diante da gravidade e dos prejuízos que as cheias têm causado ao município, a Prefeitura colocou a questão das inundações na pauta do Planejamento de Estratégico Municipal que resultou na elaboração de estudos e projetos que passaram a nortear as soluções para as cheias de Rio Novo do Sul.

Segundo os estudos e projetos apresentados, seria necessária a reconstrução de 12 pontes que estrangulam o leito do rio, causando o transbordamento e alagamento de ruas e domicílios, construção de 804,45 m³ de muros de contenção, desmonte de 336,30 m³ de rocha e dragagem de 2.700,00 m³ de

areia do leito do rio, constituindo a 1^a etapa das obras a serem realizadas no município de Rio Novo do Sul.

Na 2^a etapa seria executado o projeto de uma barragem para controle de cheias à montante do trecho em questão, o que possibilitaria a regulação de vazão no Córrego São Caetano, principal contribuinte do Córrego Pau D'Alho.

Por fim, na 3^a etapa seria elaborado e executado o projeto de esgotamento sanitário e microdrenagem na sede do município, bem como projetos de recuperação de cobertura florestal das áreas de recarga das nascentes nas cabeceiras, ampliando a capacidade de absorção do solo; e um programa de educação ambiental e mobilização social para manutenção das ações reparadoras dos cursos d'água da região.

Segundo informações da Prefeitura Municipal de Rio Novo do Sul, a 1^a Etapa do Projeto foi executada em sua totalidade. A 2^a Etapa, que trata da execução do projeto da barragem para controle de cheias no Córrego São Caetano, que seria localizada a montante da sede municipal de Rio Novo não foi executada pela resistência da população para com a obra, com o receio de um evento onde o barramento poderia romper e causar maiores prejuízos à cidade.

A 3^a Etapa do projeto, que trata do esgotamento sanitário e da microdrenagem da sede municipal de Rio Novo do Sul, dentre outros, ainda não foi elaborada.

Durante as visitas realizadas no município de Rio Novo do Sul foi possível verificar algumas das obras executadas, como a reconstrução de pontes, a instalação de muros de contenção e a derrocagem de rochas que se encontravam no leito dos córregos. A **Figura 1-1** e a **Figura 1-2** apresentam o modelo da passarela de ferro em arco instalada no centro de Rio Novo do Sul.



Figura 1-1: Passarela de ferro instalada no centro de Rio Novo do Sul.



Figura 1-2: Detalhe da passarela de ferro instalada no centro de Rio Novo do Sul.

A **Figura 1-3**, por sua vez, apresenta a passarela de concreto da Rua Itabapoana, no centro de Rio Novo do Sul, que não foi substituída. Observa-se que sua geometria reduz significativamente a seção do Rio Novo do Sul em relação aos modelos de passarela de ferro em arco, instaladas imediatamente a montante da passarela de concreto. A **Figura 6-9** apresenta o trecho onde foi executada a derrocagem de um rocha para a melhoria do escoamento. Observa-se, no entanto, que imediatamente ao trecho derrocado já se inicia o processo de deposição de sedimentos. Isso se dá pela curvatura do canal neste trecho, de modo que as águas que passam pela parte externa da curva tem maior velocidade do que as águas que passam pela parte interna da mesma, favorecendo a deposição de sedimentos nesta última.



Figura 1-3: Passarela de concreto da Rua Itabapoana que não foi substituída.



Figura 1-4: Trecho onde foi executada a derrocagem de rochas.

Por outro lado, foi possível observar que mesmo trechos retilíneos do Córrego Pau D'Alho já sofrem com o processo de assoreamento do canal, conforme mostra a **Figura 1-5**. No Córrego São Caetano é possível observar trechos com um processo mais avançado de assoreamento, inclusive com o crescimento de espécies de vegetação rasteira dentro do canal fluvial (**Figura 1-6**).



Figura 1-5: Trecho do canal do córrego Pau D'Alho com início de processo de assoreamento.



Figura 1-6: Trecho do canal do córrego São Caetano com processo avançado de assoreamento.

Segundo informações coletadas com moradores no entorno do canal do córrego Pau D'Alho, desde a execução das obras de melhoria na macrodrenagem, não houve eventos de inundação no centro de Rio Novo do Sul. Porém, a Prefeitura Municipal informou que ainda há ocorrências de alagamento em alguns pontos do Bairro Centro, decorrentes de problemas relacionados, principalmente, à microdrenagem.

Observa-se, entretanto, preocupação do poder público em nível estadual e municipal em implementar ações que venham a minimizar os problemas inerentes às cheias que veem ocorrendo no município de Rio Novo do Sul, o que resultou, na estruturação da defesa civil municipal e estadual e, entre outras ações, a inclusão do município de Rio Novo do Sul 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 Rio Novo do Sul 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 Rio Novo do Sul, tendo como foco nas bacias dos córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano;
- (2) mudar o modo com que os problemas relacionados a cheias são encarados no município, por meio da implementação de práticas estruturais e não estruturais que ajudarão a reduzir os prejuízos, diminuir os custos de controle e evitar o aumento dos problemas no futuro, podendo ser replicado em outros municípios do estado ou do país;
- (3) discutir as soluções com o poder público e com a comunidade; e
- (4) treinar agentes locais para o enfrentamento dos problemas inerentes à diminuição dos riscos de inundação nas áreas de intervenção.

3 FUNDAMENTOS

O Plano Municipal de Drenagem Pluvial/Fluvial de Rio Novo do Sul é baseado nos seguintes princípios:

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

4 METAS

O Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do Município de Rio Novo do Sul 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 inundaçāo 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;
- Levantamento aerofotogramétrico de precisão.

Informações cedidas pelo Município:

- Projeto Básico do Sistema de Controle de Cheias: Projeto para minimizar as inundações de Áreas Ribeirinhas. Dezembro/2005.
- Projeto para Controle de Cheias do Rio Novo – Município de Rio Novo do Sul-ES. Março/2006.
- Elaboração de Estudo Geotécnico e de Projeto Executivo para Construção de Barragem de Controle de Vazões em São Caetano. Relatório de Topografia. Maio/2011.
- Elaboração de Estudo Geotécnico e de Projeto Executivo para Construção de Barragem de Controle de Vazões em São Caetano. Apresentação das Alternativas de Locação do Eixo de Barramento. Maio/2011.

6 DIAGNÓSTICO

6.1 ÁREAS DE INTERVENÇÃO

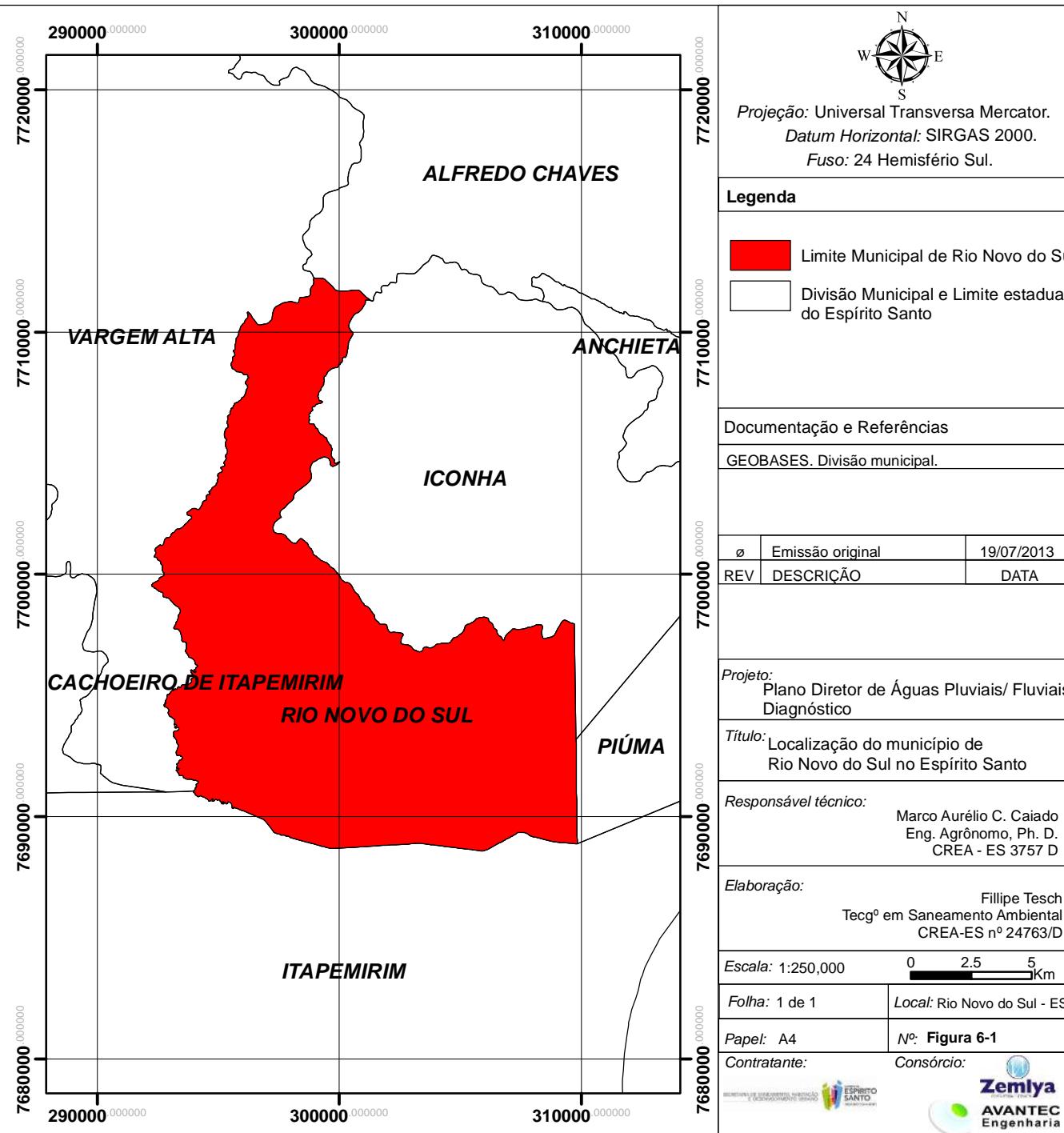
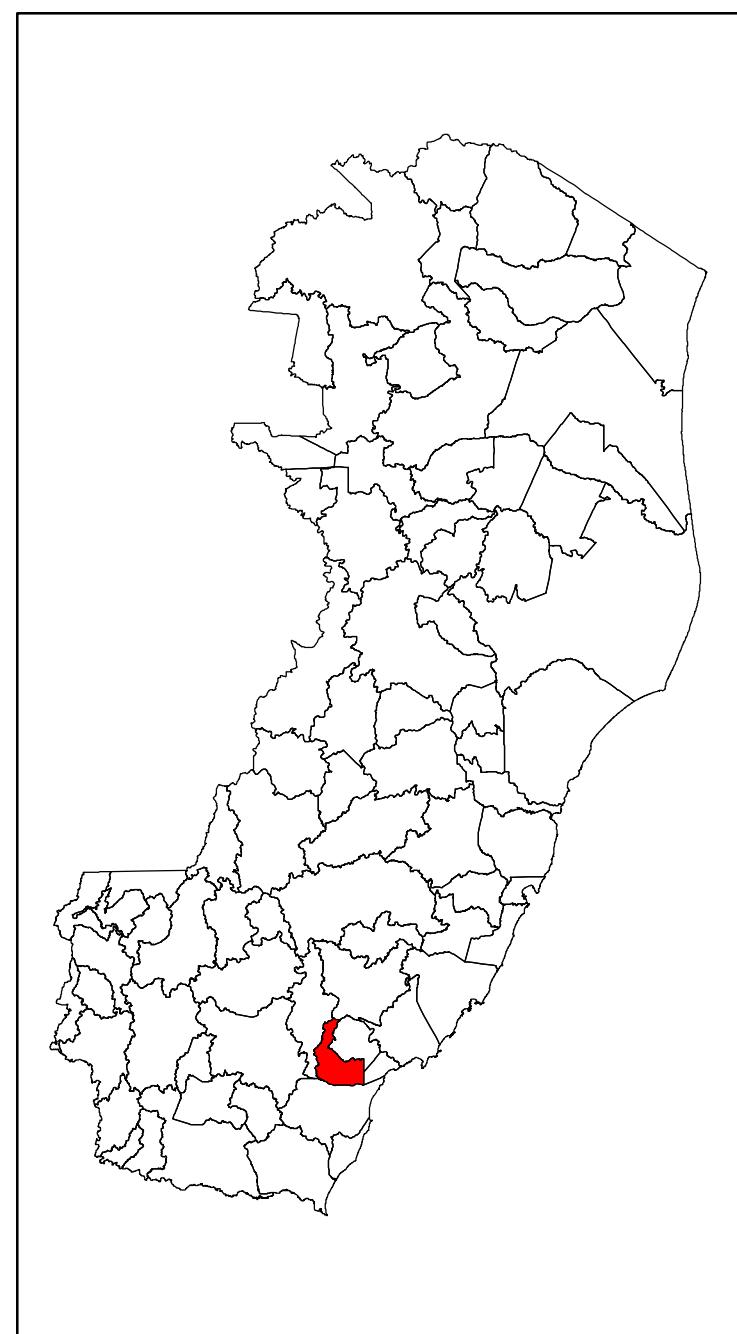
O Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais do município de Rio Novo do Sul tem como foco as três bacias hidrográficas que abrigam o principal aglomerado populacional do município, o seu distrito Sede, e que, segundo a defesa civil municipal, tem apresentado problemas de inundaçāo mais frequentes, as bacias dos córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano. A **Figura 6-1** apresenta a localização do município de Rio Novo do Sul no Espírito Santo, enquanto a **Figura 6-2** apresenta as bacias hidrográficas supracitadas e a relação das mesmas com a área urbana do município.

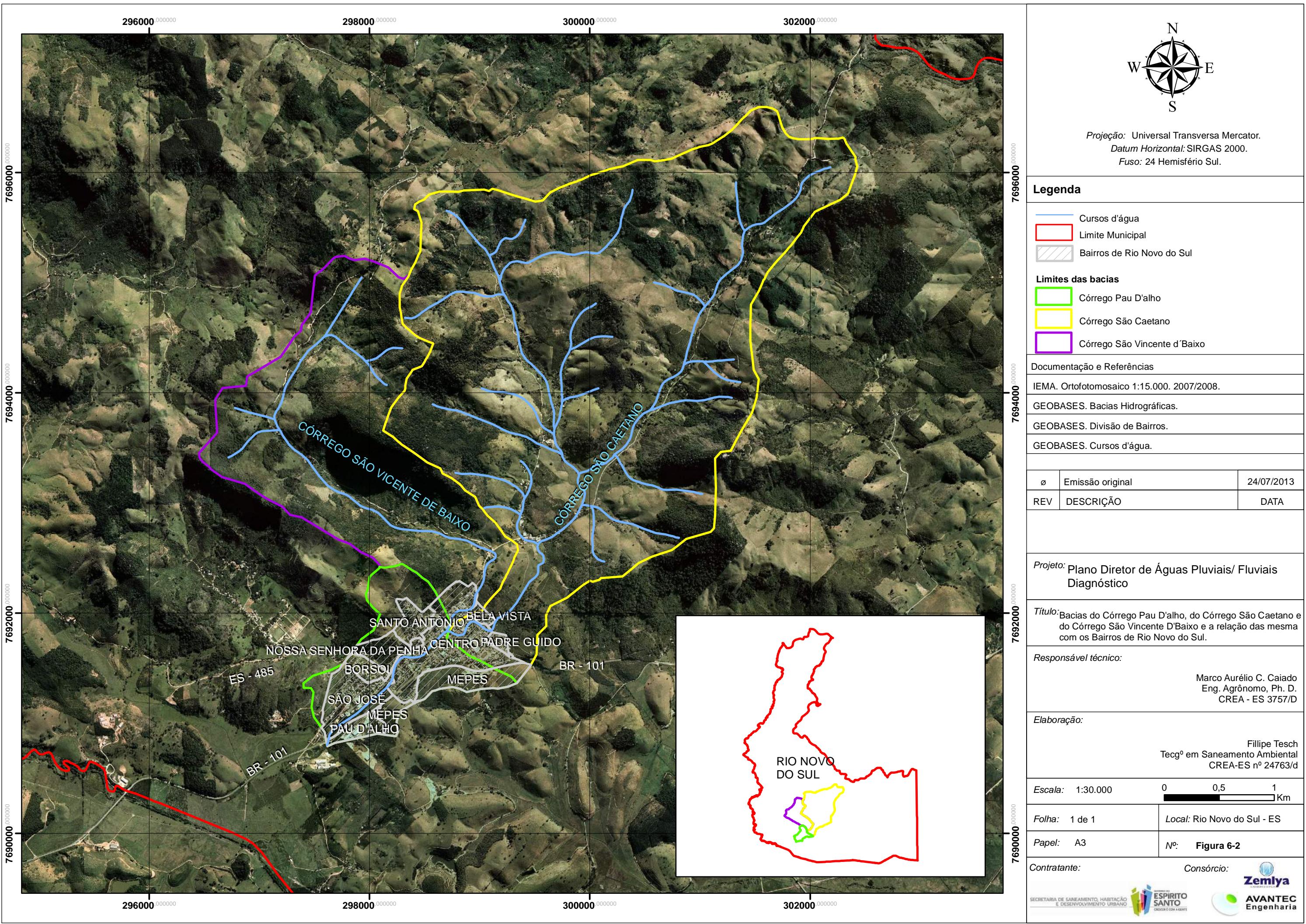
6.2 APROPRIAÇÃO DA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS

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

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

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





Conforme pode ser observado na **Figura 6-3**, no interior e no entorno do município de Rio Novo do Sul ocorrem as estações pluviométricas Iconha Montante, Usina Paineiras, Rio Novo do Sul, Duas Barras, Capim Angola e Jaciguá.

A **Tabela 6-1**, por sua vez, apresenta os códigos das mesmas e as datas de início e fim de coleta de dados.

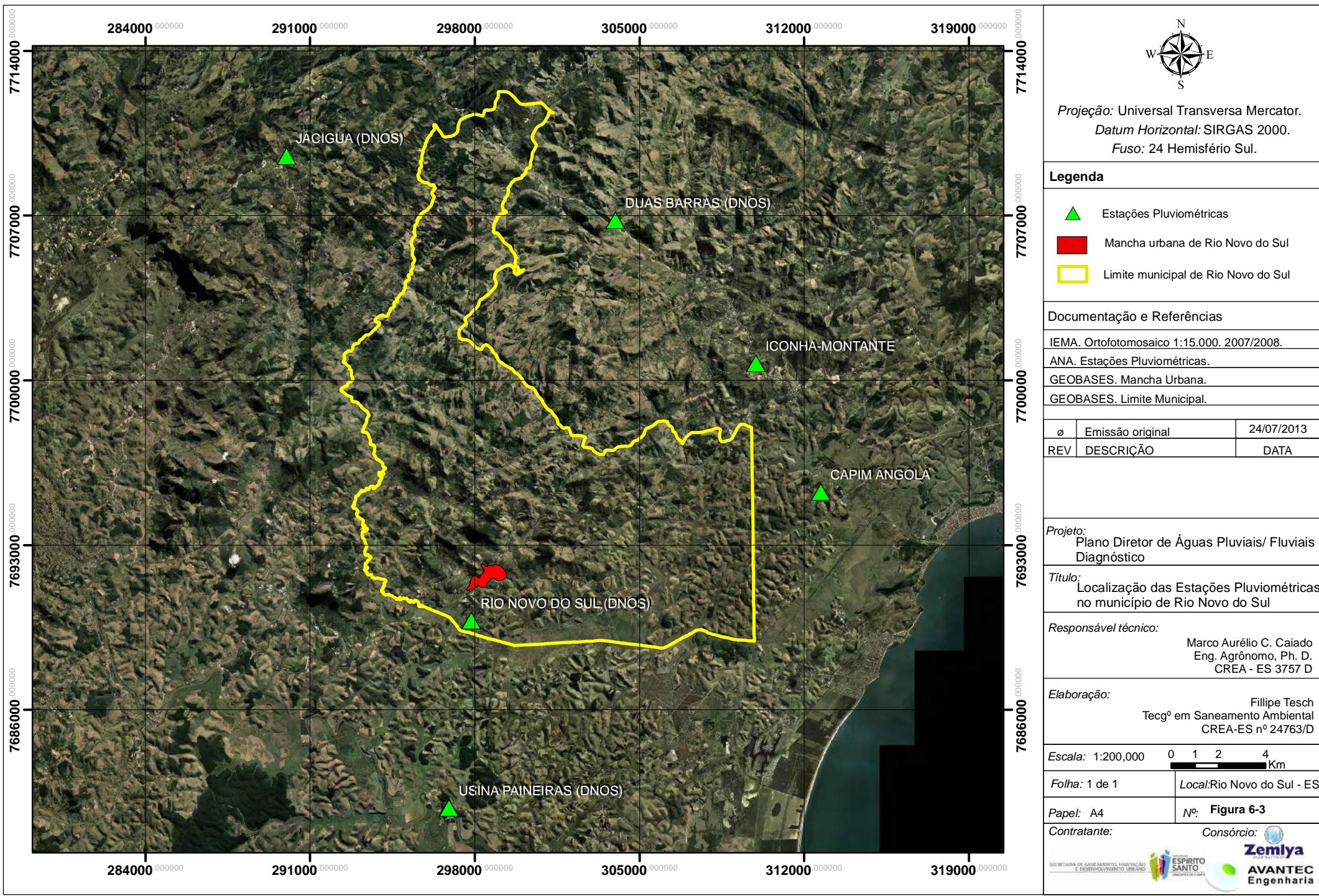
Tabela 6-1: Estações pluviométricas do interior do município de Rio Novo do Sul, os códigos das mesmas e as datas de início e fim de coleta de dados.

Nome	Código	Início coleta	Fim coleta
Iconha Montante	2040005	01/01/1947	Dias atuais
Usina Paineiras	2040006	01/11/1947	Dias atuais
Rio Novo do Sul	2040013	01/01/1969	01/05/2010
Duas Barras	2040017	01/01/1957	Dias atuais
Capim Angola	2040029	-	-
Jaciguá	2041010	01/01/1947	Dias atuais

A estação pluviométrica Rio Novo do Sul, código 2040013, foi a escolhida para a apropriação da equação intensidade-duração-frequência de chuvas do município por possuir um número razoável de anos com dados e por situar-se próximo da mancha urbana, no interior da bacia em estudo. Os valores diários de chuva foram obtidos no sítio oficial da Agência Nacional de Água (www.ana.gov.br). A metodologia de cálculo está apresentada em Soprani e Reis (2007) e resumida a seguir.

- Seleção das máximas precipitações anuais de 1 dia;
- Análise de frequências dos totais precipitados com ajuste da distribuição probabilística de *Gumbel* à série de máximas precipitações anuais de 1 dia, estimando as precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno;
- Conversão das máximas precipitações anuais de 1 dia, associadas a diferentes períodos de retorno, em precipitações máximas de 24 horas;

- Conversão das precipitações máximas de 24 horas, associadas a diferentes períodos de retorno, em precipitações máximas de durações menores. Para o caso em apreço, foram consideradas durações de precipitação de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos, 1, 6, 8, 10, 12 e 24 horas;
- Análise de regressão correlacionando duração, frequência e intensidade.



A **Tabela 6-2** apresenta as precipitações máximas anuais medidas na estação Rio Novo do Sul entre os anos 1969 e 2009.

Tabela 6-2: Precipitações máximas anuais medidas na estação Rio Novo do Sul entre os anos 1969 e 2009.

Ano	Máxima	Ano	Máxima	Ano	Máxima
1969	137,10	1983	138,40	1997	130,40
1970	86,30	1984	121,60	1998	52,40
1971	105,10	1985	61,40	1999	61,50
1972	125,40	1986	75,40	2000	66,40
1973	73,20	1987	79,20	2001	39,50
1974	75,00	1988	88,60	2002	76,80
1975	90,00	1989	80,40	2003	165,20
1976	91,00	1990	68,40	2004	86,50
1977	92,00	1991	30,40	2005	111,00
1978	-	1992	35,90	2006	96,70
1979	100,20	1993	70,20	2007	66,10
1980	-	1994	100,40	2008	73,20
1981	104,20	1995	30,40	2009	57,80
1982	125,20	1996	85,40		-

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

Tabela 6-3: Precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno para a estação pluviométrica Rio Novo do Sul.

Período de retorno (anos)	Precipitação máxima anual (mm)
2	81,24
5	111,85
10	132,11
25	157,72
50	176,71
75	187,75
100	195,56

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

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

Duração	Período de Retorno						
	2	5	10	25	50	75	100
24h	92,62	127,51	150,61	179,80	201,45	214,03	222,94
12h	78,72	108,38	128,02	152,83	171,23	181,93	189,50
10h	75,95	104,56	123,50	147,43	165,19	175,51	182,81
8h	72,24	99,46	117,47	140,24	157,13	166,95	173,89
6h	66,68	91,80	108,44	129,45	145,04	154,10	160,52
1h	38,90	53,55	63,26	75,51	84,61	89,89	93,64
30min	28,79	39,63	46,81	55,88	62,61	66,52	69,29
25min	26,19	36,06	42,60	50,85	56,98	60,53	63,05
20min	23,32	32,10	37,92	45,26	50,71	53,88	56,13
15min	20,15	27,74	32,77	39,12	43,83	46,57	48,50
10min	15,54	21,40	25,28	30,18	33,81	35,92	37,42
5min	9,79	13,47	15,91	19,00	21,29	22,62	23,56

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

A **Equação 2** a seguir apresenta a relação intensidade-duração-frequência das chuvas para Viana com base nos dados da estação pluviométrica Rio Novo do Sul.

$$i = \frac{17,132T^{0,1525}}{(t + 11)^{0,751}} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

i = intensidade da chuva em mm/min;

T = Tempo de retorno, em anos;

t = Tempo de duração, em minutos.

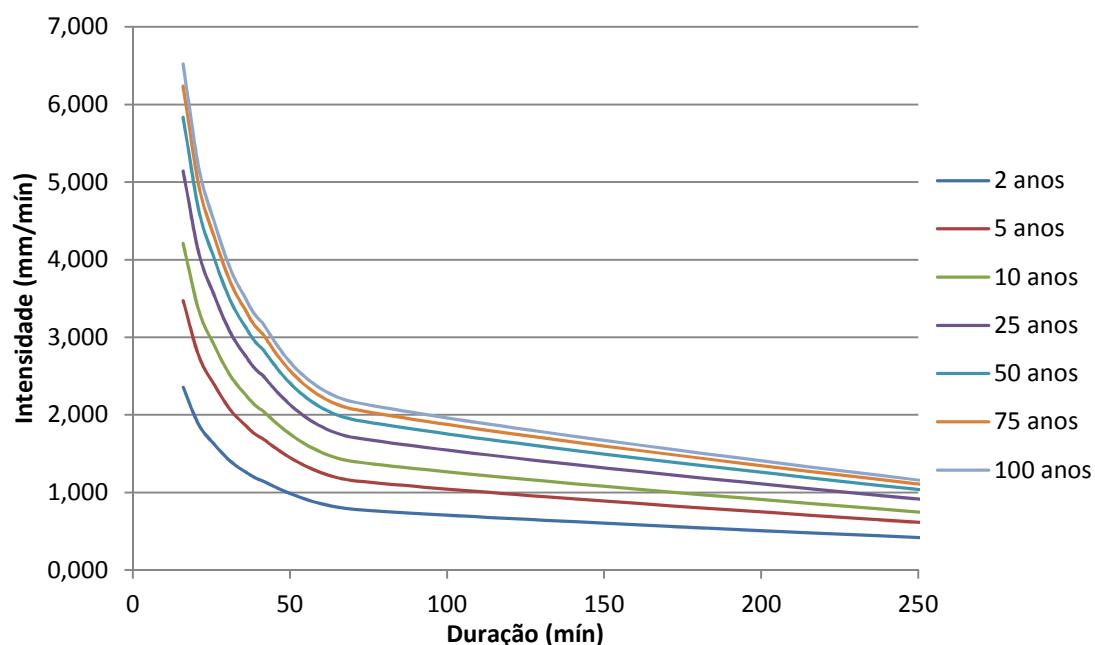


Figura 6-4: Curvas intensidade x duração de chuva para diferentes períodos de retorno na estação pluviométrica Rio Novo do Sul.

6.3 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

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

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

Ao longo do tempo, foram formuladas várias equações para o cálculo do tempo de concentração visando a resolver problemas práticos de engenharia. Por isto, a maior parte delas possui caráter empírico e constituem basicamente equações de regressão, desenvolvidas a partir de preceitos estatísticos (SILVEIRA, 2005).

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

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

$$T_c = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1,5 \times L}{0,8 \times \sqrt{H}}$$

Equação 3

Sendo:

T_c : tempo de concentração (horas);

A : área da bacia (Km^2);

L : comprimento do talvegue principal (Km);

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

A equação de *Temez* (**Equação 4**) foi recomendada por IEP (2001), tendo sido desenvolvida e testada em bacias hidrográficas da Espanha e recomendada para bacias naturais de área de até 3.000 km^2 .

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

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^2 .

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

$$T_c = 9,60L^{0,64}S^{-0,32}$$

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**).

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

Sendo:

T_c : tempo de concentração (horas);

η : coeficiente de manning;

L : comprimento do talvegue principal (pés);

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

S : declividade (m/m).

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

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

Sendo:

V : velocidade (pés/s);

S : declividade (m/m).

- Fluxo de canal (**Equação 9**).

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

Sendo:

V : velocidade (m/s);

C : 1;

R : raio hidráulico;

S : declividade (m/m);

η : coeficiente de manning.

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

6.4 CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO INSTITUCIONAL MUNICIPAL RELACIONADO AO PDAP

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

A partir dessa análise é 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

A Lei Municipal nº 108, de março de 1997, dispõe sobre a estrutura administrativa da Prefeitura Municipal de Rio Novo do Sul e dá outras providências. Constituem a estrutura organizacional hoje instituída basicamente nove Secretarias, a saber: Secretaria Municipal de Administração; Secretaria Municipal de Finanças; Secretaria Municipal de Obras, Transporte e Serviços Urbanos; Secretaria Municipal de Esportes, Lazer e Turismo; Secretaria Municipal de Saúde; Secretaria Municipal de Assistência Social; Secretaria

Municipal de Agricultura; Secretaria Municipal de Educação e Cultura; e Secretaria Municipal de Planejamento. Segundo a referida lei, integram-se ainda a administração os seguintes órgãos: Gabinete do Prefeito e Procuradoria Municipal.

Os órgãos que atuam mais diretamente na gestão da política urbana e habitacional são: a Secretaria de Obras, Transporte e Serviços Urbanos e a Secretaria Municipal de Assistência Social.

A Secretaria de Obras, Transportes e Serviços Urbanos tem como competência, segundo o Art. 24º:

- o planejamento, coordenação, execução e o controle das atividades relativas a construção, conservação, fiscalização de obras de construção civil e obras de pavimentação e drenagem e sua conservação e manutenção;
- fiscalização de obras contratadas a terceiros;
- análise, fiscalização e julgamento dos pedidos de parcelamento do solo e dos projetos de edificação particulares e de repartições públicas do Estado e da União;
- manter e conservar os prédios municipais;
- e fiscalização de posturas, atividades de carpintaria, produção e artefatos de cimento, limpeza pública, conservação de parques, jardins, cemitério, praças esportivas, feiras livres, matadouros e iluminação pública.

Essa Secretaria abriga competências que podem colaborar com a gestão do risco hidrológico e geológico na cidade, vale destacar a aprovação de novos loteamentos e obras, além de fiscalizar e acompanhar os empreendimentos novos; a responsabilidade pela limpeza da cidade; e a responsabilidade pelas

benfeitorias e obras de infraestrutura relacionadas à drenagem e pavimentação.

