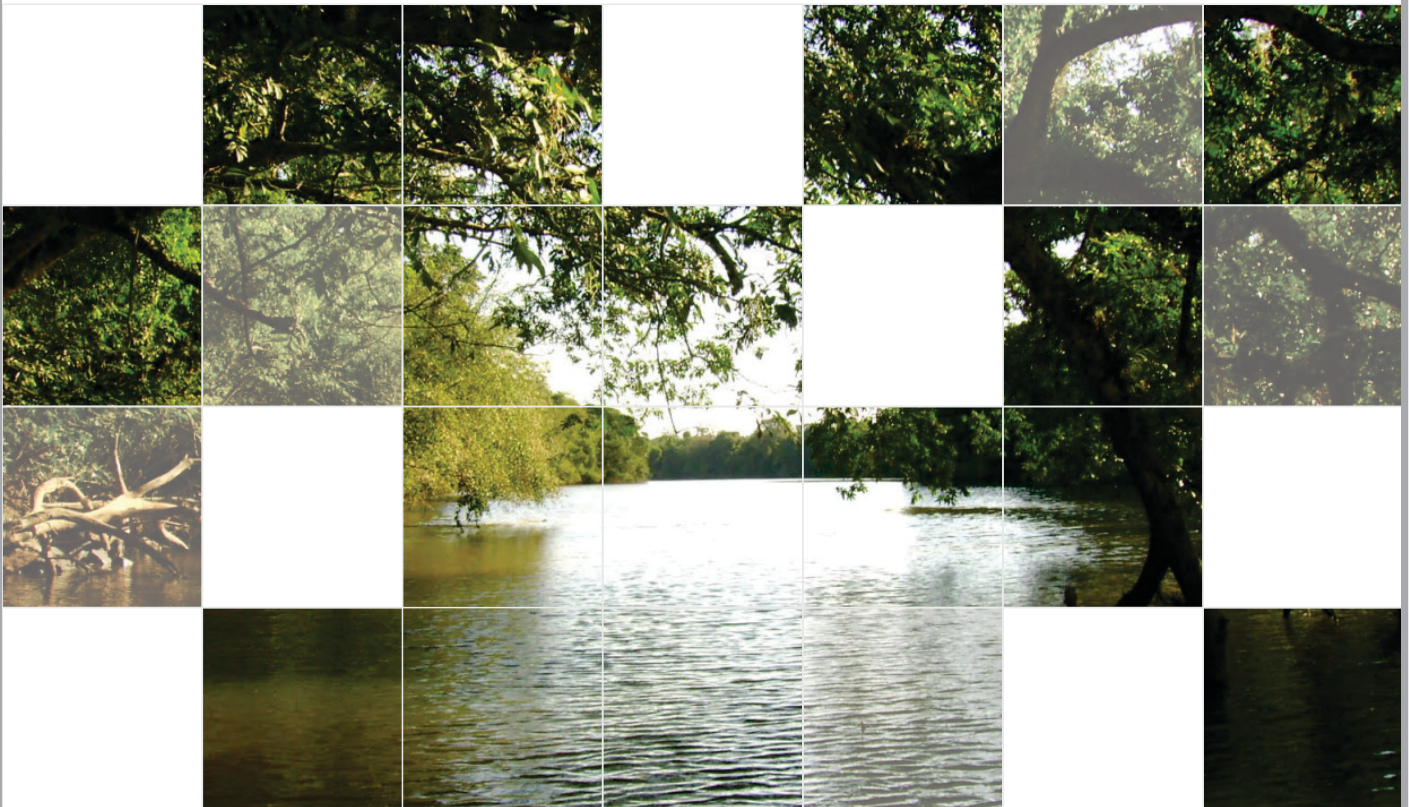




ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
Secretaria de Obras Públicas, Irrigação
e Desenvolvimento Urbano - SOP

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA MINIMIZAÇÃO
DO EFEITO DAS CHEIAS DO TRECHO BAIXO DO RIO CAÍ**



RELATÓRIO TÉCNICO 07 – R7
ESTUDOS DE ALTERNATIVAS DE INTERVENÇÃO

2ª Edição Revisada

TOMO I – MEMORIAL DESCRITIVO

Consórcio Técnico



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

**Secretaria de Obras Públicas, Irrigação e
Desenvolvimento Urbano - SOP**

**ESTUDOS DE ALTERNATIVAS PARA MINIMIZAÇÃO DO
EFEITO DAS CHEIAS DO TRECHO BAIXO DO RIO CAÍ/RS**

RELATÓRIO TÉCNICO 07 – R7

ESTUDOS DE ALTERNATIVAS DE INTERVENÇÃO

TOMO I – MEMORIAL DESCRITIVO

SEGUNDA EDIÇÃO REVISADA

Consórcio Técnico



(OUTUBRO/2014)



QUADRO DE CODIFICAÇÃO DO DOCUMENTO

Código:	EG0182-R-ERH-R7-01-02			
Título do Documento:	Estudos de Alternativas de Intervenção – R7 – Tomo I – Memorial Descritivo - Segunda Edição Revisada			
Aprovador:	FERNANDO FAGUNDES			
Data da Aprovação:	14/07/2014			
Controle de Revisões				
Nº da Revisão	Natureza/Justificativa	Aprovação		
		Data	Responsável	Rubrica
00	Emissão Inicial	14/07/2014	Fernando Fagundes	F.F
01	Parecer da Fiscalização	26/08/2014	Fernando Fagundes	F.F
02	Parecer da Fiscalização	13/10/2014	Fernando Fagundes	F.F





ESTUDOS DE ALTERNATIVAS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS DO TRECHO BAIXO DO RIO CAÍ/RS ESTUDOS DE ALTERNATIVAS DE INTERVENÇÃO –R7 TOMO I – MEMORIAL DESCRITIVO SEGUNDA EDIÇÃO REVISADA

ÍNDICE

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
1.1	Identificação do Contrato de Prestação de Serviços.....	2
1.2	Objetivos e Escopo dos Estudos e Planejamentos	2
1.3	Breve Caracterização da Área de Estudo	3
1.4	Forma de Apresentação dos Relatórios.....	8
1.5	Diagrama de Programação dos Trabalhos.....	9
1.6	Conteúdo do Relatório dos Estudos de Alternativas de Intervenção– R7 – Tomo I (Memorial Descritivo) – Segunda Edição Revisada	12
2	INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS CONSIDERADAS	13
2.1	Base Cartográfica.....	14
2.2	Modelagem Hidrodinâmica	17
2.3	Estudos e Referências Técnicas Existentes e Disponíveis	17
3	CONCEPÇÃO DAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO.....	19
3.1	Proposição de Medidas Estruturais a Serem Estudadas.....	20
3.1.1	Montenegro.....	33
3.1.2	São Sebastião do Caí	37
3.1.3	Harmonia	40
3.1.4	Parei Novo	42
3.2	Consideração de Medidas Não-Estruturais para Mitigação de Inundações.....	44
3.2.1	Considerações Gerais	44
3.2.2	Zoneamento da Passagem de Cheias para Definição de Restrições de Ocupação nos Planos Diretores de Desenvolvimento.....	45
3.2.3	Sistema de Controle e Alerta Contra Enchentes	49
3.2.4	Adoção de Seguro para Riscos de Inundações	53
4	SIMULAÇÕES HIDROLÓGICAS DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO DAS ALTERNATIVAS	60
4.1	São Sebastião do Caí.....	61
4.2	Montenegro	64
4.3	Harmonia	69
4.4	Parei Novo	74
4.5	Síntese das Simulações das Alternativas de Intervenções	77
5	ESTIMATIVA DE CUSTOS DAS ALTERNATIVAS DE INTERVENÇÃO.....	81
6	EQUIPE TÉCNICA.....	85
6.1	Relação da Equipe Técnica	86
6.2	Organograma Funcional da Equipe Técnica.....	86
7	ANEXOS.....	89



RELAÇÃO DE QUADROS E FIGURAS



RELAÇÃO DE QUADROS

Quadro 1.1: Relatórios a Serem Apresentados.....	8
Quadro 2.1: Fonte, Identificação do Conteúdo e Análise Crítica de Aproveitamento das Informações Consultadas.....	18
Quadro 3.1: Características técnicas das estruturas de transposição de vazões de Montenegro.....	34
Quadro 3.2: Características técnicas das estruturas de transposição de vazões de São Sebastião do Caí – Dique da Margem Esquerda	38
Quadro 3.3: Características técnicas das estruturas de transposição de vazões de São Sebastião do Caí – Dique da Margem Direita	39
Quadro 3.4: Características técnicas das estruturas de transposição de vazões de Harmonia	41
Quadro 3.5: Características técnicas das estruturas de transposição de vazões de Pareci Novo	43
Quadro 3.6: Características técnicas da estrutura de transposição de vazões das localidades de Matiel/Bananal/Várzea	44
Quadro 3.6: Situações de alerta	51
Quadro 4.1: Níveis de Água para Cheia (TR=100anos) nos Municípios para os Cenários Atual e com as Alternativas de Proteção – simulação integrada das alternativas.....	77
Quadro 4.2: Níveis de Água de Cheia (TR=100anos) Alcançados nos Municípios para os Cenários Atual e com Alternativa de Proteção Considerada – Dique em Harmonia.....	78
Quadro 4.3: Níveis de Água de Cheia (TR=100anos) Alcançados nos Municípios para os Cenários Atual e com Alternativa de Proteção Considerada – Dique em São Sebastião do Caí.	78
Quadro 4.4: Níveis de Água de Cheia (TR=100anos) Alcançados nos Municípios para os Cenários Atual e com Alternativa de Proteção Considerada– Dique em Pareci Novo. .	78
Quadro 4.5: Níveis de Água de Cheia (TR=100anos) Alcançados nos Municípios para os Cenários Atual e com Alternativa de Proteção Considerada– Dique e Corta-rio em Montenegro.....	78
Quadro 4.6: Níveis de Água de Cheia (TR=100anos) Alcançados nos Municípios para os Cenários Atual, com Alternativa de Proteção Individual Local e nos Outros Municípios Integrada (todas as alternativa).....	79
Quadro 5.1: Custos unitários dos serviços considerados.....	83
Quadro 5.2: Resumo Geral da Orçamentação	84
Quadro 6.1: Relação da Equipe Técnica.....	86
Quadro 7.1: Vazões e cotas características para diversos tempos de recorrência no km 56,8 (Passo Montenegro) e km 53 (Montenegro).....	134
Quadro 7.2: Níveis em Montenegro sem e com canal extravasor e redução para vários tempos de recorrência	134
Quadro 7.3: Opinião dos Participantes sobre o Controle das Cheias.....	138
Quadro 7.4: Medidas para Controlar das Cheias	138
Quadro 7.5: Medidas Estruturais que podem ser Adotadas	138
Quadro 7.6: Outras Medidas de Prevenção	138

RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura 1.1: Localização da Área de Interesse	4
Figura 1.2: Hidrografia da Bacia Hidrográfica do Rio Caí	5
Figura 1.3: Trecho sinuoso do Rio Caí próximo a Montenegro (Fonte: Google Maps, 2012) .	6
Figura 1.4: Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Caí	7
Figura 1.5: Cronograma Físico de Atividades Atualizado	10
Figura 1.6: Fluxograma Geral de Atividades	11
Figura 2.1: Área com Base Topo-Cartográfica	15
Figura 2.2: Localização das Seções Topobatimétricas	16
Figura 3.1: Alternativas técnicas de intervenção: Reservatórios de Laminação	24
Figura 3.2: Esboço das Alternativas de Intervenção Propostas para Montenegro.....	25
Figura 3.3: Esboço das Alternativas de Intervenção Propostas para São Sebastião do Caí	27
Figura 3.4: Esboço das Alternativas de Intervenção Propostas para a RS-124.....	28
Figura 3.5: Esboço das Alternativas de Intervenção Propostas para Harmonia	29
Figura 3.6: Esboço das Alternativas de Intervenção Propostas para Pareci Novo	31
Figura 3.7: Esboço das Alternativas de Intervenção Propostas para as localidades de Matiel, Bananal e Várzea.....	32
Figura 3.8: Seção transversal com destaque para o trecho de rebaixamento da calha.....	39
Figura 3.9: Relação entre risco, tempo de retorno e horizonte de planejamento.....	46
Figura 3.10: Faixas de inundação para regulamentação da zona inundável (Fonte: Tucci, 1993 – Hidrologia: Ciência e Aplicação).....	48
Figura 3.11: Esquema Simplificado do Sistema de Monitoramento e Previsão. (Fonte: Pedrollo et al, 2011)	50
Figura 3.12: Perdas Provocadas por Inundações (Com Seguro e Sem Seguro)Fonte:World Bank-GFDRR DRFI Program (2012)	53
Figura 3.13: Mapa Mundial de Susceptibilidades de Perdas por Inundação Fonte: Swiss Re	53
Figura 3.14: Fluxograma de Gestão de Riscos de Desastres Fonte: World Bank-GFDRR DRFI Program (2012).....	54
Figura 3.15: Fluxograma de Ações Governamentais para Criação de Mercado de Seguros Contra Desastres	54
Figura 3.16: Fluxograma para Política de Introdução Sustentável de Seguros e Financiamentos de Riscos de Desastres (DRFI).....	55
Figura 3.17: Prática do Seguro Contra Cheias nos Países Desenvolvidos	56
Figura 4.1: Implementação das medidas de proteção no modelo HEC-RAS para São Sebastião do Caí.....	61
Figura 4.2: Comparação entre os níveis calculados alcançados pela cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Simulados: (a) Atual, (b) Medida de Proteção – Dique, (c) Medida de Proteção – Rebaixamento de fundo e (d) Medida de Proteção – Dique + Rebaixamento de fundo – Município de São Sebastião do Caí – Trecho de extensão do Dique	63



Figura 4.3: Comparação entre os perfis longitudinais de velocidade média para uma cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Atual e com Alternativas de Proteção – Município de São Sebastião do Caí – Trecho de extensão do Dique	63
Figura 4.4: Implementação das medidas de proteção no modelo HEC-RAS para Montenegro	65
Figura 4.5: Comparação entre os níveis calculados alcançados pela cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Simulados: (a) Atual, (b) Alternativa de Proteção – Dique junto à cidade e (c) Medida de Proteção – Corta-rio – Município de Montenegro – Trecho do Meandro.....	66
Figura 4.6: Comparação entre os perfis longitudinais de velocidade média para uma cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Atual e com Alternativas de Proteção – Município de Montenegro – Trecho do Meandro, junto à sede urbana de Montenegro	67
Figura 4.7: Comparação entre os níveis calculados alcançados pela cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Simulados: (a) Atual e (b) Medida de Proteção – Corta-rio + Dique – Município de Montenegro – Trecho do dique a montante do Corta-rio	68
Figura 4.8: Comparação entre os perfis longitudinais de velocidade média para uma cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Atual e com Medida de Proteção – Município de Montenegro – Trecho entre o dique (a montante do corta-rio – seção 55027) e Harmonia (seção 85717).....	68
Figura 4.9: Implementação das medidas de proteção no modelo HEC-RAS para Harmonia	70
Figura 4.10: Comparação entre os níveis calculados alcançados pela cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Simulados: (a) Atual, (b) Alternativa de Proteção – Dique e (c) Alternativa de Proteção – Corta-rio – Município de Harmonia – Trecho Dique Norte ...	71
Figura 4.11: Comparação entre os perfis longitudinais de velocidade média para uma cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Atual e com Alternativa de Proteção – Município de Harmonia – Trecho Dique Norte.....	72
Figura 4.12: Comparação entre os níveis calculados alcançados pela cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Simulados: (a) Atual, (b) Medida de Proteção – Dique e (c) Medida de Proteção – Corta-rio – Município de Harmonia – Trecho Dique Sul.....	73
Figura 4.13: Comparação entre os perfis longitudinais de velocidade média para uma cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Atual e com Medida de Proteção – Município de Harmonia – Trecho Dique Sul	73
Figura 4.14: Implementação das medidas de proteção no modelo HEC-RAS para Pareci Novo	75
Figura 4.15: Comparação entre os níveis calculados alcançados pela cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Simulados: (a) Atual e (b) Medida de Proteção – Dique – Município de Pareci Novo – Trecho de extensão do Dique	76
Figura 4.16: Comparação entre os perfis longitudinais de velocidade média para uma cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Atual e com Medida de Proteção – Município de Pareci Novo – Trecho de extensão do Dique	77
Figura 4.17: Alteração nos níveis da água da cheia centenária devido a implantação do conjunto das alternativas estruturais	80
Figura 6.1: Organograma da Equipe Técnica	88
Figura 7.1: Medidas Estruturais Sugeridas na 1ª Consulta Pública.....	139



1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS



1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Apresentam-se, inicialmente, considerações a respeito do contrato que orienta a execução do presente trabalho, dos objetivos e escopo dos estudos e planejamentos efetuados, da forma de edição dos relatórios que apresentam os resultados do trabalho e, ainda, a respeito do conteúdo do presente relatório, relativo aos Estudos de Alternativas de Intervenção – R7.

1.1 Identificação do Contrato de Prestação de Serviços

O presente trabalho decorre do contrato firmado com a Secretaria de Obras Públicas, Irrigação e Desenvolvimento Urbano - SOP, constante do Processo Administrativo nº 000463-22.00/12-2, Tomada de Preços nº 186/CELIC/2012, objetivando a “Elaboração de Serviço de Consultoria Relativo ao Estudo de Alternativas para a Minimização do Efeito das Cheias do Trecho Baixo do rio Caí”.

Os principais dados, informações e condições que permitem caracterizar o referido contrato de prestação de serviços de consultoria são os seguintes:

- Modalidade/Identificação da Licitação: Tomada de Preços Nº 186/CELIC/2012;
- Processo Administrativo: Expediente Nº 000463-22.00/12-2;
- Data da Licitação: 14/01/2013;
- Prazo de Execução dos Serviços: 10 meses;
- Valor do Contrato: R\$ 1.402.416,87;

Com base nas cláusulas e condições do referido contrato e de seu Anexo IV: Termos de Referência, é que se desenvolvem as atividades, estudos e planejamento que visam à “Elaboração de Serviço de Consultoria Relativo ao Estudo de Alternativas para a Minimização do Efeito das Cheias do Trecho Baixo do rio Caí”.

1.2 Objetivos e Escopo dos Estudos e Planejamentos

O objeto da presente trabalho é a elaboração dos “Serviços de Consultoria Relativos ao Estudo de Alternativas para Minimização do Efeito das Cheias do Trecho Baixo do Rio Caí”, dado que esta região tem sofrido frequentemente com as inundações, as quais acarretam danos materiais, diminuição da qualidade de vida da população e até perdas de vidas humanas. Os municípios de interesse para o estudo são aqueles cujas áreas urbanas localizam-se ao longo do curso do rio Caí, em sua porção mais baixa são: Harmonia, Montenegro, Pareci Novo e São Sebastião do Caí.

Trata-se de um trabalho multidisciplinar que envolve conhecimentos de planejamento regional, ambiental e de recursos hídricos, aerofotogrametria, topobatimetria, hidrologia e obras hidráulicas, mobilização social, entre outros.

A definição das atividades a serem desenvolvidas foi realizada com base nos aspectos mencionados anteriormente e nos objetivos dos trabalhos. Tais objetivos devem servir como balizadores para a elaboração dos estudos e são os seguintes:

- Avaliar detalhadamente o problema das cheias no trecho baixo do Rio Caí com vistas à proposição de soluções para o problema;
- Obtenção de alternativas de intervenção ambientalmente e economicamente viáveis para a minimização dos efeitos das cheias do Rio Caí, mediante a apropriação do conhecimento local e a melhor técnica disponível;
- Fomentar a participação das comunidades envolvidas no desenvolvimento do estudo, considerando o Comitê Caí como o principal interlocutor na região, bem como levantar a opinião e percepção da população sobre o tema.



Esses, em suma, são os objetivos e o escopo do presente trabalho que, como ficou evidenciado, deve ser desenvolvido em estreita colaboração com as comunidades, de forma a que o seu resultado expresse claramente o desejo social.

1.3 Breve Caracterização da Área de Estudo

De acordo com a subdivisão hidrográfica do Sistema Estadual de Recursos Hídricos, a bacia do rio Caí está inserida na região hidrográfica do Guaíba, a qual é composta por outras oito bacias hidrográficas: Lago Guaíba, Gravataí, Sinos, Taquari-Antas, Baixo Jacuí, Pardo, Vacacaí, Vacacaí-Mirim e Alto Jacuí. A região abriga cerca de 70% da população do estado do Rio Grande do Sul e sua área é de, aproximadamente, 85.000 km² o que corresponde a cerca de 30% da área do estado. Estes dados deixam claro que há uma considerável concentração populacional na região hidrográfica do Guaíba.

A bacia hidrográfica do rio Caí está situada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, aproximadamente, na área compreendida pelos paralelos e meridianos 29°06" e 30°S, e 50°24" e 51°40" W. Esta bacia limita-se a oeste e a norte com a bacia Taquari-Antas, ao sul com a bacia do Baixo Jacuí e a oeste com a bacia do Sinos. A área de drenagem da bacia do Rio Caí é de 4.983,38 km². A população estimada é de 537.658 habitantes assim distribuída: 82,5% em área urbana e 17,5% em área rural. Esta população corresponde a 5% da população total do estado do Rio Grande do Sul (PROFILL, 2008).

A bacia do rio Caí abrange, integral ou parcialmente 42 municípios gaúchos. Destes, são de interesse para o presente estudo, aqueles situados na parte baixa da bacia, em especial, os que possuem as áreas urbanas localizadas às margens do rio Caí: Harmonia, São Sebastião do Caí, Pareci Novo e Montenegro.

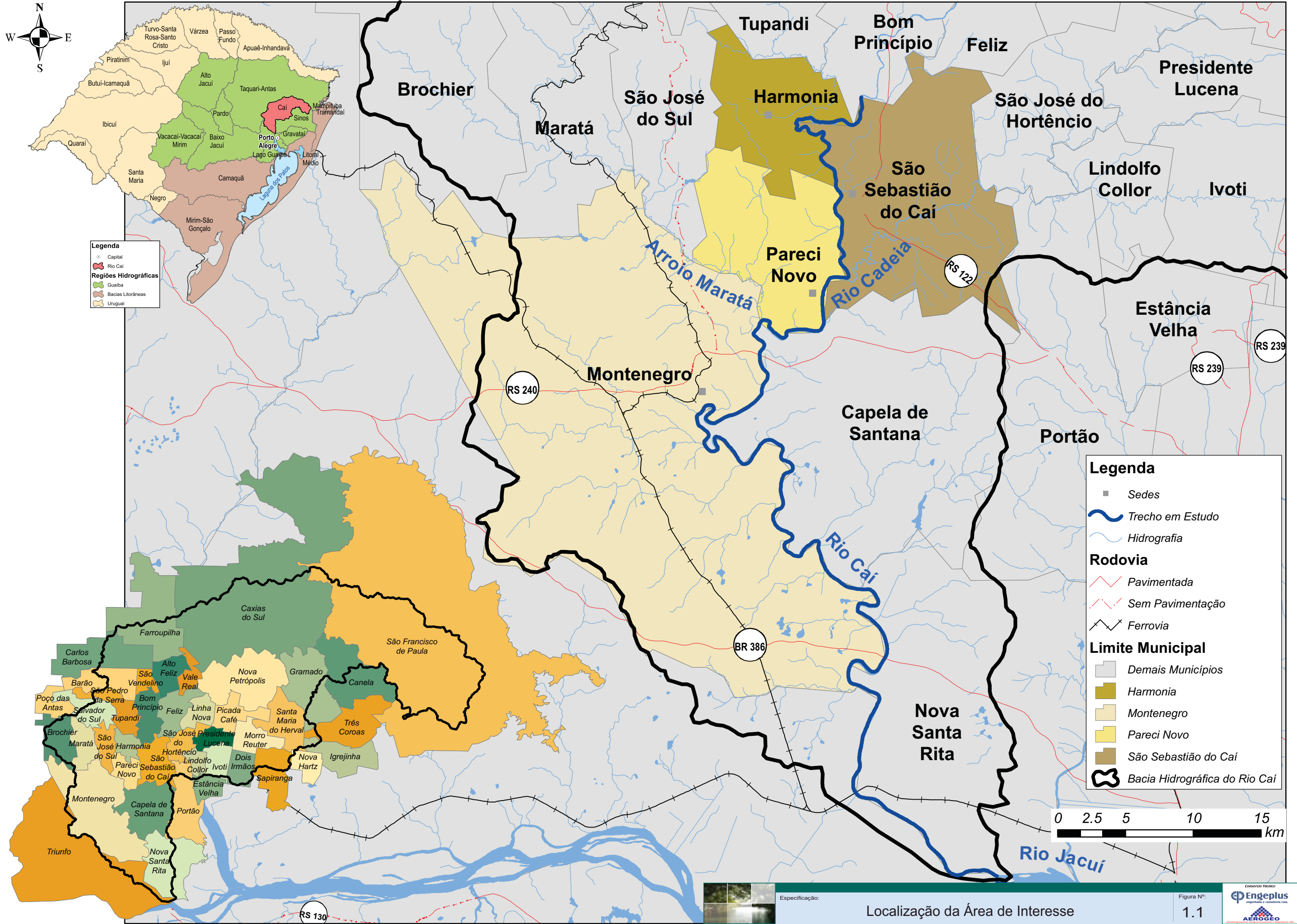
O município de Harmonia está localizado nas proximidades do limite entre o médio e o baixo curso do rio Caí, estando a área urbana às margens deste rio, nas coordenadas geográficas 29.54°S e 51.42°W. A área do município é de cerca de 45 km², onde se distribui uma população de 4.254 habitantes. Destes, 58% residem na área urbana (IBGE, 2010).