A Secretaria Municipal de Assistência Social tem como competência, definida no Art. 41º, entre outras:

- o planejamento, a execução e o controle das atividades relativas à assistência social, compreendendo as diversas organizações comunitárias e a população escolar;
- a execução de levantamentos socioeconômicos das comunidades, bem como a análise para encaminhamento dos problemas detectados, considerando as condições de saúde, educação, alimentação, habitação, saneamento básico, trabalhos e outros;
- atuação, de forma concreta, junto às comunidades, objetivando a conscientização para os seus problemas, bem como o devido encaminhamento aos órgãos afins;
- o apoio à organização e ao desenvolvimento comunitário, com vistas à mobilização da população e na condução do seu processo de mudança social;
- a orientação e assistência técnica às organizações sociais e às entidades comunitárias com o objetivo de fortalecê-las e garantir a sua representatividades;
- a promoção de medidas visando o acesso da população urbana e rural de baixo nível de renda a programas de habitação popular, em articulação com órgãos Estaduais e Federais;

- e o albergamento de pessoas desabrigadas e/ou desamparadas, portadoras de carência socioeconômica transitória ou crônica.

A importância do trabalho dessa secretaria são as ações de articulação com entidades públicas e privadas e, em especial com a comunidade, com vistas ao atendimento às necessidades básicas, devendo criar soluções para os problemas relacionados à habitação. Destaca-se a competência dessa Secretaria na promoção de medidas para acesso aos programas habitacionais, pela população de baixa renda. Além disso, é fundamental o papel de coordenação e orientação da população na organização social.

A Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMDEC) do Município de Rio Novo do Sul, órgão da Administração Municipal, foi criada pela Lei Municipal nº 475 de dezembro de 2011 e tem como objetivo principal coordenar, as ações de defesa civil. São atribuições da COMDEC, segundo o Art. 2º:

- Coordenar e executar as ações de defesa civil;
- Manter atualizados e disponíveis as informações relacionadas à defesa civil;
- Elaborar e implementar planos, programas e projetos de defesa civil;
- Elaborar o Plano de Ação Anual visando o atendimento das ações em tempo de normalidade, bem como das emergências com garantia dos recursos no orçamento municipal;
- Prever recursos orçamentários próprios necessários às ações assistenciais de recuperação ou preventivas com contrapartida as transferências de recursos da União e do Estado, na forma da legislação vigente;
- Captar recursos humanos para ações de defesa civil;

- Manter o órgão central do SINDEC informado sobre as ocorrências de desastres e atividades de defesa civil;
- Propor à autoridade competente a declaração de Situação de Emergência e de Estado de Calamidade Pública, observados os critérios estabelecidos pelo Conselho Nacional de Defesa Civil (CONDEC);
- Executar a distribuição e controle de suprimentos necessários em situação de desastre;
- Implantar o banco de dados e elaborar os mapas temáticos sobre ameaças, vulnerabilidade e risco de desastres;
- Programar ações de medidas não estruturais e medidas estruturais;
- Promover, através da mídia local, campanhas públicas e educativas visando estimular o envolvimento da população, motivando ações relacionadas com a defesa civil;
- Estar atento às informações de alerta dos Órgãos de previsão e acompanhamento para executar planos operacionais em tempo oportuno;
- Comunicar aos Órgãos competentes quando a produção, o manuseio ou transporte de produtos perigosos puser em risco a população;
- Implantar programas de treinamento voluntários;
- Implantar e manter atualizado o cadastro de recursos humanos, materiais e equipamentos a

serem convocados e utilizados em situação de anormalidade;

- Estabelecer intercâmbio de ajuda com outros municípios, com Estado e a União;
- Promover a mobilização social visando a implantação de Núcleos Comunitários de Defesa Civil (NUDEC) nos bairros e distritos;
- Operacionalizar o Fundo Municipal de Defesa Civil.

Em termos de gestão urbana participativa o Município conta dois conselhos instituídos, que discutem as políticas de habitação social, planejamento urbano e ocupação do solo: o Conselho Municipal de Assistência, Gestor do Fundo Municipal de Habitação de Interesse Social e o Conselho Municipal de Defesa Civil.

O Conselho Gestor do Fundo Municipal de Habitação de Interesse Social foi criado pela Lei Municipal nº 408 de junho de 2010 e está vinculado à Secretaria Municipal de Assistência Social. Ele trata basicamente de: estabelecer diretrizes e fixar critérios para a priorização de linhas de ação, alocação de recursos do FMHIS e atendimento dos beneficiários do programas habitacionais; aprovar orçamentos e planos de aplicação e metas anuais e plurianuais dos recursos do FMHIS; fixar critérios para a priorização de linhas de ações; entre outros.

O Conselho Municipal de Defesa Civil foi criado pela Lei Municipal nº 475 de dezembro de 2011 e está vinculado à Coordenadoria Municipal de Defesa Civil. Ele terá atribuições de deliberar sobre a devida aplicação dos recursos do Fundo Municipal de Defesa Civil.

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

habitacional, pois esse tipo de problema, em geral, se concentra territorialmente nos assentamentos de interesse social.

6.4.2 Ações governamentais do município na área urbana e habitacional

O município de Rio Novo do Sul possui poucos programas, planos e projetos em andamento ou que foram executados, sendo todos implantados a partir de convênio com o Governo Federal ou Estadual. Dentre eles está um convênio com o Instituto de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Espírito Santo (IDURB) para execução de 12 (doze) unidades habitacionais do tipo casa, para atender famílias que foram removidas de áreas de risco. Os projetos das moradias já estão prontos e as obras estão encaminhadas para iniciar ao longo desse ano.

Além da construção das residências na área urbana, foram executadas 6 (seis) unidades habitacionais, na área rural, também atendendo famílias de áreas de risco. Essas foram elaboradas a partir de um convênio com o Governo Federal.

Outro convênio firmado com o Governo Estadual, atuando na infraestrutura da cidade, foram as obras de Controle de Cheias, desassoreamento do leito e contenção das margens do Córrego Pau D'ÁlhoD'Alho, que corta o Distrito Sede. As obras foram entregues em 2007, a partir de convênio firmado com a Secretaria de Estado de Saneamento, Habitação e Desenvolvimento Urbano (SEDURB). Ainda se tratando de obras de infraestrutura, o município também recebeu apoio do IDURB, para execução da pavimentação do Bairro São José.

Outro convênio, firmado com o Governo Federal através de emenda parlamentar, atendeu diversos bairros com obras de contenção de encostas, sendo contemplados os Bairros São José, Borsoe, Nossa Senhora da Penha e Santo Antônio. Esse tipo de obra só são executadas, quando o município consegue recurso através dos Governos Federal ou Estadual.

Em termos de projeto, o município possui recursos para elaborar três projetos de macrodrenagem para os Bairro São Domingos, São José e para a Rua

Capitão Buei no Centro da Cidade. O recurso adquirido foi da SEDURB e as licitações para dar início aos trabalhos já estão em andamento.

O município não possui nenhum Plano já elaborado, também não possui Plano Diretor, sendo esses Planos de Redução de Risco Geológico e o Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais, os primeiros a serem executados.

Em se tratando de obras para erradicação de risco, essas são executadas pela Secretaria de Obras, Transporte e Serviços Urbanos e tem caráter somente corretivo. As intervenções com maior ocorrência são: estabilização de encostas por muros de arrimo; limpeza de leito de rio; desobstrução de drenagem limpando bocas-de-lobo e poços de visita. Os serviços são executados anualmente, com exceção das obras de estabilização de encostas, que só acontece quando o município capta recursos do Governo Federal ou Estadual.

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, no entanto, Rio Novo do Sul pode ser considerado um município de pequeno porte, visto que possui somente 11.325 (onze mil, trezentos e vinte e cinco) habitantes, o que influencia diretamente nessa carência de programas.

Quanto ao atendimento no período chuvas e emergência, o Município não possui abrigos para assistir às famílias. No caso da ocorrência de um desastre, as famílias são deslocadas para escolas e igrejas. As famílias desabrigadas poderão acessar o Aluguel Social, que se limitará ao valor do aluguel do imóvel locado. Atualmente, existem 16 (dezesseis) famílias sendo beneficiadas com o recurso e são famílias que foram removidas de áreas de risco.

A comunicação entre a prefeitura e a comunidade, com vistas ao atendimento às famílias em áreas de risco, acontece através de solicitação da própria comunidade. A Defesa Civil faz a vistoria da edificação, produzindo um laudo a respeito da situação encontrada e no caso de remoção, essas são feitas em parceria com a Secretaria de Assistência Social.

6.4.3 Legislação 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.

6.4.4 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.

6.4.4.1 *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 esses 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.

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

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

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

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

- I - em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;
- II - em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;
- III - em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;
- IV - em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;
- V - em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.

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

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

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

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

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

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

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

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

(...)

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

6.4.4.3 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.

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

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

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

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

flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;

(...)

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

(...)

IX - interesse social:

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

(...)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

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

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

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

(...)

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

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

II - proteger as restingas ou veredas;

III - proteger várzeas;

- IV - abrigar exemplares da fauna ou da flora ameaçados de extinção;
- V - proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico, cultural ou histórico;
- VI - formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;
- VII - assegurar condições de bem-estar público;
- VIII - auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares.

6.4.4.5 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 capacitar-a 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.

6.4.4.6 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.

6.4.4.7 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;

6.4.4.8 Saneamento Básico - Lei Federal nº 11.445/2007

A Lei Federal 11.445, 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.

6.4.5 Legislação Estadual

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

6.4.5.2 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.

6.4.5.3 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.

6.4.5.4 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.

6.4.5.5 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.

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

A Lei nº 9.264, de julho de 2009, dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios, fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos para a Gestão Integrada, Compartilhada e Participativa de Resíduos Sólidos, com vistas à redução, ao reaproveitamento e ao gerenciamento adequado dos resíduos sólidos; à prevenção e ao controle da poluição; à proteção e à recuperação da qualidade do meio ambiente e à promoção da saúde pública,

assegurando o uso adequado dos recursos ambientais no Estado do Espírito Santo, a promoção do Econegócio e a Produção Mais Limpa.

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

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

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

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

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

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

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

(...)

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

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

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

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

6.4.5.7 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.

6.4.6 Legislação Municipal

6.4.6.1 Código de Obras – Lei Municipal nº 301/2007

O Município de Rio Novo do Sul não possui um Plano Diretor, visto que o município conta com um número de habitantes inferior a 20.000 (vinte mil), portanto o Código de Obras será a legislação analisada como foco desse trabalho.

A Lei Municipal Código de Obras nº 301 de setembro de 2007, disciplina a construção e a fiscalização assim como as condições mínimas que satisfaçam a segurança, conforto higiene e a salubridade das obras em geral.

Segundo o Art. 3º, “toda e qualquer construção, reforma e demolição e movimento de terra efetuada a qualquer título no território do Município é regulada pela presente Lei, observadas as normais federais e estaduais relativas à matéria.”

Art. 4º. - Para os efeitos deste código ficam dispensados de apresentação do projeto, ficando contudo sujeitas a concessão de licença, as seguintes obras:

I- residenciais, com área de construção igual ou inferior a 60,00 m² (sessenta metros quadrados);

II- que não determinem reconstrução ou acréscimo que ultrapasse a área de 18,00 m² (dezoito metros quadrados);

III- conserto de pavimentação de passeio;

IV- construção de muros no alinhamento dos logradouros, desde que apresentada planta de situação do imóvel;

V- rebaixamento de meio fio.

O Código estabelece que todas as obras de construção, acréscimo, modificação ou reforma a serem executadas no Município de Rio Novo do Sul, serão procedidas dos seguintes atos administrativos: aprovação do projeto; e licenciamento da construção. Essas medidas podem coibir a construção irregular, muitas vezes geradora de habitações em situações de risco.

Segundo o Art. 9º, a" Prefeitura poderá elaborar e fornecer projetos de construções populares (01 pavimento – até 70m²) para atender as classes de

população de baixa renda, de até três salários mínimos.” Esse tipo de programa colabora com a mitigação do Déficit Habitacional Municipal.

O Capítulo V estabelece medidas de conservação para terrenos não edificados, sendo algumas dessas importantes para não criar áreas de risco hidrológico e geológico, visto que se preocupam com a formação de processos erosivos, drenagem, criação de pontos de acumulo de resíduos sólidos e encostas instáveis, entre outros.

Art. 37 - Os terrenos não edificados, localizados na zona urbana, deverão ser mantidos limpos, capinados, drenados e obrigatoriamente fechados nas respectivas testadas, por meio de muro, gradil de ferro ou de madeira, ou arame liso, que deverá ser fixado a estacas de concreto ou de madeira, com a exigência de em ambos os casos materiais de bom acabamento.

Art. 38 - Em terrenos de acrile acentuado, que por sua natureza estão sujeitos à ação erosiva das águas de chuvas e, pela sua localização, possam ocasionar problemas à segurança de edificações próximas, bem como a limpeza e livre trânsito dos passeios e logradouros, é obrigatório a execução de medidas visando a necessária proteção segundo os processos usuais de conservação do solo.

Art. 40 - Será obrigatória a execução de obras de arrimo de terras sempre que o nível de um terreno seja superior ao logradouro onde se situa.

Parágrafo único: Será exigida a execução do arrimo de pedra no interior de terrenos ou suas divisas, quando ocorrer qualquer diferença de nível e a juízo dos órgãos técnicos.

Art. 41 - Exigir-se-ão, para condução de águas pluviais e as resultantes de infiltrações, sarjetas e drenos comunicando-se diretamente com a rede do logradouro, de modo a evitar danos à via pública ou aos terrenos vizinhos.

Art. 42 - Será exigida a canalização ou a regularização de cursos d'água e de valas nos trechos compreendidos dentro dos terrenos particulares, devendo as obras serem aprovadas previamente pela Prefeitura Municipal.

O Capítulo VII trata da conclusão da obra e do habite-se e em seu Art. 54º ele descreve que uma obra só se dará como concluída, quando estiver em condições de habitabilidade estando instalados todos os sistemas hidro-sanitários e elétricos. Estando, portanto, concluída a obra, o proprietário deverá solicitar o Alvará de Habite-se, mas esse não será expedido caso não tenha sido feito: a ligação de esgoto de águas servidas com a rede de logradouro e, na falta desta, a adoção de medidas de tratamento dos efluentes, de acordo com a legislação ambiental, sendo obrigatório o uso de fossa séptica; não estiver assegurado o perfeito escoamento das águas pluviais no terreno edificado; entre outros.

6.5 INUNDAÇÃO DAS BACIAS DOS CÓRREGOS PAU D'ALHO, SÃO VICENTE DE BAIXO E SÃO CAETANO NO CENÁRIO ATUAL

6.5.1 Contextualização

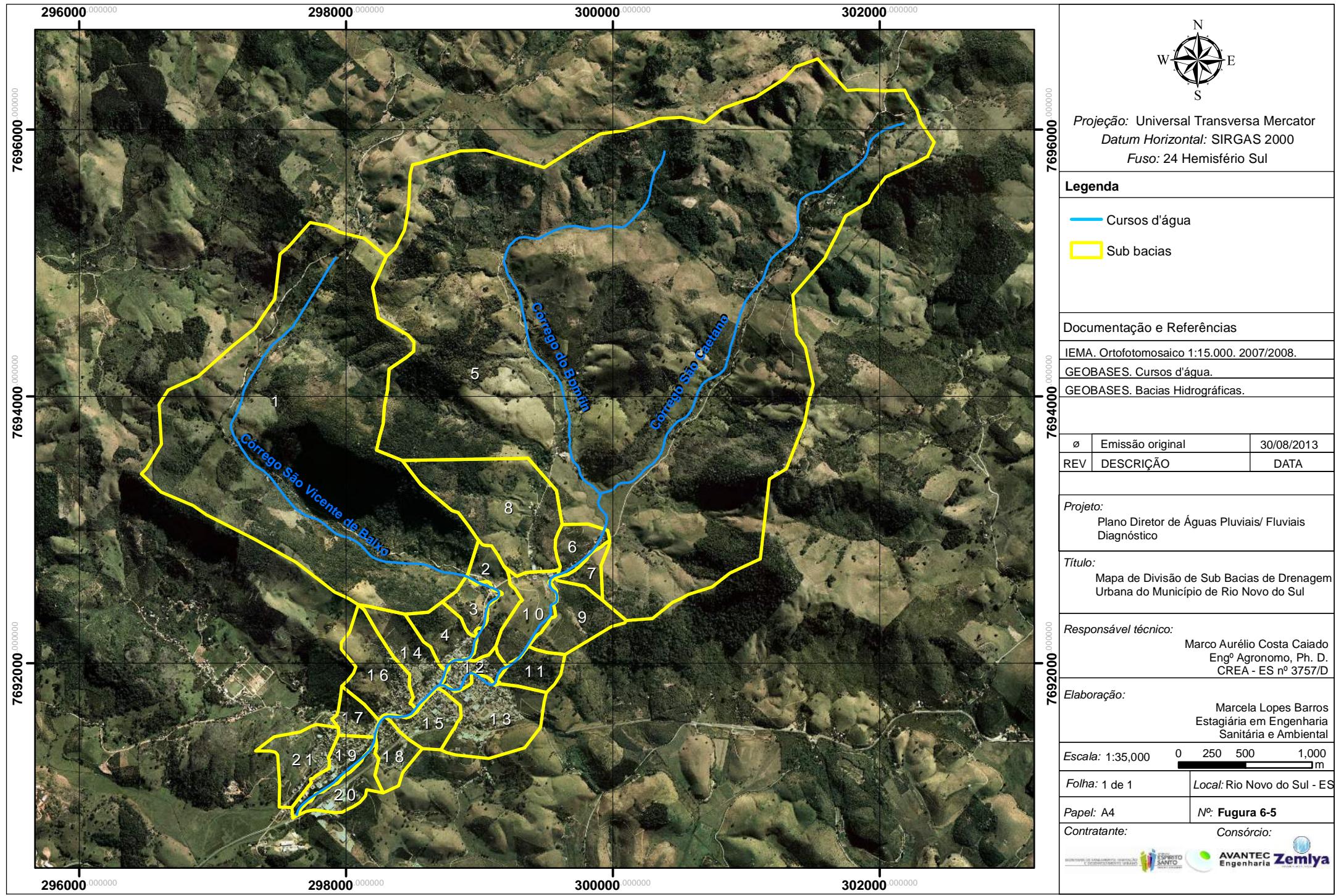
O núcleo urbano de Rio Novo do Sul se localiza na confluência dos córregos São Vicente de Baixo e São Caetano, formando o Córrego Pau D'alho, um dos

principais afluentes do Rio Novo em seu trecho final. O conjunto destes três córregos cortam os seguintes bairros da sede municipal de Rio Novo do Sul: Padre Guido, Bela Vista, Centro, Nossa Senhora da Penha, São José e Pau D'Alho (**Figura 6-2**).

A bacia do córrego São Caetano possui área de drenagem de 11,36 Km², com nascente na localidade que dá nome ao córrego. Observa-se que, nesta bacia, existe um intenso uso do solo, principalmente para culturas do café e banana, além de outras atividades agropastoris. Já a bacia do córrego São Vicente de Baixo drena uma área de 4,28 Km², com nascente na localidade que dá nome ao córrego. Nesta bacia, o uso do solo é menos intenso, com uma cobertura florestal significativa. Ainda assim, é possível observar extensas áreas de pastagem e plantio de café.

O Córrego Pau D'Alho, quando formado no centro de Rio Novo do Sul, apresenta declividade reduzida, contribuindo para a baixa condutância de águas para jusante. Após o Centro de Rio Novo do Sul, a declividade aumenta gradativamente até a travessia sob a BR-101, quando atinge uma extensa planície até finalmente desaguar no Rio Novo. O presente estudo analisa a situação da macrodrenagem até a ponte da BR-101 sobre o córrego Pau D'Alho, totalizando uma área de drenagem de 16,92 Km².

No presente estudo, as bacias dos córregos Pau D'Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano foram divididas em 11 bacias urbanas, denominadas bacias 4, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21, e dez bacias rurais, denominadas bacias 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 (**Figura 6-5**). As vazões provenientes de cada uma das sub bacias dos córregos Pau D'Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano foram apropriadas utilizando o modelo HEC-HMS.



As cheias dos córregos Pau D'Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano são frequentes e vem se agravando devido ao avanço da urbanização de suas bacias, que vem trazendo, principalmente, agravamentos quando à construção de residências próxima à calha do rio ou em seu leito maior.

Esta situação levou a Prefeitura Municipal de Rio Novo do Sul a decretar estado de emergência em dezembro de 2003 e em fevereiro de 2005. Diante da gravidade e dos prejuízos que as cheias têm causado ao município, a Prefeitura colocou a questão das inundações na pauta do Planejamento Estratégico Municipal, que resultou na elaboração de estudos e projetos que passaram a nortear as soluções para as cheias de Rio Novo do Sul, conforme listado no **item 5** do presente relatório. Segundo os estudos e projetos apresentados, seria necessária a reconstrução de 12 pontes que estrangulam o leito do rio e que causavam o transbordamento e alagamento de ruas e domicílios, construção de 804,45 m³ de muros de contenção, desmonte de 336,30 m³ de rocha e dragagem de 2.700,00 m³ de areia do leito do rio, constituindo a 1^a etapa das obras a ser realizadas no município de Rio Novo do Sul.

Na 2^a etapa, seria executado o projeto de uma barragem para controle de cheias à montante do trecho em questão, o que possibilitaria a regulação de vazão no Córrego São Caetano, principal contribuinte do Córrego Pau D'Alho.

Por fim, na 3^a etapa, seria elaborado e executado o projeto de esgotamento sanitário e microdrenagem na sede do município, bem como projetos de recuperação de cobertura florestal das áreas de recarga das nascentes nas cabeceiras, ampliando a capacidade de absorção do solo; e um programa de educação ambiental e mobilização social para manutenção das ações reparadoras dos cursos d'água da região.

Segundo informações da Prefeitura Municipal de Rio Novo do Sul, a 1^a Etapa do Projeto foi executada em sua totalidade, com a reconstrução das pontes, construção dos muros de contenção, derrocagem de rocha e dragagem do leito dos córregos.

A 2^a Etapa, que trata da execução do projeto da barragem para controle de cheias no Córrego São Caetano, que seria localizada a montante da sede municipal de Rio Novo, não foi executada devido à resistência da população para com a obra, com o receio de um evento que possa causar o seu rompimento e consequentes prejuízos à cidade.

A 3^a Etapa do projeto, que trata do esgotamento sanitário e da microdrenagem da sede municipal de Rio Novo do Sul, ainda não foi executada.

Este relatório apresenta resultados da verificação da eficiência das obras executadas até o momento, identificando a necessidade de novas obras para a melhoria da macrodrenagem no município.

Durante as visitas realizadas no município de Rio Novo do Sul foi possível verificar algumas das obras executadas, como a reconstrução de pontes, a instalação de muros de contenção e a derrocagem de rochas que se encontravam no leito dos córregos. A **Figura 6-6** e a **Figura 6-7** apresentam o modelo da passarela de ferro em arco instalada no centro de Rio Novo do Sul.



Figura 6-6: Passarela de ferro instalada no centro de Rio Novo do Sul.



Figura 6-7: Detalhe da passarela de ferro instalada no centro de Rio Novo do Sul.

A **Figura 6-8**, por sua vez, apresenta a passarela de concreto da Rua Itabapoana, no centro de Rio Novo do Sul, que não foi substituída. Observa-se que sua geometria reduz significativamente a seção do Rio Novo do Sul em relação aos modelos de passarela de ferro em arco, instaladas imediatamente a montante da passarela de concreto. A **Figura 6-9** apresenta o trecho onde foi executada a derrocagem de um rocha para a melhoria do escoamento. Observa-se, no entanto, que, imediatamente a montante do trecho derrocado,

já se inicia o processo de deposição de sedimentos. Isso se dá devido à curvatura do canal neste trecho. As águas que passam pela parte externa das curvas de rio tem maior velocidade que as águas que passam pela parte interna da mesma, favorecendo a deposição de sedimentos nesta última.



Figura 6-8: Passarela de concreto da Rua Itabapoana que não foi substituída.



Figura 6-9: Trecho onde foi executada a derrocagem de rochas.

Por outro lado, foi possível observar que mesmo trechos retilíneos do Córrego Pau D'Alho já sofrem com o processo de assoreamento do canal, conforme mostra a **Figura 6-10**. No Córrego São Caetano, é possível observar trechos com um processo mais avançado de assoreamento, inclusive com o crescimento de espécies de vegetação rasteira dentro do canal fluvial (**Figura 6-11**).



Figura 6-10: Trecho do canal do córrego Pau D'Alho com início de processo de assoreamento.



Figura 6-11: Trecho do canal do córrego São Caetano com processo avançado de assoreamento.

Observou-se que, durante a execução das obras de macrodrenagem na sede municipal de Rio Novo do Sul, não foi executada a retirada de um barramento no final do canal do córrego Pau D'Alho. Trata-se de um barramento com valor histórico, componente do sistema de captação de água para uma serraria que ali funcionava em tempos passados (**Figura 6-12**). Atualmente, não há captação de água neste barramento. Além disso, foi possível observar o assoreamento do canal a montante do mesmo, pela sua influência na redução da velocidade do escoamento no trecho.



Figura 6-12: Barragem histórica no centro de Rio Novo do Sul.

Segundo informações coletadas com moradores no entorno do canal do córrego Pau D'Alho, desde a execução das obras de melhoria na macrodrenagem, não houve eventos de inundação no centro de Rio Novo do Sul. Porém, a Prefeitura Municipal informou que ainda há ocorrências de alagamento em alguns pontos do Bairro Centro, decorrentes de problemas relacionados à microdrenagem.

6.5.2 Apropriação dos valores de vazões máximas

As vazões dos córregos Pau D'Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano 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 dos córregos Pau D'Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano foi considerado apropriado dada a possibilidade de se transformar as características da bacia em variáveis de entrada do modelo.

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

É relevante observar que foram calculados os tempos de concentração para cada uma das sub bacias. A **Tabela 6-5** apresenta o resultado dos cálculos do tempo de concentração das sub bacias nas quais as bacias dos Córregos Pau D'Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano foram divididas.

Tabela 6-5: Tempo de concentração para as sub bacias nas quais as bacias do Córrego Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano foram divididas.

Bacia	Sub bacia	Método (min)			Tc médio
		Ven Te Chow	Kirpich	SCS	
São Vicente de Baixo	1	48,22	27,71	42,55	39,49
São Vicente de Baixo	2	8,72	3,54	3,90	5,39
São Vicente de Baixo	3	7,82	3,10	2,00	4,31
São Vicente de Baixo	4	8,64	3,50	2,94	5,03
São Caetano	5	47,80	27,42	57,33	44,18
São Caetano	6	6,87	2,66	2,00	3,84
São Caetano	7	6,12	2,31	2,05	3,49
São Caetano	8	19,88	9,54	16,15	15,19
São Caetano	9	8,61	3,49	2,73	4,94
São Caetano	10	5,55	2,06	0,73	2,78
São Caetano	11	7,09	2,76	1,22	3,69
São Caetano	12	9,08	3,72	2,60	5,13
São Caetano	13	14,02	6,27	18,35	12,88
Pau D'alho	14	12,14	5,27	4,40	7,27
Pau D'alho	15	7,49	2,95	3,03	4,49
Pau D'alho	16	12,61	5,52	8,21	8,78
Pau D'alho	17	9,68	4,02	4,01	5,90
Pau D'alho	18	8,83	3,59	2,98	5,14
Pau D'alho	19	6,70	2,58	1,06	3,45
Pau D'alho	20	6,15	2,33	2,23	3,57
Pau D'alho	21	16,26	7,49	8,32	10,69
Bacia Total		85,60	55,26	98,17	79,68

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:

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)} \quad \text{Equação 10}$$

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:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \text{Equação 11}$$

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

A partir do cruzamento do Mapa de Uso do Solo e do Mapa Pedológico das bacias dos córregos Pau D'Alho, São Vicente de Baixo e São Vicente, foram

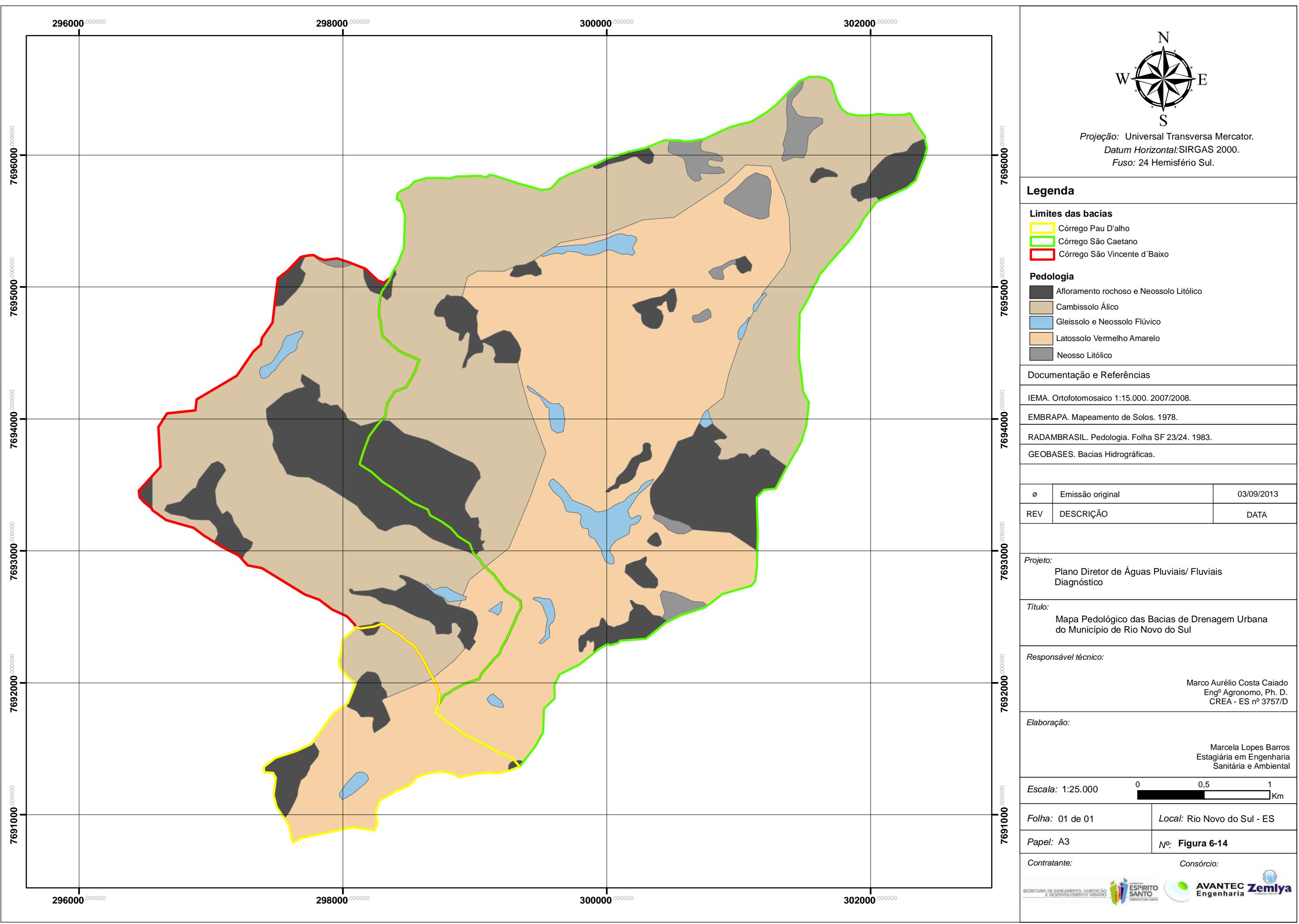
apropriados os valores de CN médio para cada uma de suas sub bacias. O mapa de uso e ocupação do solo foi elaborado em três etapas:

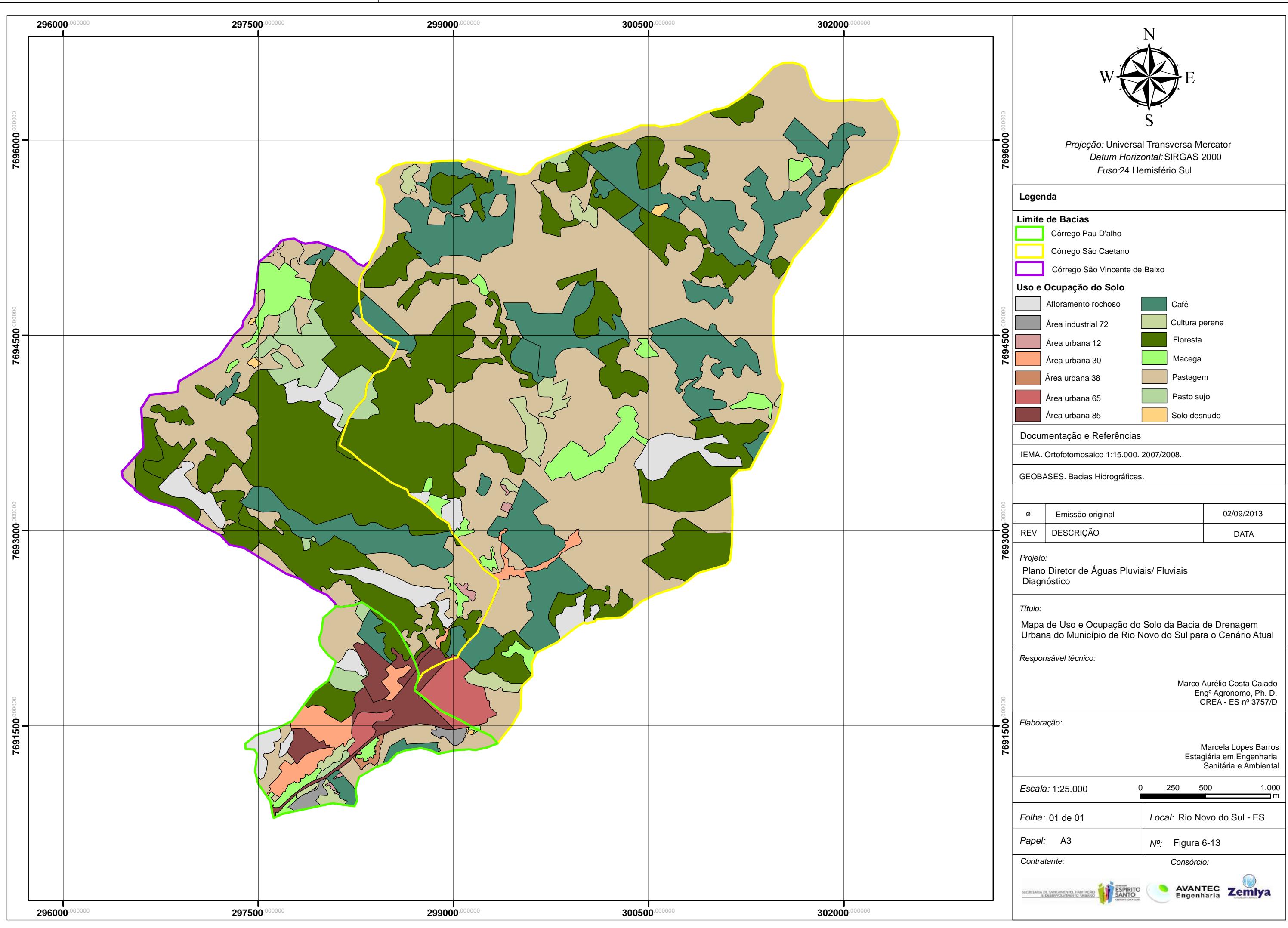
- a) Classificação do uso e ocupação do solo por meio de sistema de informação geográfica utilizando-se imagens do Ortofotomosaico do Espírito Santo (IEMA, 2007/2008);
- b) Amostragem e confirmação de usos e ocupação do solo na bacia mapeada durante visitas de campo; e
- c) Refinamento e elaboração do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

O mapa de Uso e Ocupação do Solo das bacias dos córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano está apresentado na **Figura 6-13**.

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 dos córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano o qual está apresentado na **Figura 6-14**.





A **Tabela 6-6** apresenta os valores de CN médio para as sub bacias nas quais as bacias dos córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano foram divididas.

Tabela 6-6: Valores de CN médio para as sub bacias dos córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano.

Bacia	Sub bacia	CN médio	Área (km ²)
São Vicente de Baixo	1	53,69	3,80
São Vicente de Baixo	2	46,76	0,16
São Vicente de Baixo	3	69,55	0,10
São Vicente de Baixo	4	48,94	0,14
São Caetano	5	51,17	9,80
São Caetano	6	44,68	0,10
São Caetano	7	42,26	0,07
São Caetano	8	56,34	0,62
São Caetano	9	52,85	0,21
São Caetano	10	49,96	0,19
São Caetano	11	38,77	0,11
São Caetano	12	73,06	0,08
São Caetano	13	65,92	0,34
Pau D'alho	14	57,93	0,19
Pau D'alho	15	77,60	0,14
Pau D'alho	16	74,23	0,26
Pau D'alho	17	48,16	0,08
Pau D'alho	18	60,87	0,11
Pau D'alho	19	58,40	0,11
Pau D'alho	20	60,35	0,122
Pau D'alho	21	82,12	0,19

Para a caracterização do total de chuva que foi transformado em vazão, foi escolhido o método do hidrograma unitário. Conceitualmente, o Hidrograma Unitário (HU) é o hidrograma do escoamento direto, causado por uma chuva

efetiva unitária (por exemplo, uma chuva de 1 mm, 1 cm, 1 polegada ou outra medida). A teoria considera que a precipitação efetiva e unitária tem intensidade constante ao longo de sua duração e distribui-se uniformemente sobre toda a área de drenagem (COLLISCHONN; TASSI, 2008).

Segundo Paço (2008), o modelo do Hidrograma Unitário (HU), desenvolvido por Sherman em 1932, impôs um importante avanço no nível da análise de cheias.

Conforme Naghettini (1999), além das considerações citadas acima (chuva de intensidade constante e uniformemente distribuída sobre a bacia), o método baseia-se na hipótese de que, uma vez que as características físicas da bacia não se alterem, precipitações semelhantes produzirão hidrogramas semelhantes.

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

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

A intensidade da chuva de projeto foi estabelecida a partir da equação IDF para a bacia (**Equação 2**) com tempo de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos. Segundo IPH-UFGRS (2005) o tempo total da simulação deve ser de, pelo menos, duas vezes o tempo de concentração, permitindo que toda a precipitação atue sobre o hidrograma de saída, enquanto *Placer County* (1990) *apud* *Us Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center* (2000)

recomenda uma duração de chuva igual a três ou quatro vezes o tempo de concentração. No presente trabalho, a duração da chuva foi estabelecida para um tempo igual a duas, três ou quatro vezes o tempo de concentração, em função, principalmente do tamanho da bacia e de seu próprio tempo de concentração. A construção do hietograma foi realizada pelo método dos blocos alternados, através do qual, a intensidade da precipitação de projeto é maior no meio, sendo mais branda no início e no final da mesma.

Para a simulação do Cenário Atual, o modelo HEC-HMS foi aplicado às bacias dos córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano utilizando duas abordagens: 1) precipitação com duração referente a três ou quatro vezes o tempo de concentração de cada sub bacia (21 sub bacias) e; 2) precipitação com duração referente a duas vezes o tempo de concentração da Bacia Total. Os resultados da primeira abordagem são apresentados no **item 7.4**.

Conforme apresentado na **Tabela 6-5**, os cálculos do tempo de concentração da bacia do córrego Pau D'Alho resultaram em um valor médio de 79,68 minutos. Foram calculadas as chuvas intensas para durações iguais a duas vezes o tempo de concentração e intervalos de recorrência de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos e apropriados os respectivos hietogramas por meio do método dos blocos alternados. A **Figura 6-15** apresenta o hietograma da chuva de 25 anos utilizado na simulação.

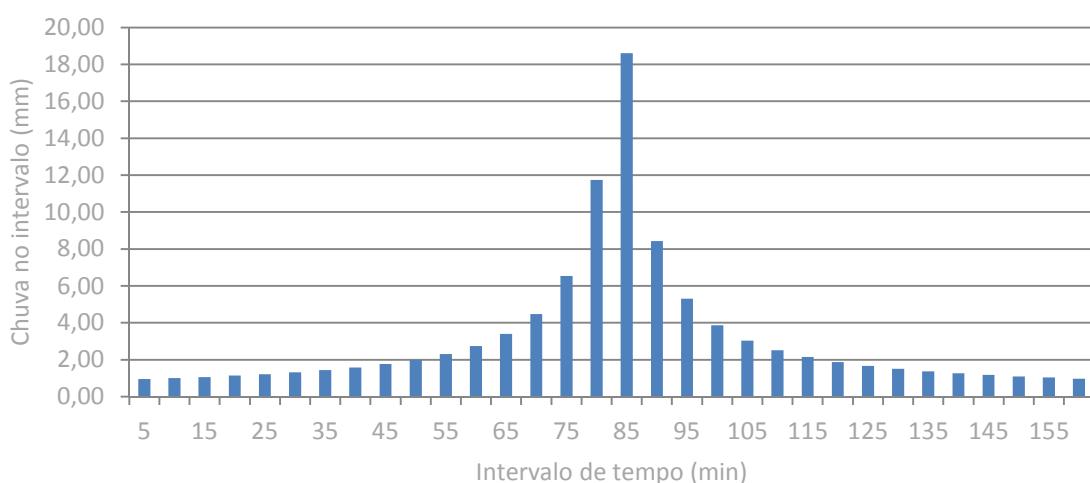


Figura 6-15: Hietograma da chuva com recorrência de 25 anos e duração igual duas vezes o tempo de concentração da bacia.

A tela principal do programa HEC-HMS preparado para a modelagem das bacias dos córregos Pau D'Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano está apresentada na **Figura 6-16**.

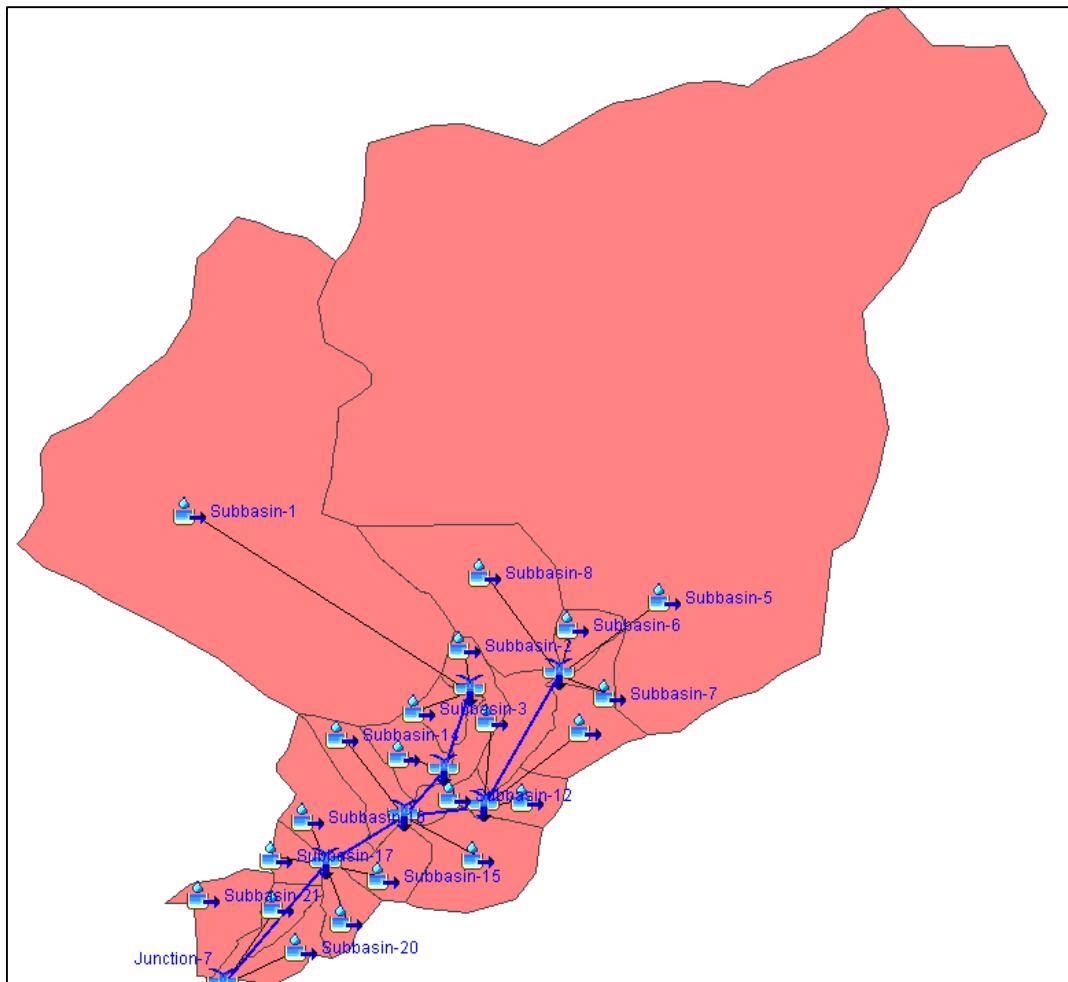


Figura 6-16: Bacia dos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano modelada pelo programa HEC-HMS.

A **Tabela 6-7**, a **Tabela 6-8**, a **Tabela 6-9**, a **Tabela 6-10**, a **Tabela 6-11**, a **Tabela 6-12**, a **Tabela 6-13** apresentam os resultados da aplicação do HEC-HMS nas bacias dos córregos Pau D'alho, São Caetano e São Vicente de Baixo para chuvas de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos, respectivamente.

Tabela 6-7: Resposta hidrológica das bacias dos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano para chuva com tempo de retorno de 5 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km ²	m ³ /s		km ²	m ³ /s
Subbacia-1	3,80	4,30	Subbacia-18	0,11	0,50
Subbacia-2	0,16	0,10	Subbacia-19	0,11	0,40
Subbacia-3	0,10	1,20	Subbacia-20	0,12	0,60
Subbacia-4	0,14	1,10	Subbacia-21	0,19	6,60
Subbacia-5	9,80	7,50	Trecho-1	4,06	4,60
Subbacia-6	0,10	0,00	Trecho-2	4,28	4,90
Subbacia-7	0,07	0,00	Trecho-3	10,59	8,20
Subbacia-8	0,62	1,30	Trecho-4	11,09	8,40
Subbacia-9	0,21	0,30	Trecho-5	15,9	13,90
Subbacia-10	0,19	0,20	Trecho-6	16,49	14,90
Subbacia-11	0,11	0,00	Junção-1	4,06	4,60
Subbacia-12	0,08	1,20	Junção-2	4,28	4,90
Subbacia-13	0,34	2,20	Junção-3	15,9	13,90
Subbacia-14	0,19	0,60	Junção-4	10,59	8,20
Subbacia-15	0,14	2,80	Junção-5	11,09	8,40
Subbacia-16	0,26	3,80	Junção-6	16,49	14,90
Subbacia-17	0,08	0,50	Junção-7	16,72	15,10

Tabela 6-8: Resposta hidrológica das bacias dos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano para chuva com tempo de retorno de 10 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km ²	m ³ /s		km ²	m ³ /s
Subbacia-1	3,80	6,70	Subbacia-18	0,11	0,80
Subbacia-2	0,16	0,10	Subbacia-19	0,11	0,70
Subbacia-3	0,10	1,60	Subbacia-20	0,12	0,90
Subbacia-4	0,14	1,20	Subbacia-21	0,19	4,50
Subbacia-5	9,80	12,00	Trecho-1	4,06	7,10
Subbacia-6	0,10	0,10	Trecho-2	4,28	7,50
Subbacia-7	0,07	0,00	Trecho-3	10,59	13,10
Subbacia-8	0,62	2,10	Trecho-4	11,09	13,40
Subbacia-9	0,21	0,50	Trecho-5	15,9	21,60
Subbacia-10	0,19	0,30	Trecho-6	16,49	22,90
Subbacia-11	0,11	0,00	Junção-1	4,06	7,10
Subbacia-12	0,08	1,50	Junção-2	4,28	7,50
Subbacia-13	0,34	3,00	Junção-3	15,9	21,60
Subbacia-14	0,19	0,90	Junção-4	10,59	13,10
Subbacia-15	0,14	3,40	Junção-5	11,09	13,50
Subbacia-16	0,26	4,60	Junção-6	16,49	22,90
Subbacia-17	0,08	0,60	Junção-7	16,72	23,20

Tabela 6-9: Resposta hidrológica das bacias dos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano para chuva com tempo de retorno de 20 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km ²	m ³ /s		km ²	m ³ /s
Subbacia-1	3,80	9,90	Subbacia-18	0,11	1,20
Subbacia-2	0,16	0,20	Subbacia-19	0,11	1,00
Subbacia-3	0,10	2,00	Subbacia-20	0,12	1,30
Subbacia-4	0,14	1,30	Subbacia-21	0,19	5,40
Subbacia-5	9,80	18,40	Trecho-1	4,06	10,4
Subbacia-6	0,10	0,10	Trecho-2	4,28	10,9
Subbacia-7	0,07	0,00	Trecho-3	10,59	19,9
Subbacia-8	0,62	3,00	Trecho-4	11,09	20,4
Subbacia-9	0,21	0,80	Trecho-5	15,9	32,2
Subbacia-10	0,19	0,50	Trecho-6	16,49	33,9
Subbacia-11	0,11	0,00	Junção-1	4,06	10,4
Subbacia-12	0,08	1,90	Junção-2	4,28	10,9
Subbacia-13	0,34	4,00	Junção-3	15,9	32,2
Subbacia-14	0,19	1,30	Junção-4	10,59	19,9
Subbacia-15	0,14	4,00	Junção-5	11,09	20,4
Subbacia-16	0,26	5,50	Junção-6	16,49	33,9
Subbacia-17	0,08	0,60	Junção-7	16,72	34,3

Tabela 6-10: Resposta hidrológica das bacias dos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano para chuva com tempo de retorno de 25 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km ²	m ³ /s		km ²	m ³ /s
Subbacia-1	3,80	11,10	Subbacia-18	0,11	1,30
Subbacia-2	0,16	0,30	Subbacia-19	0,11	1,10
Subbacia-3	0,10	2,10	Subbacia-20	0,12	1,40
Subbacia-4	0,14	1,40	Subbacia-21	0,19	5,60
Subbacia-5	9,80	20,80	Trecho-1	4,06	11,70
Subbacia-6	0,10	0,10	Trecho-2	4,28	12,30
Subbacia-7	0,07	0,10	Trecho-3	10,59	22,60
Subbacia-8	0,62	3,40	Trecho-4	11,09	23,10
Subbacia-9	0,21	0,90	Trecho-5	15,9	36,30
Subbacia-10	0,19	0,60	Trecho-6	16,49	38,10
Subbacia-11	0,11	0,00	Junção-1	4,06	11,70
Subbacia-12	0,08	2,00	Junção-2	4,28	12,30
Subbacia-13	0,34	4,30	Junção-3	15,9	36,40
Subbacia-14	0,19	1,50	Junção-4	10,59	22,60
Subbacia-15	0,14	4,30	Junção-5	11,09	23,20
Subbacia-16	0,26	5,90	Junção-6	16,49	38,20
Subbacia-17	0,08	0,60	Junção-7	16,72	38,60

Tabela 6-11: Resposta hidrológica das bacias dos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano para chuva com tempo de retorno de 30 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km ²	m ³ /s		km ²	m ³ /s
Subbacia-1	3,80	12,20	Subbacia-18	0,11	1,40
Subbacia-2	0,16	0,30	Subbacia-19	0,11	1,20
Subbacia-3	0,10	2,20	Subbacia-20	0,12	1,50
Subbacia-4	0,14	1,40	Subbacia-21	0,19	5,90
Subbacia-5	9,80	23,10	Trecho-1	4,06	12,80
Subbacia-6	0,10	0,10	Trecho-2	4,28	13,40
Subbacia-7	0,07	0,10	Trecho-3	10,59	24,90
Subbacia-8	0,62	3,80	Trecho-4	11,09	25,60
Subbacia-9	0,21	1,10	Trecho-5	15,9	40,00
Subbacia-10	0,19	0,70	Trecho-6	16,49	41,90
Subbacia-11	0,11	0,00	Junção-1	4,06	12,80
Subbacia-12	0,08	2,10	Junção-2	4,28	13,40
Subbacia-13	0,34	4,60	Junção-3	15,9	40,00
Subbacia-14	0,19	1,70	Junção-4	10,59	25,00
Subbacia-15	0,14	4,50	Junção-5	11,09	25,60
Subbacia-16	0,26	6,20	Junção-6	16,49	41,90
Subbacia-17	0,08	0,60	Junção-7	16,72	42,40

Tabela 6-12: Resposta hidrológica das bacias dos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano para chuva com tempo de retorno de 50 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km ²	m ³ /s		km ²	m ³ /s
Subbacia-1	3,80	15,60	Subbacia-18	0,11	1,70
Subbacia-2	0,16	0,50	Subbacia-19	0,11	1,50
Subbacia-3	0,10	2,60	Subbacia-20	0,12	1,90
Subbacia-4	0,14	1,50	Subbacia-21	0,19	6,60
Subbacia-5	9,80	30,20	Trecho-1	4,06	16,40
Subbacia-6	0,10	0,20	Trecho-2	4,28	17,10
Subbacia-7	0,07	0,10	Trecho-3	10,59	32,50
Subbacia-8	0,62	4,80	Trecho-4	11,09	33,30
Subbacia-9	0,21	1,50	Trecho-5	15,9	51,60
Subbacia-10	0,19	1,00	Trecho-6	16,49	53,90
Subbacia-11	0,11	0,10	Junção-1	4,06	16,40
Subbacia-12	0,08	2,40	Junção-2	4,28	17,10
Subbacia-13	0,34	5,40	Junção-3	15,9	51,70
Subbacia-14	0,19	2,10	Junção-4	10,59	32,50
Subbacia-15	0,14	5,10	Junção-5	11,09	33,30
Subbacia-16	0,26	7,00	Junção-6	16,49	53,90
Subbacia-17	0,08	0,70	Junção-7	16,72	54,50

Tabela 6-13: Resposta hidrológica das bacias dos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano para chuva com tempo de retorno de 100 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km ²	m ³ /s		km ²	m ³ /s
Subbacia-1	3,80	21,40	Subbacia-18	0,11	2,20
Subbacia-2	0,16	0,80	Subbacia-19	0,11	2,00
Subbacia-3	0,10	3,20	Subbacia-20	0,12	2,50
Subbacia-4	0,14	1,80	Subbacia-21	0,19	7,70
Subbacia-5	9,80	42,40	Trecho-1	4,06	22,30
Subbacia-6	0,10	0,40	Trecho-2	4,28	23,20
Subbacia-7	0,07	0,20	Trecho-3	10,59	45,40
Subbacia-8	0,62	6,50	Trecho-4	11,09	46,50
Subbacia-9	0,21	2,20	Trecho-5	15,9	71,40
Subbacia-10	0,19	1,60	Trecho-6	16,49	74,10
Subbacia-11	0,11	0,10	Junção-1	4,06	22,30
Subbacia-12	0,08	2,90	Junção-2	4,28	23,30
Subbacia-13	0,34	6,80	Junção-3	15,9	71,40
Subbacia-14	0,19	2,90	Junção-4	10,59	45,50
Subbacia-15	0,14	6,00	Junção-5	11,09	46,60
Subbacia-16	0,26	8,30	Junção-6	16,49	74,20
Subbacia-17	0,08	0,80	Junção-7	16,72	74,90

Cabe ressaltar que: o elemento Junção 2 representa a entrada do Córrego São Vicente de Baixo na área urbana de Rio Novo do Sul; a Junção 5 representa a entrada do Córrego São Caetano na área urbana de Rio Novo do Sul; a Junção 3 representa o encontro dos córregos São Vicente de Baixo e São Caetano e a consequente formação do Córrego Pau D'Alho, e a Junção 7 representa o final do trecho modelado, na passagem do Córrego Pau D'Alho sob a BR-101.

6.5.3 Modelagem hidráulica dos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano com o Cenário Atual

6.5.3.1 Introdução

Para a simulação hidráulica da vazão de projeto nos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano, foi utilizado o modelo matemático HEC-RAS 4.1 (*River Analysis System*), o qual foi desenvolvido pelo Centro de Engenharia Hidrológica do Corpo de Engenheiros do Exército Norte-Americano. Este modelo foi concebido para efetuar cálculos hidráulicos em sistemas de canais naturais ou construídos (HEC, 2010) e é amplamente utilizado em estudos de: (a) determinação da área de inundação de rios e de proteção contra enchentes; (b) efeitos de obstáculos hidráulicos, como pontes, bueiros, vertedores de barragens, diques e outras estruturas hidráulicas; (c) análise das alterações dos perfis de superfície d'água devido às modificações na geometria do canal; (d) múltiplos perfis de superfície d'água (modelagem de cenários para diferentes condições hidráulicas e hidrológicas), erosão em pontes e operação de barragens em sequência.

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

O coeficiente *n* de *Manning* é um dos principais parâmetros do modelo, sendo altamente variável e depende de vários fatores: aspereza da superfície do leito, vegetação, irregularidades no canal, alinhamento do canal, erosão ou deposição de sedimento, obstruções, tamanho e forma do canal, vazões, temperatura e concentração de sólidos em suspensão. Chow (1959) traz uma

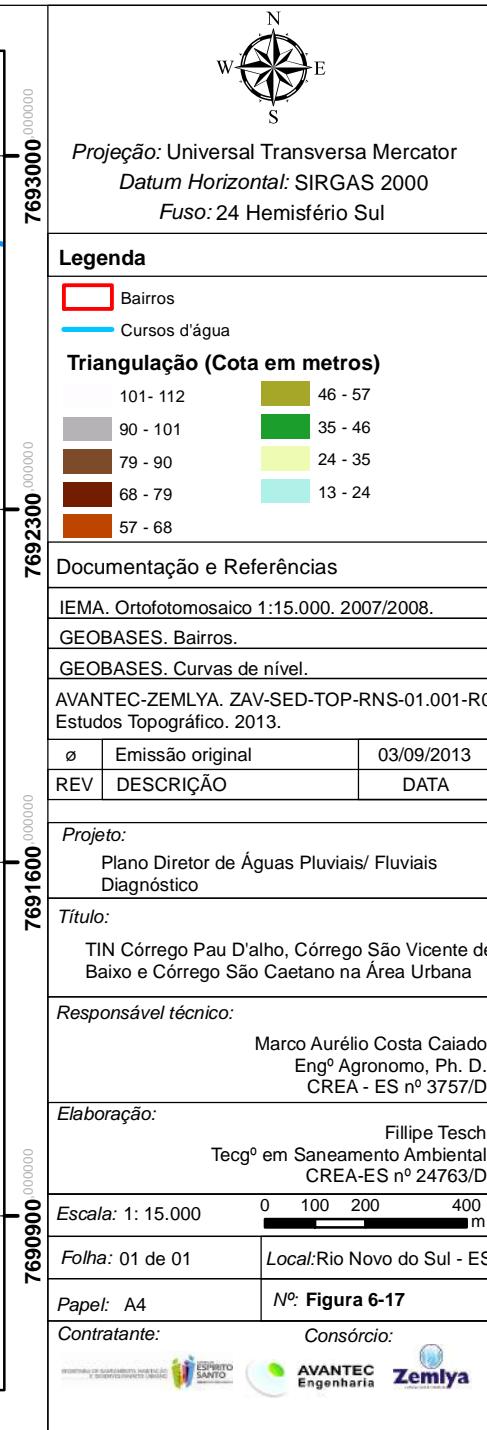
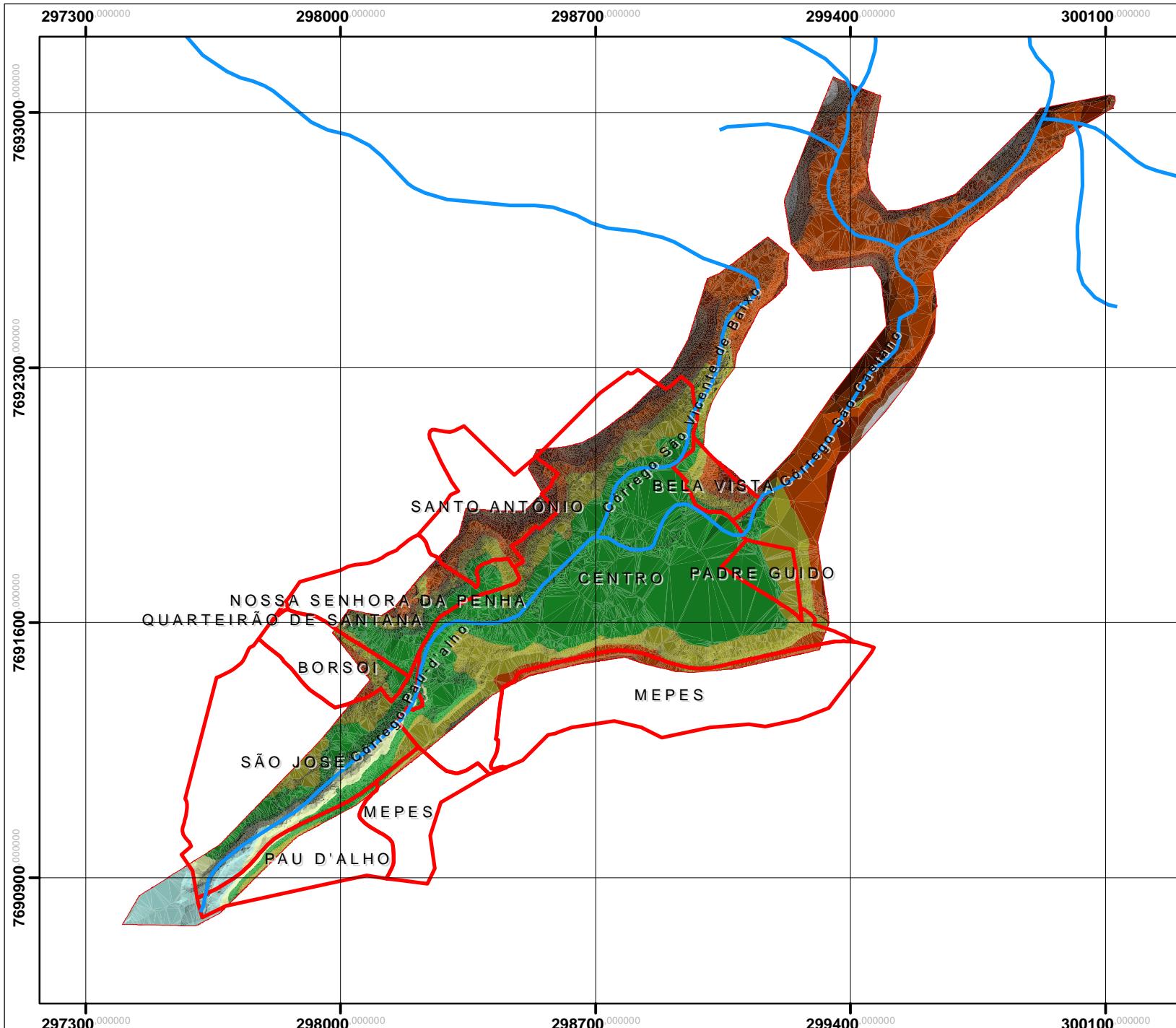
quantidade satisfatória de valores de referência para o coeficiente n de Manning. Somado a isto, HEC (2010) traz uma coletânea de valores do citado parâmetro para as mais diversas situações, sendo mais indicado para uso na modelagem hidráulica com o modelo HEC-RAS. No caso da modelagem hidráulica de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

6.5.3.2 Domínio do modelo

Foi definido como domínio do modelo o trecho urbano dos córregos Pau D'Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano, contemplando os bairros Padre Guido, Bela Vista, Centro, Nossa Senhora da Penha, São José e Pau D'Alho, totalizando 5,3 quilômetros de extensão.

6.5.3.3 Geometria do modelo

Para o desenvolvimento do modelo hidráulico, foram utilizados dados obtidos a partir do levantamento topográfico desenvolvido durante o presente trabalho (ZAV-SED-TOP_RNS-01.001-R0), além das curvas de nível com equidistância vertical de 2 metros, cedidas pelo contratante. A partir dos dados de topografia, foi construído um TIN – *Triangulated Irregular Network* da área modelada, que foi a base de entrada de dados do modelo HEC-RAS. A **Figura 6-17** apresenta o TIN das geometrias dos Córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano.