O município de São Sebastião do Caí está situado nas coordenadas geográficas 29°35 "S e 51°23 "W, às margens do rio Caí, no limite entre o médio e o baixo curso do rio. A área do município é de 111,45 km² e a população residente é de 21.944 habitantes, dos quais, aproximadamente, 80% estão domiciliados na área urbana (IBGE, 2010).

Pareci Novo é um município situado ao longo do curso do rio Caí, entre São Sebastião do Caí e Montenegro, cujo território abrange uma área de, aproximadamente, 57 km². Sua sede encontra-se nas coordenadas geográficas 29.63°S e 51.39°W, sua população é de 3.511 habitantes, dos quais 28% residem na área urbana (IBGE, 2010).

Em direção à jusante, o município de Montenegro localiza-se nas coordenadas 29°41 "S e 51°28 "W, já no baixo curso do rio Caí. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sua área é de 420km² e a população residente em 2010 era de 59.436 habitantes. Destes, cerca de 90% residem na área urbana do município. A Figura 1.1 apresenta a localização da área de interesse.

A Figura 1.2 apresenta a hidrografia da bacia do Caí. Os principais cursos d'água são: rio Caí, que é o principal rio da bacia; rio Cadeia; e os arroios Forromeco e Maratá. Próximo à foz do rio Caí, na confluência com o rio Jacuí, existem extensas áreas de banhados, numa região conhecida como Delta do Jacuí. O rio Caí possui três barragens, que integram o Sistema Salto, as quais regulam em certo grau o regime fluvial.

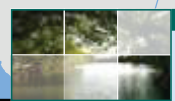
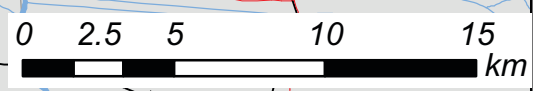


Legenda

- Capital
- Rio Cai
- Regiões Hidrográficas
 - Guaíba
 - Bacias Litorâneas
 - Uruguai

Legenda

- Sedes
- Trecho em Estudo
- Hidrografia
- Rodovia
 - Pavimentada
 - Sem Pavimentação
- Ferrovia
- Limite Municipal
 - Demais Municípios
 - Harmonia
 - Montenegro
 - Pareci Novo
 - São Sebastião do Caí
 - Bacia Hidrográfica do Rio Cai



Especificação:

Localização da Área de Interesse

Figura Nº:
1.1



O Sistema Salto é constituído de 3 barragens no trecho superior da bacia do Caí, cuja função única é a regularização das vazões para a geração de energia na bacia do Rio dos Sinos, através de uma transposição de vazões para o Rio Paranhana. São elas: a Barragem do Salto, inaugurada em 1952, a Barragem do Blang, inaugurada em 1957, e a Barragem Divisa, inaugurada em 1960. As duas primeiras encontram-se no Rio Santa Cruz, principal afluente do Caí, e a última encontra-se no Arroio da Divisa, que deságua na Barragem do Blang.

O rio Caí possui comprimento aproximado de 208,5 km, enquanto a distância entre seus pontos extremos é de 89,1km, o que confere ao rio um considerável índice de sinuosidade: 2,34. Esta sinuosidade é facilmente percebida quando se observa o rio Caí em uma imagem de satélite, como a Figura 1.3.

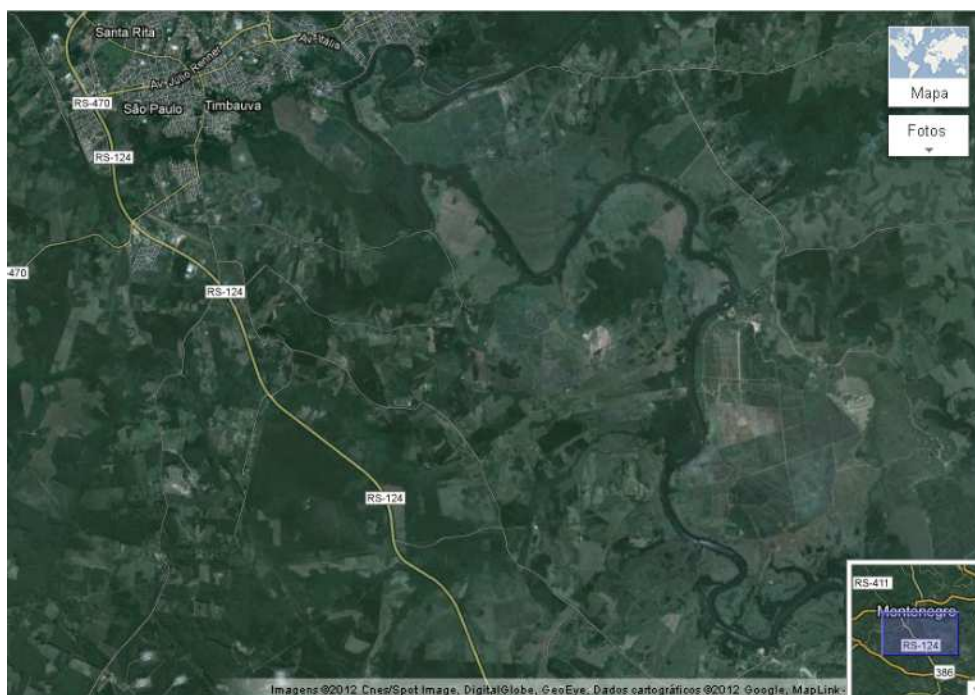
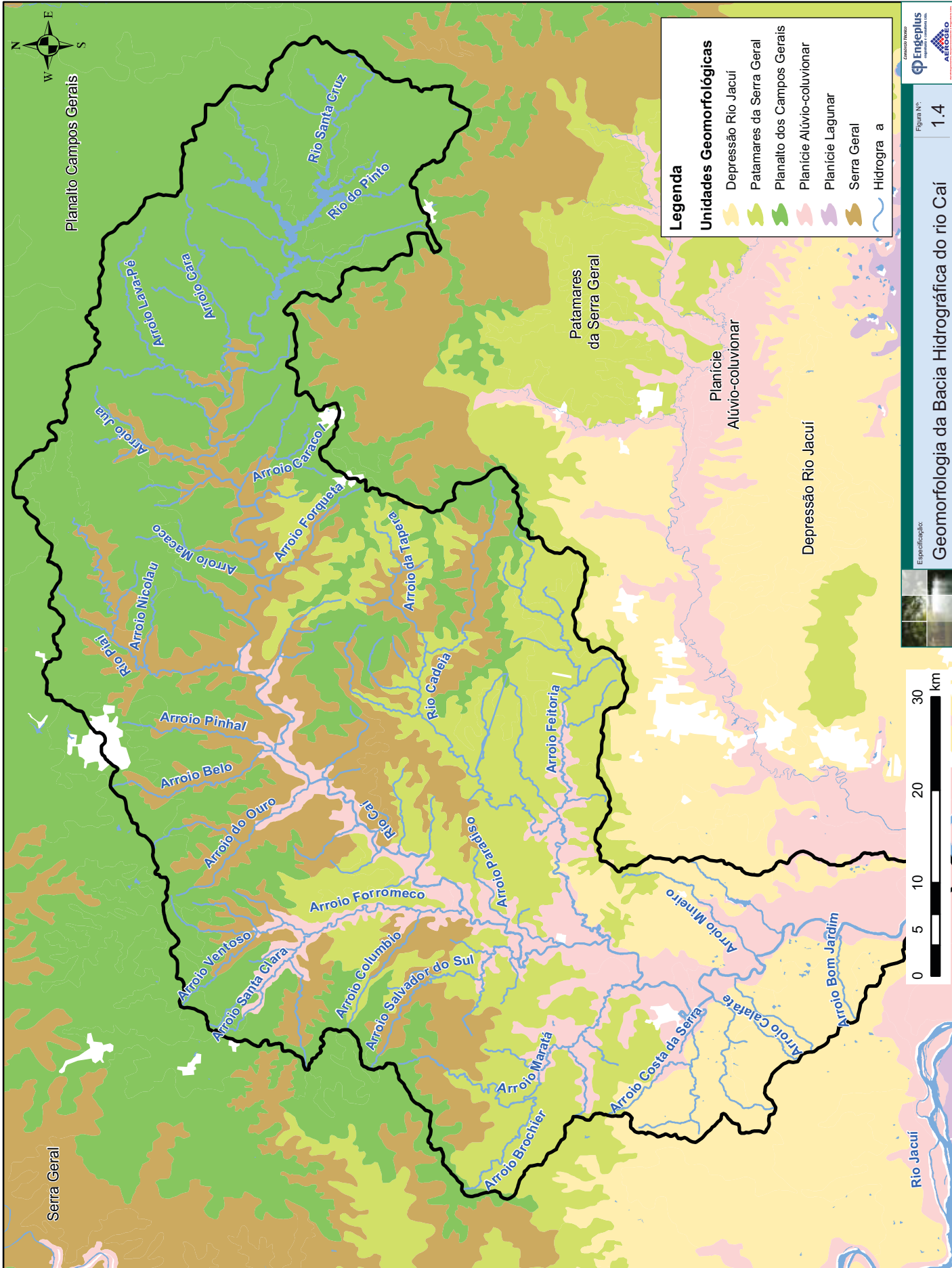


Figura 1.3: Trecho sinuoso do Rio Caí próximo a Montenegro (Fonte: Google Maps, 2012)

A densidade de drenagem na bacia é de 1,1 km por km², indicando que a bacia é mal drenada devido à elevada permeabilidade do solo. A bacia hidrográfica do rio Caí apresenta uma elevada amplitude altimétrica, sendo que a altitude média é de 457m e a máxima é de 1.027m registrada no Planalto da bacia do Paraná. As áreas mais elevadas estão localizadas na porção nordeste da bacia, enquanto as mais baixas estão a sudoeste, indicando também a direção preferencial dos rios.

A área da bacia também possui declividades elevadas nas escarpas do planalto. Uma das sub-bacias com maior declividade é a do arroio Forromeco, com aproximadamente 23,2%, o que garante maior velocidade ao escoamento da água durante as chuvas. De maneira genérica, os vales da bacia hidrográfica do rio Caí possuem de médio à forte entalhamento, em especial no curso médio do rio Caí e nos afluentes que deságuam nesse trecho do rio.

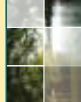
Em relação ao relevo da bacia, de acordo com a classificação proposta por Ross (1985; 2006), a bacia hidrográfica do rio Caí localiza-se em duas grandes unidades geomorfológicas: Planalto e Chapadas da bacia do Paraná; e Depressão Central (Depressão Periférica sul-rio-grandense). Esta última trata-se de uma área onde prevalecem relevos esculpidos sobre rochas areníticas. As áreas mais baixas da bacia, as várzeas dos principais cursos d' água, estão inseridas nesse compartimento. A litologia predominante no trecho em estudo é composta por arenitos finos, e os principais tipos de solo são os argissolos, planossolos e luvisolos. A Figura 1.4 apresenta o mapa geomorfológico.



Legenda

Unidades Geomorfológicas

- Depressão Rio Jacuí
- Patamares da Serra Geral
- Planalto dos Campos Gerais
- Planície Alúvio-colúvionar
- Planície Lagunar
- Serra Geral
- Hidrografia





A região da bacia localizada na Depressão Central possui temperatura média anual de 19,4°C. Apenas de novembro a março a temperatura média mensal ultrapassa os 20°C. A precipitação média anual oscila entre 1.300 e 1.800mm, de acordo com os microclimas locais. A porção da bacia caracterizada por altitudes mais elevadas possui temperaturas mais amenas e maior volume de chuva. A temperatura média anual é de 16°C, sendo que apenas dois meses registram temperatura média superior a 20°C. Nestas áreas, a precipitação média anual varia entre 1.800 e 2.500mm.

De acordo com os dados do Instituto Nacional de Meteorologia, o período compreendido entre junho e setembro corresponde aos meses com a maior precipitação do ano nas proximidades da bacia hidrográfica do rio Caí. A média de precipitação nesses meses oscila entre 120 e 140 mm. Os meses menos chuvosos são abril e maio, com média em torno de 90 mm (INMET, 2009).

1.4 Forma de Apresentação dos Relatórios

Tendo em vista o caráter multidisciplinar do estudo e as várias etapas de conteúdo técnico específico que o mesmo está dividido, a apresentação dos resultados foi programada através de relatórios editados com denominação e codificação representativas de seu conteúdo, a saber:

- R's: Relatórios Técnicos que abordam a elaboração de assuntos específicos;
- RF: Relatório Final, contendo o resumo técnico dos estudos realizados e o melhor cenário de intervenção para a minimização do problema das cheias no baixo rio Caí.

Assim, os resultados do trabalho estarão consolidados nos relatórios relacionados no quadro a seguir.

Quadro 1.1: Relatórios a Serem Apresentados

Codificação	Conteúdo/Título	Data Prevista
R1	Plano Geral de Trabalho	24/10/2013*
R2	Cobertura Aérea e Topobatimetria	28/11/2013*
R3	Apoio Terrestre e Aerotriangulação Digital	27/01/2014*
R4	Produtos Finais da Aerofotogrametria e Topobatimetria	24/03/2014*
R5	Estudos Hidrológicos	24/03/2014*
R6	Simulações Hidrológicas e Mapas de Inundações	10/06/2014*
R7	Estudos de Alternativas de Intervenção	14/07/2014*
R8	Estudo de Viabilidade e Hierarquização das Alternativas	03/09/2014*
R9	Consultas Públicas	24/09/2014*
RF	Estudos e Soluções Recomendadas para o Problema de Cheias no Baixo Rio Caí	24/09/2014*

*Relatório entregue. Data da Emissão Inicial.

Através desses relatórios estarão disponibilizadas todas as informações técnicas, socioeconômicas, ambientais e os planejamentos efetuados para o trecho do baixo rio Caí.



1.5 Diagrama de Programação dos Trabalhos

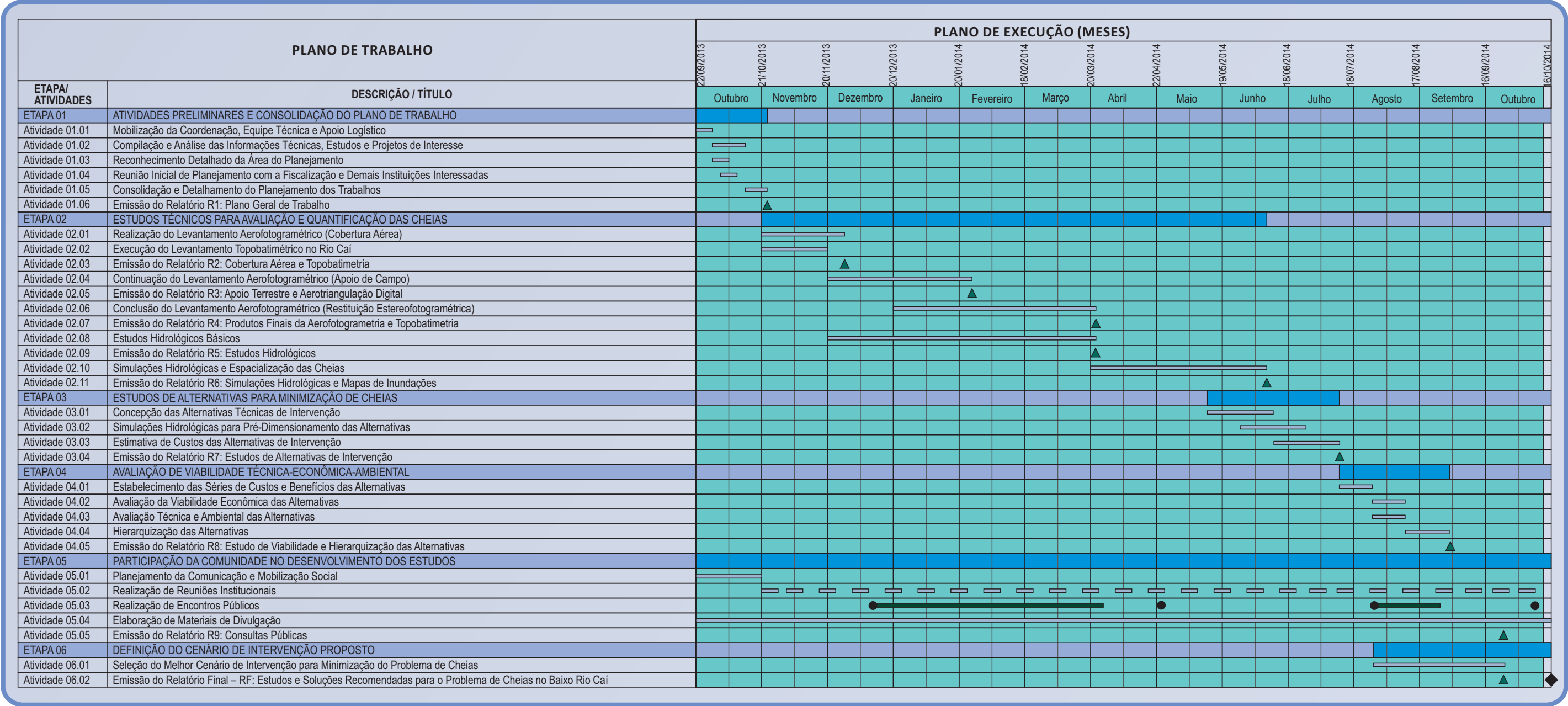
O Cronograma Físico (Figura 1.5) demonstra os prazos parciais e totais a serem cumpridos no desenvolvimento do trabalho, conforme as etapas de execução, indicando ainda as datas de entrega dos produtos (relatórios). O Cronograma Físico foi atualizado em junho de 2014, com vistas a demonstrar a realidade do andamento dos estudos, incorporando um aditamento de prazo de 90 dias.

As atividades e produtos serão elaborados ao longo de 13 (treze) meses, gerando produtos intermediários que correspondem aos resultados alcançados nos blocos metodológicos previstos.

Ao longo dos meses, procura-se otimizar os resultados de uma atividade em relação à(s) outra(s) dependente(s), distribuindo-as de maneira a cumprir os prazos. Como procedimento de trabalho, foram estabelecidas reuniões semanais com a Fiscalização, de forma a possibilitar o acompanhamento sistemático dos trabalhos e resultados.

O Fluxograma Geral de Trabalho (Figura 1.6) demonstra, de forma esquemática, as inter-relações e a sequência lógica das atividades técnicas a serem desenvolvidas no Estudo de Alternativas para Minimização do Efeito das Cheias do Baixo Cai.

Cronograma Físico de Atividades Atualizado



Legenda:

- Realizado
- Duração das Etapas
- Duração das Atividades Principais
- Reuniões/Encontros Públicos
- Consultas Públicas
- Emissão/Entrega de Produtos/Relatórios
- Emissão/Entrega do Encarte Informativo

Dias	Relatório	Data
1	Início do Prazo Contratual	22/09/2013
33	R1 - Plano Geral de Trabalho	24/10/2013
68	R2 - Cobertura Aérea e Topobatimetria	28/11/2013
128	R3 - Apoio Terrestre e Aerotriangulação Digital	27/01/2014
184	R4 - Produtos Finais da Aerofotogrametria e Topobatimetria	24/03/2014
184	R5 - Estudos Hidrológicos	24/03/2014
262	R6 - Simulações Hidrológicas e Mapas de Inundações	10/06/2014
296	R7 - Estudos de Alternativas de Intervenção	14/07/2014
347	R8 - Estudo de Viabilidade e Hierarquização das Alternativas	03/09/2014
368	R9 - Consultas Públicas	24/09/2014
368	RF - Estudos e Soluções Recomendadas para o Problema de Cheias no Baixo Rio Cai	24/09/2014
390	Encarte Informativo	16/10/2014

Figura Nº: **1.5**

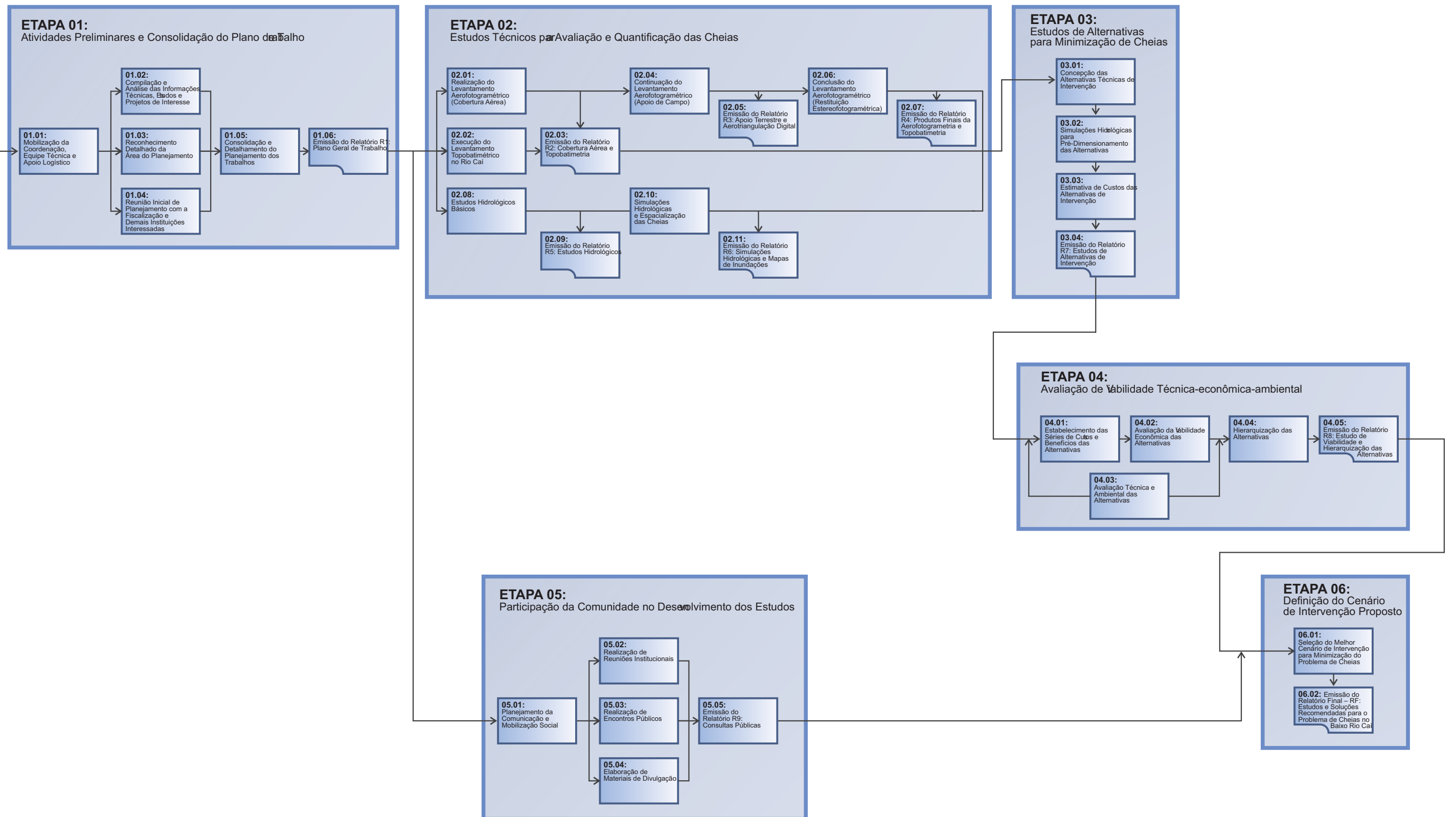
Cronograma Físico de Atividades Atualizado

Consórcio Técnico

Engeplus
engenharia e consultoria ltda.

AEROGEO
Aerofotogrametria e Topografia

Ordem de Serviço





1.6 Conteúdo do Relatório dos Estudos de Alternativas de Intervenção– R7 – Tomo I (Memorial Descritivo) – Segunda Edição Revisada

O presente relatório objetiva apresentar os Estudos de Alternativas de Intervenção, com vistas a atender o Termo de Referência do Estudo de Alternativas para a Minimização do Efeito das Cheias do Trecho Baixo do rio Caí (Etapa 03) e o parecer da fiscalização do contrato.

O presente relatório, fora estas considerações iniciais, apresenta o seguinte conteúdo:

- **Informações Disponíveis Consideradas**, abrangendo aquelas informações diretamente necessárias à elaboração dos estudos, a saber: base cartográfica, modelagem hidrodinâmica e estudos e referências técnicas existentes e disponíveis.
- **Concepção das Alternativas Técnicas de Intervenção**, abrangendo medidas estruturais para as quatro áreas urbanas objeto deste contrato (Montenegro, São Sebastião do Caí, Harmonia e Pareci Novo) e medidas não estruturais para o trecho em estudo, incluindo o mapeamento de áreas inundadas e sistema de alerta contra cheias.
- **Simulações Hidrológicas para Pré-Dimensionamento das Alternativas**, utilizando o modelo hidrodinâmico desenvolvido para este estudo (relatório R6), foram determinados o níveis das cheias e suas recorrências para o pré-dimensionamento das alternativas e simulados os impactos de cada intervenção.
- **Estimativa de Custos das Alternativas de Intervenção**, com base no pré-dimensionamento, quantificação e orçamentação.
- **Anexos**, onde estão apresentados os elementos que complementam o presente relatório.