6.5.3.4 Calibração do modelo

Durante o levantamento topográfico e as visitas de campo, foram identificadas cotas da última enchente significativa, cujas alturas máximas puderam ser identificadas pelas marcas d'água ainda presentes em muros, residências e outros elementos construídos, as quais foram registradas durante o levantamento topográfico. Os níveis d'água indicados são de enchentes que ocorreram antes das obras de melhoria da macrodrenagem dos córregos Pau D'Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano. Desta forma, estes dados não foram utilizados para a calibração do modelo, uma vez que eles não representam a realidade dos níveis d'água após as obras realizadas no município de Rio Novo do Sul.

Desta forma, foram estudadas com maior detalhamento D'Alho as características locais dos cursos d'água que podem interferir no escoamento, de forma a melhor representa-las através de uma escolha otimizada do coeficiente n de Manning.

6.5.3.5 Riscos de Inundação e Simulação Hidráulica com o Cenário Atual

O **ANEXO I** apresenta o Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Rio Novo do Sul - ES, como resultado da modelagem hidráulica. O mapa apresenta as áreas previstas de serem inundadas por cheias com períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos. O **ANEXO II**, por sua vez, apresenta o Mapa de Risco de Inundação, sendo delimitadas as áreas com risco: Muito Alto (áreas abrangidas por cheias com períodos de retorno iguais ou menores que 5 anos), Alto (áreas abrangidas por cheias com períodos de retorno maiores que 5 e menores ou iguais a 10 anos), Médio (áreas abrangidas por cheias com períodos de retorno maiores que 10 e menores ou

iguais a 30 anos) e Baixo (áreas abrangidas por cheias com períodos de retorno maiores que 30 e menores ou iguais a 100 anos). Deve-se observar que as áreas atingidas por cheias com menores períodos de retorno também são atingidas por aquelas com maiores períodos de retorno, o que faz com que as áreas atingidas por cheias com período de retorno de 5 anos sejam consideradas de maior risco que aquelas atingidas apenas por cheias com maiores períodos de recorrência.

Cabe ressaltar que, no presente trabalho, foram consideradas áreas de risco de inundaçāo aquelas atingidas por cheias e que apresentam potenciais prejuízos de ordem econômica ou de segurança pessoal, ou seja, áreas habitadas ou que tenham elementos. Desta forma, o critério de classificação de risco utilizou somente a variável temporal de recorrência de inundaçāo, que foi simulada pelos modelos matemáticos a partir de dados medidos em campo e utilizados no presente relatório.

Observa-se uma quantidade considerável de domicílios dentro da área de risco R1 (muito alto), totalizando 20 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 inundaçāo de 25 anos de recorrência, o número de domicílios sobe para 40, ou seja, o dobro de domicílios tem grande probabilidade de ser atingido a cada 25 anos que a cada 5 anos.

No trecho do Córrego São Vicente de Baixo que vai até o seu encontro com o Córrego São Caetano, o escoamento se inicia em uma área com baixas declividades, onde transpassa a OAE (Obra de Arte Especial) da Rua Cel. Francisco Alves Athaydes / Rodovia ES-485, a qual apresenta seção compatível com a vazão de 100 anos de recorrência (**Figura 6-18**), seguindo por um trecho com alta declividade (em média 0,05 m/m), até entrar na área urbana de Rio Novo do Sul, onde há uma nova redução na declividade (atingindo, em média, 0,0033 m/m). Na área urbana de Rio Novo do Sul, o córrego São Vicente de Baixo transpassa mais três OAE's: OAE da Rua Mirandolina de Oliveira, que possui seção para vazões com recorrência de até

50 anos, uma vez que vazões com 100 anos de recorrência atingem a sua geratriz inferior (**Figura 6-19**); OAE atrás da Agência do Banco do Brasil, que possui seção para vazões com recorrência de até 50 anos, uma vez que vazões com 100 anos de recorrência atingem a sua geratriz inferior (**Figura 6-20**); OAE da Rua Cel. Joaquim Alves, que possui seção para vazões com 100 anos de recorrência (**Figura 6-21**).

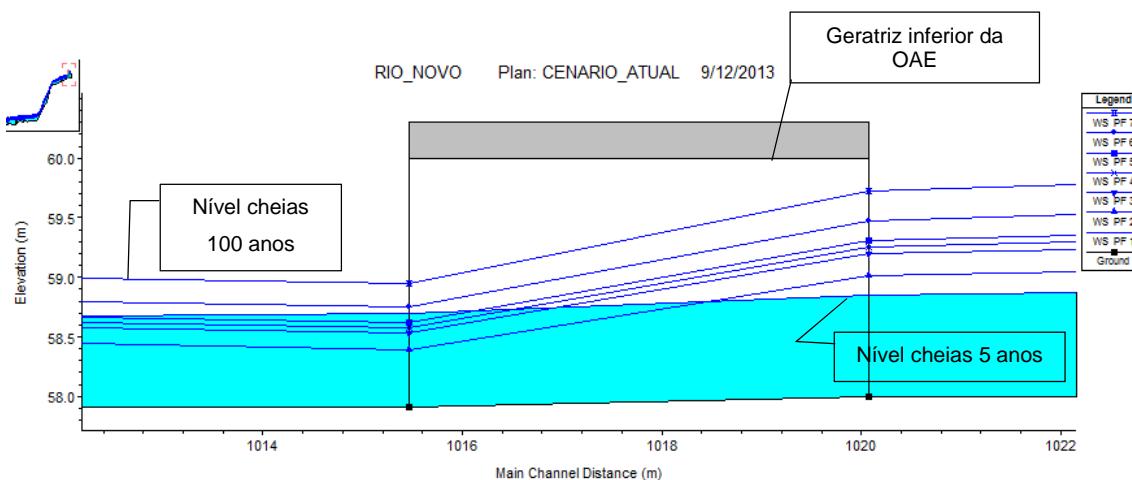


Figura 6-18: Modelagem hidráulica da OAE da Rua Cel. Francisco Alves Athaydes / Rodovia ES-485 sobre o Córrego São Vicente de Baixo no cenário atual.

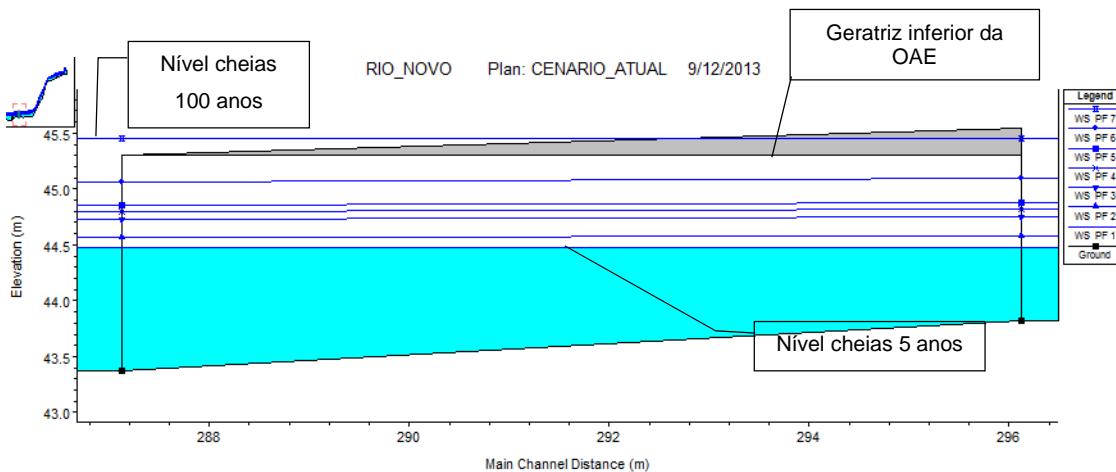


Figura 6-19: Modelagem hidráulica da OAE da Rua Mirandolina de Oliveira sobre o Córrego São Vicente de Baixo no cenário atual.

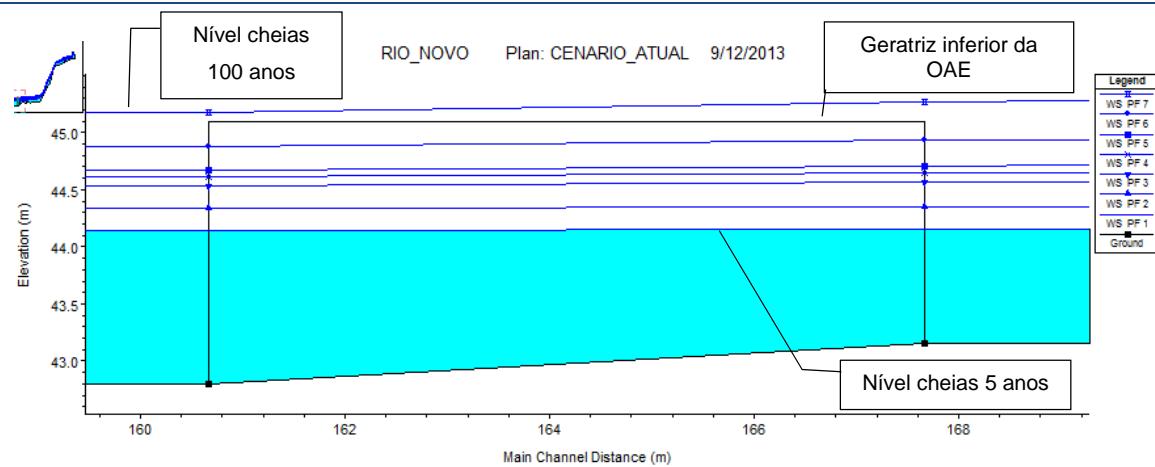


Figura 6-20: Modelagem hidráulica da OAE atrás da Agência do Banco do Brasil sobre o Córrego São Vicente de Baixo no cenário atual.

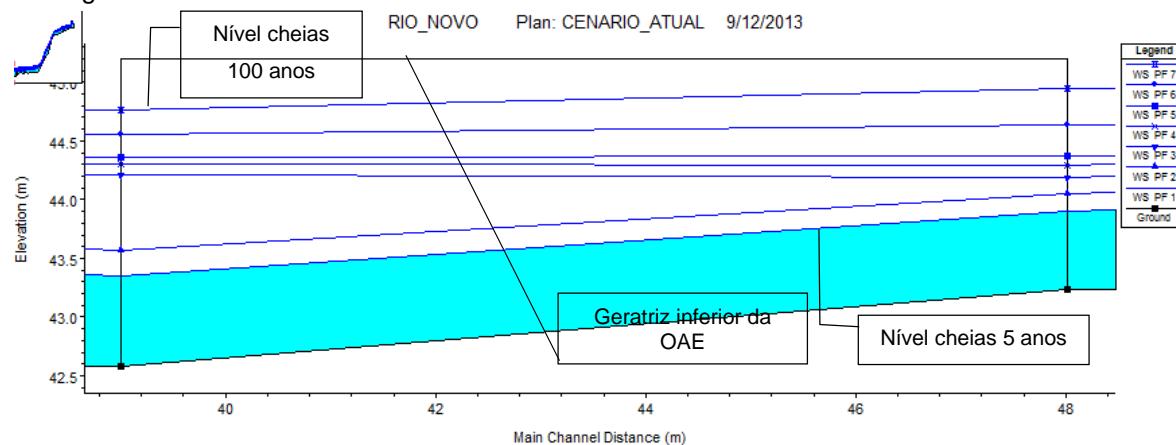


Figura 6-21: Modelagem hidráulica da OAE da Rua Cel. Joaquim Alves sobre o Córrego São Vicente de Baixo no cenário atual.

A **Figura 6-22** apresenta resultado da modelagem hidráulica do córrego São Vicente de Baixo com vazão de 25 anos de recorrência e o aspecto hidráulico do trecho. Conforme apresentado no **ANEXO I** e no **ANEXO II**, foi possível observar que o ponto mais crítico de inundaçāo está imediatamente a jusante a OAE da Rua Mirandolina de Oliveira, onde se prevê que um agrupamento de aproximadamente 7 domicílios serão atingidos por cheias com 5 anos de recorrência. Para a vazão de 25 anos de recorrência um grupo 16 domicílios é previsto ser atingido neste trecho.

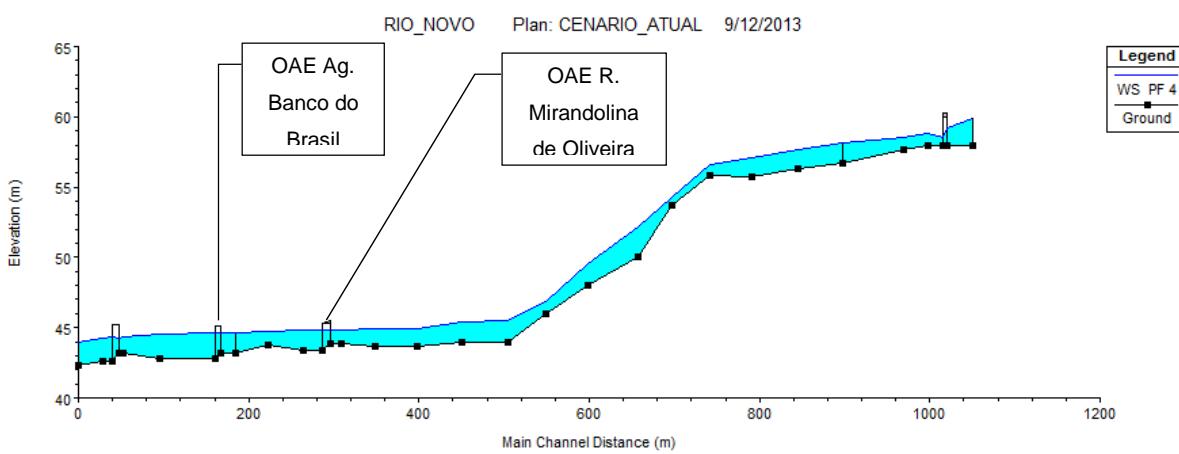


Figura 6-22: Modelagem hidráulica do córrego São Vicente de Baixo para vazão com recorrência de 25 anos.

No trecho do Córrego São Caetano que vai até o seu encontro com o Córrego São Vicente de Baixo, o escoamento se inicia em uma área com baixas declividades, seguindo por um trecho com alta declividade (em média 0,029 m/m), até entrar na área urbana de Rio Novo do Sul, onde há uma nova redução na declividade (em média 0,0017 m/m). Na área urbana de Rio Novo do Sul, o córrego São Caetano transpassa três OAE's: OAE da Rua Cel. Joaquim Alves (**Figura 6-23**); OAE atrás do campo de futebol (**Figura 6-24**); OAE da Travessa São Sebastião (**Figura 6-25**). As OAE's supracitadas possuem seções que suportam vazões com recorrência de 100 anos.

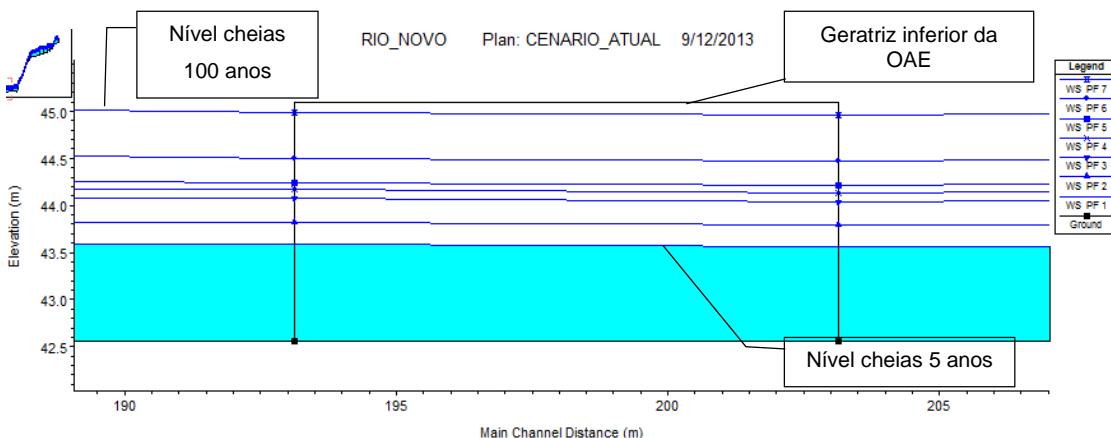


Figura 6-23: Modelagem hidráulica da OAE da Rua Cel. Joaquim Alves sobre o Córrego São Caetano no cenário atual.

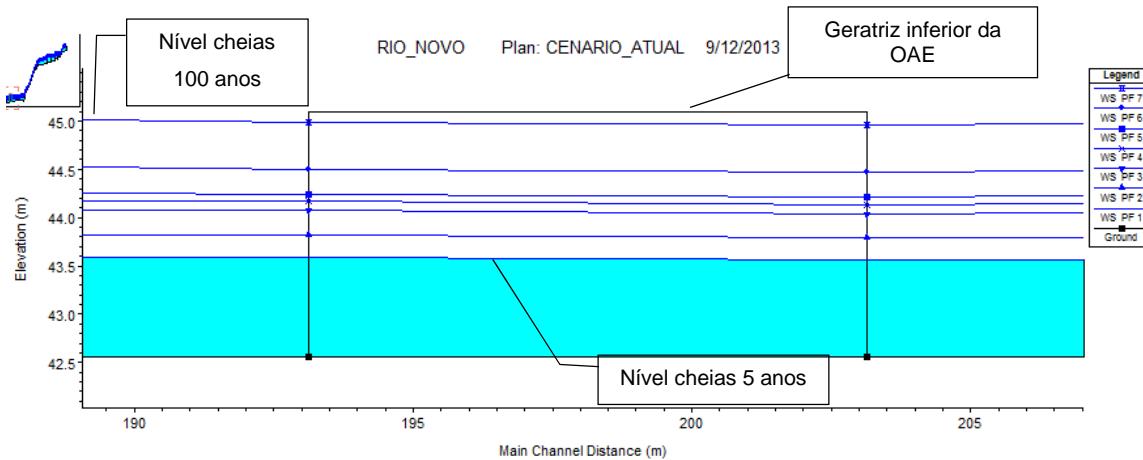


Figura 6-24: Modelagem hidráulica da OAE atrás do campo de futebol sobre o Córrego São Caetano no cenário atual.

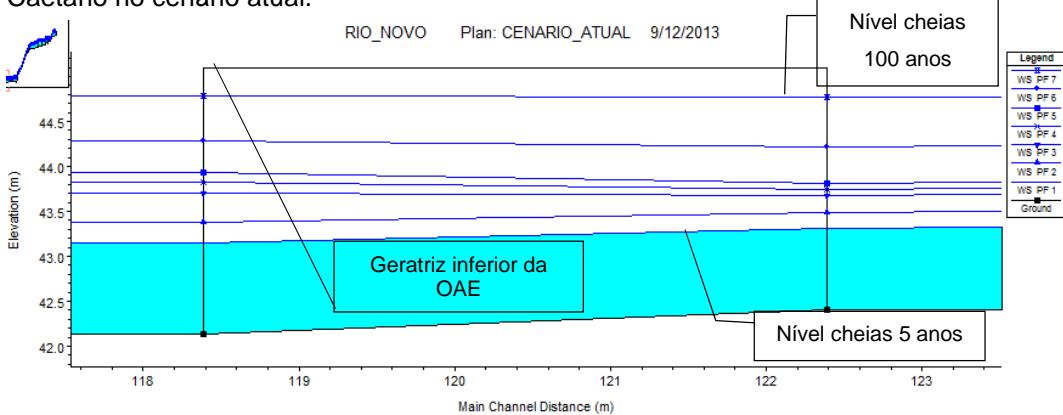


Figura 6-25: Modelagem hidráulica da OAE da Travessa São Sebastião sobre o Córrego São Caetano no cenário atual.

A **Figura 6-26** apresenta a modelagem hidráulica do córrego São Caetano com vazão de 25 anos de recorrência e o aspecto hidráulico do trecho. Conforme apresentado no **ANEXO I** e no **ANEXO II**, foi possível observar que o ponto mais crítico de inundação está imediatamente a montante da OAE da Rua Cel. Joaquim Alves, onde um agrupamento de 14 domicílios é previsto de ser atingido por vazões com 25 anos de recorrência. Por outro lado, não há domicílios atingidos para vazão com recorrência de 5 anos no restante do trecho urbano do córrego São Caetano. Cabe ressaltar que há uma zona periurbana a montante da zona urbana, no Córrego São Caetano que sofre com problemas de inundação. A inundação desta comunidade está ligada a um bueiro subdimensionado de um afluente que deságua no Córrego São Caetano. A **Figura 6-27** apresenta a modelagem hidráulica do bueiro do

afluente 4. A inundaçāo deste trecho estā ligado, além do subdimensionamento do bueiro, ao remanso do cŕrego Sāo Caetano sobre o afluente.

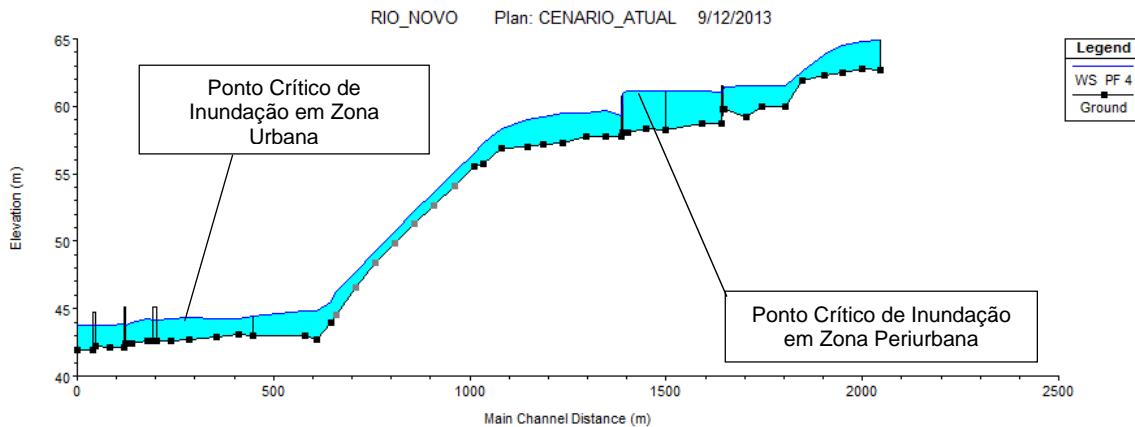


Figura 6-26: Modelagem hidráulica do cŕrego Sāo Caetano para vazāo com recorrēcia de 25 anos.

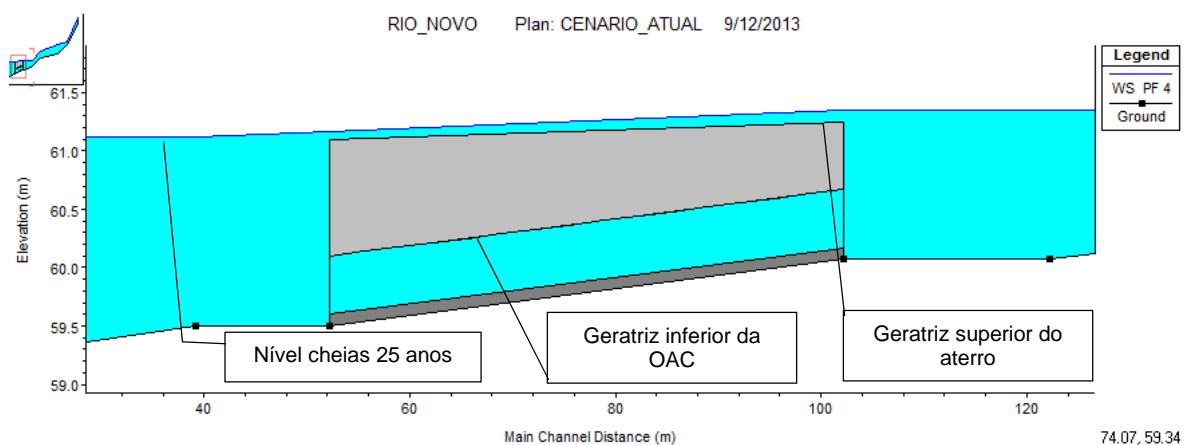


Figura 6-27: Modelagem hidráulica do bueiro do Afluente 4 do cŕrego Sāo Caetano para vazāo de 25 anos.

O Cŕrego Pau D'Alho até a travessia sob a BR-101, começa com baixa declividade (em média 0,0074 m/m) no centro de Rio Novo do Sul, seguindo por um trecho de alta declividade (em média 0,0248 m/m), após o Bairro Centro até o fim da área modelada. Na área urbana de Rio Novo do Sul, o cŕrego Pau d'Alho transpassa três OAE's: OAE da Rodovia ES-485 (**Figura 6-28**); OAE da Rua José Brás de Mendonça (**Figura 6-29**); OAE da Rua Duque de

Caxias (**Figura 6-30**). Há, ainda, a OAE da BR-101, localizada no final do trecho modelado (**Figura 6-31**). As OAE's supracitadas possuem seções que suportam vazões com recorrência de 100 anos.

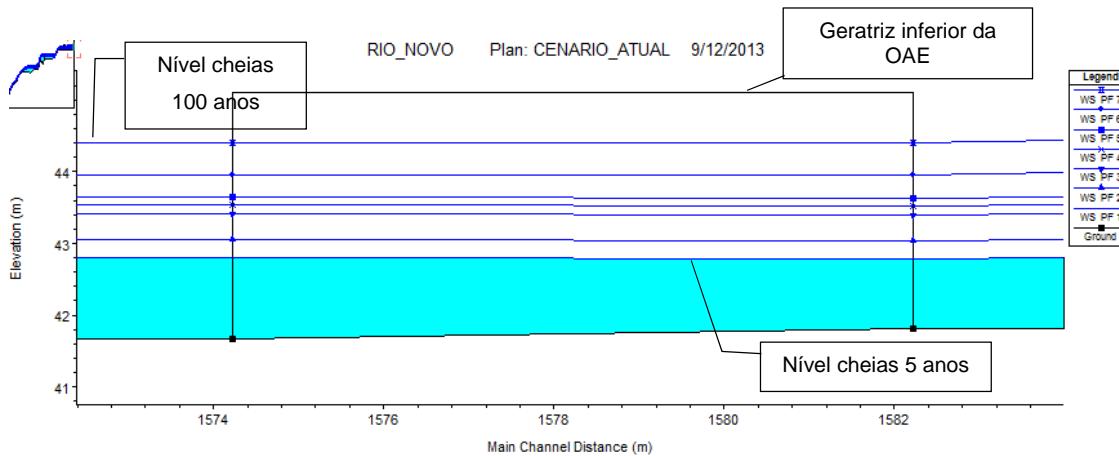


Figura 6-28: Modelagem hidráulica da OAE da Rodovia ES-485 sobre o Córrego Pau D'Alho no cenário atual.

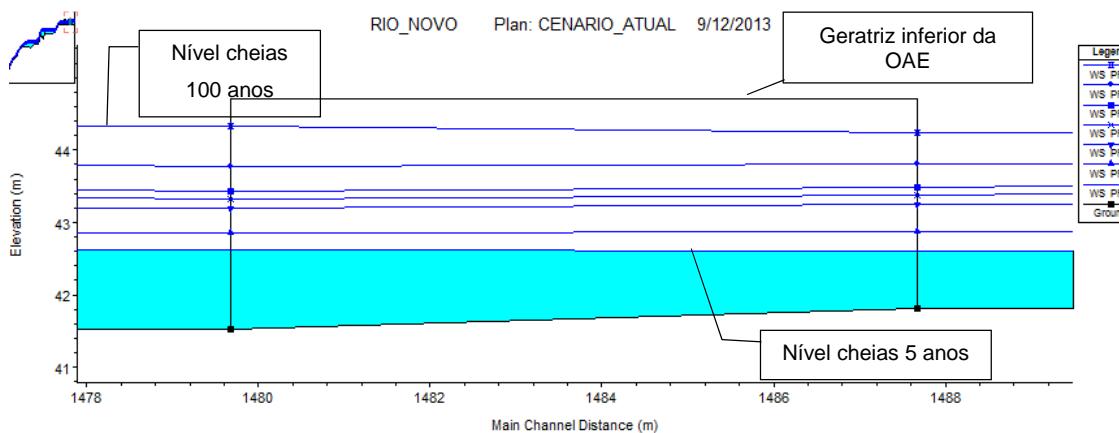


Figura 6-29: Modelagem hidráulica da OAE da Rua José Brás de Mendonça sobre o Córrego Pau D'Alho no cenário atual.

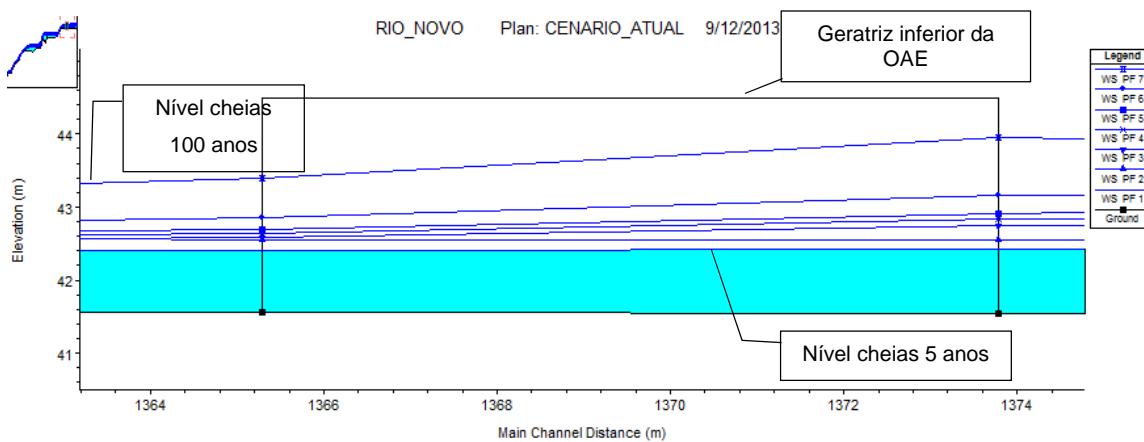


Figura 6-30: Modelagem hidráulica da OAE da Rua Duque de Caxias sobre o Córrego Pau D'Alho no cenário atual.

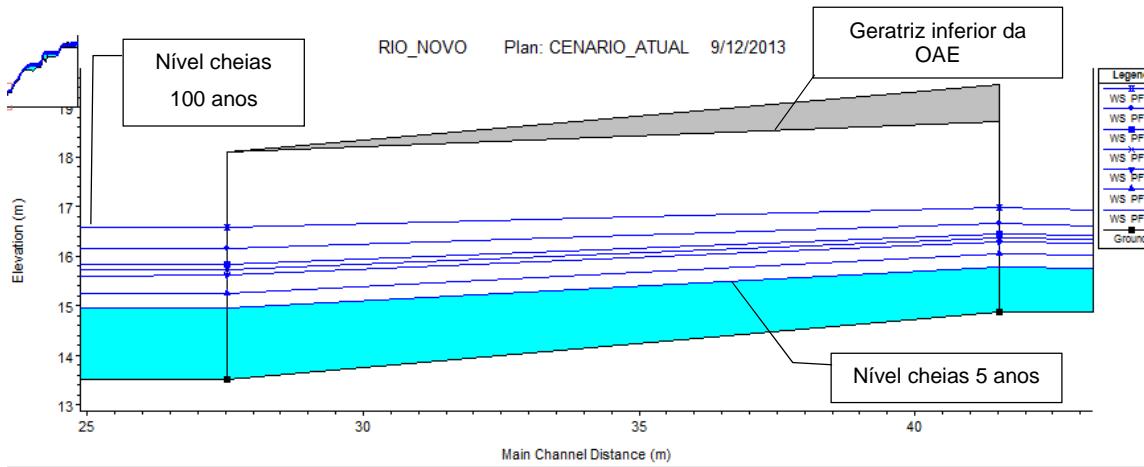


Figura 6-31: Modelagem Hidráulica da OAE da BR-101 sobre o córrego Pau D'Alho no cenário atual.

A **Figura 6-32** apresenta resultado da modelagem hidráulica do córrego Pau D'Alho com vazão de 25 anos de recorrência e o aspecto hidráulico do trecho. Conforme apresentado no **ANEXO I** e no **ANEXO II**, foi possível observar que o ponto mais crítico de inundação está imediatamente a jusante da OAE da Rua Duque de Caxias, onde um agrupamento de 5 domicílios é atingido pela vazão de 5 anos de recorrência. Com vazões de recorrência de 100 anos, prevê-se o alagamento de uma extensa área no centro de Rio Novo do Sul, desde a Rua José Brás Mendonça até o campo de futebol. Outro ponto crítico se encontra imediatamente a jusante do Centro, na parte mais baixa da Rua Volpato, que é atingida por vazões com recorrência de 5 anos.

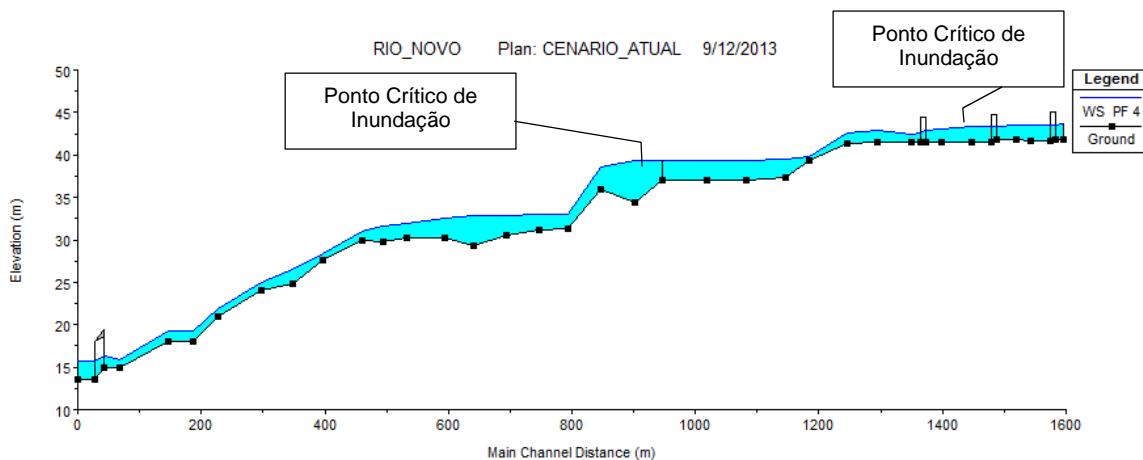


Figura 6-32: Modelagem Hidráulica do córrego Pau D'Alho para vazão com recorrência de 25 anos.

7 PROGNÓSTICO

7.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, estão discutidos cenários futuros das bacias dos córregos Pau D'alho, São Vicente de Baixo e São Caetano com e sem as obras estruturais que estão sendo sugeridas no presente trabalho. Desta forma, primeiramente se discute o crescimento do município de Rio Novo do Sul 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 dos córregos Pau D'Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano para um horizonte de 20 anos, ao que chamamos de cenário futuro. Para este cenário, foram realizadas simulações hidrológicas e hidráulicas das inundações para vazões com períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50 anos e 100 anos. Por fim, são apresentados os cenários com a implementação das ações estruturais aqui propostas, para vazões com período de retorno de 25 anos na condição de uso do solo atual (cenário atual).

7.2 LEVANTAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES

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

Pesquisaram-se alguns dados pertinentes no site eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referentes ao Censo de 2010, tais como: população total do município de Rio Novo do Sul; população urbana e população rural; total de domicílios particulares permanentes; domicílios

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

Através dos dados gerados pela pesquisa, foram feitos mapas temáticos e tabelas, a fim de analisar a ocupação do territorial, com foco especial nas ocupações situadas nas Bacias Hidrográficas dos córregos Pau D'Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano. A partir desses dados será possível criar os cenários futuros de expansão da população ao longo do território.

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

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

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

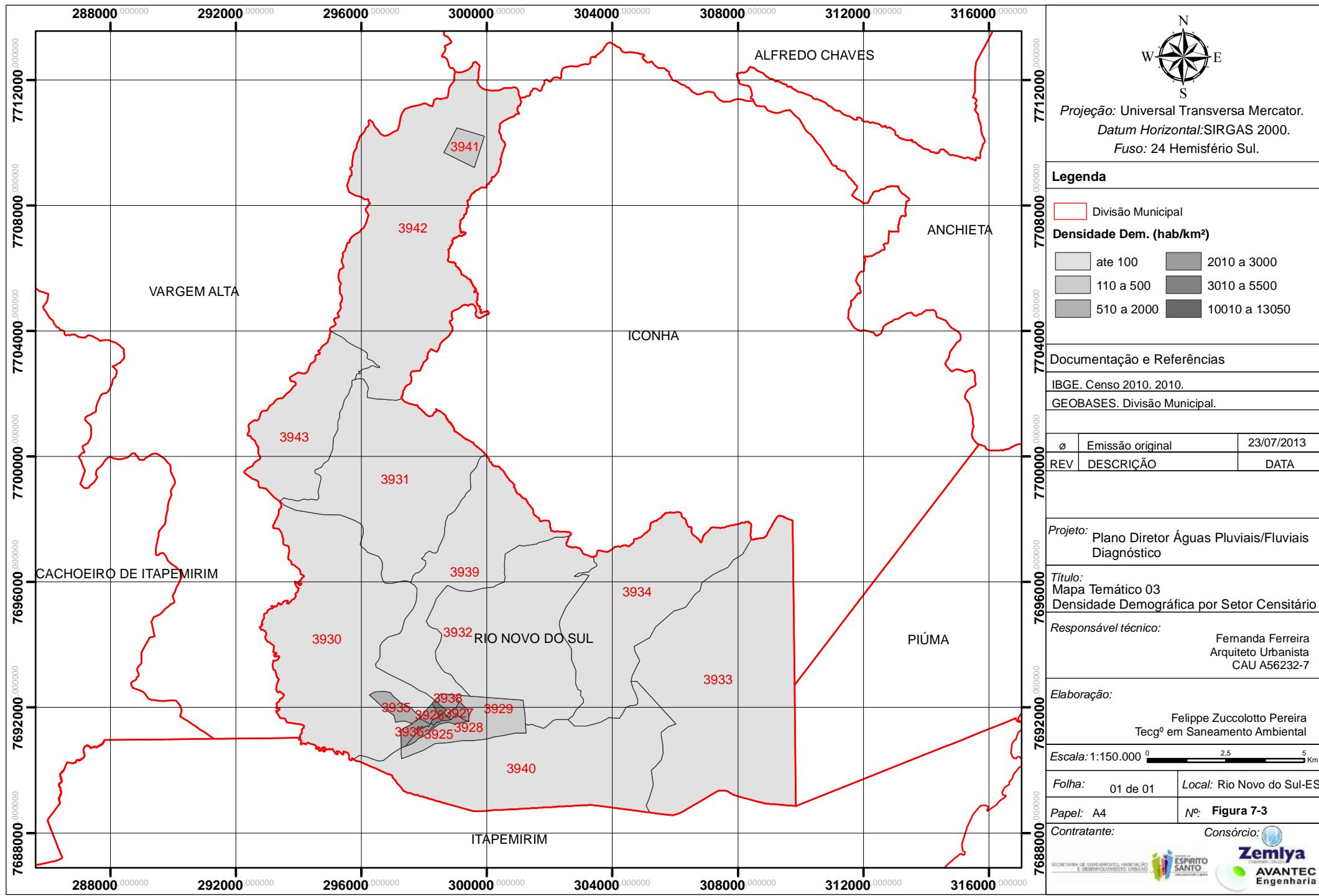
DENSIDADE DEMOGRÁFICA POR SETOR CENSITÁRIO - RIO NOVO/ES							
DADOS GERAIS							
População*	População Urbana*	População Rural*	Domicílios Particulares*	Domicílios Particulares Permanentes Urbanos*	Domicílios Particulares Permanentes Rural*		
11325	5946	5379	3627	1928	1699		
Num. Habitantes / Domicílio**		Área Territorial (Km ²)*		Área Territorial Rural (Km ²)**	Área Territorial Urbana (Km ²)**		
3,12		204,358		198,374	5,984		
REFERÊNCIA PARA CÁLCULO DE DENSIDADE DEMOGRÁFICA (hab/Km ²)							
Padrão 1		Padrão 2		Padrão 3	Padrão 4		
até 100		110 a 500		510 a 2.000	2.010 a 5.000		
Padrão 5							
5.010 a 10.000							
DADOS POR SETOR CENSITÁRIO							
Identificação Setor Censitário*	Densidade (hab/Km ²)*	População por Setor (hab)*	Zona	Bairros / Comunidades	Inserção na Bacia		
3924	6046.64	580	urbana		Córrego Paudalho		
3925	4676.01	773	urbana		Córrego Paudalho		
3926	2749.37	507	urbana		Córrego Paudalho		
3927	3614.32	735	urbana		Córrego São Caetano		
3928	4722.7	584	urbana		Córrego Paudalho e Córrego São Caetano		
3929	142.5	439	urbana		Córrego Paudalho, Córrego São Caetano e São Vicente de Baixo		
3936	2568.76	804	urbana		Córrego Paudalho		
3937	9408.95	848	urbana		Córrego Paudalho		
3938	2002.91	534	urbana	Princesa	Córrego Paudalho, Córrego São Caetano e São Vicente de Baixo		
3941	162.22	142	urbana	Princesa			
3930	20.99	502	rural		Córrego Paudalho		
3931	20.66	383	rural				
3932	37.28	653	rural		Córrego São Caetano		
3933	30.9	946	rural				
3934	29.15	488	rural				
3935	1154.98	767	rural		Córrego Paudalho		
					total		

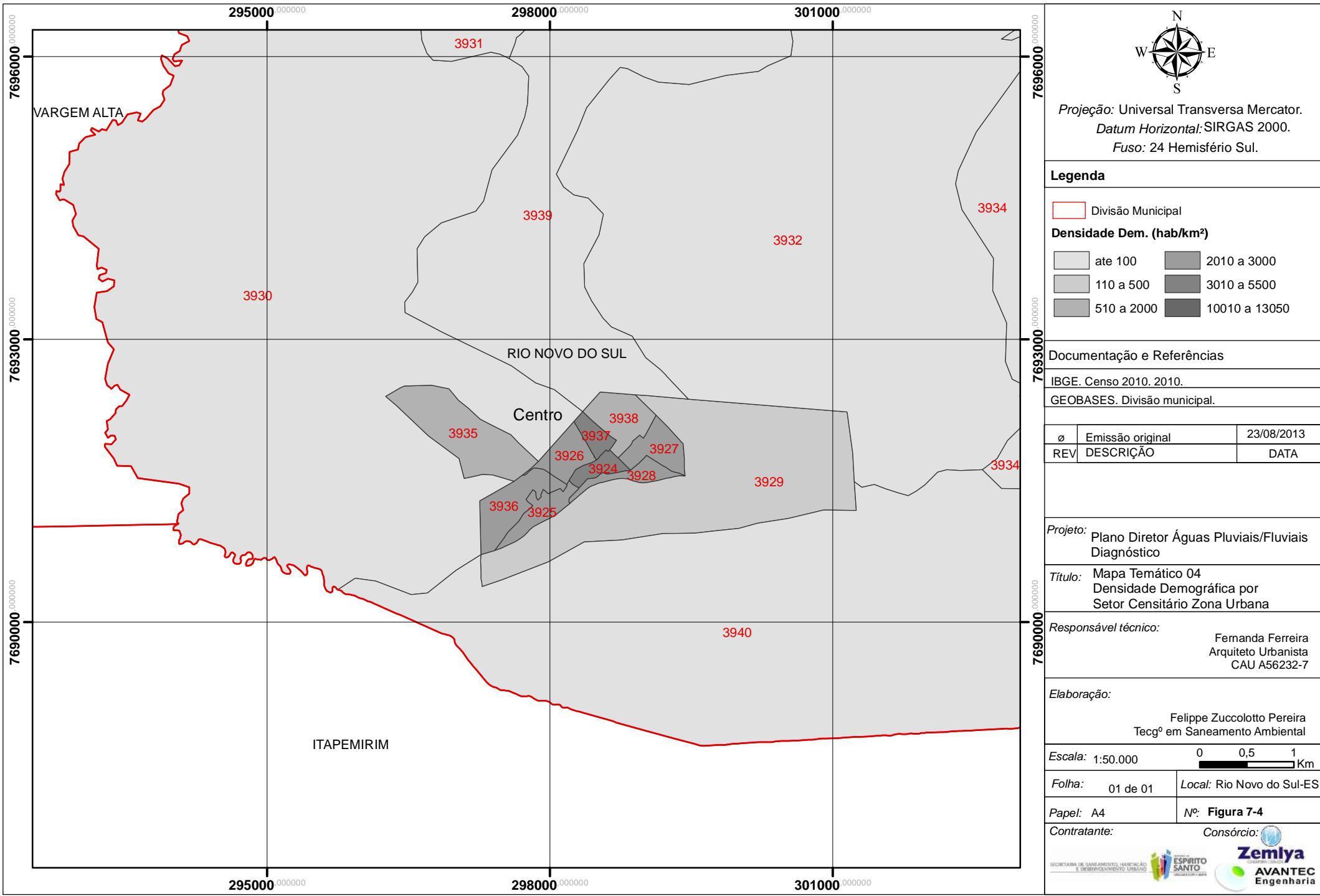
Tabela 7-1 (Continuação): Densidade demográfica por setor censitário e dados por setor censitário.

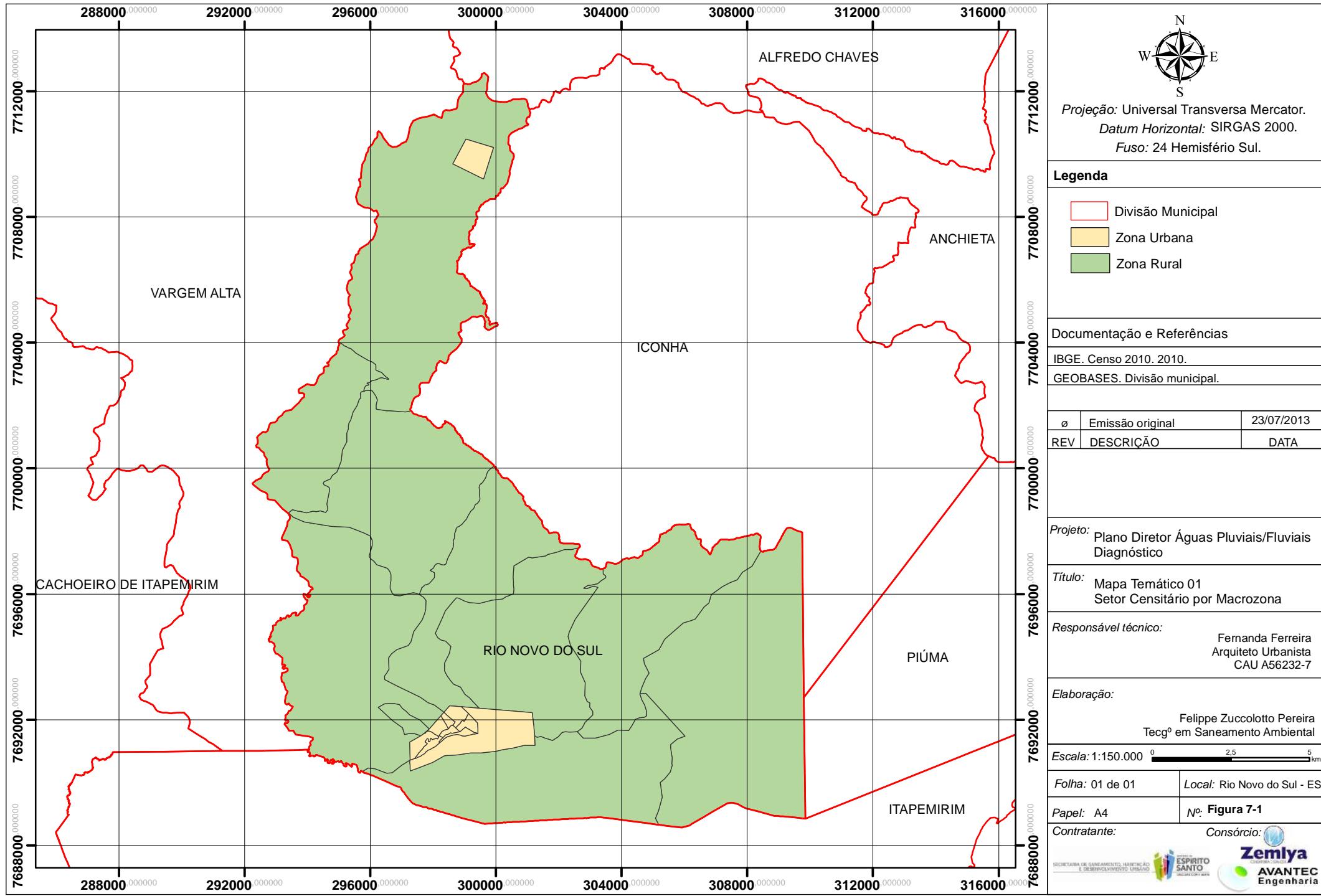
DADOS POR SETOR CENSITÁRIO						
Identificação Setor Censitário*	Densidade (hab/Km ²)*	População por Setor (hab)*	Zona	Bairros / Comunidades	Bacia Hidrográfica	Inserção na Bacia
3939	34.56	440	rural		Córrego São Vicente de Baixo	parcial
3940	19.95	377	rural		Córrego Paudalho	parcial
3941	21.51	641	rural	Princesa		
3943	19	182	rural	Princesa		

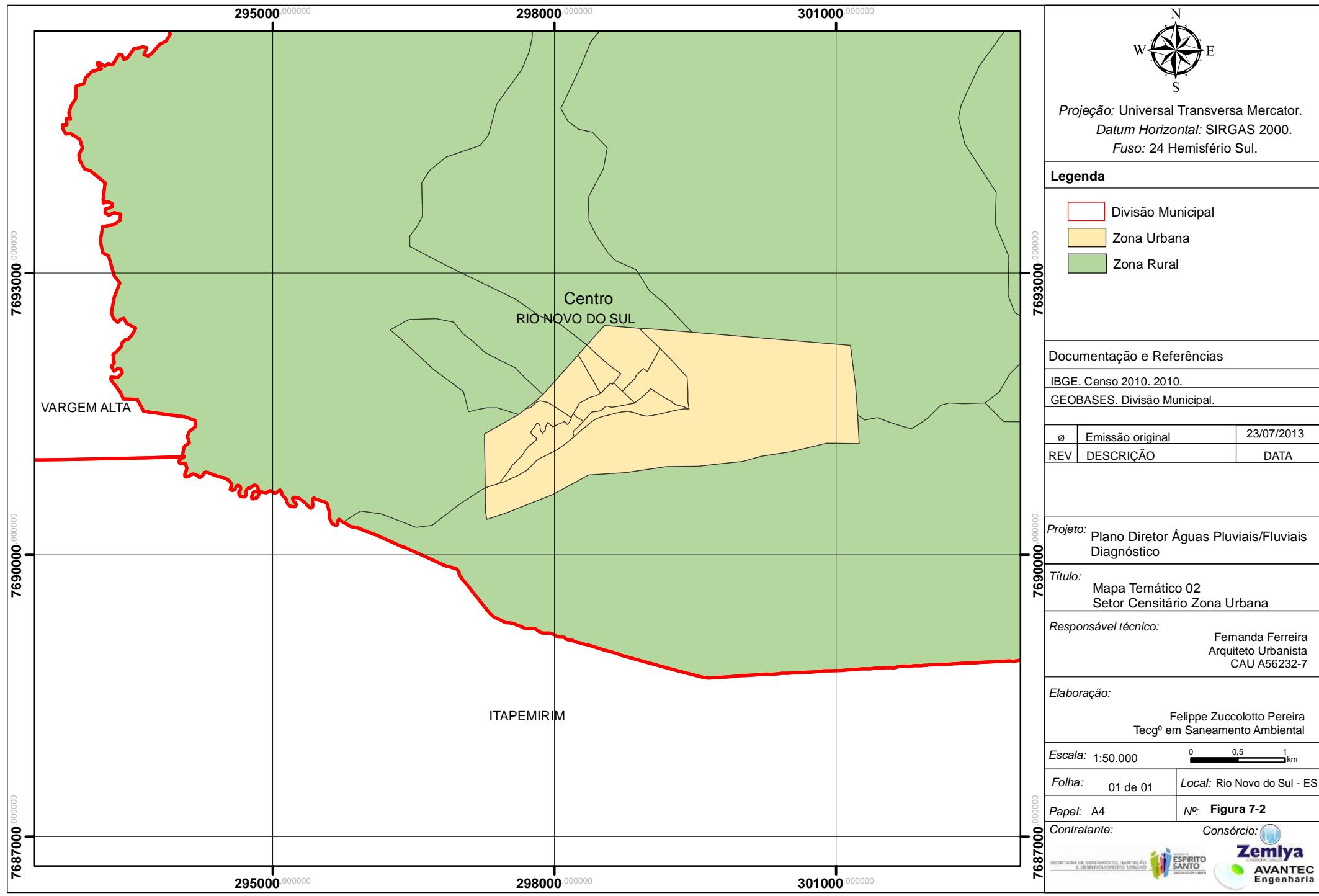
* Fonte dos dados: IBGE, Censo 2010.

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









A partir do número total da população no ano de 1991, 1996, 2000, 2007 e 2010, obtido no Censo 2010 do IBGE, calculou-se a média de crescimento populacional por ano. Dessa forma foi possível projetar o número total da população para o ano de 2015, 2020, 2030 até 2100 (**Figura 7-5**). Considerando-se os dados coletados nos Censos, calculou-se uma Taxa de Crescimento Populacional de 0,69% por ano.

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

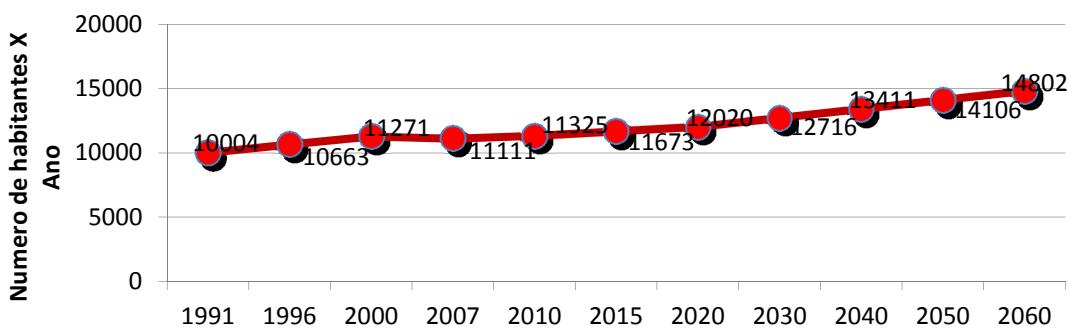


Figura 7-5: Evolução da população de Rio Novo do Sul - ES.

Tabela 7-2: Crescimento populacional por setor censitário.

CRESCIMENTO POPULACIONAL POR SETOR CENSITÁRIO															
Identificação Setor Censitário		Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**		Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**		Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**		Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**		Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**
3924	H	5621,73	598	H	5789,16	616	H	5956,59	633	H	6124,03	651	H	7128,63	758
3925	O	4347,35	797	O	4476,82	820	O	4606,30	844	O	4735,78	868	O	5512,65	1010
3926	R	2556,16	523	R	2632,29	538	R	2708,42	554	R	2784,55	569	R	3241,33	663
3927	I	3360,35	758	I	3460,43	780	I	3560,51	803	I	3660,59	825	I	4261,09	961
3928	Z	4390,81	602	Z	4521,58	620	Z	4652,36	638	Z	4783,13	656	Z	5567,77	763
3929	O	132,49	452	O	136,43	466	O	140,38	479	O	144,32	493	O	168,00	574
3936	N	2388,20	829	N	2459,33	853	N	2530,45	878	N	2601,58	903	N	3028,35	1051
3937	T	8747,77	874	T	9008,31	900	T	9268,85	926	T	9529,38	952	T	11092,61	1108
3938	E	1862,18	550	E	1917,64	567	E	1973,10	583	E	2028,56	600	E	2361,33	698
3941	1	150,87	146	1	155,36	151	1	159,86	155	1	164,35	159	1	191,31	186
3930	-	19,51	517	-	20,09	533	-	20,67	548	-	21,26	564	-	24,74	656
3931	-	19,21	395	-	19,79	407	-	20,36	418	-	20,93	430	-	24,36	501
3932	5	34,66	673	5	35,69	693	5	36,73	713	5	37,76	733	5	43,95	853
3933	-	28,74	975	-	29,59	1004	-	30,45	1033	-	31,30	1062	-	36,44	1236
3934	A	27,10	503	A	27,91	518	A	28,72	533	A	29,52	548	A	34,37	638
3935	N	1073,80	791	N	1105,79	814	N	1137,77	838	N	1169,75	861	N	1361,64	1002
3939	O	32,13	454	O	33,09	467	O	34,05	481	O	35,00	494	O	40,74	575
3940	S	18,55	389	S	19,10	400	S	19,65	412	S	20,21	423	S	23,52	493
3942	-	20,00	661	-	20,60	680	-	21,20	700	-	21,79	720	-	25,37	838
3943	-	17,67	188	-	18,19	193	-	18,72	199	-	19,25	204	-	22,40	238

* Fonte dos dados: IBGE, Censo 2010.

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

7.3 INUNDAÇÃO DAS BACIAS DOS CÓRREGOS PAU D'ALHO, SÃO VICENTE DE BAIXO E SÃO CAETANO NO CENÁRIO FUTURO

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

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

- Várzeas urbanas inundáveis atualmente encobertas por pastagem, continuam com o mesmo uso.
- A área rural dos córregos São Vicente de baixo (subbacia 1) e São Caetano (subbacias 5, 6, 7 e 8) continuam com o mesmo uso atual.
- Áreas com 65% de impermeabilização passam para 85% de impermeabilização;
- Área urbana do bairro São José com 30% de impermeabilização passa para 38% de impermeabilização;
- Áreas urbanas restantes com 30% e com 38% de impermeabilização passam para 65% de impermeabilização;
- Crescimento industrial de 200% (em área) no bairro MEPES, substituindo áreas de pastagem para áreas com 72% de impermeabilização.

7.3.1 Uso do solo futuro e cálculo de vazões

A **Figura 7-6** apresenta o Mapa de Uso Futuro das bacias dos córregos Pau D'alho, São Caetano e São Vicente de Baixo. A **Tabela 7-3**, a **Tabela 7-4**, a **Tabela 7-5**, a **Tabela 7-6**, a **Tabela 7-7**, a **Tabela 7-8** e a **Tabela 7-9**, por sua vez, apresentam as vazões simuladas para a bacia dos córregos Pau D'alho, São Caetano e São Vicente de Baixo, correspondentes a chuvas com períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos, respectivamente.

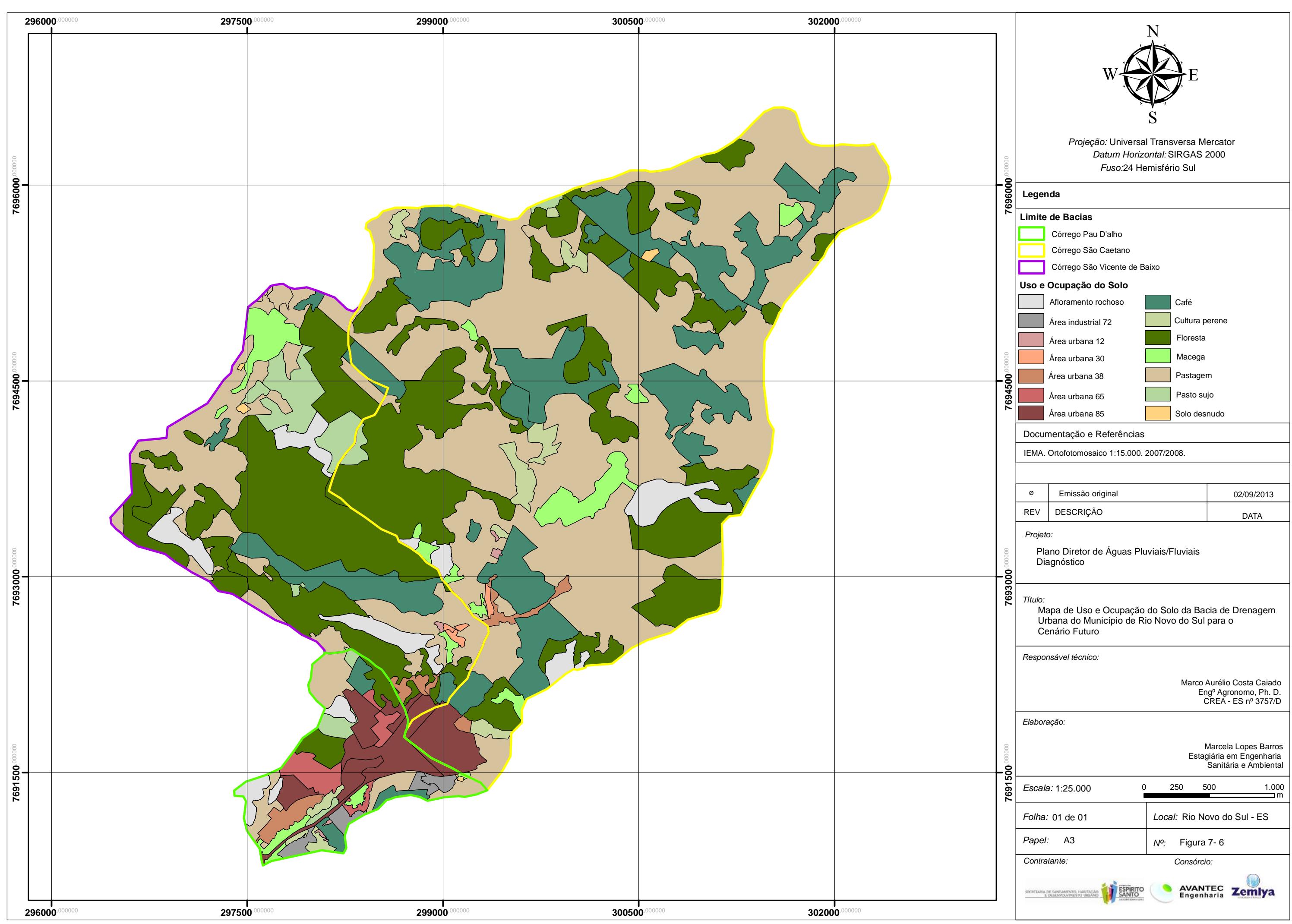


Tabela 7-3: Vazões dos córregos Pau D'alho, São Caetano e São Vicente de Baixo para chuva com período de retorno de 5 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m ³ /s	%		m ³ /s	%
Subbacia-1	4,30	0,00	Subbacia-18	0,50	0,00
Subbacia-2	0,10	0,00	Subbacia-19	0,40	0,00
Subbacia-3	1,30	0,00	Subbacia-20	0,60	0,00
Subbacia-4	1,10	0,00	Subbacia-21	6,60	0,00
Subbacia-5	7,50	0,00	Trecho-1	4,60	0,00
Subbacia-6	0,00	0,00	Trecho-2	5,00	2,04
Subbacia-7	0,00	0,00	Trecho-3	8,20	0,00
Subbacia-8	1,30	0,00	Trecho-4	8,40	0,00
Subbacia-9	0,30	0,00	Trecho-5	13,90	0,00
Subbacia-10	0,20	0,00	Trecho-6	14,90	0,00
Subbacia-11	0,00	0,00	Junção-1	4,60	0,00
Subbacia-12	1,20	0,00	Junção-2	5,00	2,04
Subbacia-13	2,20	0,00	Junção-3	13,9	0,00
Subbacia-14	0,60	0,00	Junção-4	8,20	0,00
Subbacia-15	2,80	0,00	Junção-5	8,40	0,00
Subbacia-16	3,80	0,00	Junção-6	14,90	0,00
Subbacia-17	0,50	0,00	Junção-7	15,20	0,66