Em termos de Atividades do Plano de Trabalho, este Relatório 7 abrange:

- Atividade 03.01 – Concepção das Alternativas Técnicas de Intervenção
- Atividade 03.02 – Simulações Hidrológicas para Pré-Dimensionamento das Alternativas
- Atividade 03.03 – Estimativa de Custos das Alternativas de Intervenção
- Atividade 03.04- Emissão do Relatório R7: Estudo de Alternativas de Intervenção.

No Tomo II (Peças Gráficas) apresentam-se os desenhos que complementam o conteúdo do presente relatório.



2 INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS CONSIDERADAS



2 INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS CONSIDERADAS

Para o estudo das alternativas de intervenções, foram consideradas três fontes básicas de informações: a base cartográfica produzida especificamente (no âmbito deste contrato de consultoria) para o presente estudo; os resultados da modelagem hidrodinâmica; e os estudos e referências técnicas existentes e disponíveis.

2.1 Base Cartográfica

Como subsídio inicial e essencial ao presente estudo, foi realizada restituição aerofotogramétrica ao longo do baixo trecho do rio Caí, abrangendo duas faixas com larguras distintas, conforme estabelecido nos Termos de Referência e documentos contratuais:

- Para os primeiros 40 km (em linha reta e partindo da foz), foi restituída faixa com largura de 500m para cada lado do rio Caí; e
- Para os seguintes 40 km, foi restituída faixa com largura de 1.500m para cada lado do rio Caí.

Assim, o trecho em questão localiza-se da foz do rio Caí à, aproximadamente, a rodovia RS-122, que atravessa o rio logo a jusante de Bom Princípio. Importante destacar que no primeiro segmento (de jusante), a faixa restituída mostrou-se insuficiente para atingir as cotas de interesse, conforme configuradas nos estudos hidrológicos e na modelagem hidrodinâmica realizados. Essa situação consistiu em uma restrição técnica à referida modelagem.

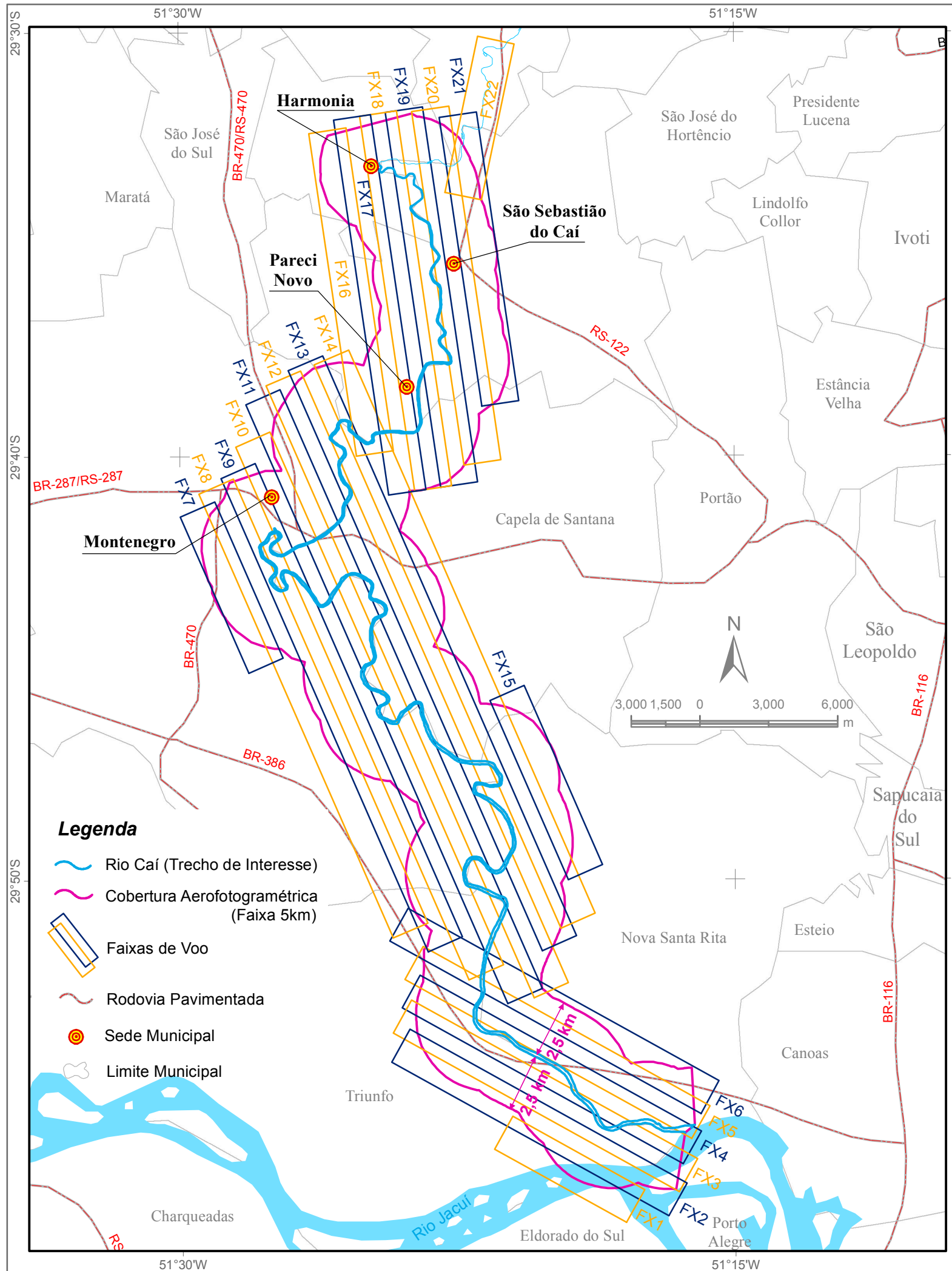
Igualmente, foi realizado levantamento topobatimétrico da calha do rio, neste trecho. Para tanto, foram levantadas 28 seções transversais, definidas conforme as necessidades do modelo hidrodinâmico utilizado e acordadas com a Fiscalização.

A Figura 2.1 apresenta a área objeto dos serviços topobatimétricos e de restituição aerofotogramétrica, indicando a cobertura aérea. Na Figura 2.2 é apresentada a localização das seções topobatimétricas.

Esses dois produtos topo-cartográficos foram integrados de forma a possibilitar a configuração do terreno (modelo numérico do terreno) considerado na modelagem hidrodinâmica realizada na etapa anterior deste trabalho.

A restituição aerofotogramétrica, na escala 1:2.000 e com curvas de nível a cada metro, foi a base cartográfica para o presente estudo de alternativas de intervenções. Cumpre salientar que essa base cartográfica apresenta precisão adequada ao presente estudo, no que se refere às informações altimétricas para simulação dos níveis de cheias, demarcações das cotas inundadas para diversas recorrências, bem como para a quantificação das áreas afetadas pelas cheias. Ademais de fornecer as imprescindíveis informações planialtimétricas e cadastrais para o presente planejamento das obras de minimização dos impactos das cheias do rio Caí.

Os resultados dos serviços de restituição aerofotogramétrica e do levantamento topobatimétricos das seções transversais foram apresentados no Relatório Técnico R4.



Legenda

- Rio Caí (Trecho de Interesse)
- Cobertura Aerofotogramétrica (Faixa 5km)
- Faixas de Voo
- Rodovia Pavimentada
- Sede Municipal
- Limite Municipal

Dados Técnicos

Aeronave

Nome da Aeronave:	EMB 810 C- SENECA II		
Velocidade (Km/h):	220,000	Velocidade (m/s):	61,111
Teto Operacional (pés):	20000,000	Teto Ideal (pés):	18000,000
Peso Básico (Kg):	1500,000	Peso máximo Decolagem (Kg):	2100,000
Consumo (l/h):	80,000	Capacidade (l):	450,000
Autonomia (horas):	5,625	Potência (HP):	400
Tipo do Motor:	0,000		
Observações:	PILOTO: ZANETE		

Câmara

Nome da Aeronave:	50MP HASSE		
Descrição:	CAMERA HASSELBLAD	Focal (mm):	50,000
Tamanho do pixel em X (mm):	0,00600	Tamanho do pixel em Y (mm):	0,00600
Resolução em X (pixel):	8176	Resolução em Y (pixel):	6132
Tempo de Inverso de Exposição (1/s):	800		

Dados Técnicos

GSD (m):	0,2	Denominador da Escala da Carta:	33333
Altitude Média da Região (m):	5	Altura de Voo (m):	1666,667
Altitude de Voo (m):	1671,667	Altitude de Voo (pés):	5484,472
Superposição Longitudinal (%):	60,000	Superposição Lateral (%):	30,000
Tamanho da imagem no Terreno X (m):	1635,200	Tamanho da imagem no Terreno Y (m):	1226,400
Arrastamento (Pixels):	0,3819	Arrastamento (mm):	0,00229
Elipsóide de Referência:	WGS84 / SIRGAS 2000		

Faixa	Alt. Média Terreno	Altitude de Voo	
		m	pés
1	5	1.671,66	5.484,47
2	10	1.676,66	5.500,87
3	25	1.691,66	5.550,08
4	25	1.691,66	5.550,08
5	30	1.696,66	5.566,49
6	30	1.696,66	5.566,49
7	40	1.706,66	5.599,30
8	50	1.716,66	5.632,11
9	70	1.736,66	5.697,72
10	55	1.721,66	5.648,51
11	55	1.721,66	5.648,51
12	55	1.721,66	5.648,51
13	55	1.721,66	5.648,51
14	55	1.721,66	5.648,51
15	10	1.676,66	5.500,87
16	75	1.741,66	5.714,13
17	75	1.741,66	5.714,13
18	75	1.741,66	5.714,13
19	50	1.716,66	5.632,11
20	50	1.716,66	5.632,11
21	75	1.741,66	5.714,13
22	30	1.696,66	5.566,49

Escala de Voo: 1:10.000 Tamanho Pixel: 20 cm
 Área da Cobertura Aerofotogramétrica Digital: 458 km²

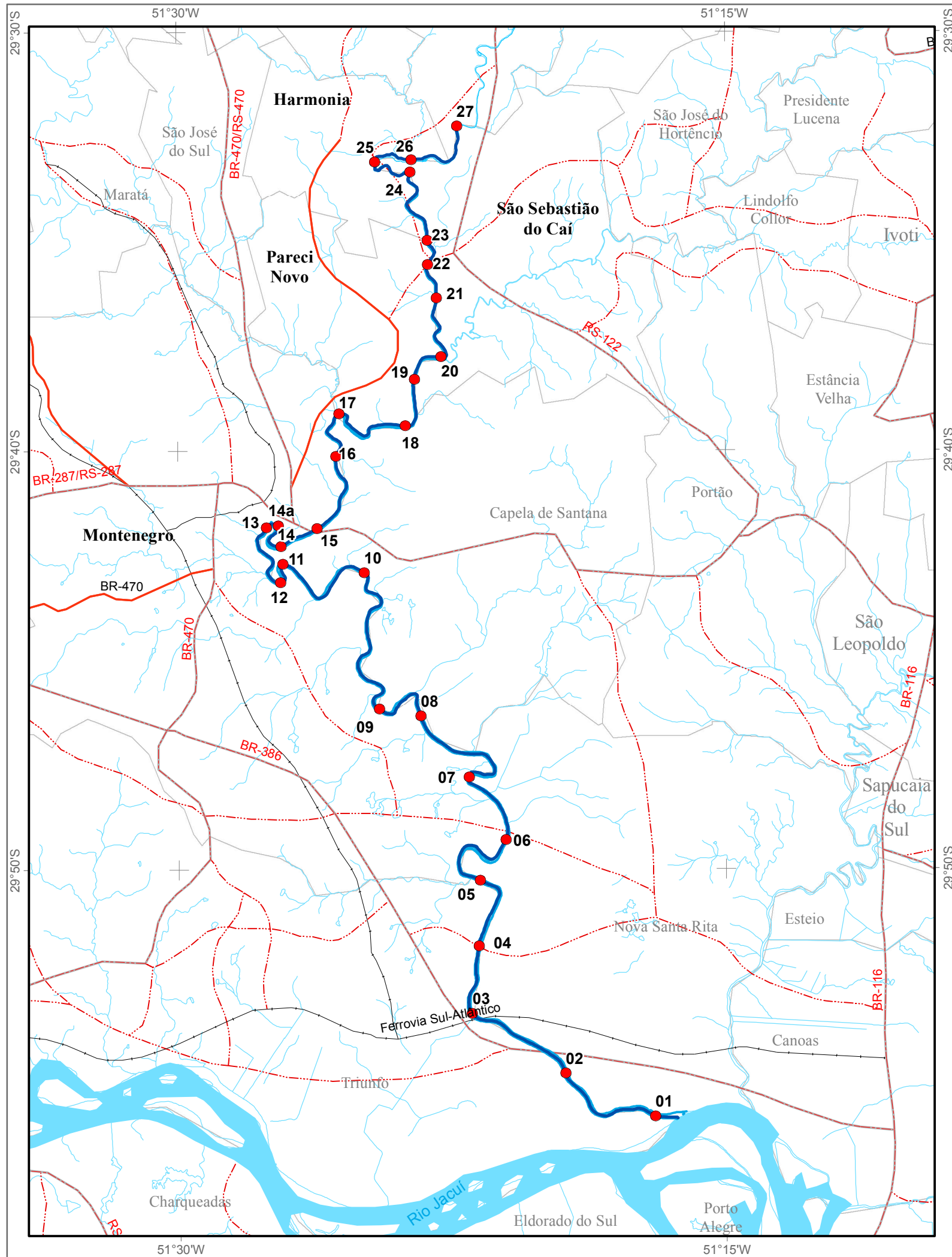


Especificação:

Plano de Voo Aerofotogramétrico - Rio Caí/RS
 Trecho entre sua foz no Rio Jacuí e a Cidade de Harmonia

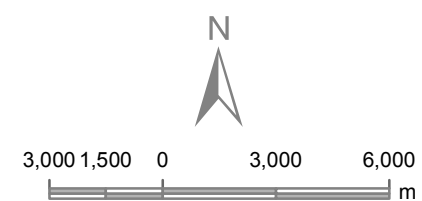
Figura Nº:
 2.1





Legenda

- Seção Topobatimétrica
- ~ Trecho de Estudo
- ~ Hidrografia
- Rodovia Pavimentada
- Rodovia Não Pavimentada
- +— Ferrovia
- - - Estrada Secundária
- Limite Municipal



Especificação:

Plano de Levantamento Topobatimétrico - Rio Caí/RS
Trecho entre sua foz no Rio Jacuí e a Cidade de Harmonia

Figura N°:

2.2



2.2 Modelagem Hidrodinâmica

Outro insumo básico para o presente estudo de alternativas de intervenção consistiu na aplicação do modelo hidrodinâmico (cujos resultados foram apresentados no Relatório Técnico R6). Através dessa modelagem, foram simuladas as seguintes situações: (i) atual, com a ocorrência das cheias associadas às recorrências previamente determinadas; e (ii) com as alternativas de intervenções previstas, mostrando as alterações na dinâmica fluvial de escoamento das cheias.

O modelo hidráulico utilizado neste trabalho foi o HEC-RAS, que é um modelo hidrodinâmico com uma interface gráfica para visualização dos resultados, desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA.

Assim, esse modelo teve por objetivo verificar a influência, sobre os níveis de água máximos do rio Caí, para diversas situações de cheias (recorrências), das alternativas propostas. Essa influência foi então analisada, juntamente com a efetividade das alternativas propostas, quanto à proteção e minimização de cheias, para as quatro cidades diretamente afetadas, que são: Harmonia, São Sebastião do Caí, Pareci Novo e Montenegro.

No capítulo 4 deste relatório são apresentados os resultados das simulações hidrodinâmicas com vistas ao pré-dimensionamento das alternativas de intervenção concebidas no capítulo 3.

2.3 Estudos e Referências Técnicas Existentes e Disponíveis

Com vistas a subsidiar a proposição e concepção de alternativas de intervenções no trecho baixo do rio Caí, foram consultados diversos estudos e referências técnicas, existentes e disponíveis, relacionados ao tema das cheias no rio Caí.

O Quadro 2.1 apresenta a relação de fontes de informações acessadas e consultadas e o conteúdo dessas fontes de informações. Essas fontes de informações foram analisadas quanto aos seus conteúdos técnicos e aproveitamento como subsídio direto aos estudos, seja no que se refere à hidrologia, seja quanto à proposição de intervenções. O quadro também apresenta os resultados dessa análise crítica.

Três fontes de informações se destacam em termos de aproveitamento como subsídio técnico:

- Planejamento Hidrológico e Estudo de Desenvolvimento Regional da Bacia do Rio Caí; Autoria: Agrar und Hydrotechnik GmbH; 1970/71.
- Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Caí; Autoria: PROFILL Engenharia e Ambiente Ltda. Contratada pelo DRH/SEMA; 2008.
- Estudo de Alternativas para Minimização do Efeito das Cheias do Trecho Baixo do Rio Caí – 1ª Consulta Pública – Resultados; Autoria: Engeplus Engenharia Ltda. Contratado pela SOP/RS; 2013/2014.

Para essas três fontes principais de informações, são apresentadas fichas técnicas nos Anexos 7.3, 7.4 e 7.5, onde se demonstra o conteúdo desses estudos e uma breve contextualização quanto ao aproveitamento dos seus resultados/informações no presente trabalho.

Importante destacar a existência de um estudo denominado “Projeto de Proteção contra Inundações da cidade de Montenegro”, realizado em 1987, pelo Departamento Nacional de Obras de Saneamento, no qual foram realizados levantamentos topográficos e geotécnicos, dimensionamento, projetos de engenharia e orçamentação da solução indicada pelo estudo “Planejamento Hidrológico e Estudo de Desenvolvimento Regional da Bacia do Rio Caí” (Agrar und Hydrotechnik GmbH; 1970/71). No entanto, não foi obtida cópia deste projeto.



Quadro 2.1: Fonte, Identificação do Conteúdo e Análise Crítica de Aproveitamento das Informações Consultadas

Nº	Título	Instituição	Autoria	Natureza	Data	Conteúdo/Tipo de Informação	Análise Crítica (aproveitamento)	Aproveitamento
1	PLANEJAMENTO HIDROLÓGICO E ESTUDO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL DA BACIA DO RIO CAÍ	Agrar und Hydrotechnik GmbH	-	Relatório Técnico	1970/71	Hidrológica e proposição de estruturas de engenharia	Aproveitamento das obras de engenharia propostas	Obras/soluções
2	PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO CAÍ	PROFILL Eng. Amb. Ltda.	-	Relatório Técnico	2008	Simulação de eventos críticos e proposição de soluções	Aproveitamento da proposição de soluções	Hidrologia/soluções
3	CONSULTA PÚBLICA – QUESTIONÁRIOS	ENGEPLUS Eng. Cons. Ltda.	-	Contribuições sociais	2013/14	Proposições e sugestões da ações para minimização	Aproveitamento da proposição de soluções	Soluções
4	PROJETO DE PROTEÇÃO CONTRA INUNDAÇÕES DA CIDADE DE MONTENEGRO	DNOS	-	Relatório Técnico	1988	Proposições e sugestões da ações para minimização	Aproveitamento das obras de engenharia propostas	Obras/soluções
5	ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO CAÍ	CPRM	Márcia Pedrollo e André Germano	Artigo Técnico	2011	Proposição de sistema de alerta hidrológico	Configuração, implantação e operação do sistema de alerta	Soluções
6	MODELO PARA PREVISÃO, ESPACIALIZAÇÃO E ANÁLISE DE ÁREAS INUNDÁVEIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAÍ	UFRGS/Sensoriamento Remoto	Guilherme Garcia de Oliveira	Dissertação de Mestrado	2010	Estudos hidrológicos, mapeamentos e modelos de previsão de cheias	Dados e estatísticas hidrológicas e mapeamento de cheias	Hidrologia
7	MEMÓRIAS E REPRESENTAÇÕES DO RIO CAÍ E DAS ENCHENTES EM SÃO SEBASTIÃO DO CAÍ	ULBRA	Janice Roberta Schroder	Artigo Técnico	2012	Resgate histórico e social das cheias no rio Caí	Referências históricas (qualitativas)	Registro histórico
8	HISTÓRIO DE PROPOSTAS DE SOLUÇÃO PARA AS CHEIAS NO RIO CAÍ	-	João Boos	Dossiê	2013	Resgate de soluções, opiniões gerais, críticas e sugestões	Relação de problemas da solução do estudo da AGRAR	Análise social da solução
9	MANIFESTO À DEFESA CIVIL, COMITÊ DE BACIA, IMPRENSA E AUTORIDADES MUNICIPAIS	-	Eduardo Cesar Schroeder	Manifesto	2011	Descrição das cheias e análise das soluções (contra os diques)	Análise das soluções com críticas e sugestões	Análise social da solução
10	BANCO DE DADOS DA DEFESA CIVIL SOBRE EVENTOS NA BACIA DO RIO DOS SINOS (2003-2013)	Defesa Civil	-	Banco de Dados	2013	Dados sobre eventos, com populações atingidas	Indicação dos impactos (população atingida) por eventos	Registro de eventos
11	A GÊNESE CLIMÁTICA DAS ENCHENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAÍ	UFSM/Geografia	Cassio Arthur Wollmann	Trabalho de conclusão de Graduação	2008	Análise das origens climáticas das enchentes e sua sazonalidade	Sazonalidade da ocorrência de enchentes no rio Caí - inverno	Sazonalidade
12	O ESTUDO DAS CHEIAS NAS DIFERENTES LINHAS DE PESQUISA DA GEOGRAFIA FÍSICA - UMA REVISÃO TEÓRICA	UFSM/Geografia	Cassio Arthur Wollmann	Artigo Técnico	2009	Conceituação de enchente na geografia física	Apenas conceitos e inserção na geografia física	Conceitos
13	A FRENTE POLAR ATLÂNTICA E A GÊNESE DAS ENCHENTES OCORRIDAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAÍ	UFSM/Geografia	Cassio Arthur Wollmann	Artigo Técnico	2009	Gênese das enchentes – climatologia	Enchentes mais prováveis no inverno - sistemas frontais estacionários	Sazonalidade
14	ESTUDO DE CASO - CONSTRUÇÃO DE DIQUE-ESTRADA EMSÃO SEBASTIÃO DO CAÍ	UFSM/Geografia	Cassio Arthur Wollmann	Artigo Técnico	2013	Análise de viabilidade (social e técnica) da construção do dique-estrada em SSC	Conclui pela aceitação do dique-estrada	Análise social da solução
15	PERCEPÇÃO DE IMPACTOS SOCIO-AMBIENTAIS - CONSTRUÇÃO DE DIQUE-ESTRADA EM SÃO SEBASTIÃO DO CAÍ	UFSM/Geografia	Cassio Arthur Wollmann	Artigo Técnico	2013	Análise de percepção social da construção do dique-estrada em SSC	Conclui pela aceitação social do dique-estrada	Análise social da solução
16	SAZONALIDADE DOS EPISÓDIOS DE ENCHENTES NA BACIA DO RIO CAÍ	Revista Brasileira de Climatologia	Cassio Arthur Wollmann	Artigo Técnico	2010	Análise da sazonalidade das enchentes	Sazonalidade da ocorrência de enchentes no rio Caí - inverno	Sazonalidade
17	PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO DE SÃO SEBASTIÃO DO CAÍ COMO FORMA DE PREVISÃO DE ENCHENTES	Revista Brasileira de Climatologia	Cassio Arthur Wollmann	Artigo Técnico	2010	Percepção social e previsão de enchentes	Conclui que a população tem percepção para prever enchentes em SSC	Percepção social
18	INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS E DA DISTRIBUIÇÃO DE CHUVAS NA PREVISÃO DE ENCHENTES EM SSB	UFRGS/Sensoriamento Remoto	Guilherme Garcia de Oliveira	Artigo Técnico	2010	Estudo de previsão de cheias e fatores de influência	Índices de influência morfométricas nas cheias (para calibração)	Mapas para calibração
19	RECONSTITUIÇÃO DE VAZÕES NATURAIS DO RIO CAÍ - ATRAVÉS DE MODELAGEM HIDROLÓGICA	PROFILL - IPH/UFRGS	Bruno Collischonn	Artigo Técnico	2007	Modelagem hidrológica chuva-vazão para reconstituição de vazões naturais	Reconstituição de vazões apenas para a parte alta da bacia	Hidrologia
20	ESTRADA-DIQUE-PONTE SOBRE O RIO CAÍ E LIGAÇÃO RODOVIÁRIA INTERVALES	P. M. SÃO SEBASTIÃO DO CAÍ	P. M. SÃO SEBASTIÃO DO CAÍ	Dossiê	-	Proposição de construção de estrada-dique-ponte em São Sebastião do Caí	Sugestão de ação estrutural para São Sebastião do Caí	Soluções
21	MAPA DA CIDADE DE SÃO SEBASTIÃO DO CAÍ COM ÁREAS ATINGIDAS NA ENCHENTE DE AGOSTO DE 2013	P. M. SÃO SEBASTIÃO DO CAÍ	P. M. SÃO SEBASTIÃO DO CAÍ	Mapa	2013	Mapa da zona central com áreas inundadas em agosto de 2013	Calibração do modelo hidrodinâmico, em SSC	Mapa de enchentes
22	AÇÃO EMERGENCIAL PARA RECONHECIMENTO DE ÁREAS DE ALTO E MUITO ALTO RISCO A ENCHENTES	CPRM	CPRM	Mapeamento sobre imagem de satélite	2012	Mapeamento em imagem Google de áreas de risco de inundação em SSC	Ilustrativo e informativo	Mapa de enchentes
23	SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ENVOLVIDOS NA GÊNESE DAS ENCHENTES OCORRIDAS NA BACIA DO RIO CAÍ (1982-2005)	UFSM/Geografia	Cassio Arthur Wollmann	Artigo Técnico	-	Análise da formação das cheias	Informativo	Conceitos
24	CHEIAS NO RIO CAÍ	Câmara de Vereadores de Montenegro	Presidente da Câmara	Relatório da Reunião	2013	Coletânea de estudos já analisados e relato de sessão	Abordagem de diques em Capela de Sertão e Harmonia	Análise social da solução



3 CONCEPÇÃO DAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO

3 CONCEPÇÃO DAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO

A proposição inicial de alternativas de intervenções, sejam elas estruturais ou não-estruturais, está baseada nos diversos estudos anteriores e manifestações pessoais, coletivas ou públicas, sistematizadas na compilação e sistematização a seguir apresentada. Também se baseia na experiência da equipe técnica do Consórcio em estudos que objetivam a solução ou minimização de situações de cheias.