Tabela 7-4: Vazões dos córregos Pau D'alho, São Caetano e São Vicente de Baixo para chuva com período de retorno de 10 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m ³ /s	%		m ³ /s	%
Subbacia-1	6,70	0,00	Subbacia-18	0,80	0,00
Subbacia-2	0,10	0,00	Subbacia-19	0,70	0,00
Subbacia-3	1,70	6,25	Subbacia-20	0,90	0,00
Subbacia-4	1,30	8,33	Subbacia-21	4,50	0,00
Subbacia-5	12,00	0,00	Trecho-1	7,10	0,00
Subbacia-6	0,10	0,00	Trecho-2	7,60	1,33
Subbacia-7	0,00	0,00	Trecho-3	13,10	0,00
Subbacia-8	2,10	0,00	Trecho-4	13,40	0,00
Subbacia-9	0,50	0,00	Trecho-5	21,70	0,46
Subbacia-10	0,30	0,00	Trecho-6	23,00	0,44
Subbacia-11	0,00	0,00	Junção-1	7,10	0,00
Subbacia-12	1,50	0,00	Junção-2	7,60	1,33
Subbacia-13	3,00	0,00	Junção-3	21,70	0,46
Subbacia-14	0,90	0,00	Junção-4	13,10	0,00
Subbacia-15	3,40	0,00	Junção-5	13,50	0,00
Subbacia-16	4,60	0,00	Junção-6	23,00	0,44
Subbacia-17	0,60	0,00	Junção-7	23,30	0,43

Tabela 7-5: Vazões dos córregos Pau D'alho, São Caetano e São Vicente de Baixo para chuva com período de retorno de 20 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m ³ /s	%		m ³ /s	%
Subbacia-1	9,90	0,00	Subbacia-18	1,20	0,00
Subbacia-2	0,30	50,00	Subbacia-19	1,00	0,00
Subbacia-3	2,10	5,00	Subbacia-20	1,30	0,00
Subbacia-4	1,60	23,08	Subbacia-21	5,40	0,00
Subbacia-5	18,40	0,00	Trecho-1	10,40	0,00
Subbacia-6	0,10	0,00	Trecho-2	11,00	0,92
Subbacia-7	0,00	0,00	Trecho-3	19,90	0,00
Subbacia-8	3,00	0,00	Trecho-4	20,40	0,00
Subbacia-9	0,80	0,00	Trecho-5	32,30	0,31
Subbacia-10	0,50	0,00	Trecho-6	34,00	0,29
Subbacia-11	0,00	0,00	Junção-1	10,40	0,00
Subbacia-12	1,90	0,00	Junção-2	11,10	1,83
Subbacia-13	4,00	0,00	Junção-3	32,30	0,31
Subbacia-14	1,30	0,00	Junção-4	19,90	0,00
Subbacia-15	4,00	0,00	Junção-5	20,40	0,00
Subbacia-16	5,50	0,00	Junção-6	34,00	0,29
Subbacia-17	0,60	0,00	Junção-7	34,40	0,29

Tabela 7-6: Vazões dos córregos Pau D'alho, São Caetano e São Vicente de Baixo para chuva com período de retorno de 25 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m ³ /s	%		m ³ /s	%
Subbacia-1	11,10	0,00	Subbacia-18	1,30	0,00
Subbacia-2	0,30	0,00	Subbacia-19	1,10	0,00
Subbacia-3	2,20	4,76	Subbacia-20	1,40	0,00
Subbacia-4	1,70	21,43	Subbacia-21	5,60	0,00
Subbacia-5	20,80	0,00	Trecho-1	11,70	0,00
Subbacia-6	0,10	0,00	Trecho-2	12,40	0,81
Subbacia-7	0,10	0,00	Trecho-3	22,60	0,00
Subbacia-8	3,40	0,00	Trecho-4	23,10	0,00
Subbacia-9	0,90	0,00	Trecho-5	36,50	0,55
Subbacia-10	0,60	0,00	Trecho-6	38,30	0,52
Subbacia-11	0,00	0,00	Junção-1	11,70	0,00
Subbacia-12	2,00	0,00	Junção-2	12,40	0,81
Subbacia-13	4,30	0,00	Junção-3	36,50	0,27
Subbacia-14	1,50	0,00	Junção-4	22,60	0,00
Subbacia-15	4,30	0,00	Junção-5	23,20	0,00
Subbacia-16	5,90	0,00	Junção-6	38,30	0,26
Subbacia-17	0,60	0,00	Junção-7	38,70	0,26

Tabela 7-7: Vazões dos córregos Pau D'alho, São Caetano e São Vicente de Baixo para chuva com período de retorno de 30 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m ³ /s	%		m ³ /s	%
Subbacia-1	12,20	0,00	Subbacia-18	1,40	0,00
Subbacia-2	0,40	33,33	Subbacia-19	1,20	0,00
Subbacia-3	2,40	9,09	Subbacia-20	1,50	0,00
Subbacia-4	1,80	28,57	Subbacia-21	5,90	0,00
Subbacia-5	23,10	0,00	Trecho-1	12,80	0,00
Subbacia-6	0,10	0,00	Trecho-2	13,50	0,75
Subbacia-7	0,10	0,00	Trecho-3	24,90	0,00
Subbacia-8	3,80	0,00	Trecho-4	25,60	0,00
Subbacia-9	1,10	0,00	Trecho-5	40,10	0,25
Subbacia-10	0,70	0,00	Trecho-6	42,00	0,24
Subbacia-11	0,00	0,00	Junção-1	12,80	0,00
Subbacia-12	2,10	0,00	Junção-2	13,60	1,49
Subbacia-13	4,60	0,00	Junção-3	40,10	0,25
Subbacia-14	1,70	0,00	Junção-4	25,00	0,00
Subbacia-15	4,50	0,00	Junção-5	25,60	0,00
Subbacia-16	6,20	0,00	Junção-6	42,00	0,24
Subbacia-17	0,60	0,00	Junção-7	42,50	0,24

Tabela 7-8: Vazões dos córregos Pau D'allho, São Caetano e São Vicente de Baixo para chuva com período de retorno de 50 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m ³ /s	%		m ³ /s	%
Subbacia-1	15,60	0,00	Subbacia-18	1,70	0,00
Subbacia-2	0,50	0,00	Subbacia-19	1,50	0,00
Subbacia-3	2,70	3,85	Subbacia-20	1,90	0,00
Subbacia-4	2,10	40,00	Subbacia-21	6,60	0,00
Subbacia-5	30,20	0,00	Trecho-1	16,40	0,00
Subbacia-6	0,20	0,00	Trecho-2	17,20	0,58
Subbacia-7	0,10	0,00	Trecho-3	32,50	0,00
Subbacia-8	4,80	0,00	Trecho-4	33,30	0,00
Subbacia-9	1,50	0,00	Trecho-5	51,80	0,39
Subbacia-10	1,00	0,00	Trecho-6	54,00	0,19
Subbacia-11	0,10	0,00	Junção-1	16,40	0,00
Subbacia-12	2,40	0,00	Junção-2	17,30	1,17
Subbacia-13	5,40	0,00	Junção-3	51,80	0,19
Subbacia-14	2,10	0,00	Junção-4	32,50	0,00
Subbacia-15	5,10	0,00	Junção-5	33,30	0,00
Subbacia-16	7,00	0,00	Junção-6	54,00	0,19
Subbacia-17	0,70	0,00	Junção-7	54,60	0,18

Tabela 7-9: Vazões dos córregos Pau D'allho, São Caetano e São Vicente de Baixo para chuva com período de retorno de 100 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m ³ /s	%		m ³ /s	%
Subbacia-1	21,40	0,00	Subbacia-18	2,20	0,00
Subbacia-2	0,90	12,50	Subbacia-19	2,00	0,00
Subbacia-3	3,30	3,12	Subbacia-20	2,50	0,00
Subbacia-4	2,70	50,00	Subbacia-21	7,70	0,00
Subbacia-5	42,40	0,00	Trecho-1	22,30	0,00
Subbacia-6	0,40	0,00	Trecho-2	23,40	0,86
Subbacia-7	0,20	0,00	Trecho-3	45,40	0,00
Subbacia-8	6,50	0,00	Trecho-4	46,50	0,00
Subbacia-9	2,20	0,00	Trecho-5	71,50	0,14
Subbacia-10	1,60	0,00	Trecho-6	74,30	0,27
Subbacia-11	0,10	0,00	Junção-1	22,40	0,45
Subbacia-12	2,90	0,00	Junção-2	23,40	0,43
Subbacia-13	6,80	0,00	Junção-3	71,60	0,28
Subbacia-14	2,90	0,00	Junção-4	45,50	0,00
Subbacia-15	6,00	0,00	Junção-5	46,60	0,00
Subbacia-16	8,30	0,00	Junção-6	74,40	0,27
Subbacia-17	0,80	0,00	Junção-7	75,10	0,27

Conforme informado anteriormente, o elemento Junção 2 representa a entrada do Córrego São Vicente de Baixo na área urbana de Rio Novo do Sul; a Junção 5 representa a entrada do Córrego São Caetano na área urbana de Rio Novo do Sul; A Junção 3 representa o encontro dos córregos São Vicente de Baixo e São Caetano e, consequente formação do Córrego Pau D'Alho e a Junção 7 representa o final do trecho modelado, na passagem do Córrego Pau D'Alho sob a BR-101.

7.3.2 Modelagem hidráulica dos córregos Pau D’Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano com o Cenário Futuro

Para a simulação hidráulica da vazão futura dos córregos Pau D’Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano, 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 inundaçāo dos córregos Pau D’Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano e da eficiência hidráulica dos dispositivos de drenagem existentes.

O **ANEXO III** apresenta o Mapa de Suscetibilidade à Inundaçāo para o município de Rio Novo do Sul - ES no cenário futuro, como resultado da modelagem hidráulica. O **ANEXO IV**, por sua vez, apresenta o Mapa de Risco à Inundaçāo. Cabe ressaltar que, no presente trabalho, foram consideradas áreas de risco de inundaçāo aquelas atingidas por cheias, podendo apresentar prejuízos de qualquer ordem de grandeza. Desta forma, o critério de classificação de risco utilizou somente a variável temporal de recorrência de inundaçāo, que foi simulada pelos modelos matemáticos a partir de dados medidos em campo e utilizados no presente relatório.

Foi possível observar que não houve modificações significativas na inundaçāo dos córregos Pau D’Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano, em relação ao cenário atual. Isso se dá pela tendência de baixo crescimento populacional projetado para Rio Novo do Sul e pela maior contribuição das vazões serem proveniente das áreas rurais das bacias, para as quais não estão previstas mudanças significativas no uso do solo para o cenário futuro.

7.4 VAZÕES MÁXIMAS PARA AS SUBBACIAS

As sub bacias que compõem as bacias dos córregos Pau D’Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano foram modeladas objetivando o dimensionamento das

estruturas de drenagem das águas das mesmas. Desta forma, a intensidade da chuva de projeto foi obtida para um período de retorno de 25 anos e duração igual a três ou quatro vezes o tempo de concentração de cada bacia, com hietograma definido a partir do método dos blocos alternados, conforme metodologia descrita nos itens **6.2, 6.3 e 6.5.2**.

A **Figura 7-7, a Figura 7-8, a Figura 7-9, a Figura 7-10 e a Figura 7-11** apresentam os resultados da modelagem das sub bacias, com os 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.

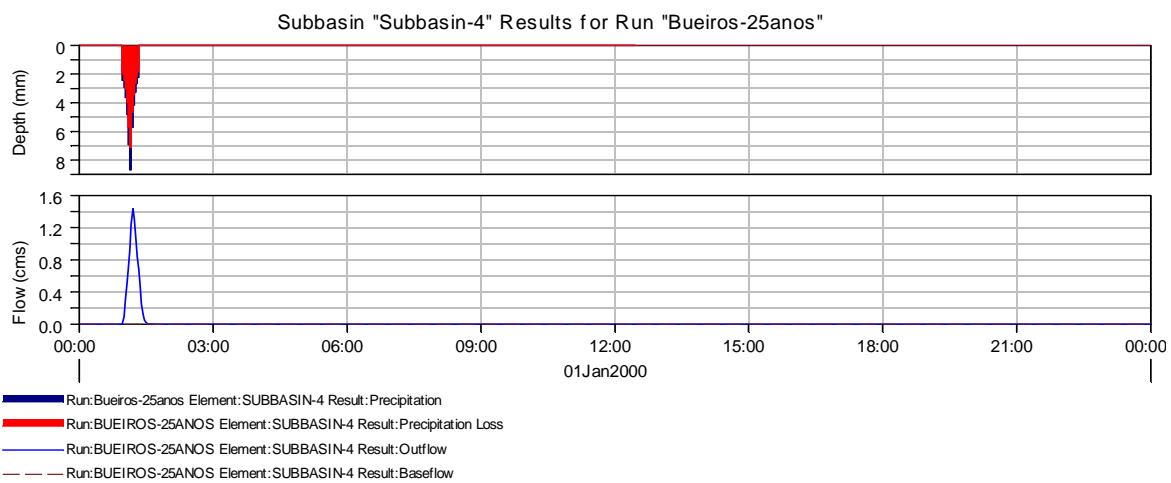


Figura 7-7: Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 4 para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.

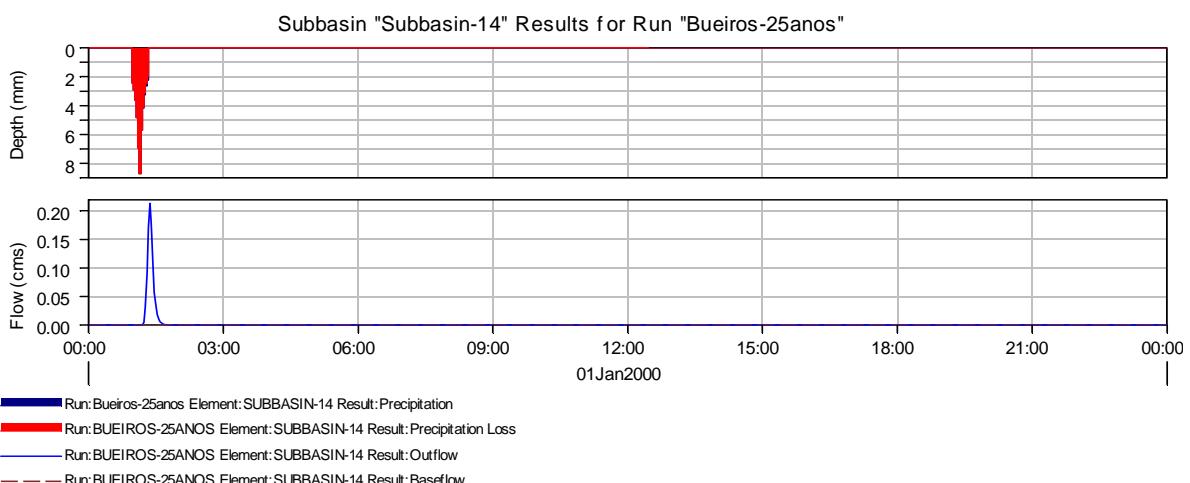


Figura 7-8: Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 14 para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.

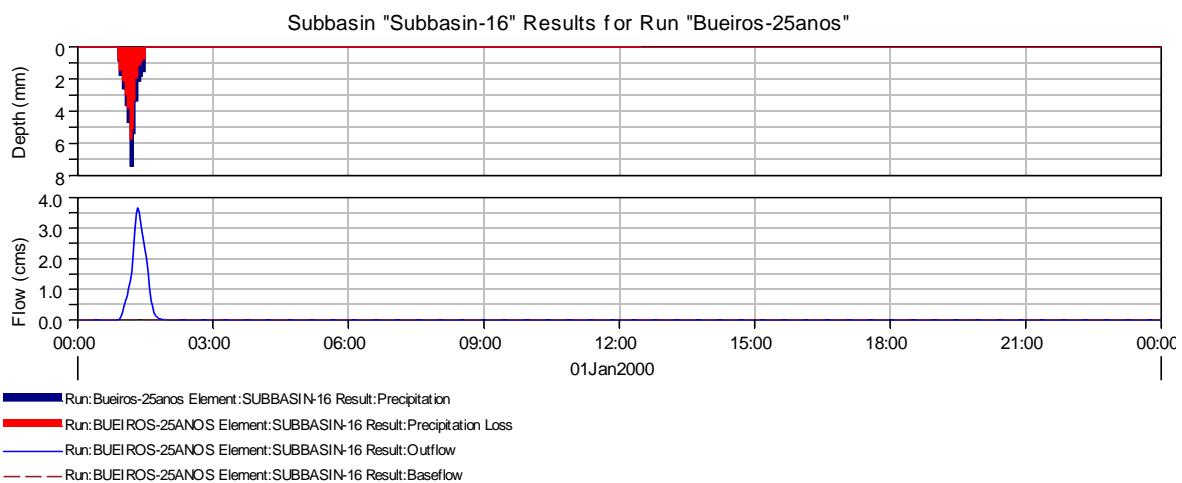


Figura 7-9: Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 16 para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.

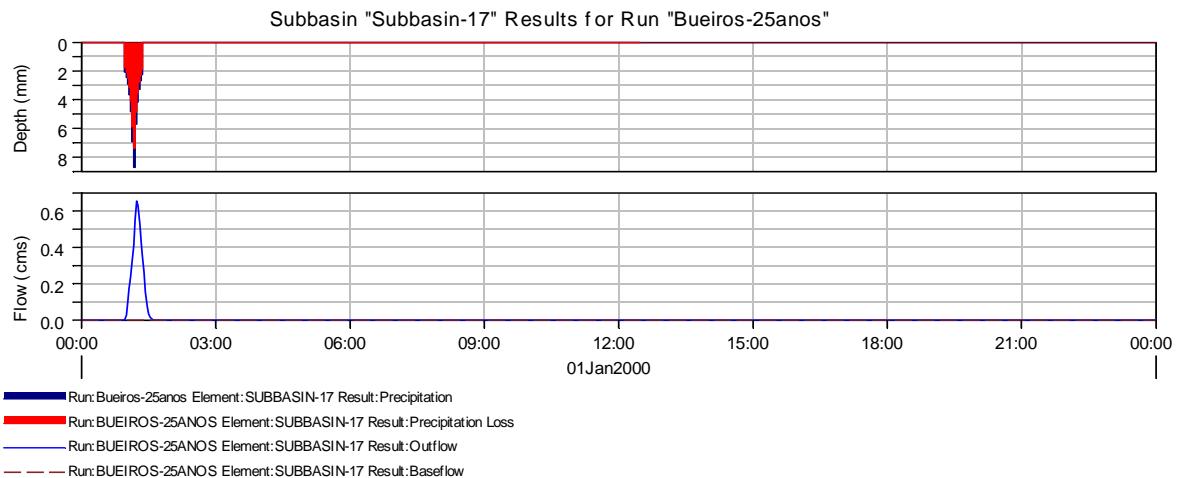


Figura 7-10: Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 17 para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.

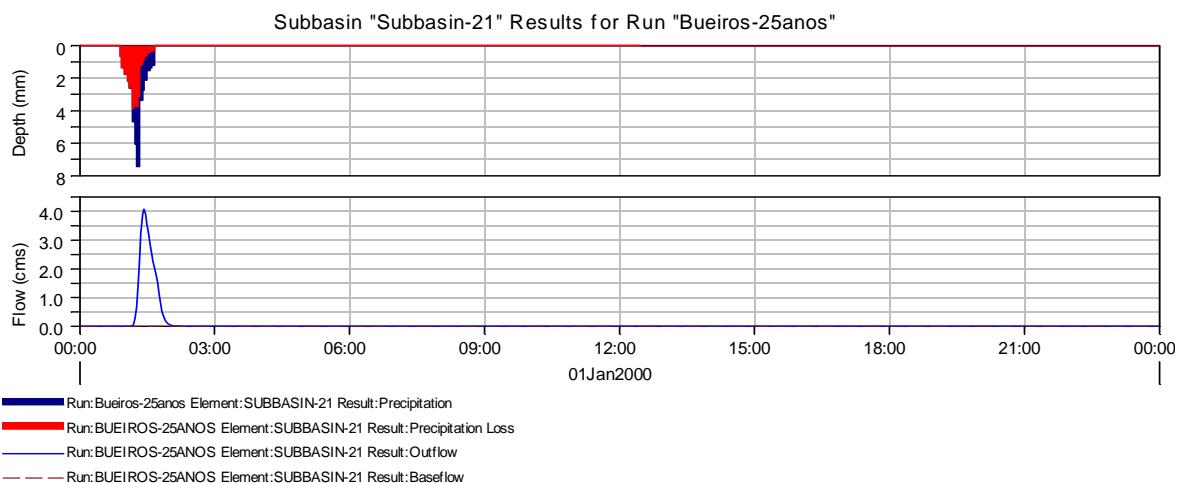


Figura 7-11: Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 21 para chuva com tempo de recorrência de 25 anos.

Tabela 7-10: Picos de vazão das sub bacias da se de municipal de Rio Novo do Sul para chuvas com tempo de recorrência de 25 anos.

Sub bacia	Pico de vazão (m ³ /s)
4	1,4
14	0,2
16	3,7
17	0,7
21	4,1

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

7.5 CENÁRIOS ALTERNATIVOS

Para a resolução dos problemas de cheias nas bacias dos córregos Pau D’Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano, foram simulados cinco cenários com a implementação de ações estruturais descritas em seguida, as quais são constituídas de reservatórios e obras de dragagem de canais.

7.5.1 Cenário 1

Este cenário é caracterizado, principalmente, pela implantação de dois reservatório de detenção de cheias, sendo um no Córrego São Vicente de Baixo e outro no Córrego São Caetano. O reservatório do Córrego São Vicente de Baixo foi planejado com 2 metros de altura de crista, um orifício de saída de 1 x 4 metros e um volume útil de 21.000 m³. A **Figura 7-12** apresenta a curva Cota x Volume do reservatório, estimada com base nas imagens aéreas, levantamento de cotas por radares (SRTM e ASTER) e visitas a campo.

O reservatório do Córrego São Caetano, por sua vez, foi planejado com 4 metros de altura de crista, um orifício de saída de 1 x 1,5 m e um volume útil de 94.120 m³. A **Figura 7-13** apresenta a curva Cota x Volume do reservatório, obtida a partir das curvas de nível da planta topográfico anexada ao Relatório Topográfico do projeto intitulado “Elaboração de Estudo Geotécnico e de Projeto Executivo para Construção de Barragem de Controle de Vazões em São Caetano” de Maio de 2011.

A **Figura 7-14** e a **Figura 7-15** apresentam os resultados gráficos da simulação dos reservatórios planejados para o Córrego São Vicente de Baixo e para o Córrego São Caetano, respectivamente.

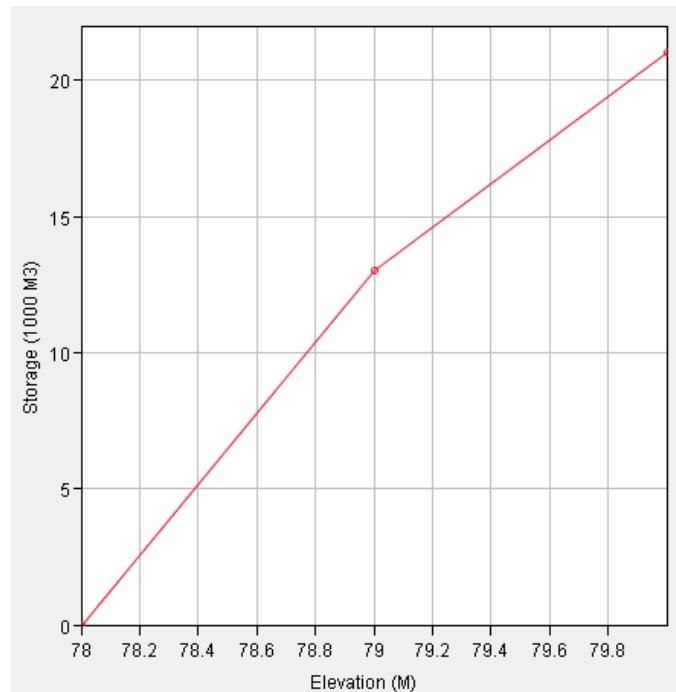


Figura 7-12: Relação Cota x Volume do reservatório do Córrego São Vicente de Baixo.

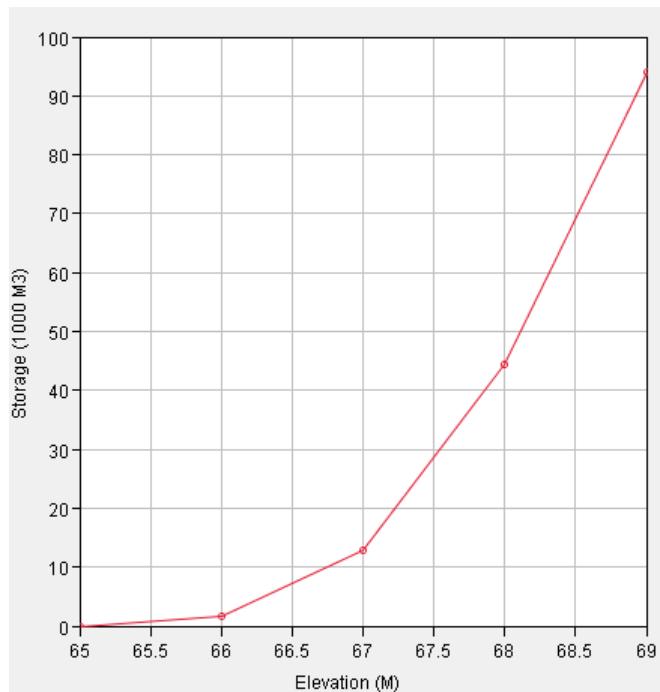


Figura 7-13: Relação Cota x Volume do reservatório do Córrego São Caetano.

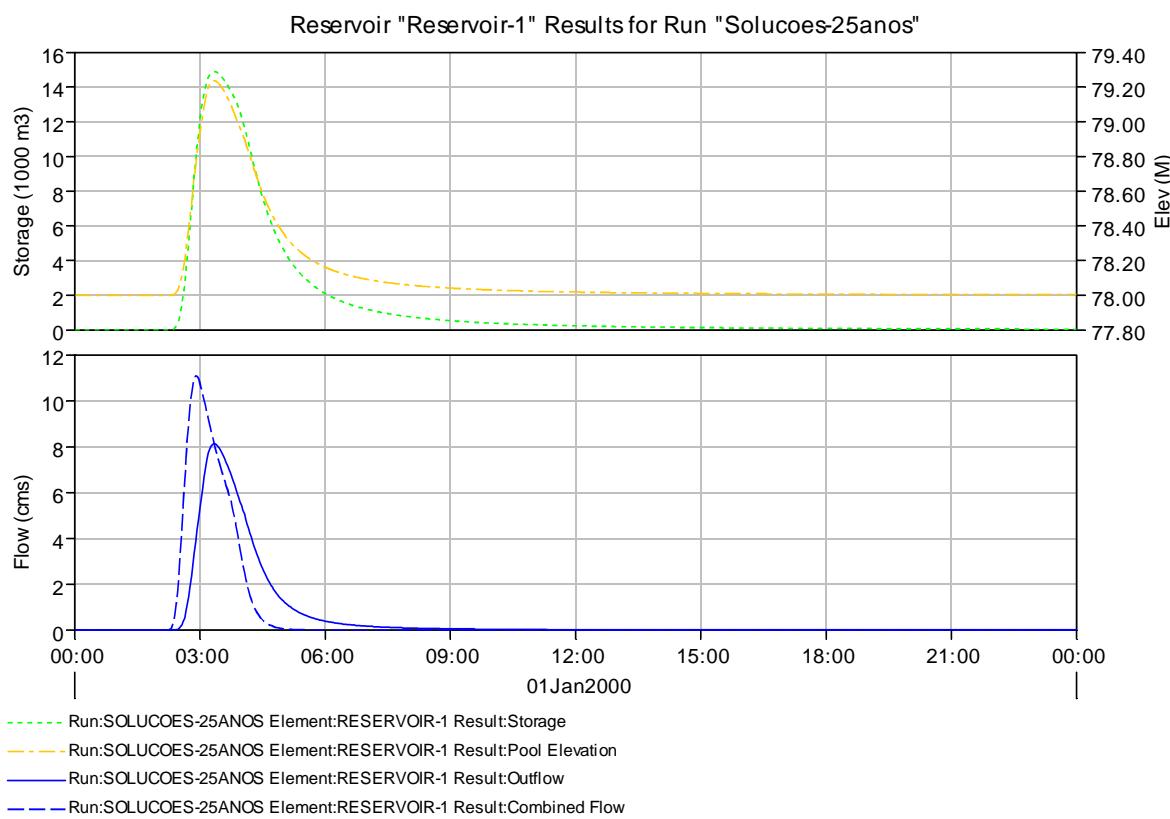


Figura 7-14: Resultado gráfico da simulação do reservatório do Córrego São Vicente de Baixo.

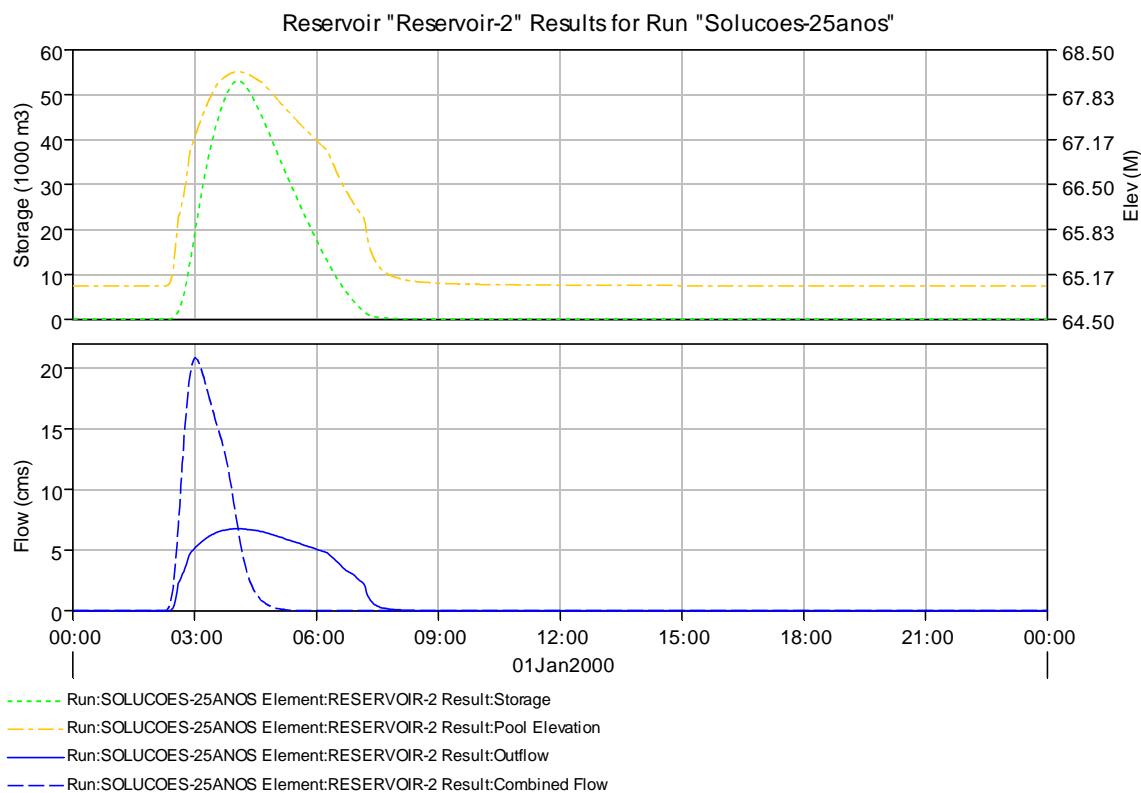


Figura 7-15: Resultado gráfico da simulação do reservatório do Córrego São Caetano.

No Córrego São Vicente de Baixo, o reservatório planejado reduziu o pico da vazão de 11,1 m³/s para 8,1 m³/s, com uma redução de 27,03% e atraso de 26 minutos.

No Córrego São Caetano, por sua vez, o reservatório planejado reduziu o pico da vazão de 20,8 m³/s para 6,8 m³/s, com uma redução de 67,31% e atraso de 1 hora e 2 minutos.

Na Junção 3 (encontro dos Córregos São Vicente de Baixo e São Caetano e ponto de formação do Córrego Pau D'Alho), o pico da vazão reduziu de 36,4 m³/s no cenário atual para 17,8 m³/s no cenário 1, com uma redução de 51,1% e atraso de 20 minutos.

A redução da vazão nos canais de Rio Novo do Sul apresentou resultado positivo em todo o seu trecho urbano, não havendo inundação de domicílios.

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

O valor estimado para o cenário 1 foi de **R\$ 2.000.000,00**.

7.5.2 Cenário 2

No Cenário 2, foi retirado o reservatório do Córrego São Vicente de Baixo e mantido o reservatório do Córrego São Caetano.

A simulação do cenário 2 mostrou que, na Junção 3, o pico da vazão reduziu de 36,4 m³/s no cenário atual para 21 m³/s no cenário 1, com uma redução de 42,31% e adianto de 4 minutos.

A redução da vazão nos canais de Rio Novo do Sul apresentou resultado positivo na maior parte da sede municipal, porém mesmo com a vazão reduzida, parte da Rua Volpato e parte da Rua Mirandolina de Oliveira e da Rua Luiz Ulle continuou a ser inundada. Para vazões com recorrência de 100 anos, a OAE da Rua Mirandolina de Oliveira e a OAE atrás do Banco do Brasil sobre o Córrego São Vicente de Baixo continuarão com suas respectivas seções subdimensionadas. Desta forma, sugere-se, neste cenário, a reconstrução desta OAE.

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

O valor estimado para o cenário 2 foi de **R\$ 1.400.000,00**.

7.5.3 Cenário 3

No cenário 3, foi proposta a implantação do reservatório de detenção de cheias do Córrego São Caetano, a dragagem, limpeza e derrocagem de alguns trechos dos canais da sede municipal de Rio Novo do Sul e implantação de muros de contenção de águas.

Estimou-se um total dragado de 1.000 m³, distribuído em trechos dos córregos São Vicente de Baixo e São Caetano, além de aproximadamente 80 metros de muros de contenção e derrocagem de 200 m³ de rochas localizadas próximo à Rua Volpato.

O cenário 3 apresentou bom resultado na proteção das áreas afetadas por cheias na sede municipal de Rio Novo do Sul.

O valor estimado para o cenário 3 foi de **R\$ 1.706.000,00**.

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

7.5.4 Cenário 4

No cenário 4, foi proposta a dragagem de aproximadamente 1.000 m³, distribuído em trechos dos córregos São Vicente de Baixo e São Caetano, além de aproximadamente 80 metros de muros de contenção de águas em um trecho do córrego São Vicente de Baixo e derrocagem de 200 m³ de rochas localizadas próximo à Rua Volpato.

O cenário 4 apresentou bom resultado na proteção de áreas afetadas por cheias na sede municipal de Rio Novo do Sul, porém, parte da Rua Major Caetano

continuou a ser inundada com uma lâmina d'água que chega a aproximadamente 40 cm acima da base do pavimento.

O **ANEXO VIII** apresenta o mapa de soluções propostas para o Cenário 4.

O valor estimado para o cenário 4 foi de **R\$ 506.000,00**.

7.5.5 Cenário 5

No cenário 5, foi proposta a dragagem de aproximadamente 2.000 m³, distribuído em trechos dos córregos São Vicente de Baixo, São Caetano e Pau D'Alho, além de aproximadamente 80 metros de muros de contenção de águas em um trecho do córrego São Vicente de Baixo e derrocagem de aproximadamente 200 m³ de rochas localizadas próximo à Rua Volpato.

Ainda foi proposta a retirada da barragem localizada no final da Rua Major Caetano, com o propósito de reduzir o risco de inundações desta rua. Esta barragem faz parte da captação de água para uma serraria instalada nos primórdios do desenvolvimento industrial de Rio Novo do Sul. O barramento das águas causa a sedimentação do canal do córrego Pau D'Alho que acompanha a Rua Major Caetano.

O cenário 5 apresentou bom resultado na proteção de áreas afetadas por cheias na sede municipal de Rio Novo do Sul.

O **ANEXO IX** apresenta o mapa de soluções propostas para o Cenário 5.

O valor estimado para o cenário 5 foi de **R\$ 551.000,00**.

8 CONCLUSÕES

Como resultado deste trabalho, conclui-se que:

- As cheias dos córregos Pau D’Alho, São Vicente de Baixo e São Caetano são frequentes e os problemas oriundos das mesmas vêm se agravando devido ao avanço da população para as proximidades de suas margens;
- Obras de melhoria na macrodrenagem da sede do município de Rio Novo do Sul foram executados para a minimização de enchentes;
- Atualmente, pode-se observar que alguns trechos de canais encontram-se assoreados, com seção de escoamento comprometida;
- A galeria de drenagem localizada na comunidade rural a montante de Rio Novo do Sul, na bacia do córrego São Caetano, encontra-se subdimensionada.
- Observou-se, a partir da modelagem hidráulica, que 20 domicílios estão na área de risco classificada como muito alto (5 anos de recorrência);
- Observou-se, ainda, que 40 domicílios são inundados com vazões de 25 anos de recorrência (vazão de projeto);
- A OAE sobre o córrego São Vicente de Baixo da Rua Mirandolina de Oliveira está com seção inadequada para vazões com 100 anos de recorrência;
- A OAE sobre o córrego São Vicente de Baixo da Rua atrás do Banco do Brasil está com seção inadequada para vazões com 100 anos de recorrência;
- A população de Rio Novo do Sul tem apresentado crescimento populacional que tende a levar sua população dos atuais 11.325 habitantes (censo de 2010) para 12.716 habitantes em 2030 (com 12,3% de crescimento) e 14.106 (com 24,6% de crescimento) habitantes em 2050. Este crescimento resultará em uma pequena mudança no uso do solo, restringindo-se, principalmente à zona urbana.

- Para uma chuva intensa com período de retorno de 25 anos, prevê-se que a vazão no trecho final do córrego Pau D'Alho passe de 38,6 m³/s para 38,7 m³/s (aumento de 0,26%) em 20 anos se ocorrer a tendência de expansão urbana prevista;
- Foi possível verificar que a expansão urbana projetada para Rio Novo do Sul não modificará as manchas de inundaçāo de forma significativa, uma vez que o incremento das vazões em função da redução das taxas de infiltração foi insignificante para o montante da bacia hidrográfica;
- Para a solução dos problemas de inundaçāo do município de Rio Novo do Sul foram propostos cinco cenários alternativos.
- O Cenário 1 é caracterizado, principalmente, pela implantação de duas barragens a montante da sede municipal de Rio Novo do Sul, sendo uma no Córrego São Vicente de Baixo e outra no Córrego São Caetano;
- O Cenário 2 é caracterizado, principalmente, pela implantação de uma barragem no Córrego São Caetano, a montante da sede municipal de Rio Novo do Sul;
- O Cenário 3 é caracterizado, principalmente, pela implantação de uma barragem no Córrego São Caetano, a montante da sede municipal de Rio Novo do Sul, e pela dragagem, limpeza e derrocagem de alguns trechos dos córregos São Vicente de Baixo, São Caetano e Pau D'Alho;
- O Cenário 4 é caracterizado, exclusivamente, pela dragagem, limpeza e derrocagem de alguns trechos dos córregos São Vicente de Baixo, São Caetano e Pau D'Alho;
- O Cenário 4 é caracterizado, exclusivamente, pela dragagem, limpeza e derrocagem de alguns trechos dos córregos São Vicente de Baixo, São Caetano e Pau D'Alho, além da remoção de uma barragem histórica localizada no centro da cidade;
- A implantação do Cenário 1 teve valor estimado em **R\$ 2.000.000,00**;
- A implantação do Cenário 2 teve valor estimado em **R\$ 1.400.000,00**;
- A implantação do Cenário 3 teve valor estimado em **R\$ 1.706.000,00**;

- A implantação do Cenário 4 teve valor estimado em **R\$ 506.000,00**.
- A implantação do Cenário 5 teve valor estimado em **R\$ 551.000,00**.

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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

PAÇO, N. M. S. **Estabelecimento de Hidrogramas Unitários. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil.** Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. 2008. Disponível

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

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

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

RTP. **Enchente Santo Agostinho** (Viana) 30 12 10.
<http://www.youtube.com/watch?v=low7p2YnNpQ>. Acesso em 28/06/2013.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

10 EQUIPE TÉCNICA

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

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

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

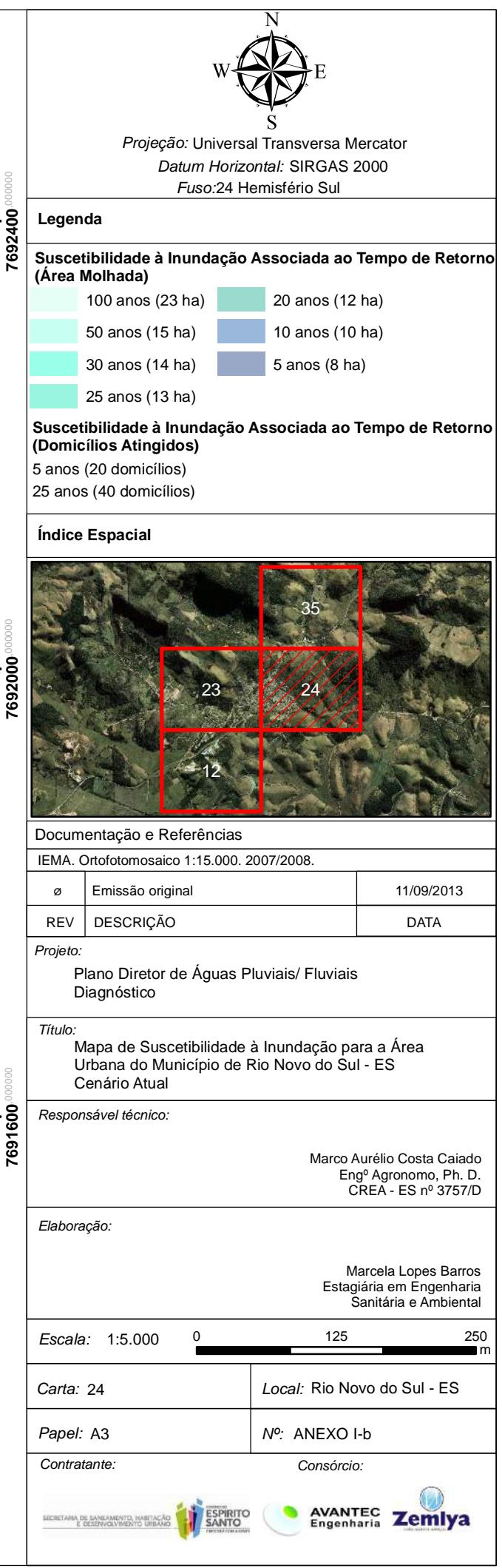
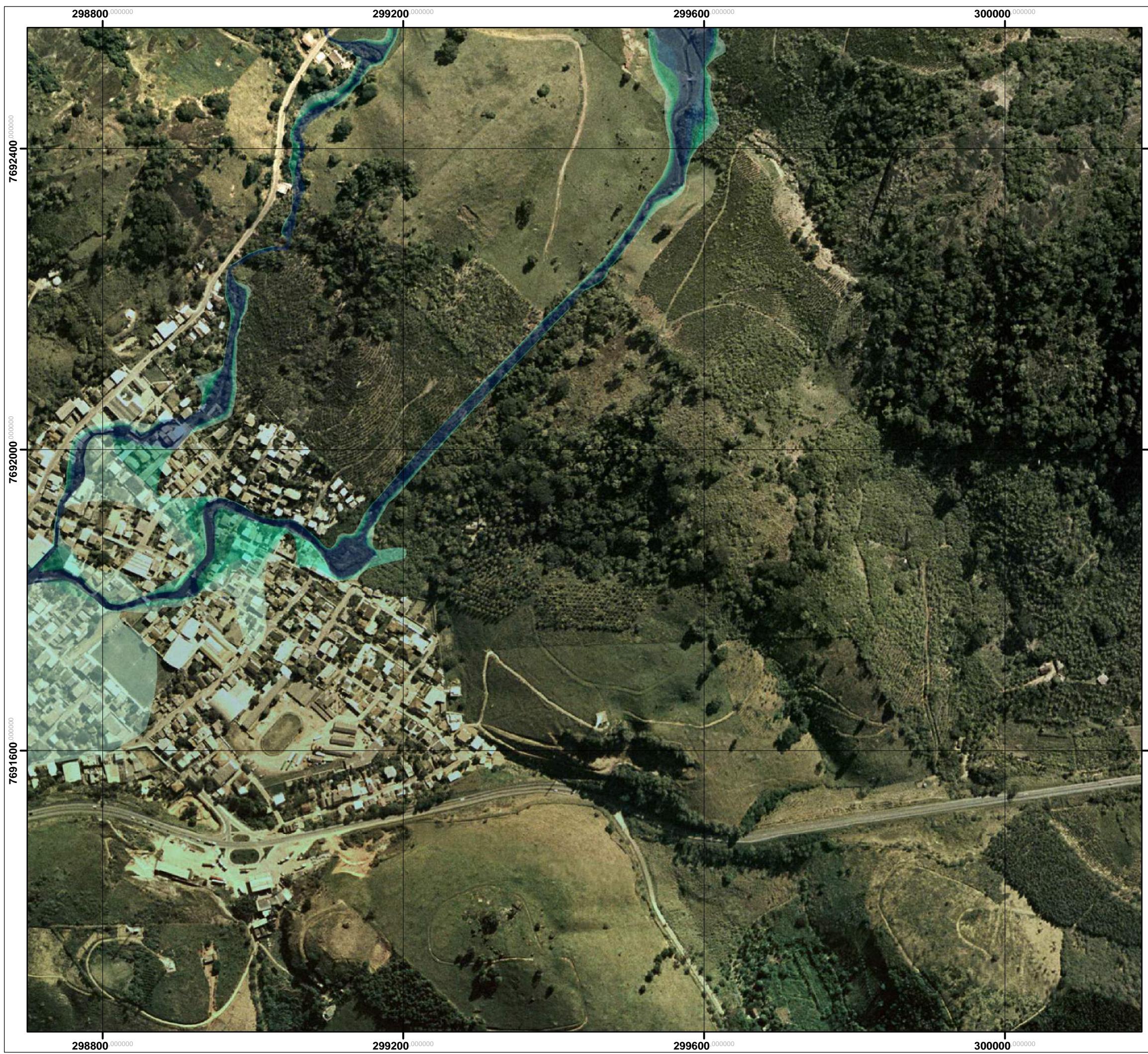
Profissional	Fernanda Ferreira
Formação	Arquiteta e Urbanista
Empresa	Zemlya Consultoria e Serviços
Registro no Conselho de Classe	CAU A56232-7
Responsável pela(s) seção(ões)	Caracterização do contexto institucional, projeção do cenário futuro.
Assinatura	

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

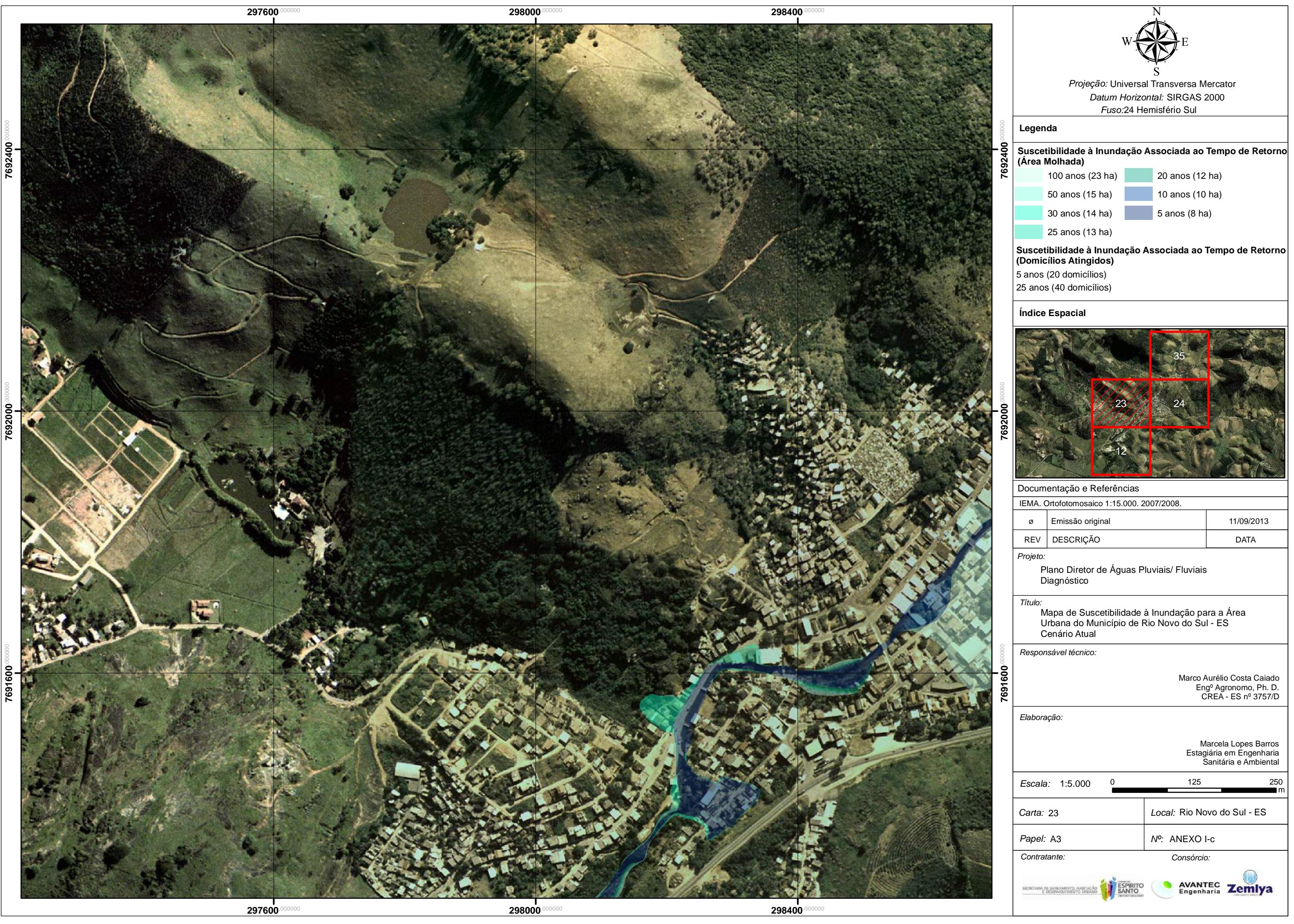
ANEXO I-a: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 35).



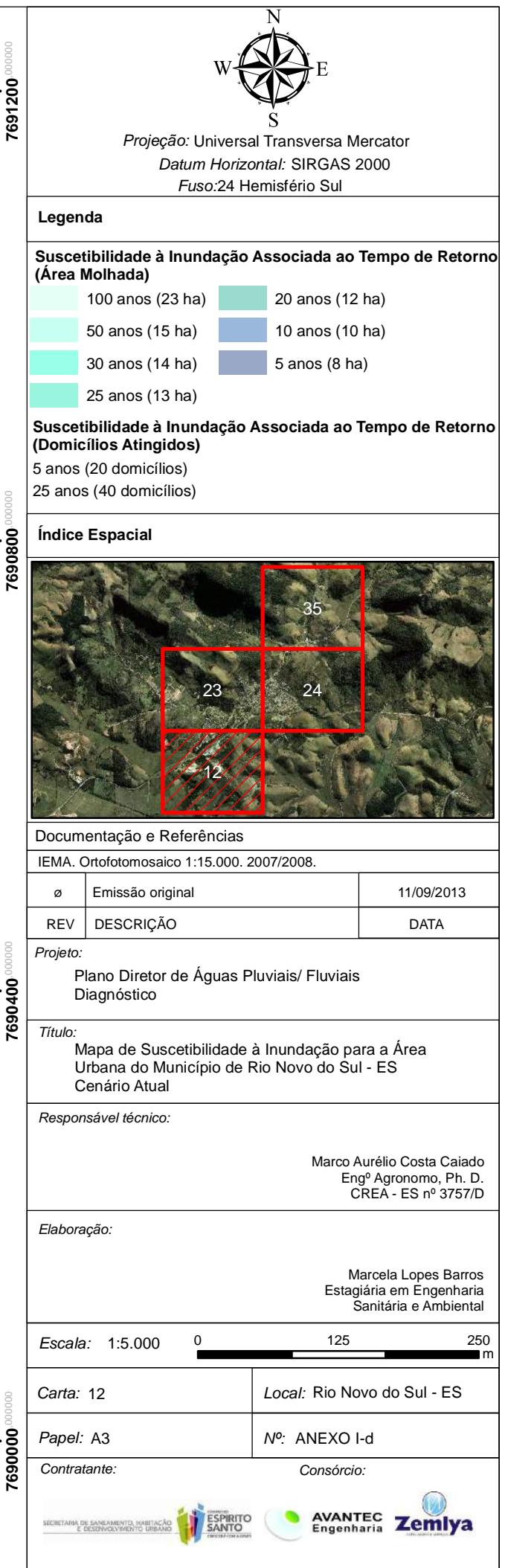
ANEXO I-b: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 24).



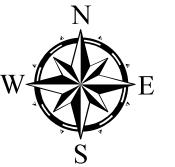
ANEXO I-c: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 23).



ANEXO I-d: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 12).



ANEXO II-a: Mapa de Risco de Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 35).



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	11/09/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais
Diagnóstico

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

Responsável técnico:

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

Elaboração:

Marcela Lopes Barros
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

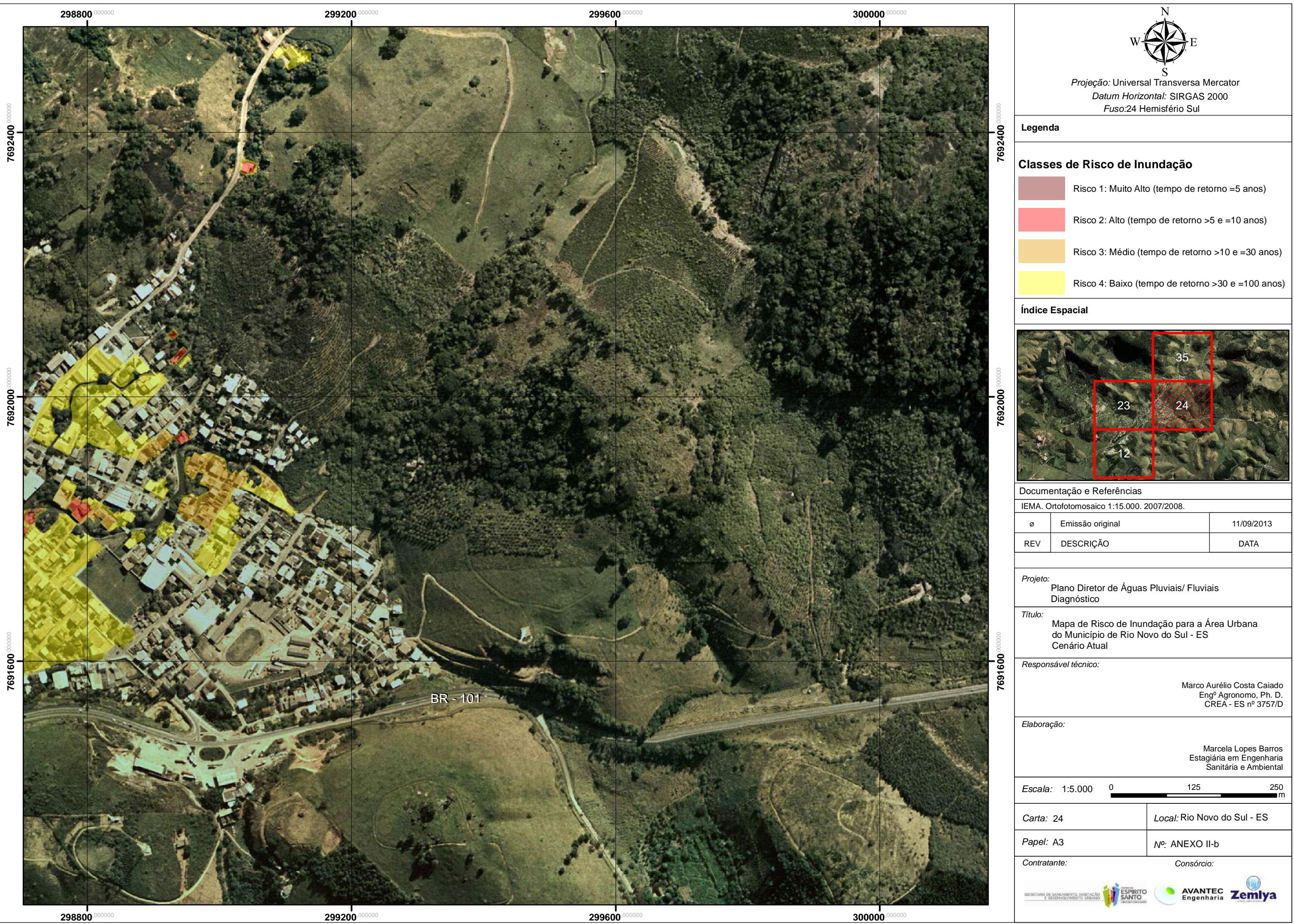
Escala: 1:5.000 0 125 250 m

Carta: 35 Local: Rio Novo do Sul - ES

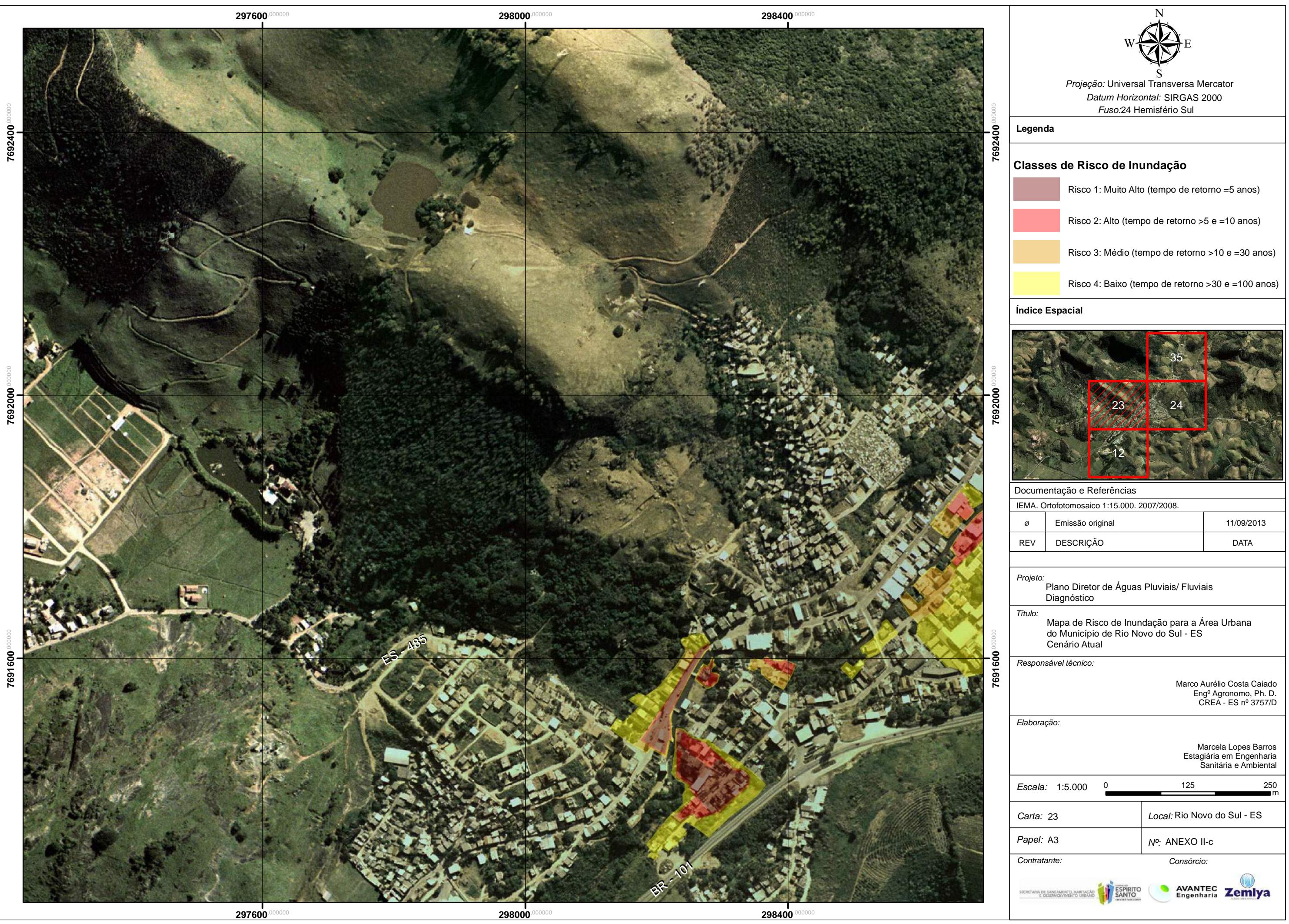
Papel: A3 Nº: ANEXO II-a

Contratante: Consórcio:

ANEXO II-b: Mapa de Risco de Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 24).



ANEXO II-c: Mapa de Risco de Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 23).



ANEXO II-d: Mapa de Risco de Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 12).



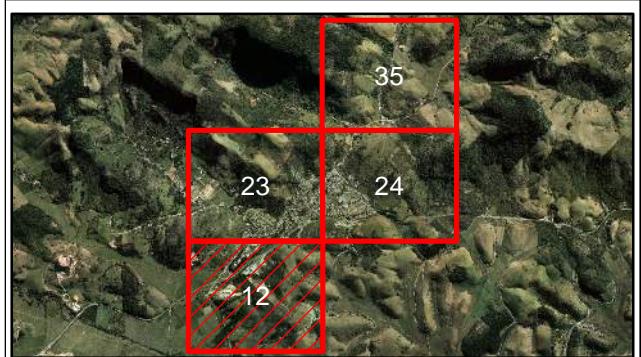
Projeção: Universal Transversa Mercator
Datum Horizontal: SIRGAS 2000
Fuso: 24 Hemisfério Sul

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	11/09/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais
Diagnóstico

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

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

Elaboração:
Marcela Lopes Barros
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:5.000 0 125 250 m

Carta: 12 Local: Rio Novo do Sul - ES

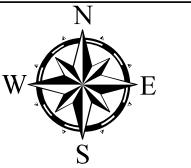
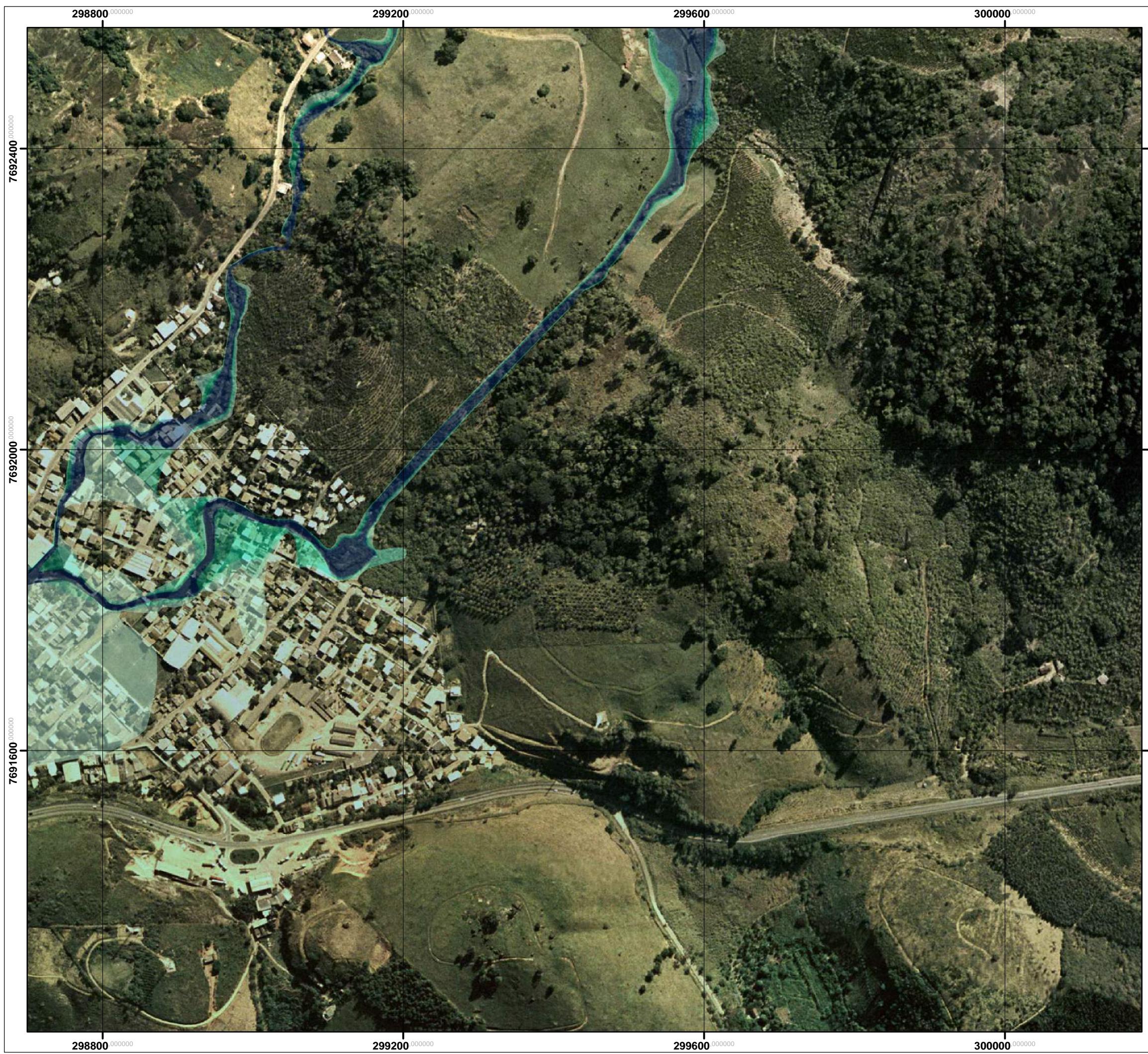
Papel: A3 Nº: ANEXO II-d

Contratante: Consórcio:

ANEXO III-a: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário futuro (Carta 35).