3.1 Proposição de Medidas Estruturais a Serem Estudadas

Intervenções estruturais são aquelas ações que implicam na execução de obras com alterações físicas, objetivando a resolução ou minimização de determinado problema ou situação.

As concepções e localizações das alternativas respeitaram as condicionantes locais observadas nas restituições aerofotogramétricas, como por exemplo: sistema viário, estrutura fundiária, rede de drenagem, atendendo também aos respectivos planos diretores dos municípios em questão. Sempre que possível, no caso dos diques, foi estudada a possibilidade de utilizá-los de forma integrada com a rede viária, aproveitando os coroamentos como vias de circulação.

Além das alternativas estruturais, ora apresentadas, há a possibilidade de não realizar intervenções estruturais. Nessa situação, a alternativa consistirá em: (i) convivência com as cheias, assumindo os seus custos financeiros e sociais; ou (ii) investir na remoção das populações e benfeitorias atingidas pelas cheias, realocando-as em áreas seguras. Essas alternativas serão comentadas no item 3.2 deste relatório e melhor detalhadas e orçadas no próximo relatório técnico (R8).

A seguir são apresentadas as intervenções estruturais propostas:

- **Reservatórios de Laminação**

O primeiro caso consistiu na adoção de reservatórios de laminação de cheias. Estas estruturas consistem em reservatórios com capacidade de acumulação equivalentes aos volumes necessários para reter ou reduzir os hidrogramas de cheia afluentes, no trecho do rio Caí em estudo. Assim, esses reservatórios devem permanecer vazios, aguardando os eventos de cheias, quando então retêm total ou parcialmente os hidrogramas, garantindo condições seguras a jusante das barragens.

Inicialmente, foram determinados os hidrogramas de cheia com recorrência de 100 anos e de 1,1 ano. A diferença entre os volumes desses hidrogramas consistiu no volume teórico a ser laminado, com vistas a garantir, a jusante do reservatório, vazão capaz de não causar inundações no trecho baixo do Rio Caí, notadamente em Montenegro, situação que implica no máximo volume de amortecimento.

Para proteger a cidade de São Sebastião do Caí, com área de drenagem de cerca de 3.030 km² (na estação fluviométrica Barca do Caí), necessita-se de um reservatório, a montante de Harmonia, com um volume entre 190 e 200 Hm³. Já para proteger a cidade de Montenegro, com área de drenagem de 4.360 km² (na estação fluviométrica Passo Montenegro), esse volume eleva-se para 270 a 300 Hm³. Esse nível de proteção rebaixa os hidrogramas de cheia com recorrência de 100 anos, para 1,1 ano. Tais volumes, no entanto, não possuem capacidade de reduzir os hidrogramas de cheias das áreas incrementais (afluências laterais ao longo do baixo rio Caí, como por exemplo, o rio Cadeia e o arroio Maratá).

Importante ressaltar, os reservatórios de laminação não apresentam o mesmo grau de proteção das intervenções locais, visto que a área incremental entre os locais possíveis de barramentos (a montante da RS-112) e Montenegro é bastante elevada, levando a vazões

incrementais também excessivas, que acabam resultando em cheias, embora com menor magnitude, mesmo que essas também sejam amortecidas por reservatórios de laminação locais.

A vazão máxima admissível em Montenegro foi considerada como 500 m³/s (para que não haja extravasamento da calha do rio), visto que com recorrência de 2 anos (equivalente a 900 m³/s) já ocorrem inundações na área urbana. Analisando o trecho entre a seção topobatimétrica S26 (mais a montante do trecho estudado e início da simulação hidrodinâmica) e a estação Passo Montenegro, obteve-se as seguintes contribuições laterais (valores aproximados):

- Rio Cadeia, com área de contribuição de 900 km², e $Q_{\text{máx. TR 100anos}} = 860 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Arroio Maratá, com área de contribuição de 360 km², e $Q_{\text{máx. TR 100anos}} = 420 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Área incremental (arrosios menores), com áreas totais de contribuição de 260 km², e $Q_{\text{máx. TR100 anos}} = 288 \text{ m}^3/\text{s}$.

Admitindo a hipótese de coincidência de picos (que pode ocorrer dependendo dos momentos em que as precipitações intensas ocorrerem em cada uma dessas bacias de contribuição), atinge-se uma vazão máxima 1.568 m³/s, no trecho incremental.

Já para o reservatório no próprio rio Caí, a montante da RS-122, quão mais a montante estiver (municípios de Vale Real, Feliz ou Nova Palmira), maior é a área incremental e maior a vazão de pico dessa área incremental. Por exemplo, se o reservatório estiver localizado em Nova Palmira, com área de 2.030 km², a área incremental sobe para 1.080 km², o que resulta em uma vazão de pico, para recorrência de 100 anos, de 1.200 m³/s (já superior à máxima vazão admitida para Montenegro).

Isso significa que seriam necessários, no mínimo, três reservatórios para a redução da vazão de cheia de forma que haja proteção efetiva em Montenegro (e de resto nas demais cidades). E que estes reservatórios estejam localizados junto às seções de jusante das suas respectivas áreas de contribuição.

Na hipótese dos seguintes três reservatórios:

- Barragem no Rio Cadeia, com 40 Hm³ e vazão máxima efluente do reservatório de 80 m³/s.
- Barragem no Arroio Maratá, com 1,4 Hm³ e vazão máxima efluente do reservatório de 20 m³/s.
- Barragem no Caí, na S26, com 190 Hm³ e vazão máxima efluente do reservatório de 100 m³/s.

Chegariam ainda, à Montenegro, 288 m³/s de vazão incremental, totalizando 488 m³/s (admitindo a superposição dos picos), dentro do limite pré-estabelecido de 500 m³/s.

Ocorre que os três locais propostos são intensamente habitados e com diversas propriedades e atividade rural intensiva, dificultando a viabilidade social e financeira desta solução. Vale destacar a impossibilidade de implantação de reservatório no rio Caí junto à seção S26 (logo a montante de Harmonia), pois haveria inundação das áreas urbanas de Feliz e Vale Real, além da rodovia RS-122. Deslocar o reservatório do rio Caí para montante, de forma a não atingir as citadas áreas urbanas, implica em aumentar a área incremental, impossibilitando restringir a vazão máxima em Montenegro a 500 m³/s.

Com base na cartografia disponível (Cartas do Serviço Geográfico do Exército – Feliz e Nova Petrópolis, escala 1:50.000, com curvas de nível a cada 20 m) e em modelo numérico do terreno (MNT), apoiado em software automatizado de pesquisa, localização e dimensionamento de reservatórios, foi realizado estudo para identificação da localização de reservatório com capacidade de retenção de 300 Hm³. Foram identificados três eixos, denominados de Eixo 1, Eixo 2 e Eixo 3, de jusante para montante.

- O **Eixo 1** localiza-se logo a montante da cidade de Bom Princípio, junto à localidade de Escadinha. Nesse local, o volume de 300 Hm³ é acumulado em um reservatório com profundidade de 20 m e área alagada de 2.300 ha. A área alagada atingirá as cidades de Feliz e Vale Real, alcançando a localidade de Nova Palmira. O reservatório terá comprimento aproximado de 30 km e alagará a RS-452, bem como outra estrada localizada na margem esquerda do rio Caí. O barramento terá altura de 25 m e extensão de 750 m.
- O **Eixo 2** localiza-se a jusante da confluência do arroio Feliz, cerca de 4 km a montante da cidade de Feliz. Nesse local, o volume de 300 Hm³ é acumulado em um reservatório com profundidade de 30 m e área alagada de 1.600 ha. A área alagada atingirá a cidade Vale Real, alcançando a ponte da BR-116, até a localidade de São José do Caí. O reservatório terá comprimento aproximado de 20 km e alagará a rodovia RS-452, bem como outra estrada localizada na margem esquerda do rio Caí. O barramento terá altura de 35 m e extensão de 1.000 m.
- O **Eixo 3** localiza-se logo a montante da ponte da BR-116. Nesse local, o volume de 300 Hm³ é acumulado em um reservatório com profundidade de 60 m e área alagada de 600 ha. A área alagada atingirá as localidades de São José do Caí, Linha Pirajá, Nossa Senhora do Rosário e Barra do Piaí. O reservatório terá comprimento aproximado de 15 km e alagará estrada localizada na margem esquerda do rio Caí, além das localidades citadas. O barramento terá altura de 65 m e extensão de 900 m.

Das características determinadas para cada alternativa locacional para o reservatório de laminação de cheias no rio Caí, pode-se concluir que os impactos sociais serão elevados, atingindo-se cidades, localidades e estradas. Igualmente, a questão ambiental será complexa, visto a obstrução da calha fluvial e a correspondente alteração no fluxo do rio, inclusive eliminando os pulsos de cheias, causando importantes impactos sobre a biota aquática local.

Igualmente, essa solução implicará na resolução de um problema através da criação de um novo problema: serão solucionadas as cheias das cidades de Montenegro, Pareci Novo, São Sebastião do Caí e Harmonia, mas por outro lado, poderão ser inundadas (conforme a alternativa locacional) as cidades de Feliz, Vale Real, diversas localidades e estradas. Assim, transfere-se o problema de um local para outro, sem solucioná-lo.

Em termos de custos, considerando-se como referência as duas grandes barragens hoje em construção no Rio Grande do Sul (Taquarembó e Jaguarí, na bacia hidrográfica do rio Santa Maria) pode-se estimar um custo de obra mínimo da ordem de R\$ 100 milhões. Cada uma das citadas barragens tem custo aproximado de R\$ 60 milhões para acumular cerca de 150 Hm³. Importante referir que as áreas de contribuição das citadas barragens são da ordem de 10 vezes menores que a em estudo.

Já em termos de desapropriações, considerando um valor unitário de R\$ 10.000,00 por ha (considerando que toda a área alagada encontra-se em zona rural, o que não corresponde à realidade), tem-se entre 10 e 25 milhões de reais.

Ou seja, o valor global mínimo do reservatório será da ordem de R\$ 130 milhões, não computados os custos de adequação da rede viária e as desapropriações nas áreas urbanas.

Também foram estudados os reservatórios para o rio Cadeia e arroio Maratá, com os seguintes resultados:

- Maratá, profundidade de 6 m, volume de 10 Hm³ e área alagada de 380 ha.
- Cadeia, profundidade de 5 m, volume de 37 Hm³ e área alagada de 1.100 ha.

Estima-se, para a implantação desses dois reservatórios, custos globais da ordem de 40 a 50 milhões de reais.

Observa-se, assim, que não há condições técnicas de garantir a proteção contra cheias com recorrência de 100 anos, em Montenegro, através da adoção da solução de reservatórios de laminação. E mesmo que fossem utilizados em menores dimensões de forma combinada com as soluções locais de proteção, ainda assim implicariam em elevados custos sociais e financeiros (da ordem de R\$ 200 milhões). Nesse sentido, essa solução (reservatórios de laminação) foi descartada, tendo sido estudada apenas em nível preliminar.

Na Figura 3.1 pode-se visualizar a localização dos reservatórios simulados.

- **Montenegro**

Para a cidade de Montenegro foram propostas três alternativas, considerando algumas proposições anteriores já estudadas anteriormente, notadamente no estudo da Agrar und Hydrotechnik GmbH (1970/71):

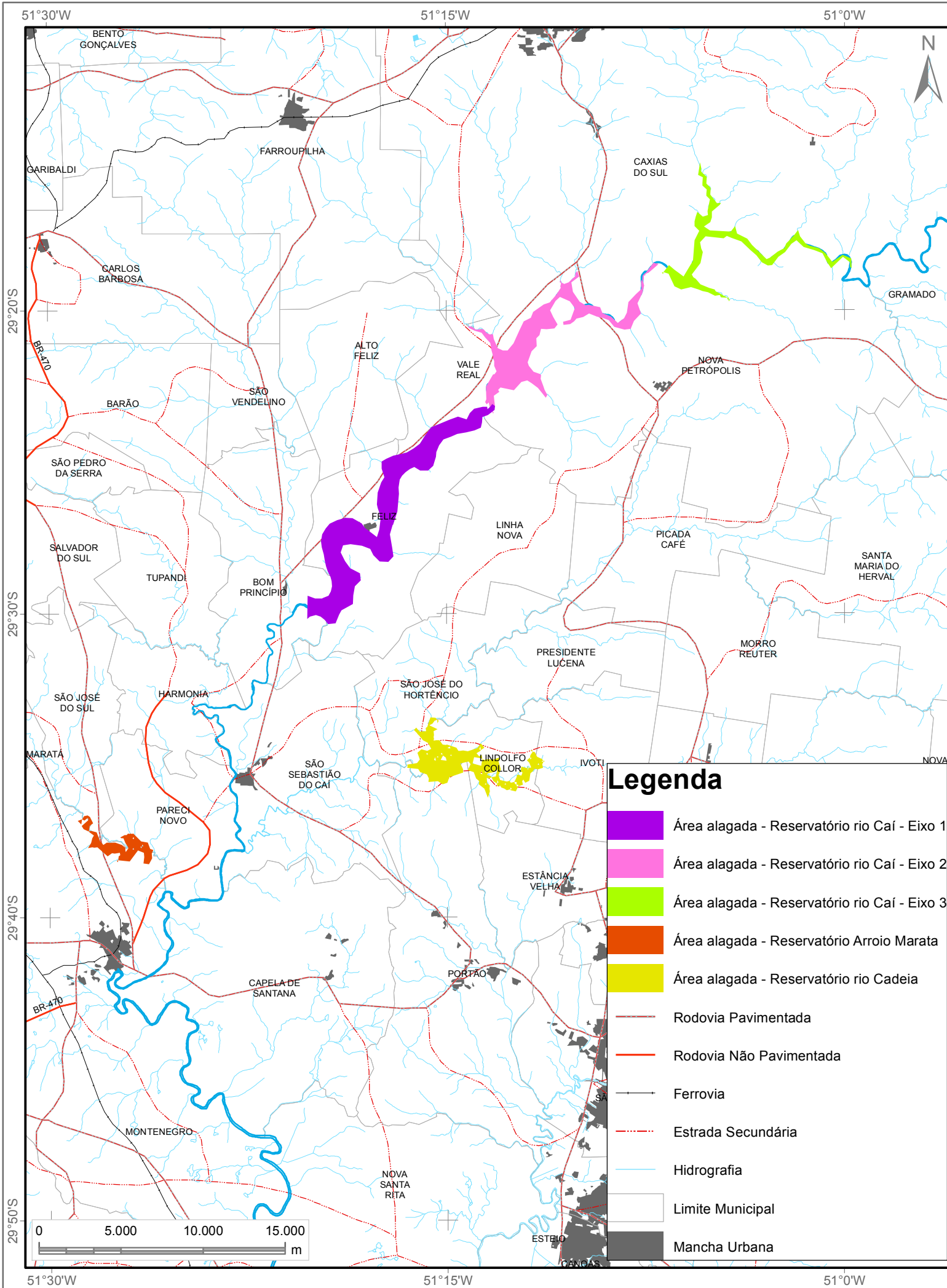
- Corta-rio na alça do rio Caí, em sua margem esquerda;
- Dique de proteção na margem direita do rio Caí, contornando a área urbana, dotado de sistemas de esgotamento interno por estruturas de transposição de vazões;
- Associação do corta-rio na alça do rio Caí, em sua margem esquerda, com dique de proteção na margem direita do rio Caí, contornando a área urbana, mas acompanhando o corta-rio. Esse dique é dotado de sistemas de esgotamento interno e possui sistema de comportas que possibilita a circulação de água do rio no trecho “ensecado” e de eclusa no dique de jusante.

O dique contornando a área urbana (segunda alternativa proposta), embora apresentando menores dimensões físicas, possui dois problemas, um de ordem técnica e outro de natureza social: (i) intercepta duas grandes drenagem – arroios São Miguel e do Baixio, o que implicará em estações de bombeamento e bacias de acumulação de dimensões elevadas; e (ii) materializará uma barreira entre a cidade e o rio, impedindo o acesso direto e a visualização do rio.

Quanto ao corta-rio, sua localização foi definida de forma a otimizar o seu funcionamento hidráulico, maximizando o efeito no rebaixamento do nível de água durante os eventos de cheias. Foi analisada a possibilidade de um corta-rio de menor extensão, localizado na alça do Rio Caí, mais a jusante e junto à cidade de Montenegro. No entanto, as simulações hidrodinâmicas demonstraram que essa solução implicaria em menor redução do nível de água durante as cheias, inclusive resultando na necessidade de um dique de proteção com altura adicional de 1,00 m em relação ao dique para o corta-rio mais extenso e, conseqüentemente, em maiores custos de implantação; razão pela qual essa alternativa foi descartada.

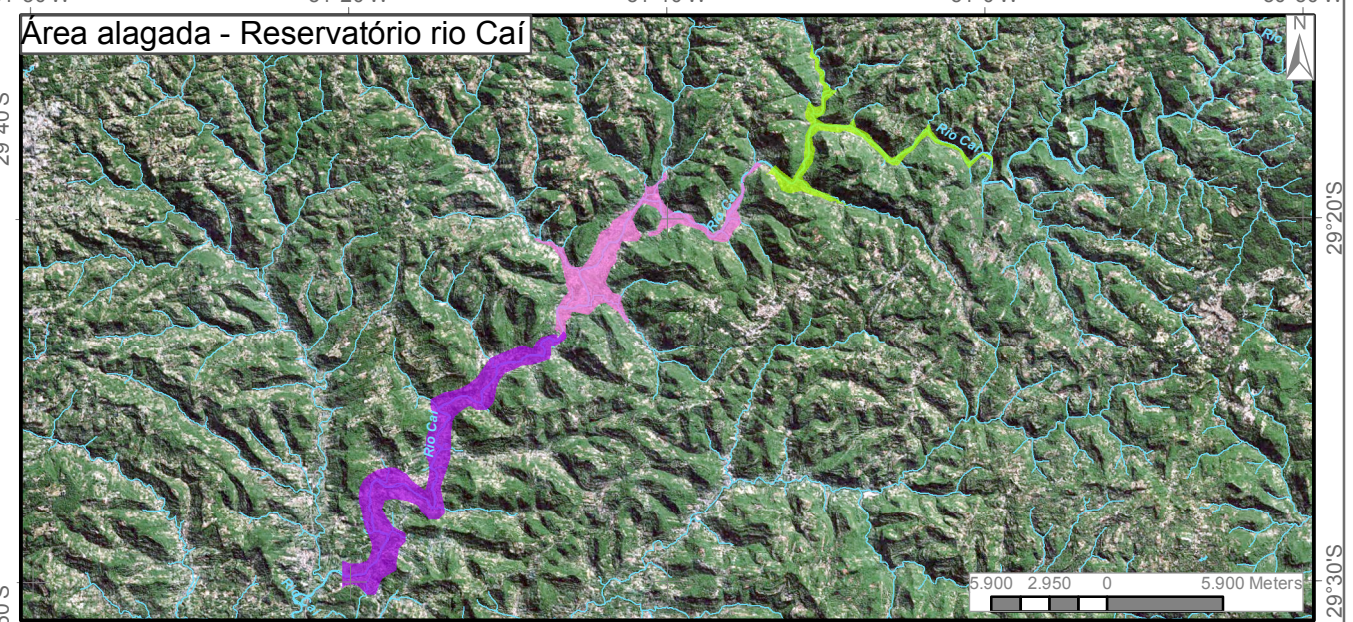
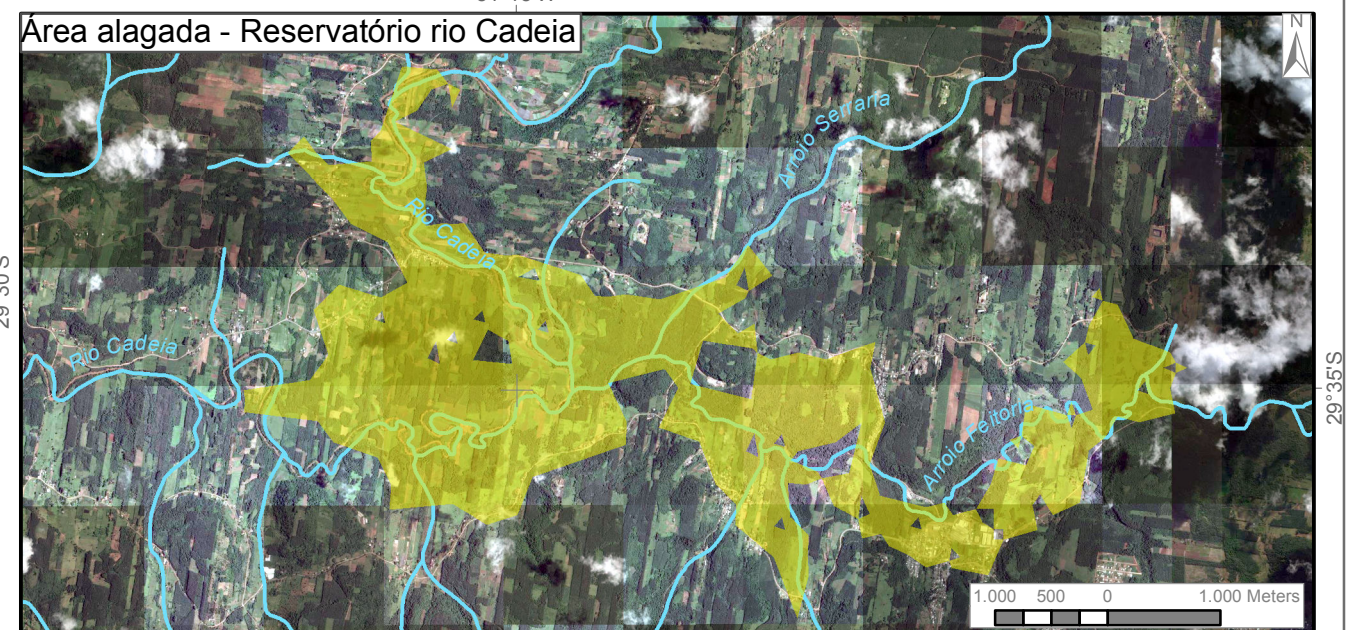
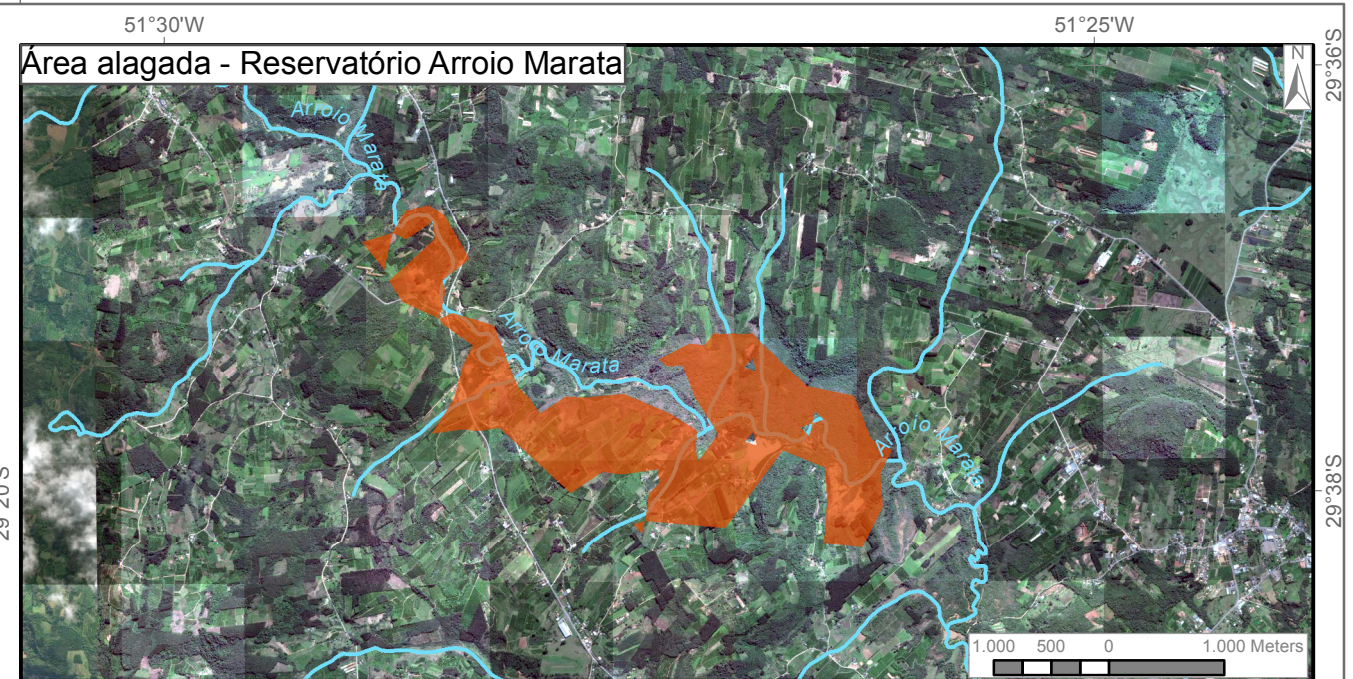
A Figura 3.2 apresenta as três alternativas de intervenção propostas.