ANEXO III-b: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário futuro (Carta 24).



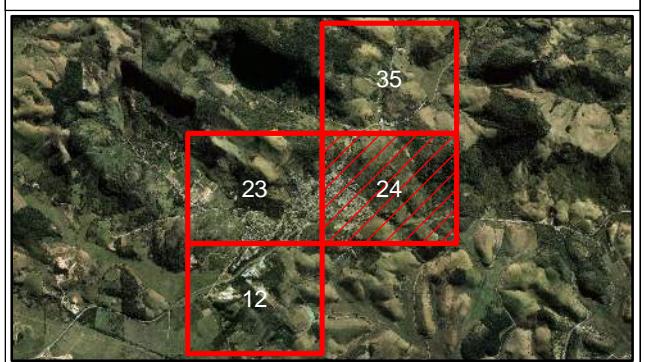
Projeção: Universal Transversa Mercator
Datum Horizontal: SIRGAS 2000
Fuso: 24 Hemisfério Sul

Legenda

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

- 100 anos (23 ha)
- 50 anos (15 ha)
- 30 anos (14 ha)
- 25 anos (13 ha)
- 20 anos (12 ha)
- 10 anos (10 ha)
- 5 anos (8 ha)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

∅	Emissão original	11/09/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:

Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais
Diagnóstico

Título:

Mapa de Suscetibilidade à Inundação para a Área Urbana do Município de Rio Novo do Sul - ES
Cenário Futuro

Responsável técnico:

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

Elaboração:

Marcela Lopes Barros
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:5.000 0 125 250 m

Carta: 24 Local: Rio Novo do Sul - ES

Papel: A3 Nº: ANEXO III-b

Contratante: Consórcio:

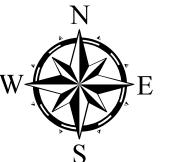
ANEXO III-c: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário futuro (Carta 23).



ANEXO III-d: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário futuro (Carta 12).



ANEXO IV-a: Mapa de Risco de Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 35).



Projeto: 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	11/09/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais
Diagnóstico

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

Responsável técnico:

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

Elaboração:

Marcela Lopes Barros
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

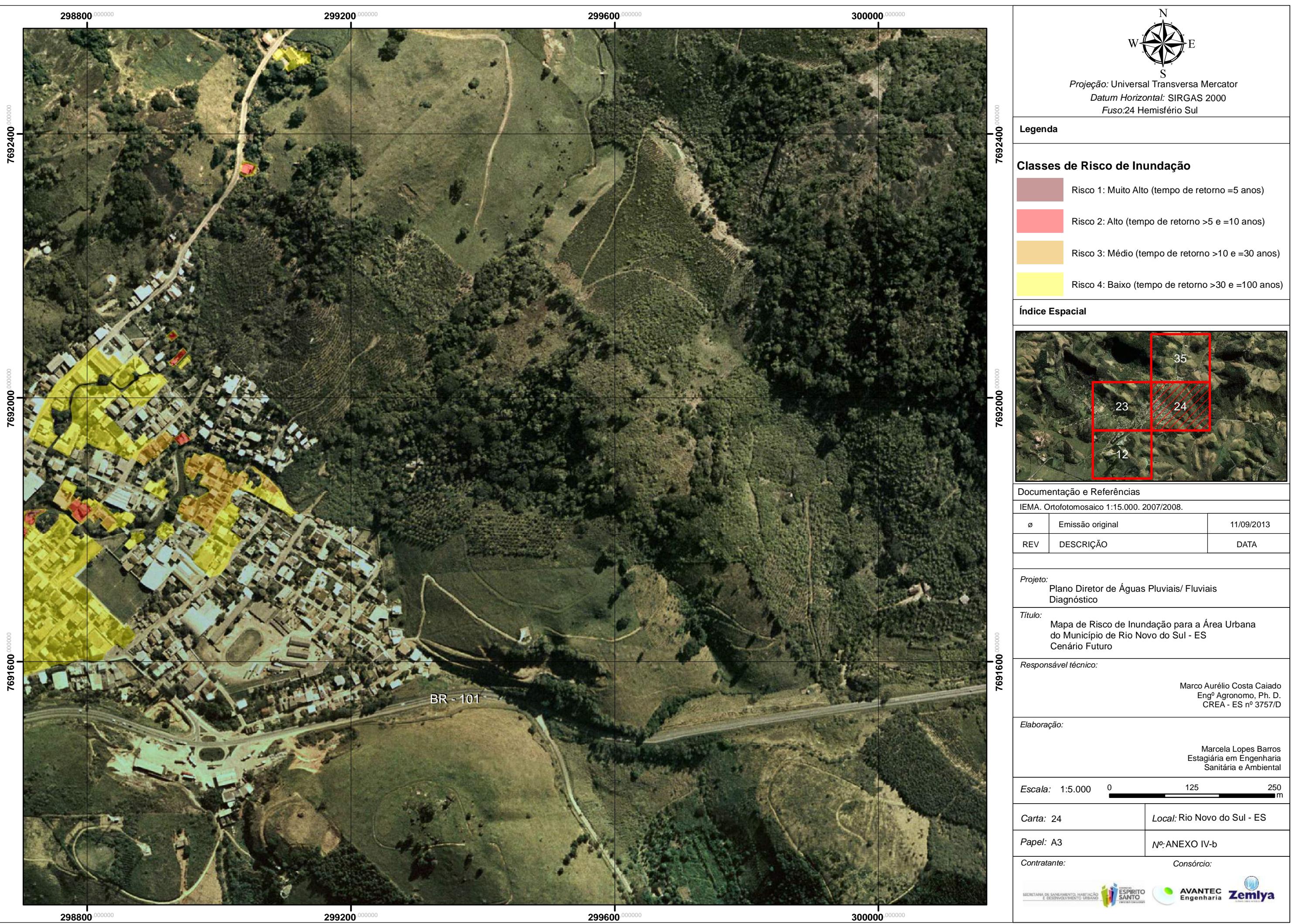
Escala: 1:5.000 0 125 250 m

Carta: 35 Local: Rio Novo do Sul - ES

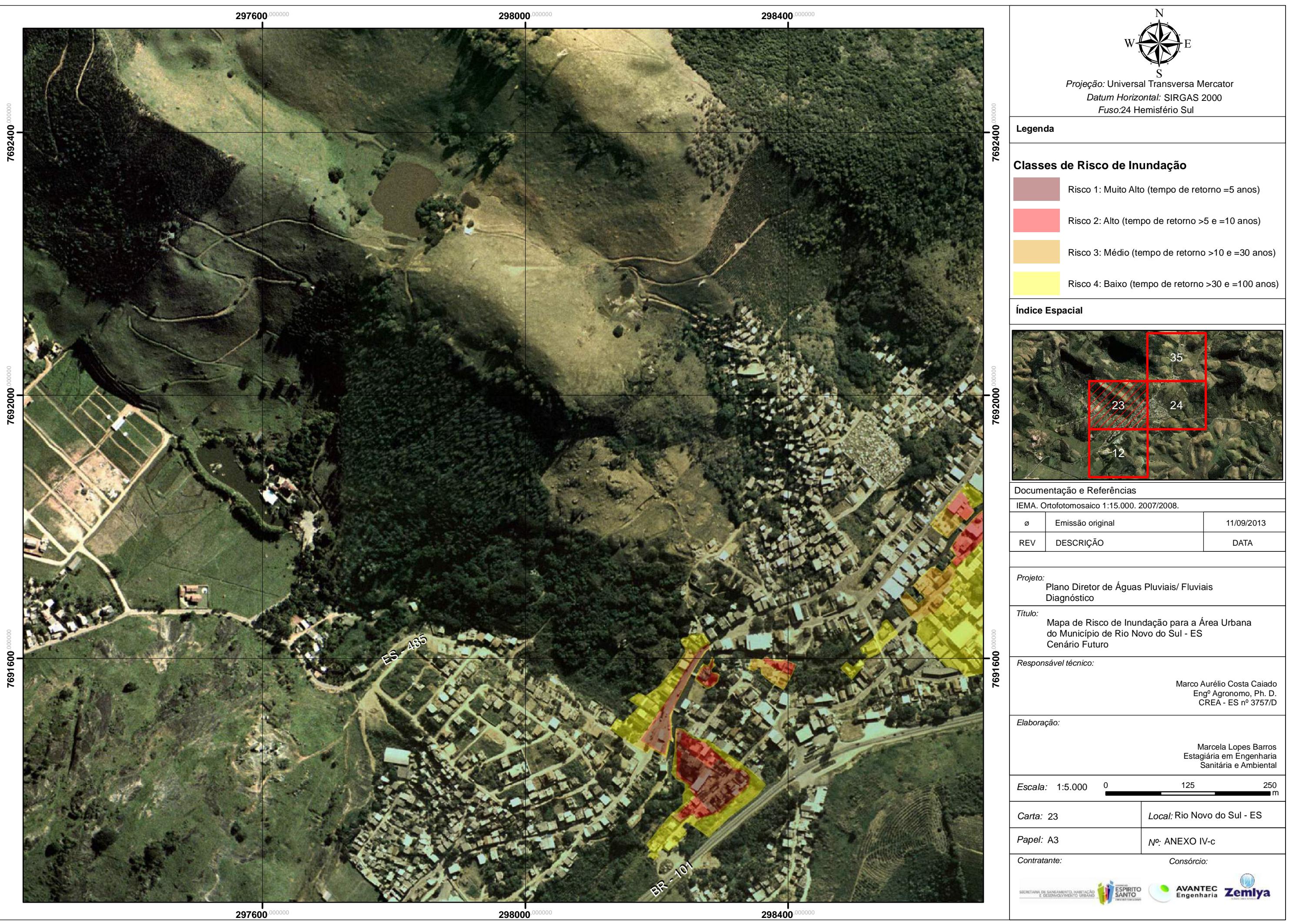
Papel: A3 Nº: ANEXO IV-a

Contratante: Consórcio:

ANEXO IV-b: Mapa de Risco de Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 24).



ANEXO IV-c: Mapa de Risco de Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 23).



ANEXO IV-d: Mapa de Risco de Inundação para o município de Rio Novo do Sul-ES no cenário atual (Carta 12).



**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	11/09/2013
REV DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais
Diagnóstico

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

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

Elaboração:
Marcela Lopes Barros
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:5.000 0 125 250 m

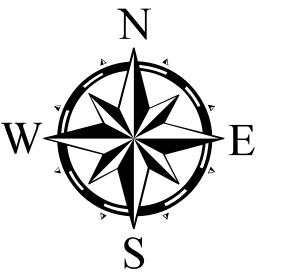
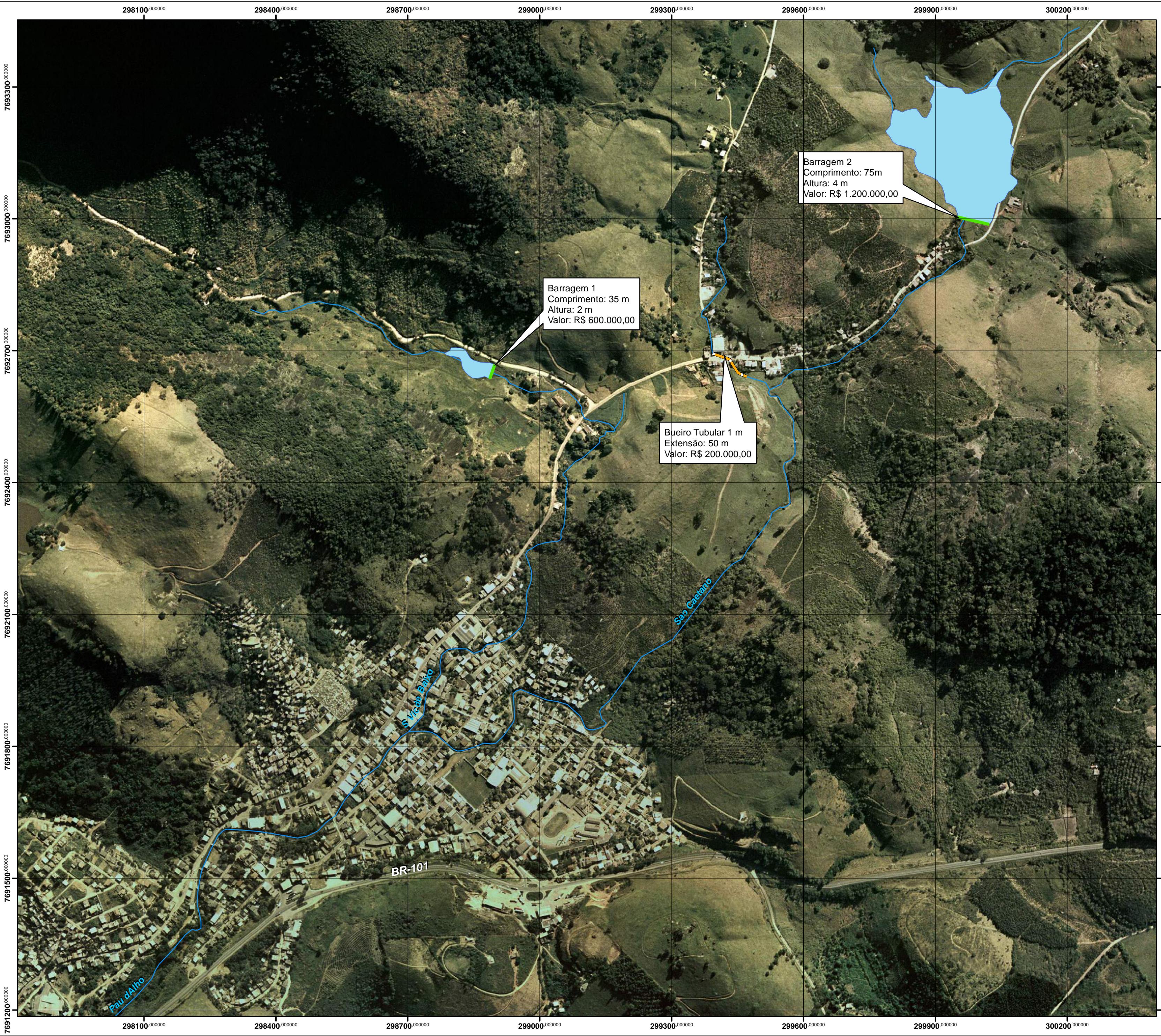
Carta: 12 **Local:** Rio Novo do Sul - ES

Papel: A3 **Nº:** ANEXO IV-d

Contratante: Consórcio:

SECRETARIA DE SANEAMENTO, HABITAÇÃO E DESENVOLVIMENTO URBANO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO	AVANTEC Engenharia	Zemlya
---	-----------------------	--------

ANEXO V: Mapa de soluções propostas para o município de Rio Novo do Sul no Cenário 1.



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

Legenda

- Bueiro
- Barragem
- Reservatório de detenção de águas pluviais
- Curso d'água

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

GEOBASES. Curso d'água

∅	Emissão original	16/09/2013
REV	Descrição	DATA

Projeto:
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais
Diagnóstico

Título: Mapa de Intervenção e Soluções Construtivas
de Rio Novo do Sul - Cenário 01

Responsável técnico:

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

Elaboração:

Filipe Tesch
Tecg.º em Saneamento Ambiental
CREA-ES nº 24.763/D

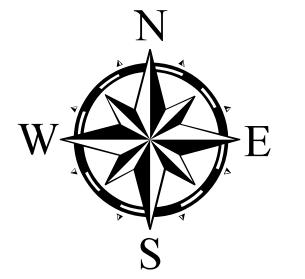
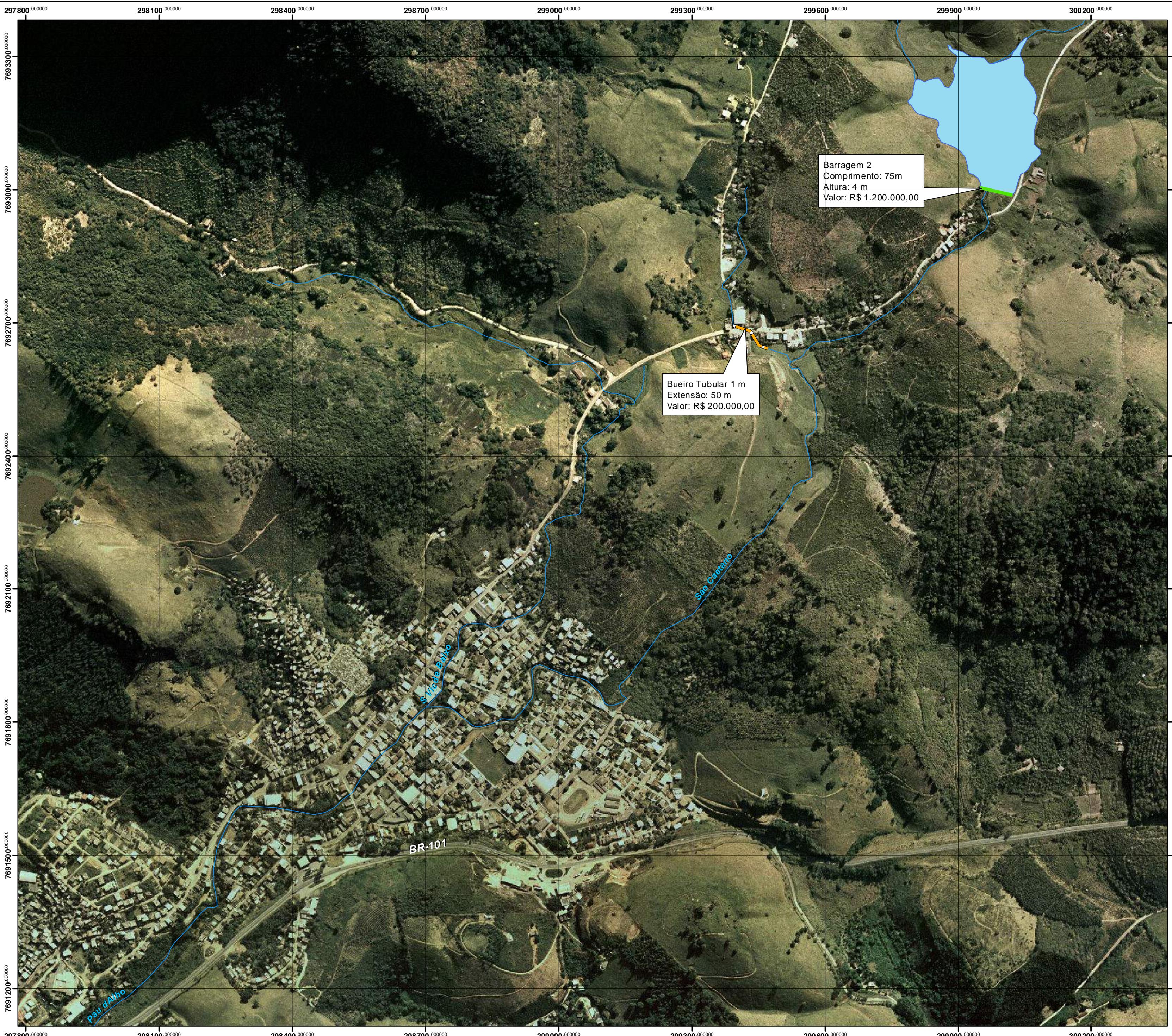
Escala: 1:6.000 0 100 200 400 m

Folha: 01 de 01 Local: Rio Novo do Sul - ES

Papel: A2 Nº: ANEXO V

Contratante: Consórcio:

ANEXO VI: Mapa de soluções propostas para o município de Rio Novo do Sul no Cenário 2.



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

Legenda

- Bueiro
- Barragem
- Reservatório de detenção de águas pluviais
- Curso d'água

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

GEOBASES. Curso d'água

∅ Emissão original

16/09/2013

REV DESCRIÇÃO

DATA

Projeto:

Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais
Diagnóstico

Título: Mapa de Intervenção e Soluções Construtivas
de Rio Novo do Sul - Cenário 02

Responsável técnico:

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

Elaboração:

Filipe Tesch
Tecg.º em Saneamento Ambiental
CREA-ES nº 24.763/D

Escala: 1:6.000

0 100 200 400

m

Folha: 01 de 01

Local: Rio Novo do Sul - ES

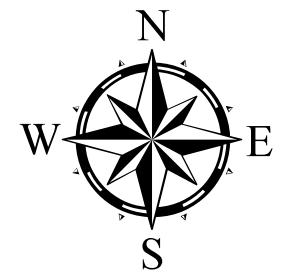
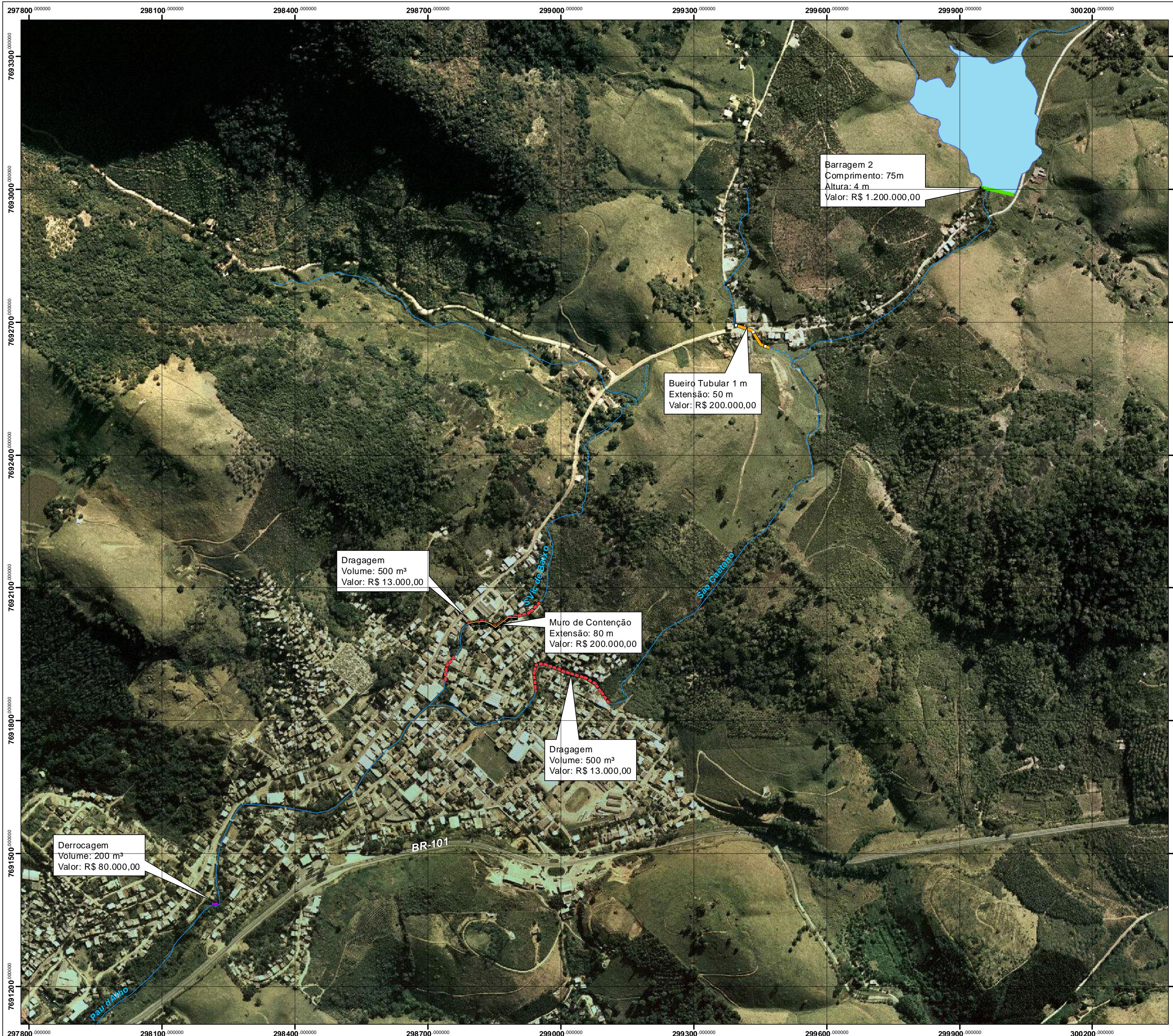
Papel: A2

Nº: ANEXO VI

Contratante:

Consórcio:

ANEXO VII: Mapa de soluções propostas para o município de Rio Novo do Sul no Cenário 3.



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

Legenda

- Bueiro
- Barragem
- Curso d'água
- Dragagem
- Muro de contenção
- Reservatório de detenção de águas pluviais

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

GEOBASES. Curso d'água

Ø	Emissão original	16/09/2013
REV	DESCRÍÇÃO	DATA

Projeto:
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais
Diagnóstico

Título: Mapa de Intervenção e Soluções Construtivas de Rio Novo do Sul - Cenário 03

Responsável técnico:

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

Elaboração:

Filipe Tesch
Tecgº em Saneamento Ambiental
CREA-ES nº 24.763/D

Escala: 1:6.000 0 100 200 400 m

Folha: 01 de 01

Local: Rio Novo do Sul - ES

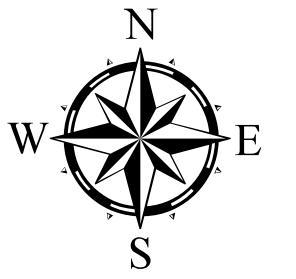
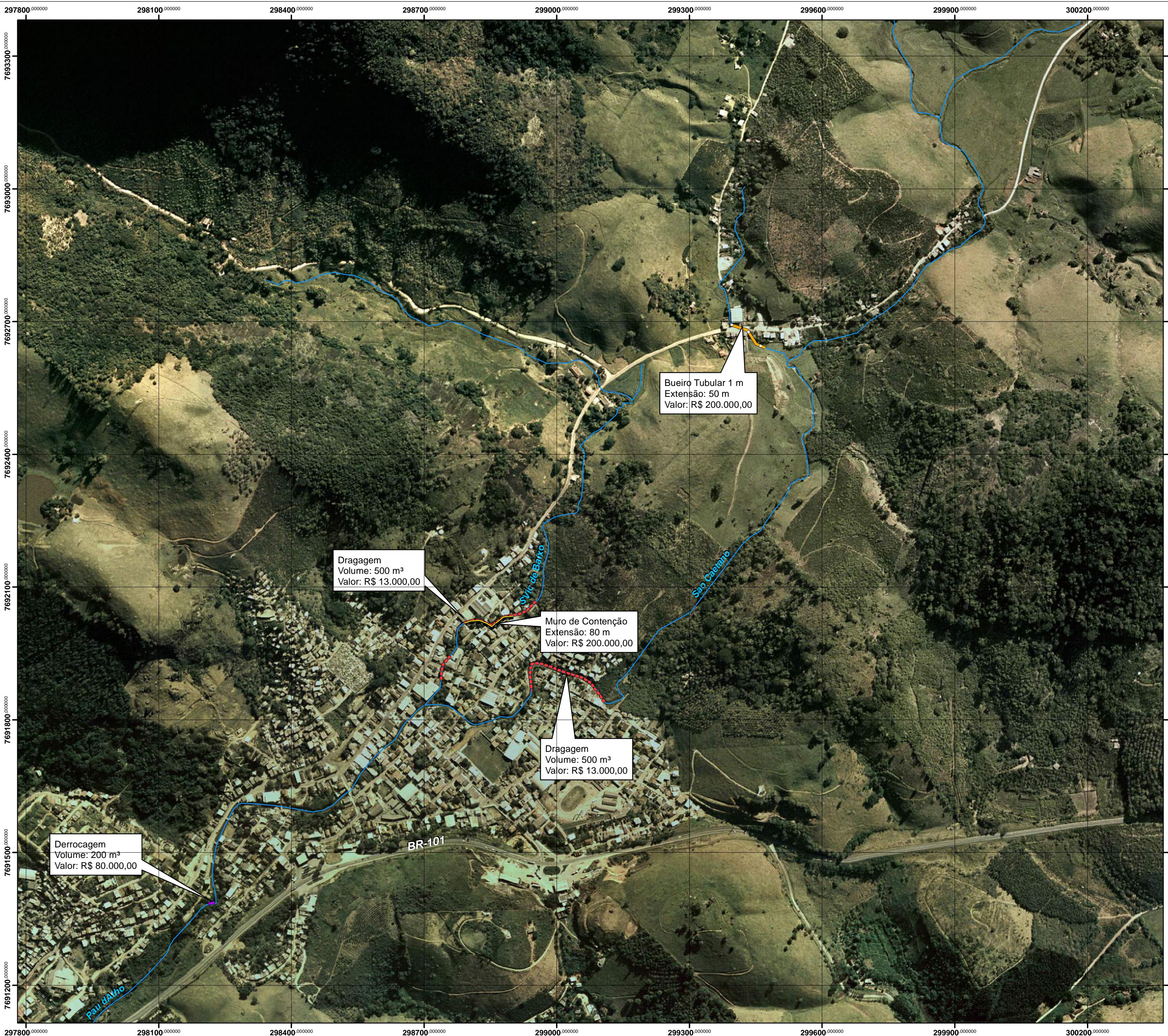
Papel: A2

Nº: ANEXO VII

Contratante:

Consórcio:

ANEXO VIII: Mapa de soluções propostas para o município de Rio Novo do Sul no Cenário 4.



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

Legenda

- Bueiro
- Barragem
- Dragagem
- Muro de contenção
- Curso d'água
- Derrocagem
- Reservatório de detenção de águas pluviais

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.
GEOBASES. Curso d'água

Ø	Emissão original	16/09/2013
REV	DESCRÍÇÃO	DATA

Projeto:
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais
Diagnóstico

Título: Mapa de Intervenção e Soluções Construtivas
de Rio Novo do Sul - Cenário 04

Responsável técnico:

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

Elaboração:

Filipe Tesch
Tecg.º em Saneamento Ambiental
CREA-ES nº 24.763/D

Escala: 1:6.000 0 100 200 400 m

Folha: 01 de 01 Local: Rio Novo do Sul - ES

Papel: A2 Nº: ANEXO VIII

Contratante: Consórcio:

ANEXO IX: Mapa de soluções propostas para o município de Rio Novo do Sul no Cenário 5.