A cidade de Capela Santana (área urbana) não é atingida diretamente pelas cheias do rio Caí. No entanto, parte de sua área rural receberá as obras decorrentes das alternativas de proteção para Montenegro (parte do dique e corta-rio).



Legenda

- Área alagada - Reservatório rio Caí - Eixo 1
- Área alagada - Reservatório rio Caí - Eixo 2
- Área alagada - Reservatório rio Caí - Eixo 3
- Área alagada - Reservatório Arroio Marata
- Área alagada - Reservatório rio Cadeia
- Rodovia Pavimentada
- Rodovia Não Pavimentada
- Ferrovia
- Estrada Secundária
- Hidrografia
- Limite Municipal
- Mancha Urbana

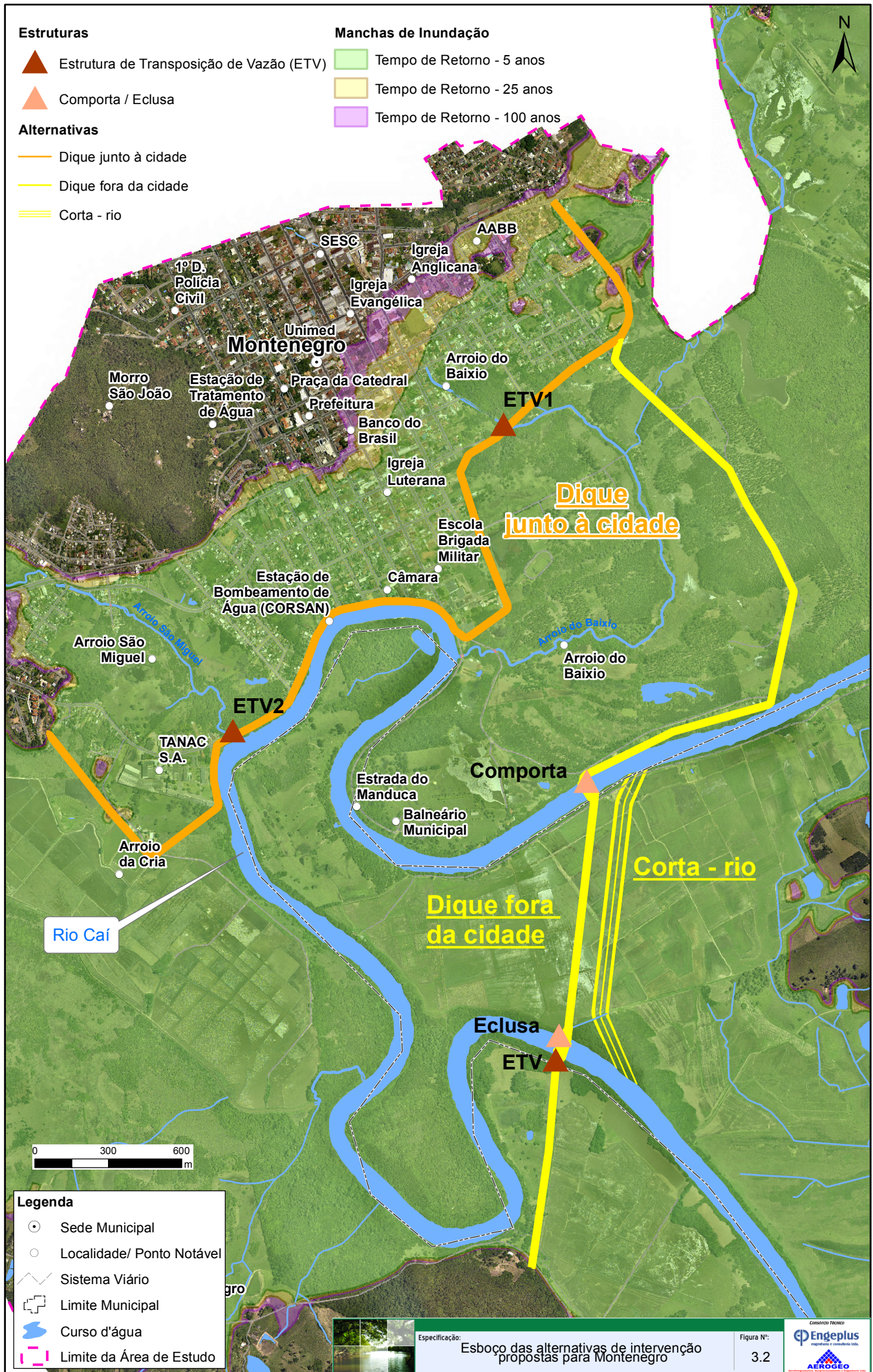


Especificação: **Alternativas Técnicas de Intervenção: Reservatórios de Laminação**

Figura N°: **3.1**

Coordenador Técnico: **Engeplus**

Projeto: **AEROGEO**



Especificação: Esboço das alternativas de intervenção propostas para Montenegro

Figura Nº: 3.2



- **São Sebastião do Caí**

Para a cidade de São Sebastião do Caí foram propostas duas alternativas, a saber:

- Dique de proteção na margem esquerda do rio Caí, contornando a área urbana, e dique de proteção na margem direita (solução regional), para proteção da RS-124 e localidades ao longo dessa rodovia, dotados de sistema para esgotamento das águas internas ao perímetro protegido (estruturas de transposição de vazões);
- Rebaixamento de fundo da calha do rio Caí.

O dique proposto na margem esquerda, para proteção à área urbana, permite a incorporação da solução de estrada em seu coroamento e de ponte para travessia do rio Caí, interligando a rua São João à RS-124, conforme manifesto social recebido durante a fase inicial dos estudos. Assim, há possibilidade de incorporá-lo ao sistema viário urbano, como uma importante via perimetral.

A solução do dique da margem direita, para proteção da RS-124, pode ser substituída pela elevação do greide da rodovia. Atenção especial foi dada ao adequado esgotamento das águas provenientes da área protegida pelo dique, notadamente na localidade de Matiel (Pareci Novo), atendendo à solicitação dessa comunidade que tem convivido com repetidos eventos de inundações. Vale ressaltar que a margem direita do rio Caí, no local de implantação do dique, integra os municípios de Harmonia e Pareci Novo, desta forma esta alternativa também será apresentada para cada um deles, e será denominada solução regional.

A Figura 3.3 e a Figura 3.4 apresentam as duas alternativas de intervenção propostas.

- **Harmonia**

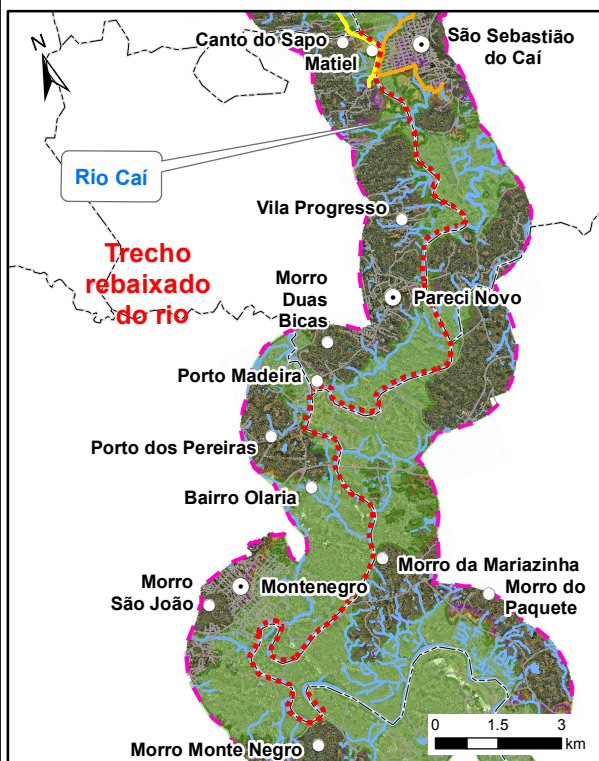
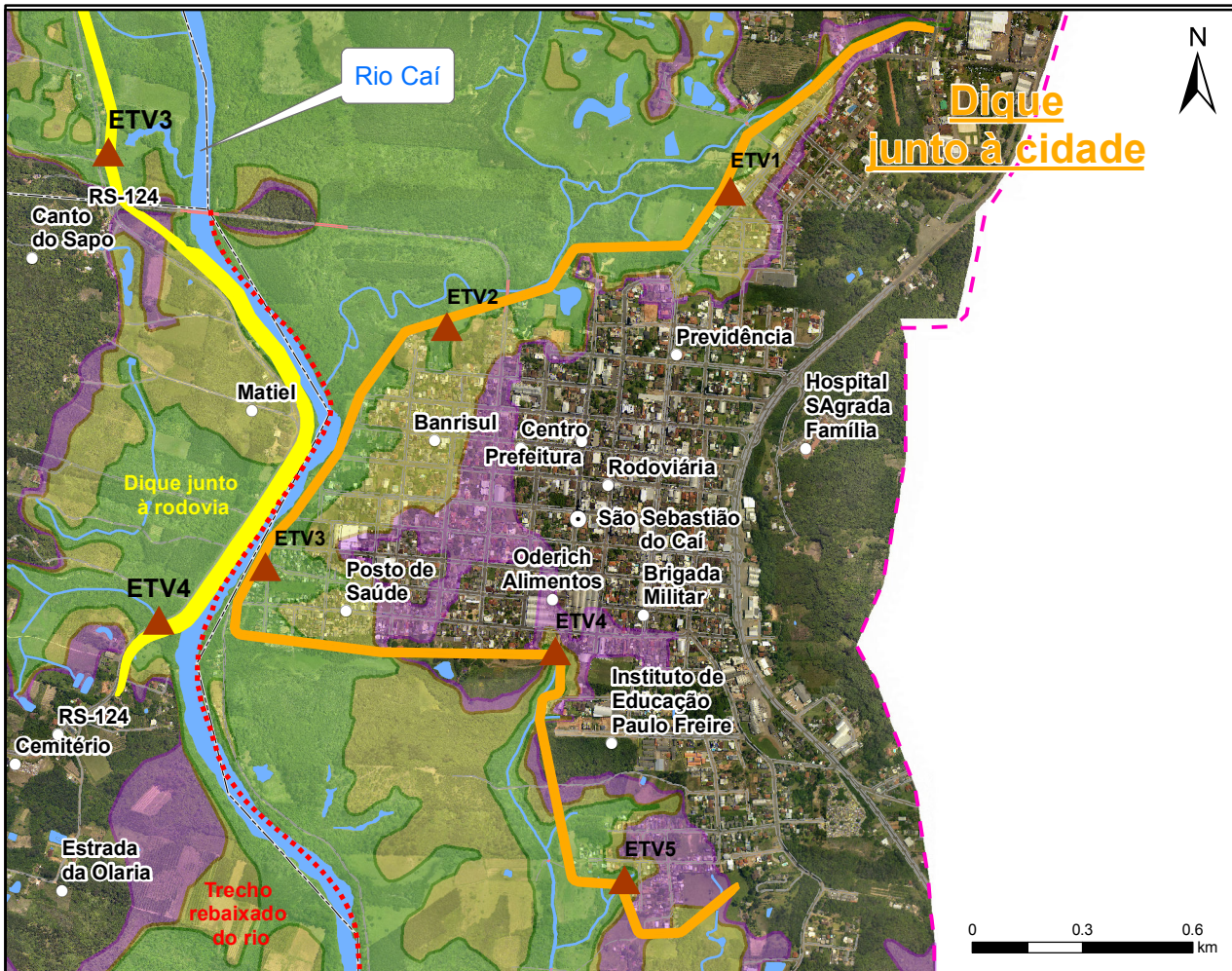
Para a cidade de Harmonia foram propostas duas alternativas:

- Três diques de proteção na margem direita do rio Caí desenvolvendo-se paralelos ao arroio Salvador do Sul, protegendo parte da área urbana; dotados de sistemas de esgotamento interno (estruturas de transposição de vazões);
- Implantação de corta-rio na margem esquerda do rio Caí, visto que a área urbana encontra-se na margem côncava do rio, havendo configuração topográfica favorável para esse tipo de intervenção.

O rebaixamento de fundo da calha do rio Caí foi preliminarmente proposto, mas descartado em razão da configuração topográfica do vale e de haver afloramentos rochosos na calha do rio, o que repercute em elevados custos de execução, bastante superiores às alternativas com diques ou corta-rio.

Ao sul da cidade, ao longo da rodovia RS-124, encontra-se o dique da margem direita comentado nas alternativas descritas para São Sebastião do Caí (trata-se do prolongamento do referido dique, para montante, até as proximidades da área urbana de Harmonia).

A Figura 3.5 apresenta a referida proposta.



Legenda

- Sede Municipal
- Localidade/ Ponto Notável
- Sistema Viário
- ⊞ Limite Municipal
- Curso d'água
- - - Limite da Área de Estudo

Estruturas

- ▲ Estrutura de transposição de vazão (ETV)

Alternativas

- Dique junto à cidade
- Dique junto à RS-124
- - - Trecho rebaixado do rio

Manchas de Inundação

- Tempo de Retorno - 5 anos
- Tempo de Retorno - 25 anos
- Tempo de Retorno - 100 anos



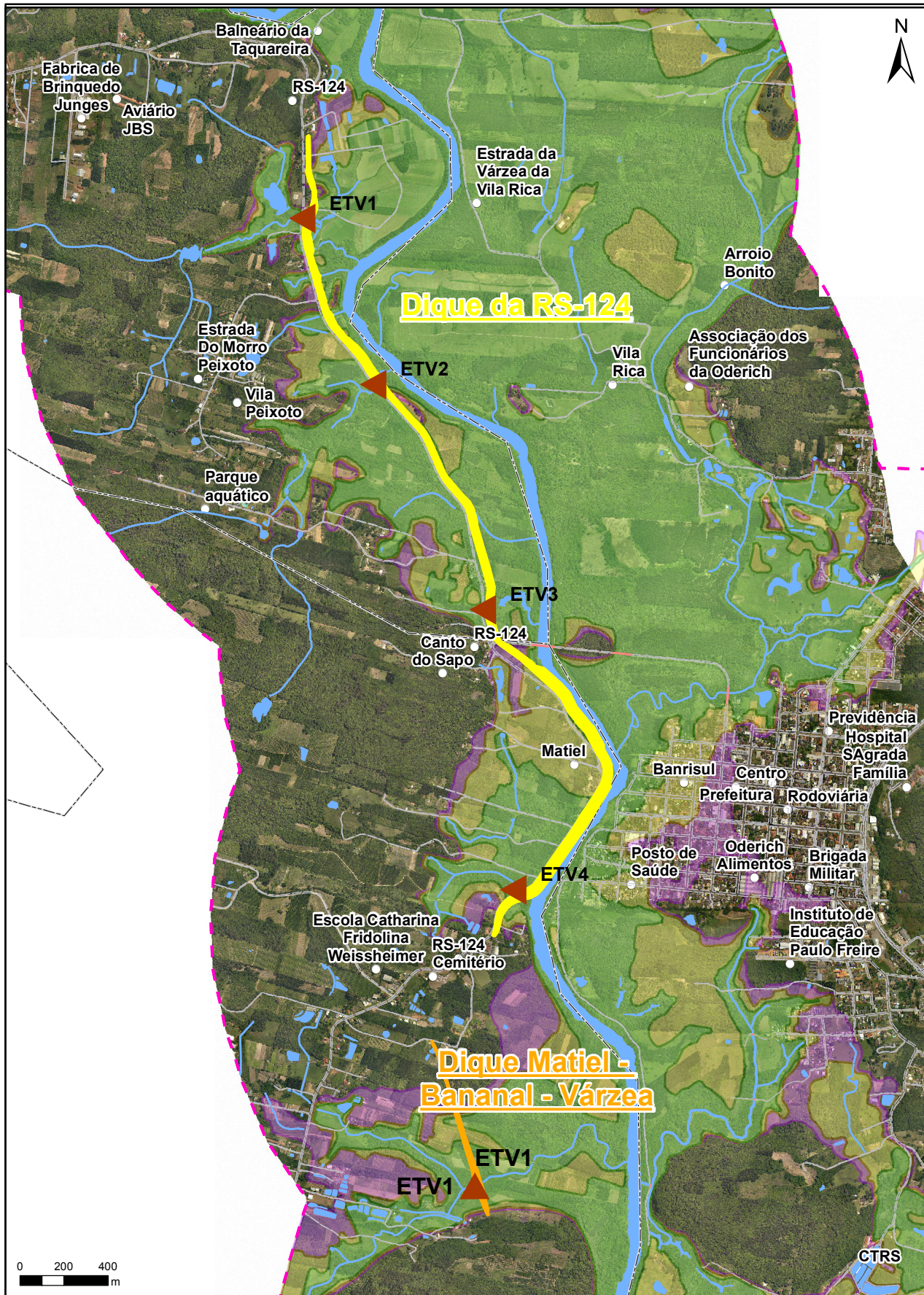
Especificação:

Esboço das alternativas de intervenção propostas para São Sebastião do Caí

Figura N°:

3.3





Legenda

- ⊙ Sede Municipal
- Localidade/ Ponto Notável
- Sistema Viário
- ⊕ Limite Municipal
- Curso d'água
- ⊔ Limite da Área de Estudo

Estruturas

- ▲ Estrutura de Transposição de Vazão (ETV)

Alternativas

- Dique Matiel - Bananal - Várzea
- Dique junto à RS-124

Manchas de Inundação

- Tempo de Retorno - 5 anos
- Tempo de Retorno - 25 anos
- Tempo de Retorno - 100 anos



Especificação:

Esboço das alternativas de intervenção propostas para a RS-124

Figura N°:

3.4





Legenda

- ⊙ Sede Municipal
- Localidade/ Ponto Notável
- Sistema Viário
- ⊕ Limite Municipal
- Curso d'água
- ⌈ Limite da Área de Estudo

Estruturas

- ▲ Estrutura de Transposição de Vazão (ETV)
- Dique
- Dique junto à RS-124
- - - - - Corta - rio

Manchas de Inundação

- Tempo de Retorno - 5 anos
- Tempo de Retorno - 25 anos
- Tempo de Retorno - 100 anos



Especificação: **Esboço das alternativas de intervenção propostas para Harmonia**

Figura Nº: **3.5**





- **Pareci Novo**

Para a cidade de Pareci Novo foi proposta a adoção de dique de proteção na margem direita do rio Caí, contornando a área urbana, dotado de sistemas de esgotamento das águas internas através de estruturas de transposição de vazões.

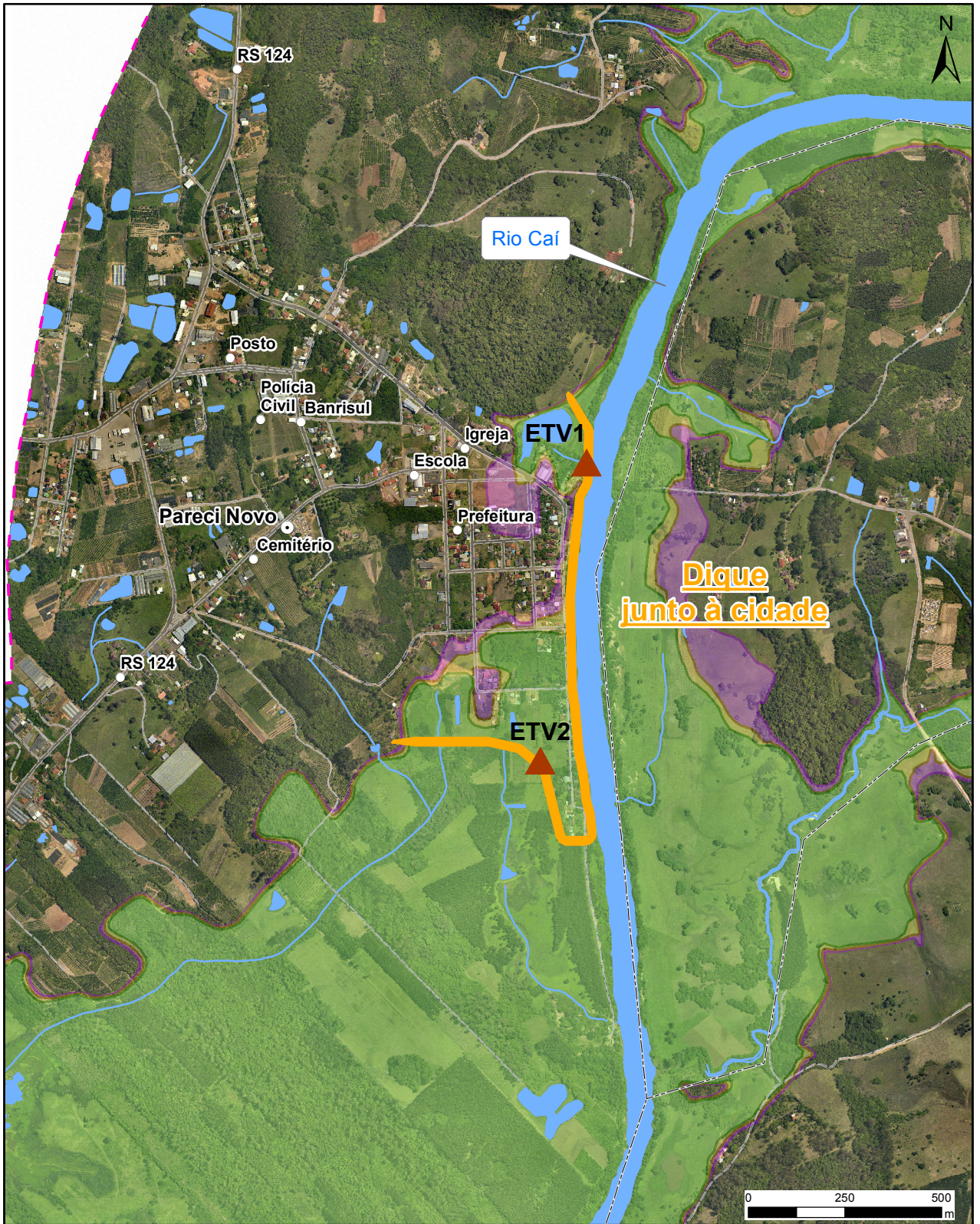
Devido às condições topográficas do vale do rio Caí no trecho junto à cidade (vale encaixado), não foi analisada a alternativa de rebaixamento de fundo da calha fluvial, nem possibilidade de retificação da calha, pelo fato do traçado do rio não apresentar curvas adequadas a essa alternativa de solução.

A alternativa proposta é apresentada na Figura 3.6.

Ao norte da cidade, ao longo da rodovia RS-124, encontra-se o dique da margem direita comentado nas alternativas descritas para São Sebastião do Caí.

Também foi estudada alternativa de proteção das áreas inundadas na margem direita do rio Caí, entre São Sebastião do Caí e Pareci Novo, que atingem as localidades de Matiel, Bananal e Várzea. Conforme a configuração topográfica local é possível a implantação de um dique de extensão limitada, localizado entre a RS-124 e o rio Caí (Figura 3.7)

Após a descrição inicial das alternativas de intervenções propostas, na sequência, é apresentada, para cada intervenção, a concepção técnica, com grau de detalhamento compatível com um estudo conceitual, relacionando as dimensões das obras de engenharia necessárias (determinadas pela modelagem hidrodinâmica realizada), através do seu pré-dimensionamento geométrico, em consonância com as técnicas e padrões compatíveis e usuais com obras similares.



Legenda

- ⊙ Sede Municipal
- Localidade/ Ponto Notável
- Sistema Viário
- ⊕ Limite Municipal
- Curso d'água
- Limite da Área de Estudo

Estruturas

- ▲ Estrutura de Transposição de Vazão (ETV)

Alternativas

- Dique junto à cidade

Manchas de Inundação

- Tempo de Retorno - 5 anos
- Tempo de Retorno - 25 anos
- Tempo de Retorno - 100 anos



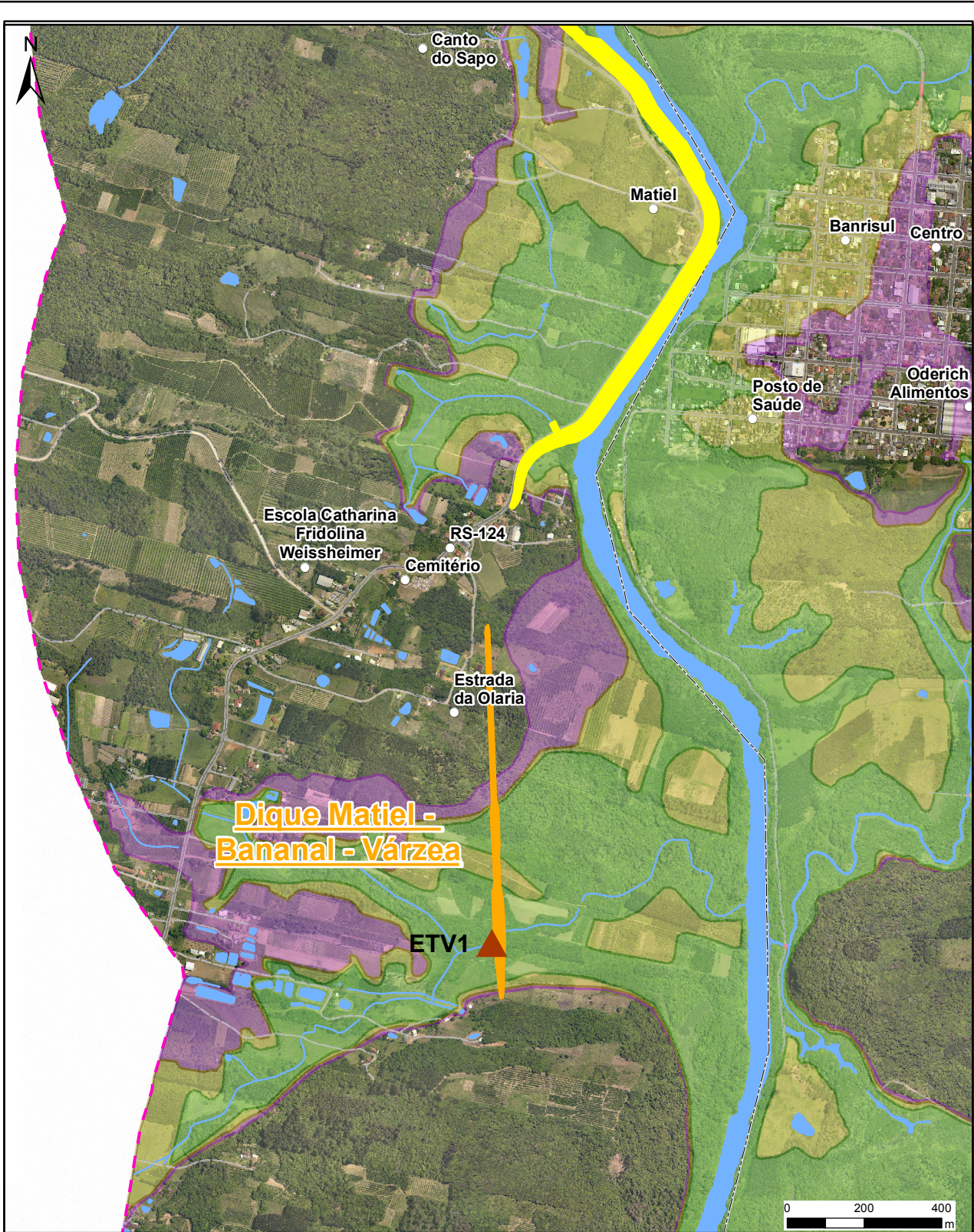
Especificação:

Esboço das alternativas de intervenção propostas para Pareci Novo

Figura N°:

3.6





Legenda

- Sede Municipal
- Localidade/ Ponto Notável
- Sistema Viário
- ⊕ Limite Municipal
- Curso d'água
- Limite da Área de Estudo

Estruturas

- ▲ Estrutura de Transposição de Vazão (ETV)

Alternativas

- Dique Matiel, Bananal e Várzea
- Dique junto à RS-124

Manchas de Inundação

- Tempo de Retorno - 5 anos
- Tempo de Retorno - 25 anos
- Tempo de Retorno - 100 anos



Especificação:
Esboço das alternativas de intervenção propostas para as localidades de Matiel, Bananal e Várzea

Figura N.º:
3.7



3.1.1 Montenegro

Para as três alternativas estudadas para a cidade de Montenegro, são apresentadas, a seguir, a ficha técnica, o pré-dimensionamento contendo os elementos técnicos de engenharia, em nível de concepção e anteprojeto. Os desenhos técnicos estão apresentados no Tomo II (Peças Gráficas). Foram consideradas os níveis de água resultantes da aplicação da modelagem hidrodinâmica, com base apenas da alternativa em questão.

3.1.1.1 Corta-rio na alça do rio Caí, em sua margem esquerda

A modelagem hidrodinâmica dessa alternativa, à exemplo dos estudos precedentes, mostrou ser insuficiente para a proteção da cidade, uma vez que reduz o nível de água, para a cheia de 100 anos, da cota 10,25 m para a cota 9,64 m (rebaixamento de 0,61 m). Essa cota rebaixada, ainda causa inundações na zona urbana de Montenegro, cerca de 3,0 m sobre a rua Cel. Álvaro de Moraes junto à Câmara de Vereadores.

Assim, essa alternativa foi concebida e dimensionada, inicialmente de forma isolada, mas com vistas a combiná-la com a adoção de dique para uma efetiva da cidade. A seção do corta-rio foi calculada de forma que no limite do seu transbordamento, fosse possível escoar uma vazão da ordem de 65% da vazão máxima de cheia para uma recorrência de 100 anos. Para tanto, foi concebida uma seção transversal trapezoidal (típica para canais com essa configuração e função), com base de 50 m e taludes laterais com inclinação de 1(V):1,5(H).

Características técnicas do corta-rio:

- Extensão: 1.300 m, localizado entre o km 54,6 e 48,1 (distância entre os pontos de montante e jusante do corta-rio, pelo leito do rio, de 6,5 km);
- Cota de fundo de montante, 2,00 m acima do fundo do rio: - 0,50 m;
- Cota de fundo de jusante: - 0,75 m;
- Declividade de fundo: 0,0002 m/m;
- Largura da base: 50 m;
- Declividade dos taludes laterais: 1,5H : 1,0V;
- Cota média do terreno natural: 6,00 m;
- Altura média de escavação: 6,50 m;
- Vazão máxima inicial de dimensionamento próxima ao limite de transbordamento: 660 m³/s (Tr = 2 anos);
- Vazão mínima de dimensionamento: 85 m³/s.

O dimensionamento e as verificações hidráulicas do corta-rio foram realizadas através da simulação pelo modelo hidrodinâmico.

O Tomo II (Peças Gráficas) apresenta os desenhos dos elementos técnicos e geométricos do corta-rio.

3.1.1.2 Dique de proteção na margem direita do rio Caí, contornando a área urbana

O dique de proteção contornando a área urbana foi dimensionado para proteger a cidade de uma inundação com recorrência de 100 anos (nível de água = 10,31 m; conforme a modelagem hidrodinâmica – Capítulo 4).

Considerando a necessidade de uma “folga” de segurança, na altura do dique, com vistas a protegê-lo do transbordamento, adotou-se uma sobre altura de 1,20m (valor recomendado pelo U.S. Bureau of Reclamation). A cota de coroamento do dique foi definida em 11,50m.

Características técnicas do dique:

- Localização: margem direita do rio Caí, desde a rua Andorinhas até a rua Olavo Bilac, elevando o greide das ruas Torbjorn Weibull e Cel. Álvaro de Moraes;
- Cota de coroamento: 11,50m (por exemplo, na rua Cel. Álvaro de Moraes junto à Câmara de Vereadores, haverá uma elevação de 4,5 m em relação à cota atual);
- Recorrência de projeto: 100 anos;
- Folga (“free-board”): 1,20m;
- Extensão: 4.800m;
- Altura média: 4,5 m;
- Altura máxima: 7,5 m;
- Inclinação dos taludes: 1V : 2H;
- Largura do coroamento: 10m (com revestimento em pavimento asfáltico possibilitar o tráfego em mão dupla);
- Resultados esperados: proteção de cerca de 15.000 moradores da zona urbana da cidade, compreendida entre a cota 10,31m e a atual margem do rio Caí.

Para o esgotamento das águas drenadas nas áreas ensecadas pelo dique, foram concebidas duas estruturas de transposição de vazão, junto aos arroios São Miguel e do Baixo. Essas estruturas serão dotadas de comportas para permitir o escoamento quando o nível de água no rio Caí for inferior ao nível no arroio; e de estações de bombeamento que operarão quando o nível de água no rio Caí for superior ao nível no arroio.

A montante dessas estruturas, foram previstas bacias de acumulação e amortecimento, para absorver o pico das cheias afluentes, compatibilizando-as com as capacidades de escoamento/bombeamento (vazão de dimensionamento de bombeamento correspondendo a 50% da vazão de pico).

Importante ressaltar que deverão ser implantados sistemas de drenagem urbana com vistas a conduzir as águas pluviais drenadas para essas duas estruturas de transposição de vazões.

As estruturas de transposição de vazões (ETV) possuem as seguintes características técnicas (Quadro 3.1)

Quadro 3.1: Características técnicas das estruturas de transposição de vazões de Montenegro

Estrutura de Transposição de Vazões	Vazão (m³/s) [50% TR 100 anos]	Comportas (Quant./ Dimensão)	Quant. Grupos Moto-Bomba	Potência Unitária (kW)
ETV1 – Arroio Baixo	34,2	6 x 1,7 x 1,7	6	404
ETV2 – Arroio São Miguel	45,6	8 x 1,7 x 1,7	8	564

O dimensionamento e as verificações hidráulicas do corta-rio foram realizadas através da simulação pelo modelo hidrodinâmico.

O Tomo II (Peças Gráficas) apresenta os desenhos dos elementos técnicos e geométricos do dique junto à cidade de Montenegro.

3.1.1.3 Associação do corta-rio na alça do rio Caí, em sua margem esquerda, com dique de proteção, acompanhando o corta-rio.

Essa alternativa integra ao corta-rio anteriormente proposto (alternativa apresentada no item 3.1.1.1) um dique de proteção, acompanhando, aproximadamente, o traçado do próprio corta-rio, entre este e a cidade de Montenegro.

Esse dique, nos dois locais em que interceptará a calha do rio Caí, será dotado de sistemas de transposição de vazões, com duas funções: (i) possibilitar a circulação e o fluxo de água no trecho ensecado do rio Caí (alça junto à cidade); e garantir o esgotamento das águas drenadas pela bacia hidrográfica ensecada, mantendo o nível de água na alça protegida do rio Caí, abaixo da cota 5,00m. Junto à ETV de jusante está prevista uma eclusa, com vistas a possibilitar o trânsito de embarcações até o porto da cidade. A eclusa foi dimensionada para permitir a passagem de embarcações, tendo as seguintes dimensões internas: largura = 20 m; comprimento = 50 m e altura = 13 m.

O corta-rio, nessa alternativa, apresenta as mesmas características técnicas e dimensões geométricas já apresentadas no item 3.1.1.1. Tendo em vista que o corta-rio proporciona uma redução de 0,61m no nível máximo da cheia de 100 anos, a cota de coroamento foi definida em 10,90 m.

O dique de proteção tem as seguintes características:

Características técnicas do dique:

- Localização: margem direita do rio Caí, até o ponto de cruzamento da calha do rio, cerca de 150m a jusante do corta-rio, avançando paralelo ao corta-rio até cruzar novamente o leito do rio Caí (cerca de 300m a montante do corta-rio) e avançando até a encosta do Morro Montenegro;
- Cota de coroamento: 10,90 m;
- Recorrência de projeto: 100 anos;
- Folga (“free-board”): 1,26 m;
- Extensão: 4.900m;
- Altura média: 4,50m;
- Altura máxima: 13,00 m;
- Inclinação dos taludes: 1V : 2H;
- Largura do coroamento: 6m (possibilitando o tráfego em mão única sobre o dique, para manutenção);
- Resultados esperados: proteção de cerca de 15.000 moradores da zona urbana da cidade, compreendida entre a cota 10,31m e a atual margem do rio Caí, e de áreas urbanas e rurais totalizando cerca de 800 ha.

O esgotamento das águas drenadas para a alça “ensecada” do rio Caí será efetuado por estrutura de transposição de vazão, dotada de estação de bombeamento, localizada no dique de jusante, no local de interceptação da calha do rio Caí. O bombeamento somente será acionado, quando o nível de água na alça protegida for superior a determinada cota e não houver condições de escoamento gravitário.

Para a circulação de água na alça protegida do rio Caí, foram previstas duas estruturas de transposição de vazões (uma no dique de montante e outra no de jusante), dotadas de comportas segmento, que operarão de forma gravitária, garantindo a passagem do fluxo de água, sendo dimensionada para uma vazão com permanência de 85%, garantindo a passagem de uma vazão mínima capaz de manter as condições sanitárias.

Características técnicas das estruturas de transposição de vazões do dique:

Estrutura de transposição de vazões de montante

- Estrutura em concreto composta por comportas segmento submersas, com acionamento automático por sensor de nível de água;
- A cota do piso da estrutura: – 2,00 m;
- Vazão de transposição mínima, para nível de água na cota 0,50 m, de 22 m³/s (Q_{85%});
- Dimensões das comportas segmento: 2,90 x 2,50m (B x H);
- Número de unidades: 2.

Estrutura de transposição de vazões de jusante

- Similar à estrutura do dique de montante, em concreto, composta por comportas segmento submersas, com acionamento automático por sensor de nível de água. Deverão contar com stop-log a jusante, para estancar a pressão negativa, por ocasião das cheias no rio Caí;
- Cota do piso da estrutura deve ser da ordem de – 4,00 m;
- Vazão de transposição (gravitária) mínima de 22 m³/s (Q_{85%});
- Dimensões das comportas segmento: 2,90 x 2,50m (B x H);
- Número de unidades: 2;
- Estrutura de bombeamento: finalidade de esgotar a vazão de cheia interna à área protegida pelo dique;
- Tipo de bombeamento: bomba de eixo vertical com poço úmido;
- A altura manométrica do bombeamento é de 4,60m (entre a cota 5,00 m – interna – e a cota 9,64 m – externa);
- Grupos moto-bomba: 4 unidades de 379kW;
- Vazão de bombeamento: 20m³/s.

A vazão a ser esgotada foi determinada a partir do volume estimado para o hidrograma de cheia, com TR de 100 anos, para a área interna ao dique (área drenada de 30 km², precipitação de 180 mm/24 horas e volume escoado de 3.240.000 m³). Desse volume foi descontado o volume compreendido na fatia entre as cotas 3 e 5 m, da ordem de 1.500.000 m³, e o volume resultante dividido por 48 horas. Estima-se uma vazão da ordem de 20m³/s, a ser bombeada para “fora” do dique.

O dimensionamento e as verificações hidráulicas foram realizadas através da simulação pelo modelo hidrodinâmico.

O Tomo II (Peças Gráficas) apresenta desenhos dos elementos técnicos e geométricos da alternativa combinada de corta-rio e dique de proteção.

3.1.2 São Sebastião do Caí

Foram concebidas duas alternativas para a minimização dos efeitos das cheias do rio Caí na cidade de São Sebastião do Caí, através: de diques de proteção e rebaixamento do fundo do rio Caí. Essas duas alternativas são descritas a seguir, através das suas características técnicas, pré-dimensionamentos e configurações geométricas.

3.1.2.1 Diques de Proteção

Consistem em dois diques de proteção, um na margem esquerda do rio Caí, contornando a área urbana, e outro na margem direita, para proteção da RS-124 e comunidades localizadas ao longo da rodovia. Ambos os diques são dotados de sistema para esgotamento das águas internas ao perímetro protegido (através de estruturas de transposição de vazões). Importante destacar que o dique da margem direita encontra-se nos municípios de Harmonia e Pareci Novo, enquanto o da margem esquerda está totalmente localizado no município de São Sebastião do Caí.

O dique proposto na margem esquerda, para proteção à área urbana, permite a incorporação da solução de estrada em seu coroamento e de ponte para travessia do rio Caí, interligando a Rua São João à RS-124, conforme manifesto social recebido durante a fase inicial dos estudos.

A solução do dique da margem direita, para proteção da RS-124, pode ser substituída pela elevação do greide da rodovia (obra que ficaria a cargo do DAER). Atenção especial foi dada ao adequado esgotamento das águas provenientes da área protegida pelo dique, notadamente na localidade de Matiel (Pareci Novo), atendendo à solicitação dessa comunidade que tem convivido com repetidos eventos de inundações.

Os diques de proteção foram dimensionados para a proteção contra inundações com recorrência de 100 anos. Na situação atual, sem os diques de proteção, o nível de água nesse evento atinge a cota 13,07 m. Com a introdução dos diques, há uma redução da seção de escoamento do rio Caí e, conseqüentemente, uma elevação no nível da cheias, da ordem de 0,26 m, e o nível de água passa a atingir a cota 13,33 m (conforme resultado da simulação das cheias através da modelagem hidrodinâmica – Capítulo4).

3.1.2.1.1 Dique da Margem Esquerda

O dique de proteção da margem esquerda (cidade de São Sebastião do Caí) apresenta as seguintes características:

- Localização: contornando a cidade, partindo da Rua Lindolfo Collor, seguindo paralelamente ao arroio Coutinho, até a margem esquerda do rio Caí, seguindo paralelo ao rio até o fundo dos lotes da Rua São João, subindo até a altura da fábrica Oderich, contornando o Instituto de Educação Paulo Freire, até a Rua Saturnino da Silva em direção à estrada do Cadeia;
- Cota de coroamento: 14,50 m;
- Recorrência de projeto: 100 anos (cota 13,33 m);
- Folga (“free-board”): 1,17m;
- Extensão: 4.785 m;
- Altura média: 4,50 m;
- Altura máxima: 8,50 m;
- Inclinação dos taludes: 1V : 2H;
- Largura do coroamento: 10 m (possibilitando o tráfego em mão dupla);
- Resultados esperados: proteção de cerca de 10.000 moradores da zona urbana da cidade (cerca de 50% da área urbana).

Para o esgotamento das águas drenadas nas áreas ensecadas pelo dique, foram concebidas cinco estruturas de transposição de vazão. Essas estruturas serão dotadas de comportas planas para permitir o escoamento quando o nível de água no rio Caí for inferior ao nível da água nas bacias de acumulação a montante dessas estruturas; e de estações de bombeamento que operarão quando o nível de água no rio Caí for superior ao nível nas bacias de acumulação.

A montante dessas estruturas foram previstas bacias de acumulação e amortecimento para absorver o pico das cheias afluentes, compatibilizando-as com as capacidades de escoamento/bombeamento, reduzindo as vazões em 50%.

Importante ressaltar que deverão ser implantados sistemas de drenagem urbana com vistas a conduzir as águas pluviais drenadas para essas as estruturas de transposição de vazões.

As estruturas de transposição de vazões (ETV) do dique da margem esquerda possuem as seguintes características técnicas (Quadro 3.2)

Quadro 3.2: Características técnicas das estruturas de transposição de vazões de São Sebastião do Caí – Dique da Margem Esquerda

Estrutura de Transposição de Vazões (Dique M.E.)	Vazão (m³/s) [50% TR 100 anos]	Comportas (Quant./ Dimensão)	Quant. Grupos Moto-Bomba	Potência Unitária (kW)
ETV1 – ME	6,0	2 x 1,4 x 1,4	2	173
ETV2 – ME	6,8	2 x 1,5 x 1,5	3	167
ETV3 – ME	8,3	3 x 1,5 x 1,5	3	204
ETV4 – ME	4,5	2 x 1,4 x 1,4	2	130
ETV5 – ME	3,8	2 x 1,4 x 1,4	2	108

3.1.2.1.2 Dique da Margem Direita

O dique de proteção da margem direita (RS-124) apresenta as seguintes características:

- Localização: paralelo à RS-124, entre a margem direita do rio Caí e a rodovia (ou sendo a própria elevação de greide da rodovia); iniciando, a montante, na cidade de Harmonia e prolongando-se, para jusante, até cerca de 200m a jusante da Rua São João (localizada na margem esquerda, na cidade de São Sebastião do Caí), já no município de Pareci Novo;
- Cota de coroamento: 14,50m;
- Extensão: 4.500m;
- Altura média: 4,00m;
- Altura máxima: 5,50m;
- Inclinação dos taludes: 1V : 2H;
- Largura do coroamento: 5m;
- Resultados esperados: proteção das localidades ao longo da rodovia, entre as zonas urbanas de Harmonia e São Sebastião do Caí.

Para o esgotamento das águas drenadas nas áreas ensecadas pelo dique, foram concebidas quatro estruturas de transposição de vazão, similares às adotadas no dique da margem esquerda.

As estruturas de transposição de vazões (ETV) do dique da margem direita possuem as seguintes características técnicas (Quadro 3.3).

Quadro 3.3: Características técnicas das estruturas de transposição de vazões de São Sebastião do Caí – Dique da Margem Direita

Estrutura de Transposição de Vazões (Dique M.D.)	Vazão (m ³ /s) [50% TR 100 anos]	Comportas (Quant./ Dimensão)	Quant. Grupos Moto-Bomba	Potência Unitária (kW)
ETV1 – MD	16,5	4 X 1,7 X 1,7	5	304
ETV2 – MD	22,5	5 X 1,7 X 1,7	5	334
ETV3 – MD	6,8	2 X 1,5 X 1,5	2	222
ETV4 – MD	13,5	3 X 1,7 X 1,7	3	260

O Tomo II (Peças Gráficas) apresenta desenhos dos elementos técnicos e geométricos da alternativa com diques de proteção.

3.1.2.2 Rebaixamento de fundo da calha do rio Caí:

Com vistas a reduzir o nível das águas durante as cheias no rio Caí, junto à cidade de São Sebastião do Caí, foi concebida a alternativa de rebaixamento do fundo do rio. Tendo em vista que na cota 10,00 m não há inundação da área urbana, foi definida uma altura de rebaixamento de 5,50 m (equivalente à diferença entre as cotas 10 e 13,33 m, acrescida de folga de 1,50 m). Esta solução foi simulada através do modelo hidrodinâmico (ver Capítulo4).

O rebaixamento do fundo da calha do rio Caí inicia-se a jusante da ponte de acesso à São Sebastião do Caí e prolonga-se por 27,6 km (alcançando a cidade de Montenegro). A largura das escavações foi considerada como a largura da própria calha do rio que corresponde a 50m.

A simulação mostrou que embora consistindo em uma alternativa de grandes proporções físicas, não resulta em proteção significativa à inundação das áreas urbanas de São Sebastião do Caí. Com efeito, o nível de água, na cheia com recorrência de 100 anos, atinge a cota 13,05 m (apenas 0,02 m abaixo da cota atual de cheia, sem intervenção).

Essa pequena repercussão do rebaixamento no fundo do rio sobre o nível de água nas cheias deve-se ao fato de que há forte influência das condições de jusante (conforme pode ser visualizado na Figura 3.8 – rebaixamento do fundo em vermelho), sobre a capacidade de escoamento do rio (efeito de remanso).

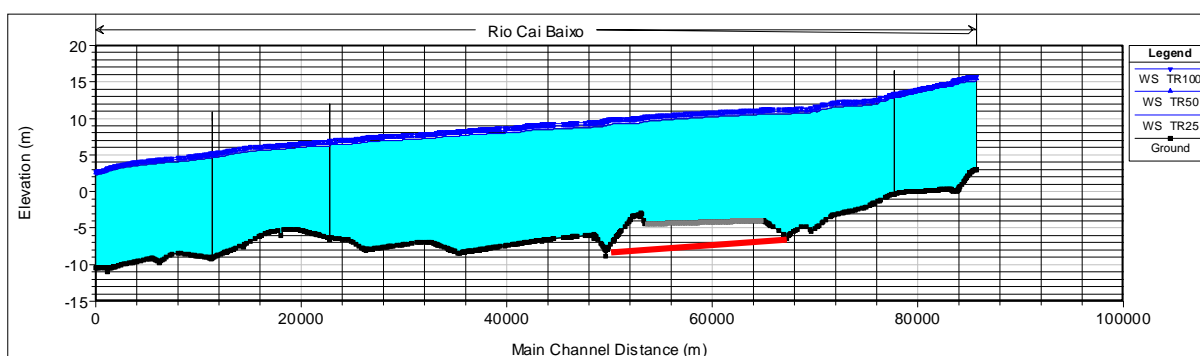


Figura 3.8: Seção transversal com destaque para o trecho de rebaixamento da calha

O Tomo II (Peças Gráficas) apresenta os desenhos dos elementos técnicos e geométricos da alternativa com rebaixamento do fundo do rio Caí.

3.1.3 Harmonia

Foram concebidas duas alternativas para a minimização dos efeitos das cheias do rio Caí na cidade de Harmonia, através: de diques de proteção e corta-rio no rio Caí. Essas duas alternativas são descritas a seguir, através das suas características técnicas, pré-dimensionamentos e configurações geométricas.

3.1.3.1 Diques na Margem Direita do Rio Caí

A proteção da zona urbana de Harmonia demanda a implantação de três diques na margem direita do rio Caí. Os dois primeiros (Norte 1 e Norte 2 encontram-se junto ao arroio Salvador do Sul. O dique Norte 3 desenvolve-se próximo à margem do rio Caí. A concepção adotada para os diques objetivou evitar um transepto no arroio Salvador do Sul, visto a magnitude das vazões de serem transpostas. Assim, os três diques terão estruturas de transposição de vazões de pequeno porte, contribuindo para a redução dos custos de implantação e operação.

Os diques de proteção foram dimensionados para cheias com recorrência de 100 anos, que atingem a cota 15,60m.

Considerando a necessidade de uma “folga” de segurança, na altura do dique, com vistas a protegê-lo do transbordamento, adotou-se uma sobre altura de 1,20m (valor recomendado pelo U.S. Bureau of Reclamation). A cota de coroamento do dique foi definida em 16,80m.

Características técnicas dos diques da margem direita do rio Caí:

Dique Norte 1 (N1)

- Localização: margem esquerda do arroio Salvador do Sul, próximo à Rua José Lauermann;
- Cota de coroamento: 16,80m;
- Recorrência de projeto: 100 anos;
- Folga (“free-board”): 1,20m;
- Extensão: 300m;
- Altura média: 3,50m;
- Altura máxima: 4,80m;
- Inclinação dos taludes: 1V : 2H;
- Largura do coroamento: 5,00m.

Dique Norte 2 (N2)

- Localização: margem direita do arroio Salvador do Sul;
- Cota de coroamento: 16,80m;
- Recorrência de projeto: 100 anos;
- Folga (“free-board”): 1,20m;
- Extensão: 900m;
- Altura média: 2,00m;
- Altura máxima: 3,80m;
- Inclinação dos taludes: 1V : 2H;
- Largura do coroamento: 5,00m;

Dique Norte 3 (N3)

- Localização: paralelo à Rua Henrique Lauermann;
- Cota de coroamento: 16,80 m;
- Recorrência de projeto: 100 anos;
- Folga (“free-board”): 1,20m;
- Extensão: 1.050 m;
- Altura média: 5,00 m;
- Altura máxima: 7,50m;
- Inclinação dos taludes: 1V : 2H;
- Largura do coroamento: 5,00m.

Para o esgotamento das águas drenadas nas áreas ensecadas pelos diques, foram concebidas 3 estruturas de transposição de vazão. Essas estruturas serão dotadas de comportas planas para permitir o escoamento quando o nível de água a jusante for inferior ao nível da água nas bacias de acumulação a montante das estruturas; e de estações de bombeamento que operarão quando o nível de água a jusante do dique for superior ao nível nas bacias de acumulação.

Assim, podem ocorrer eventos de precipitações na zona urbana protegida pelo dique, nos quais o nível do rio Caí se apresente abaixo da cota das bacias de acumulação, quando então o escoamento se dará de forma gravitária. Na medida em que o nível de água no rio Caí atingir a cota de fundo do deságue das estruturas de transposição, as comportas serão fechadas (sensores de nível e servo-motor) e se iniciará o bombeamento.

A montante dessas estruturas, foram previstas bacias de acumulação e amortecimento para absorver o pico das cheias afluentes, compatibilizando-as com as capacidades de escoamento/bombeamento.

As estruturas de transposição de vazões (ETV) dos diques possuem as seguintes características técnicas (Quadro 3.4)

Quadro 3.4: Características técnicas das estruturas de transposição de vazões de Harmonia

Estrutura de Transposição de Vazões	Vazão (m ³ /s) [50% TR 100 anos]	Comportas (Quant./ Dimensão)	Quant. Grupos Moto-Bomba	Potência Unitária (kW)
ETV1 – N1	3,8	1 X 1,4 X 1,4	2	117
ETV2 – N2	3,8	1 X 1,4 X 1,4	2	117
ETV3 – N3	1,5	1 X 1,0 X 1,0	1	143

O Tomo II (Peças Gráficas) apresenta os desenhos dos elementos técnicos e geométricos da alternativa com diques de proteção.

3.1.3.2 Corta-rio na Margem Esquerda do rio Caí

Essa solução consiste na implantação de corta-rio na alça da margem esquerda do rio Caí, visto que a área urbana encontra-se na margem direita côncava do rio, havendo configuração topográfica favorável.

Características técnicas do corta-rio:

- Extensão: 500m, localizado entre as seções ST26 e ST24;
- Cota de fundo de montante, 1,00 m acima do fundo do rio: 5,00m;
- Cota de fundo de jusante: 4,00m;
- Declividade de fundo do corta-rio: 2,00m/km;
- Largura da base: 40m;
- Declividade dos taludes laterais: 1,5H : 1,0V;
- Cota média do terreno natural: 13,00m;
- Altura média de escavação: 8,50m;
- Vazão máxima de dimensionamento próxima ao limite de transbordamento: 660m³/s (verificação hidráulica através da modelagem hidrodinâmica – ver Capítulo4).

Conforme a modelagem hidrodinâmica, essa alternativa resulta em um rebaixamento no nível da cheia centenária de 0,90 m, insuficiente para proteger a cidade, visto que o nível de água ainda atingiria a cota 14,71 m, alcançando parte da área urbana.

O Tomo II (Peças Gráficas) apresenta desenhos dos elementos técnicos e geométricos da alternativa com corta-rio.

3.1.4 Pareci Novo

Para a proteção da zona urbana de Pareci Novo, a solução proposta consiste na implantação de um dique único na margem direita do rio Caí, dotado de estruturas de transposição de vazões. Foi dimensionado para cheias com recorrência de 100 anos (cota 11,50m).

Considerando a necessidade de uma “folga” de segurança, na altura do dique, com vistas a protegê-lo do transbordamento, adotou-se uma sobre altura de 1,20m (valor recomendado pelo U.S. Bureau of Reclamation). A cota de coroamento do dique foi definida em 12,70m, suficiente para, no limite de transbordamento, ainda proteger a cidade de uma cheia com recorrência de 100 anos.

O dimensionamento e as verificações hidráulicas do dique foram realizadas através da simulação pelo modelo hidrodinâmico.

Características técnicas do dique da margem direita do rio Caí:

- Localização: Margem direita do rio Caí, paralelo à margem e à Rua Deputado Antônio José Campani, prolongando-se até o final da zona urbana, infletindo para direita, ao fundo dos lotes da Rua São José, até as proximidades da Rua dos Parecys;
- Cota de coroamento: 12,70m;
- Recorrência de projeto: 100 anos;
- Folga (“free-board”): 1,20m;
- Extensão: 1.900m;
- Altura média: 5,50m;
- Altura máxima: 7,50m;
- Inclinação dos taludes: 1V : 2H;
- Largura do coroamento: 5,00m.

Para o esgotamento das águas drenadas nas áreas ensecadas pelo dique, foram concebidas 2 estruturas de transposição de vazão. Essas estruturas serão dotadas de comportas planas para permitir o escoamento quando o nível de água no rio Caí for inferior ao nível da água nas bacias de acumulação a montante das estruturas; e de estações de bombeamento que operarão quando o nível de água no rio Caí for superior ao nível nas bacias de acumulação.

A montante dessas estruturas, foram previstas bacias de acumulação e amortecimento para absorver o pico das cheias afluentes, compatibilizando-as com as capacidades de escoamento/bombeamento.

Para as estruturas de transposição deverão ser implantados sistemas de drenagem urbana com vistas a conduzir as águas pluviais drenadas para essas as estruturas de transposição de vazões.

As estruturas de transposição de vazões (ETV) dos diques possuem as seguintes características técnicas (Quadro 3.5).

Quadro 3.5: Características técnicas das estruturas de transposição de vazões de Pareci Novo

Estrutura de Transposição de Vazões	Vazão (m³/s) [50% TR 100 anos]	Comportas (Quant./ Dimensão)	Quant. Grupos Moto-Bomba	Potência Unitária (kW)
ETV1	9,0	2 X 1,6 X 1,6	2	185
ETV2	3,0	1 X 1,3 X 1,3	2	111

O Tomo II (Peças Gráficas) apresenta os desenhos dos elementos técnicos e geométricos da alternativa com diques de proteção.

Para a proteção das localidades de Matiel, Bananal e Várzea, a solução proposta consiste na implantação de um dique único na margem direita do rio Caí, entre este e a rodovia RS-124, dotado de estrutura de transposição de vazões. Foi dimensionado para cheias com recorrência de 100 anos e a cota de coroamento do dique foi definida em **14,50 m**.

Características técnicas do dique da margem direita do rio Caí:

- Localização: Margem direita do rio Caí, paralelo à rodovia RS-124.
- Cota de coroamento: 14,50 m;
- Recorrência de projeto: 100 anos;
- Folga (“free-board”): 1,20 m;
- Extensão: 830 m;
- Altura média: 4,50 m;
- Altura máxima: 8,50 m;
- Inclinação dos taludes: 1V : 2H;
- Largura do coroamento: 5,00m.

Para o esgotamento das águas drenadas nas áreas ensecadas pelo dique, foi concebida uma estrutura de transposição de vazão. Essa estrutura será dotada de comportas planas para permitir o escoamento quando o nível de água no rio Caí for inferior ao nível da água na bacia de acumulação a montante da estrutura; e de estação de bombeamento que operará quando o nível de água no rio Caí for superior ao nível na bacia de acumulação.

A montante dessa estrutura foi prevista bacia de acumulação e amortecimento para absorver o pico das cheias afluentes, compatibilizando-as com a capacidade de escoamento/bombeamento.

A estrutura de transposição de vazões (ETV) do dique possui as seguintes características técnicas (Quadro 3.56).

Quadro 3.6: Características técnicas da estrutura de transposição de vazões das localidades de Matiel/Bananal/Várzea

Estrutura de Transposição de Vazões	Vazão (m ³ /s) [50% TR 100 anos]	Comportas (Quant./ Dimensão)	Quant. Grupos Moto-Bomba	Potência Unitária (kW)
ETV	32,0	6 X 1,85 X 1,85	6	527

O Tomo II (Peças Gráficas) apresenta os desenhos dos elementos técnicos e geométricos da alternativa com diques de proteção.

3.2 Consideração de Medidas Não-Estruturais para Mitigação de Inundações

No baixo vale do rio Caí as inundações de diversos centros urbanos causados pelas chuvas intensas na bacia causam enormes prejuízos econômicos e sociais, constituindo-se em um sério desafio a ser resolvido para assegurar o desenvolvimento econômico e o bem estar social das diversas comunidades afetadas por este problema.

No capítulo anterior já foram propostas as intervenções necessárias (obras de contenção) para minimizar esses problemas de inundações. Não obstante, uma abordagem integrada da gestão de riscos de inundação urbana é uma combinação de medidas que podem reduzir os riscos de inundação.

Assim além das medidas propostas e descritas anteriormente (tipicamente estruturais), abordam-se possíveis medidas não-estruturais que também podem ser adotadas para complementar a eficiência das obras de proteção contra cheias.

3.2.1 Considerações Gerais

O fato de que, mesmo com a implementação de medidas estruturais (obras de proteção), sempre haverá um risco residual, probabilístico, de inundações, levam a estratégia de incorporar medidas não-estruturais no programa de ação.

Naturalmente que, no presente caso, dada a magnitude da bacia contribuinte e dos eventos de cheias, as medidas não-estruturais a serem adotadas servirão mais como planejamento futuro do uso do solo, conscientização da população e previsão/alerta sobre cheias.

As medidas não-estruturais que podem ser recomendadas no presente caso são as seguintes:

- mapeamento/zonamento de áreas de risco de inundação, através de regulamentação do uso do solo;
- sistema de previsão e alerta sobre vazões e níveis elevados/alerta prévio e emergência); e
- até mesmo, adoção de seguro contra os danos das inundações.

No presente caso, a adoção das duas primeiras medidas (zonamento e sistema de alerta) torna-se viável, tendo presente os levantamentos cartográficos e as simulações hidrológicas efetuadas no âmbito do presente estudo.

Assim, os sistemas de alerta de inundação e planejamento da expansão urbana podem reduzir os impactos esperados nos eventos de inundações, assim como evitar que os mesmos se agravem no futuro, evitando que novas áreas alagáveis sejam ocupadas pela expansão urbana.

A necessidade de integrar a gestão de risco de inundação através de intervenções estruturais, com o planejamento urbano e do uso do solo é, portanto, fundamental para minimizar os riscos das cheias, os investimentos necessários e os impactos das inundações.

Já a adoção de seguro contra os danos das cheias, uma forma de conviver em parte com os prejuízos advindos das inundações, é abordado como uma medida não-estrutural, apesar de não ser usual no Brasil.

Há, ainda, uma quarta possibilidade de não realizar intervenções estruturais, mas investir na remoção das populações e benfeitorias atingidas pelas cheias, realocando-as em áreas seguras. Consiste em uma alternativa que, em determinados casos (por exemplo, quando há quantidade restrita de moradores e benfeitorias atingidas pelas cheias), pode mostrar-se viável. No estudo atual, duas cidades podem apresentar viabilidade para essa alternativa: Harmonia e Pareci Novo. Essas cidades apresentam custos de intervenções relativamente elevados em comparação com as alternativas de compra dos terrenos e benfeitorias urbanas localizadas nas zonas atingidas pelas cheias e realocação desses moradores em áreas seguras. Essa alternativa será considerada na análise comparativa de viabilidade e seleção de melhor alternativa, a ser realizada na próxima etapa de trabalho e cujos resultados serão apresentados no relatório técnico R8.

A seguir discorre-se sobre as medidas não-estruturais que podem ser adotadas no presente caso, como complemento a proteção oferecida pelas obras planejadas.

3.2.2 Zoneamento da Passagem de Cheias para Definição de Restrições de Ocupação nos Planos Diretores de Desenvolvimento

O Zoneamento de Passagem de Cheias tem por objetivo definir a zona de passagem das cheias nos municípios que estão em área ribeirinha, no trecho baixo da bacia do rio Caí, principalmente nas áreas urbanas, de modo a possibilitar a definição de restrições de ocupação solo a serem incorporadas aos planos diretores municipais.

Tal zoneamento deve partir dos mapas produzidos neste estudo, que foram apresentados no Relatório Técnico R6.

A ocupação da várzea de rios sempre preocupa o planejador do território, principalmente em área urbana, devido aos riscos de enchentes aos quais a área está sujeita. Assim, importa conhecer bem a zona de passagem das cheias no leito maior dos corpos d'água, antevendo possíveis interferências e programando-se para evitá-las.

Assim, a partir do conhecimento da zona de risco em função das cheias, é possível a definição das limitações e restrições ao uso e ocupação do solo, que depois são gravadas nos planos diretores dos municípios estudados.

Esta ação vem ao encontro da solução de um problema histórico que assola parte da população do baixo Caí, uma vez que soluciona ou minimiza os impactos decorrentes da inundação de locais habitados.

Ressalte-se que a efetividade desta ação estará totalmente vinculada à criação das restrições nos planos diretores de desenvolvimento municipais (PDD) e depois ao cumprimento deste instrumento nos municípios, evitando a ocupação das áreas de risco.

O zoneamento das áreas de inundação engloba as seguintes etapas: determinação dos riscos das enchentes; mapeamento das áreas de inundação; e zoneamento. Cada uma dessas etapas é comentada a seguir:

3.2.2.1 Determinação dos Riscos das Enchentes

Nesta etapa utiliza-se uma distribuição estatística de máximos, como a Gumbell, ajustando-se os máximos anuais de vazão/nível, associando-se um valor a cada tempo de retorno.

Na etapa de planejamento do zoneamento, devem-se definir os riscos hidrológicos com os quais se deseja trabalhar. Nesse contexto, deve-se definir o risco da ocorrência da cheia, em função dos objetivos de uso da área de risco, dentro dessas condições, explorar as situações mais desfavoráveis.

O risco é a probabilidade que um valor seja ultrapassado. Esse risco é obtido pelo ajuste de uma distribuição de probabilidade aos valores anuais da variável (nível ou vazão). Nesse caso, a probabilidade P é o risco da vazão ou nível ser ultrapassado num ano qualquer. O Tempo de Retorno desse valor é $TR = 1/P$. O risco que uma vazão (ou nível), com uma probabilidade associada, ocorra nos próximos n anos é obtido pela expressão:

$$PR = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR}\right)^n$$

Em hidrologia, é comum associar aos eventos extremos a um tempo de retorno. Através da expressão acima, ou do gráfico da Figura 3.9, é possível associar o Tempo de Retorno da cheia a um risco hidrológico de sua ocorrência, a partir do tempo de vida útil ou do horizonte de planejamento do empreendimento.

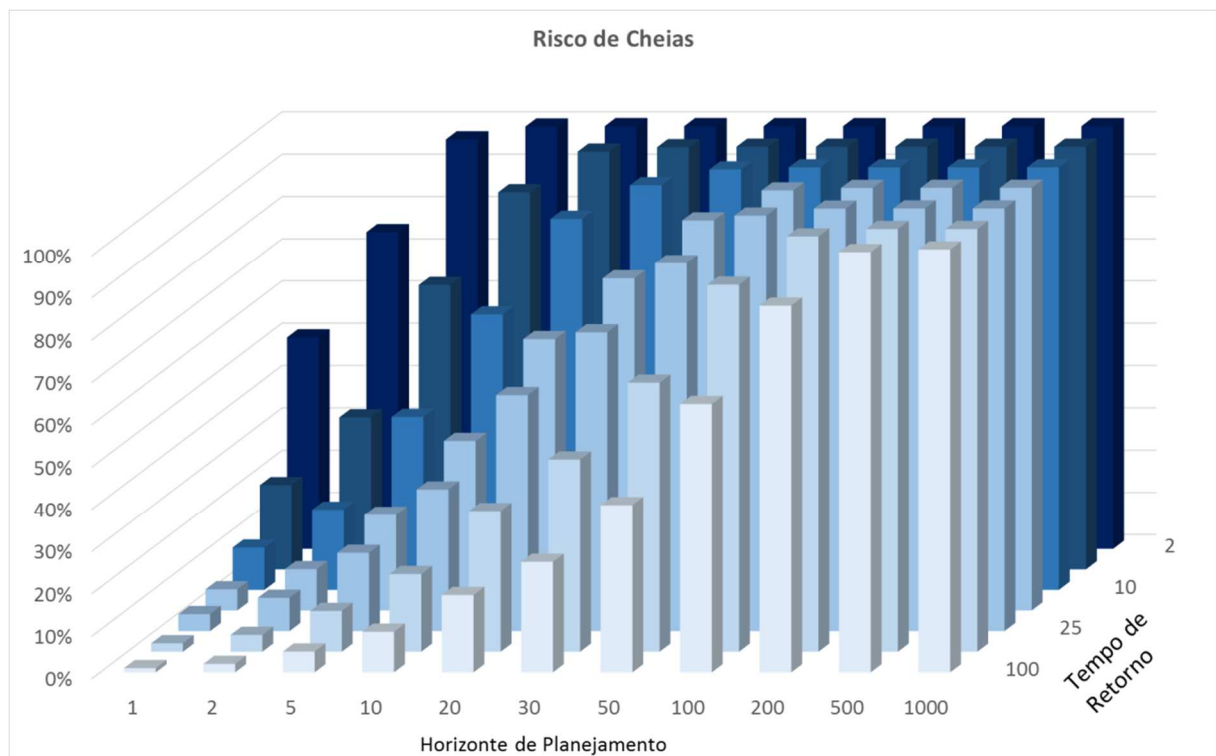


Figura 3.9: Relação entre risco, tempo de retorno e horizonte de planejamento

Neste trabalho foram apresentados dados hidrológicos e mapas com cotas associadas a diversos tempos de retorno, que podem ser utilizados como ponto de partida para escolha dos níveis de risco com os quais se deseja trabalhar.

Usualmente, não se recomenda a ocupação, com moradias, de áreas com cotas de cheias inferiores ao tempo de retorno de 100 anos. Também não se recomenda ocupação urbana, de nenhum tipo, em áreas de TR inferior a 10 anos.

Para as áreas entre 10 e 100 anos deve-se definir o tipo de ocupação a ser permitido ou a restrição da obrigatoriedade de elevar a cota, com aterro, previamente a ocupação.

3.2.2.2 Mapeamento das Áreas de Inundação

Os mapas de inundação podem ser de dois tipos: mapas de planejamento, que definem as áreas atingidas por cheias de tempos de retorno escolhido; e os mapas de alerta, que são mapas de operação, e informam em cada ponto de controle, o nível da régua no qual inicia a inundação.

Neste caso, sugere-se a elaboração do primeiro tipo de mapa e que, depois, se faça um refinamento topográfico para a confecção do mapa de alerta, a partir dos resultados do sistema de alerta e da restituição fotogramétrica produzida neste estudo.

Geralmente, para a confecção desses mapas, são necessários alguns dados que, na prática, nem sempre estão disponíveis. Dessa forma, divide-se o estudo em duas fases:

- A primeira, chamada de mapeamento preliminar, tem o objetivo de delimitar, com precisão reduzida, as áreas de inundação, baseando-se em mapas topográficos e marcas de enchentes.
- Na segunda fase, com o produto da primeira, um levantamento topográfico e maior detalhe é realizado nas áreas definidas, juntamente com a batimetria do rio, e calculados, com precisão, os dois tipos de mapas referidos anteriormente.

Neste caso, do Baixo Caí, já está disponível um mapeamento definitivo, com restituição das margens do rio Caí, nas áreas de risco, que resultaram em curvas de nível com o espaçamento de 1,0 m. Esses detalhes serão requisitados no mapeamento de alerta. Os produtos cartográficos deste estudo foram finalizados no Relatório Técnico R4.

3.2.2.3 Zoneamento

O zoneamento propriamente dito é a definição de um conjunto de regras de ocupação de áreas de maior risco de inundação, visando à minimização futura das perdas materiais e humanas em face da ocorrência de cheias.

A regulamentação do uso das zonas de inundação apoia-se em mapas com demarcação de áreas de diferentes riscos e nos critérios de ocupação das mesmas, tanto quanto ao uso como quanto aos aspectos construtivos. Para que essa regulamentação seja utilizada, beneficiando as comunidades, a mesma deve ser integrada à legislação municipal sobre loteamentos, construções e habitações, ou seja, o PDD, a fim de garantir a sua observância.

A seção de escoamento do rio onde se deseja fazer o estudo das áreas de inundação pode ser dividida em três partes principais (Figura 3.10):

Zona de passagem da enchente (faixa 1): esta parte da seção funciona hidraulicamente e permite o escoamento da enchente. Qualquer construção nessa faixa reduzirá a área de escoamento, elevando os níveis a montante desta seção. Portanto, em qualquer planejamento urbano, deve-se procurar manter esta zona desobstruída.

Zona com restrições (faixa 2): esta é a área restante da superfície inundável que deve ser regulamentada. Esta zona fica inundada mas, devido às pequenas profundidades e baixas velocidades, não contribuem muito para a drenagem da enchente.

Zona de baixo risco (faixa 3): esta zona possui pequena probabilidade de ocorrência de inundações, sendo atingida em anos excepcionais por pequenas lâminas d'água e baixas velocidades. A definição dessa área é útil para informar a população sobre a grandeza do risco a que está sujeita. Esta área não necessita regulamentação, quanto às cheias.

A regulamentação da ocupação é um processo iterativo, que passa por uma proposta técnica que é discutida pela comunidade antes de ser incorporada ao plano diretor da cidade. A faixa 1 deve ficar desobstruída para evitar danos de monta e represamentos. Nessa faixa não deve ser permitida nenhuma nova construção.

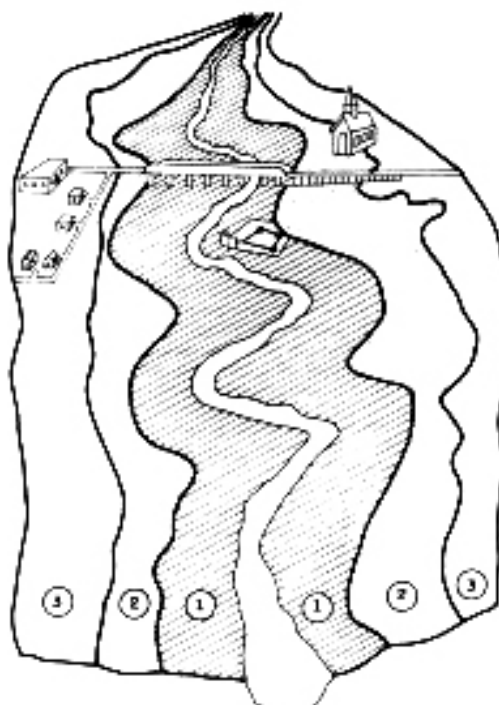


Figura 3.10: Faixas de inundação para regulamentação da zona inundável (Fonte: Tucci, 1993 – Hidrologia: Ciência e Aplicação)

A faixa 2 deve ser subdividida em subáreas e seus usos podem ser: parques e atividades recreativas ou esportivas cuja manutenção, após cada cheia, seja simples e de baixo custo; uso agrícola; habitação com mais de um piso, onde o piso superior ficará situado, no mínimo, no nível do limite da enchente e estruturalmente protegida contra enchentes; usos industrial-comercial, com áreas de carregamento, estacionamento, áreas de armazenamento de equipamentos ou maquinaria facilmente removível ou não sujeitos a danos de cheia. Nesse caso, não deve ser permitido armazenamento de artigos perecíveis e principalmente tóxicos; serviços básicos: linhas de transmissão, estradas e pontes, desde que corretamente projetados.

Na faixa 3, podem-se dispensar medidas individuais de proteção para as habitações, mas orientar a população para eventual possibilidade de enchente e dos meios de proteger-se das perdas decorrentes, recomendando o uso de obras com, pelo menos, dois pisos, onde o segundo piso pode ser usado nos períodos críticos.

Os principais atores intervenientes na implementação desta ação e suas respectivas atribuições são apresentados a seguir:

- Prefeituras Municipais: que terão a atribuição de contratar os serviços de consultoria para a elaboração dos zoneamentos.
- Secretaria de Obras Públicas (SOP) e Metroplan: com a atribuição potencial de coordenar tecnicamente a elaboração dos serviços, face à sua experiência nessa área.

Os zoneamentos em cada área urbana podem ser realizados de forma individual, mas haverá ganhos técnicos e financeiros se tais trabalhos forem realizados de forma unificada. O prazo para a realização dos estudos e serviços integrantes desta ação é da ordem de seis meses a um ano de duração.

A elaboração do zoneamento de passagem das cheias proporcionará um efetivo conhecimento dos riscos de inundação nas áreas urbanas, a definição de regras para a ocupação dessas áreas e a conseqüente redução nos prejuízos causados pelos alagamentos frequentes.

3.2.3 Sistema de Controle e Alerta Contra Enchentes

Um Sistema de Controle e Alerta Contra Enchentes tem por objetivo possibilitar um arranjo entre as entidades existentes na Bacia, de modo que possam trabalhar em conjunto no sentido de minimizar os efeitos das cheias do rio Caí, através da publicação de alertas da possibilidade de cheias para que assim seja possível desocupar as áreas de risco. Seu detalhamento está apresentado a seguir.

Como já foi abordado em etapas anteriores deste trabalho, a ocorrência de enchentes no trecho baixo da bacia do Caí é um fenômeno natural e histórico. A origem dessas ocorrências encontra-se na junção de precipitações intensas com um relevo abrupto que facilita e acelera o escoamento das águas, associado à baixa capacidade de infiltração dos solos pela sua pequena espessura, e as frequentes elevações das águas no Guaíba, causando o represamento do trecho final do rio Caí.

Assim, é com rapidez elevada que as águas precipitadas são escoadas para o trecho baixo, gerando ondas de cheia acentuadas, mas que não conseguem escoar em direção ao lago, causando sérios prejuízos aos municípios deste trecho, principalmente Harmonia, São Sebastião do Caí, Pareci Novo e Montenegro, que possuem parte de sua área urbana em área inundável.

O que se percebe, ao longo do tempo, é que se apresenta uma tendência de agravamento das enchentes no rio Caí e seus afluentes, principalmente no trecho baixo.

Esse agravamento possui origem nas alterações ocorridas quanto ao uso dos solos (aumento da impermeabilização), remoção das matas ciliares e na própria obstrução das calhas fluviais (assoreamento, entulhamento e retificações inadequadas).

Uma alternativa para limitar a perda de vidas humanas nesses eventos e eventualmente minimizar as perdas materiais, consiste na implantação de um sistema de alerta contra enchentes no rio Caí.

A CPRM vem operando o SACE-Caí, que opera de maneira integrada com outros Sistemas de Alerta e Controle de Cheias operados pela Companhia no Brasil, conforme o portal do Sistema¹.

Também havia uma boa experiência em andamento, envolvendo os municípios de São Sebastião do Caí e Bom Princípio que eram capazes de emitir alertas de cheias com base numa régua implantada em Passo Real. Nas últimas cheias (verão 2013 e 2014) a estação foi destruída, e não está mais em operação.

O sistema de alerta aqui proposto está baseado na experiência em desenvolvimento pela CPRM, que usa informações do monitoramento de chuvas e níveis de água ao longo do rio Caí, e afluentes, e na capacidade de pronta comunicação às comunidades, contando com a participação direta da Defesa Civil, principalmente seus núcleos regionais na bacia, conforme figura a seguir.

¹ CPRM. Serviço Geológico do Brasil. SACE - Sistema de Alerta e Controle de Enchentes. Bacia do Rio Caí. Disponível em: <http://sace-cai.cprm.gov.br/sace-cai/>.

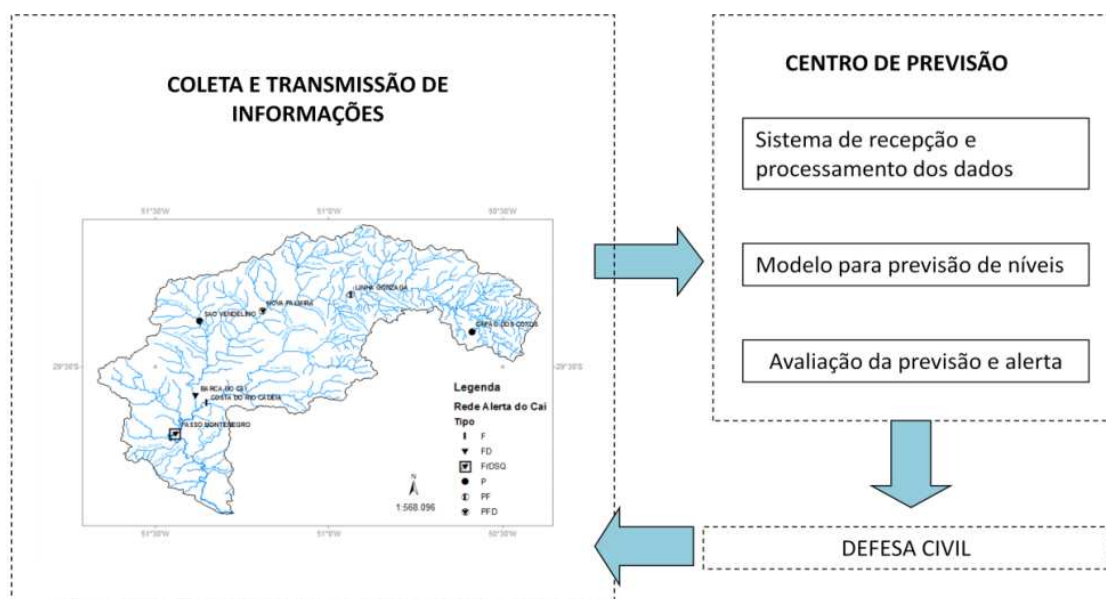


Figura 3.11: Esquema Simplificado do Sistema de Monitoramento e Previsão. (Fonte: Pedrollo et al, 2011)

Ao todo, no SACE-Caí (CPRM) foram instaladas sete estações telemétricas de monitoramento na região, cujos resultados podem ser acompanhados no portal do Sistema¹. Cinco das estações tem dados da chuva e nível do curso d'água:

- Passo de Montenegro -Rio Caí;
- Barca do Caí 2 -Rio Caí;
- Costa do Cadeia -Arroio Cadeia;
- Nova Palmira (Caxias do Sul) -Rio Caí;
- Linha Gonzaga (Caxias do Sul) -Rio Caí;

E outras duas estações que informam apenas o volume de chuva:

- São Vendelino -Arroio Forromeco;
- Capão dos Coxos (São Francisco de Paula) -Rio Caí, próximo à área de nascente.

Este Sistema de Alerta foi concebido em 2009, pela CPRM (e está detalhado na publicação de Pedrollo et al, 2011²).

No futuro, pretende-se que o sistema possa gerar um modelo que preveja com antecedência eventuais cheias em cada ponto da região, mostrando quais áreas serão inundadas (que estradas serão fechadas, onde o problema vai afetar lavouras e, em algumas cidades, quais bairros terão moradores desalojados).

Por hora, o sistema de monitoramento (rede de estações) já é útil para a população em geral acompanhar a situação de suas águas e permite que, a partir das leituras rio acima, os sistemas municipais de Defesa Civil possam estimar o grau de situações de risco, quando for o caso.

Para um aprimoramento do sistema, o monitoramento das chuvas deve ocorrer em diversos pontos ao longo da bacia, com vistas a informar a quantidade de água precipitada em determinado período de tempo. Os pluviômetros instalados pela Defesa Civil em todos os

²Pedrollo, Márcia et al. ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO CAÍ: concepção e implantação do sistema. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2011. Maceió.

municípios do Estado possibilitam a verificação dos volumes precipitados, e não apresentam custo de aquisição e instalação, pois já estão em operação.

Aliado aos dados de chuva, também devem ser monitorados, os níveis de água no rio Caí e seus afluentes principais, principalmente o rio Cadeia.

O sistema de alerta deverá monitorar diariamente a ocorrência de precipitações intensas superiores a um determinado valor que será definido como precipitação crítica (em intervalo diário).

A ocorrência de precipitações acima desse valor deve ser comunicada a uma central de monitoramento, que pode ser localizada em um dos municípios da bacia. Atualmente, o município de São Sebastião do Caí demonstra ter maior capacidade operacional para gerir um sistema como este. O sistema de comunicação deve ser simplificado, através de linha telefônica e e-mails de alerta.

Esse é o nível de alerta inicial, relacionado a precipitações elevadas. Faz-se necessária a contratação de um estudo de consultoria (projeto e dimensionamento do sistema) para determinar os valores críticos para o sistema de alerta, a partir da observação de valores históricos e sua relação com episódios de cheias.

A partir deste alerta inicial, deve haver o confronto com a informação que vem das réguas de monitoramento dos níveis do rio Caí e seus afluentes. Este confronto de informações possibilita aumentar o status de alerta para crítico e/ou emergencial.

Estando em estado de Alerta Inicial e sendo verificado a elevação dos níveis dos rios, o estado de alerta deve ser elevado para Alerta Crítico. A partir deste, quando as réguas indicarem níveis acima da cota que ficar definida como ponto de alerta, a situação será de Alerta Emergencial.

Além destas duas variáveis (precipitações e nível dos rios) o Sistema de Alerta deverá buscar as informações sobre os níveis do Lago Guaíba, que são monitorados na estação Praça da Harmonia (código 87450000 e 87450003).

Em resumo, o Quadro 3.6 ilustra as situações de alerta.

Quadro 3.6: Situações de alerta

Situação	Condicionantes
Normalidade	Não se verificam alterações nas variáveis monitoradas que indiquem a possibilidade de cheias.
Alerta Inicial	Os níveis de precipitação registrados em qualquer das estações pluviométricas, nos municípios da Bacia, ultrapassam um determinado valor crítico (a ser definido).
Alerta Crítico	Além das precipitações elevadas, verifica-se uma subida nos níveis do rio Caí, verificada nas réguas de monitoramento, e observa-se que o Lago Guaíba está elevado, causando remanso no trecho final do rio Caí.
Alerta Emergencial	Além das condicionantes anteriores, verifica-se uma subida nos níveis do rio Caí, nas réguas de Barca do Caí ou Passo Montenegro, ultrapassando a cota de alerta (a ser definida).

A partir dos alertas emitidos, deve ser acionado um sistema de comunicação e alerta às populações, coordenado pelos núcleos da Defesa Civil e pelas Prefeituras, informando às principais áreas de risco a situação atual e, em caso extremo, orientando a remoção dos moradores, segundo planos pré-determinados.

A divulgação dos níveis de alerta definidos pela Defesa Civil passa a ser de responsabilidade de todos os envolvidos a da comunidade em geral, devendo-se utilizar de instrumentos como: TV, Rádio, Internet, rádios-amadores, jornais, e a transmissão da notícia “boca-a-boca” entre as pessoas.

A implementação de um sistema de alerta contra cheias pressupõe um trabalho articulado entre diversos atores, porém coordenado pelos núcleos regionais da Defesa Civil, com apoio da CPRM. Fica aqui sugerida a articulação entre os seguintes atores, com suas funções:

- Coordenação geral e emissão dos alertas:
 - o CPRM;
 - o Defesa Civil (instâncias municipais e núcleo regional).
- Monitoramento de réguas e da chuva:
 - o DRH-SEMA;
 - o CPRM;
 - o Brigada Militar - Corpo de Bombeiros;
 - o Prefeituras Municipais.
- Divulgação dos Alertas:
 - o Defesa Civil;
 - o Prefeituras Municipais;
 - o Associações e Sindicatos de Produtores Rurais;
 - o Clubes de radioamadores da região;
 - o Órgãos de Imprensa; e
 - o Comunidade em geral.

A implementação de um sistema de alerta contra enchentes no Baixo rio Caí pressupõe a articulação de uma rede de apoiadores, subsidiado por um sistema de comunicação simplificado (telefonia e internet), convergindo para um núcleo central de decisão e informação.

Face à facilidade de mobilização dos recursos pessoais e materiais o cronograma de implementação desse projeto é da ordem de seis meses, podendo iniciar imediatamente.

O custo de implementação e de operação é muito baixo, face à simplicidade dos equipamentos necessários, ao caráter de voluntariado das ações e à possibilidade de se utilizar informações existentes e instituições já atuantes.

Há um custo relacionado a operação do sistema de monitoramento, que pode ser absorvido pelas entidades que já vem realizando esta função na região (DRH-SEMA e CPRM).

Porém, faz-se necessário a elaboração do estudo para definição dos níveis críticos para emissão dos Alertas. Para isso é prevista a contratação de uma consultoria, que buscará correlacionar os valores de precipitações nos municípios da bacia, com os níveis do rio Caí em São Sebastião do Caí e Montenegro, e com as cotas no Lago Guaíba.

Tal trabalho deve se valer dos estudos disponíveis neste projeto, que apresenta as bases hidrológicas para compreensão deste fenômeno e do modelo hidrodinâmico de simulação deste trecho do rio.

O sistema de alerta contra enchentes no rio Caí, quando funcionando, deverá informar à Defesa Civil sobre a situação local quanto às precipitações e níveis de água no rio, de forma a subsidiar a tomada de decisão quanto ao nível de alerta e quanto às medidas a serem aplicadas, podendo resultar na remoção das populações ribeirinhas, com vistas a preservar a vida humana e, em alguns casos, minimizar danos materiais.

O único grande obstáculo à implementação de um sistema de alerta contra enchentes reside na adesão dos parceiros e da população em geral, face ao caráter altamente voluntário das ações necessárias.

A contratação da consultoria para definição dos níveis de alerta poderá se configurar num obstáculo de dois modos: financeiro e institucional, uma vez que pode haver discussão sobre quem é o responsável pela contratação do estudo.

3.2.4 Adoção de Seguro para Riscos de Inundações

Em continuação serão abordados de forma diversa diferentes enfoques sobre o tema em pauta neste item. A abrangência para por uma visão mais internacionalizada sobre o assunto, um pequeno esclarecimento sobre a prática estadunidense e um resumo sobre um estudo que foi desenvolvido na Universidade de São Carlos / SP, tentando aplicar o seguro a uma região urbana desta cidade.

3.2.4.1 Seguro Contra Inundações, Uma Visão Baseada na Experiência Internacional

Nos países em desenvolvimento, a maioria das perdas econômicas que resulta de desastres hidrometeorológicos fica a cargo de governos, famílias e empresas.

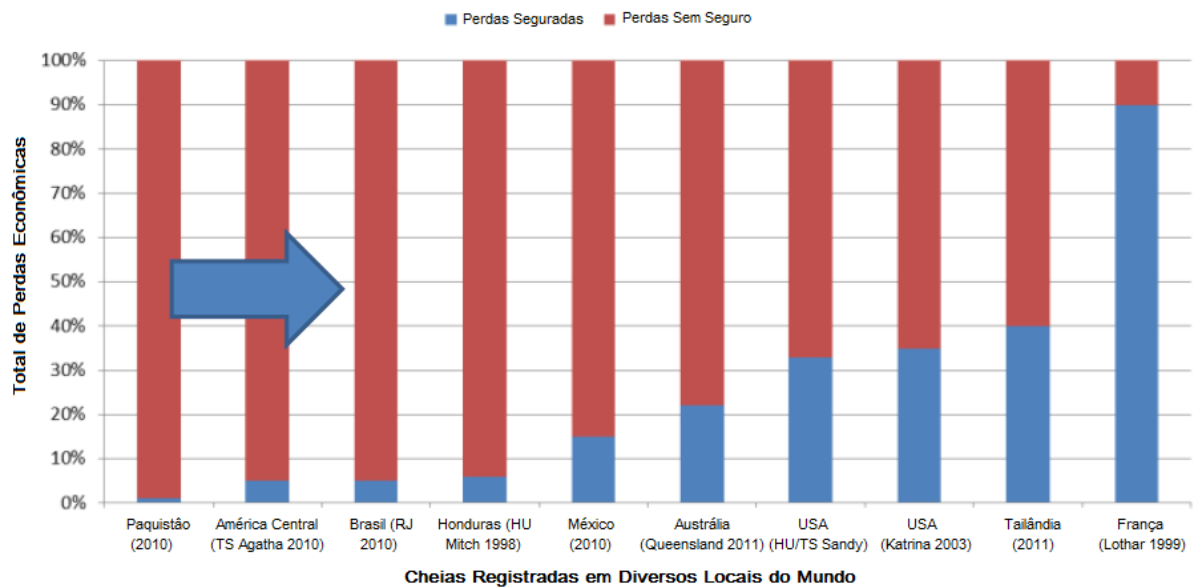


Figura 3.12: Perdas Provocadas por Inundações (Com Seguro e Sem Seguro) Fonte: World Bank-GFDRR DRFI Program (2012)

Conforme a Figura 3.13, o Brasil foi recentemente classificado entre os 10 países mais suscetíveis à grandes perdas devido à inundação no “mundo emergente”.

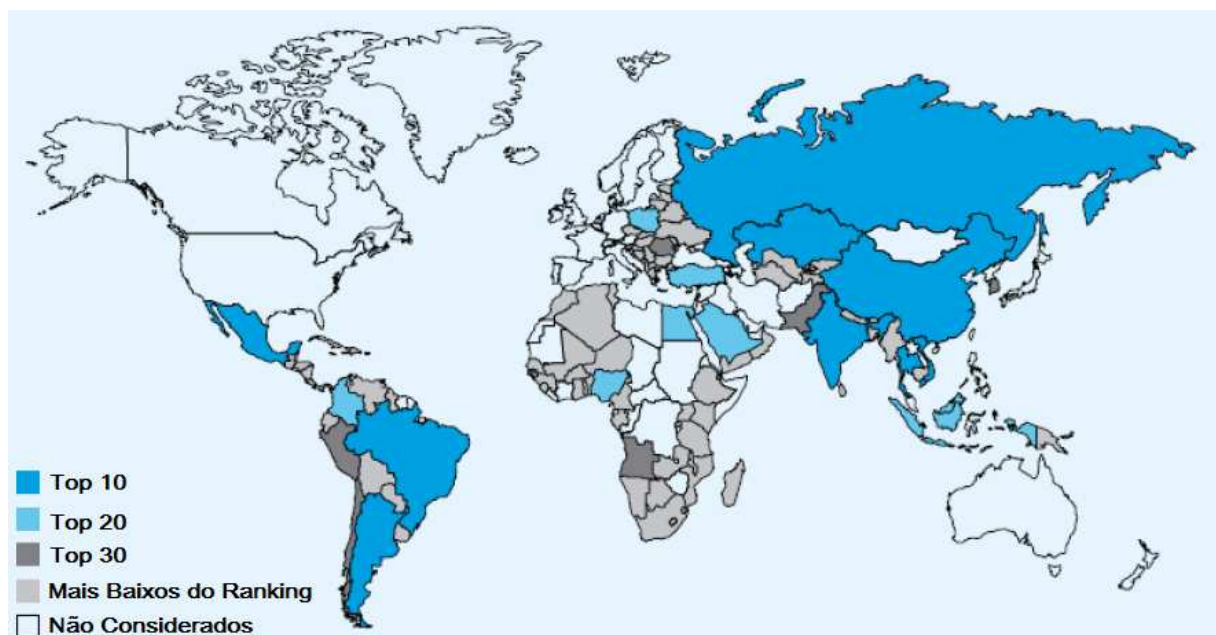


Figura 3.13: Mapa Mundial de Susceptibilidades de Perdas por Inundação Fonte: Swiss Re

Seguros e o financiamento do risco de desastres (DRFI) são um componente essencial da estrutura de Gestão de Riscos de Desastres (GRD).



Figura 3.14: Fluxograma de Gestão de Riscos de Desastres Fonte: World Bank-GFDRR DRFI Program (2012)

Flexibilidade financeira a desastres requer um aumento na capacidade financeira do governo em processos de resposta de forma a promover o desenvolvimento de um “mercado de seguros”.



Figura 3.15: Fluxograma de Ações Governamentais para Criação de Mercado de Seguros Contra Desastres

O governo pode desenvolver uma estratégia DRFI (Seguros e Financiamento de Riscos de Desastres) sustentável, eficaz e de baixo custo, conforme apresentado no fluxograma a seguir.

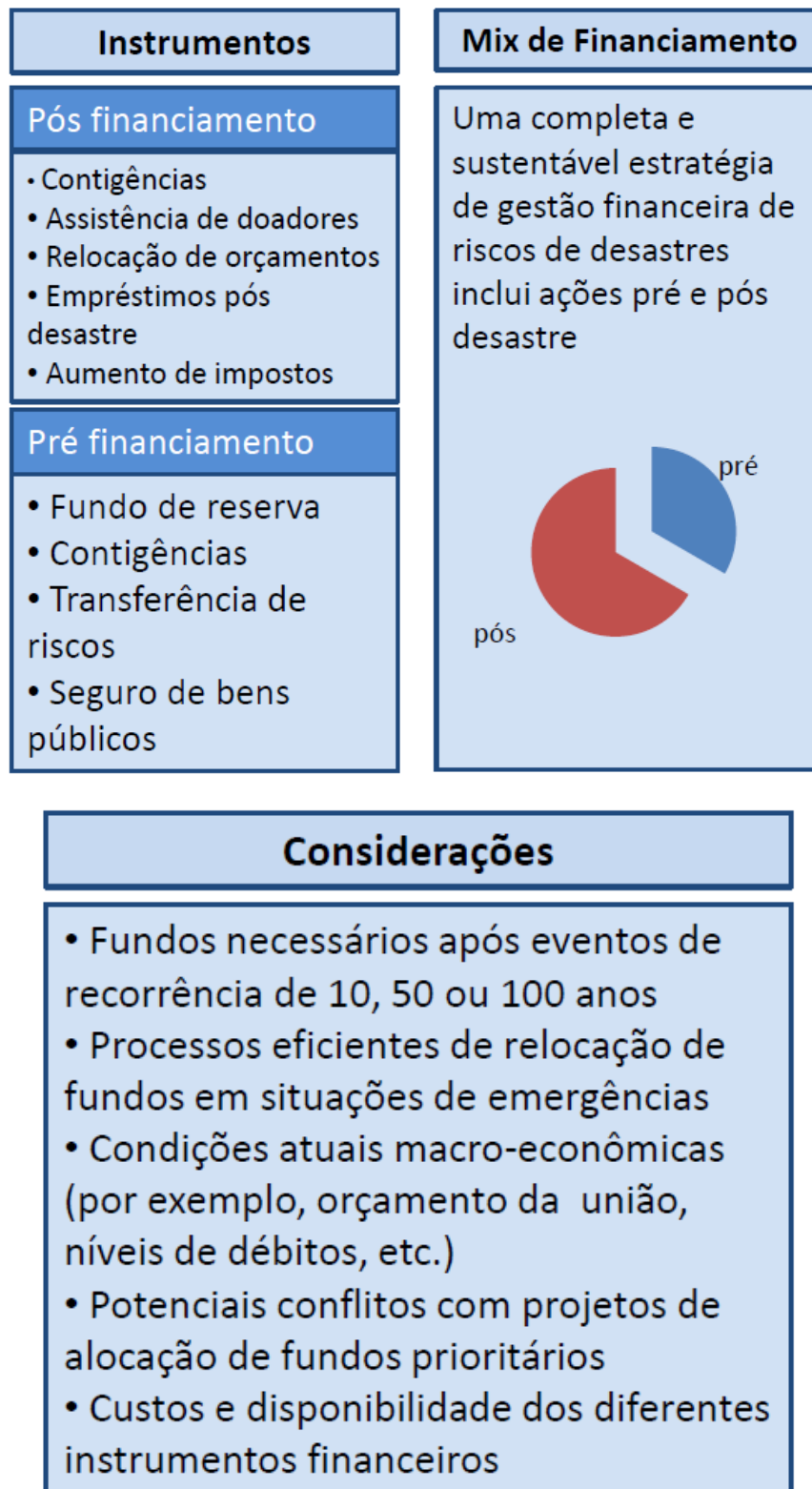


Figura 3.16: Fluxograma para Política de Introdução Sustentável de Seguros e Financiamentos de Riscos de Desastres (DRFI)

O financiamento de risco e instrumentos de seguro fornecem contribuições essenciais para ações de GRD (Gestão de Risco de Desastres), quais sejam:

- Aumentam a flexibilidade financeira contra riscos residuais que não podem ser evitados ou mitigados;
- Podem incentivar um maior engajamento e investimento em medidas de mitigação de risco;
- Agilizam a recuperação pós-desastre e processos de reconstrução;
- Reduzem o impacto de desastres no orçamento fiscal e na macroeconomia.

O financiamento de riscos de inundação pelo setor privado apresenta um conjunto de desafios, conforme elencado a seguir:

- Ambas, população e organizações subestimam seu grau de exposição ao risco de inundação;
- O mercado de seguros trabalha para fornecer seguro de inundação a preços acessíveis em áreas de alto risco;
- Mesmo em mercados de seguros desenvolvidos, inundações configuram como um "risco insegurável" em áreas costeiras ou várzeas;
- Diversos tipos de inundações fazem da avaliação de risco e perdas econômicas uma atividade de difícil natureza.

É comum para o Estado incorporar tanto o risco privado de inundação, quanto o público. Seguros sustentados pelo Estado e PPPs (Parcerias Público-Privadas) são comuns em países desenvolvidos com mercados privados estabelecidos.

Nos países em desenvolvimento, onde a participação do seguro contra catástrofes ainda é baixa, pode se formular as seguintes constatações:

- O governo paga o custo do risco de inundação por meio de ajuda pós-desastre;
- Os custos fiscais adicionais incluem: restauração de bens e serviços públicos e perdas indiretas devidas à ruptura econômica.

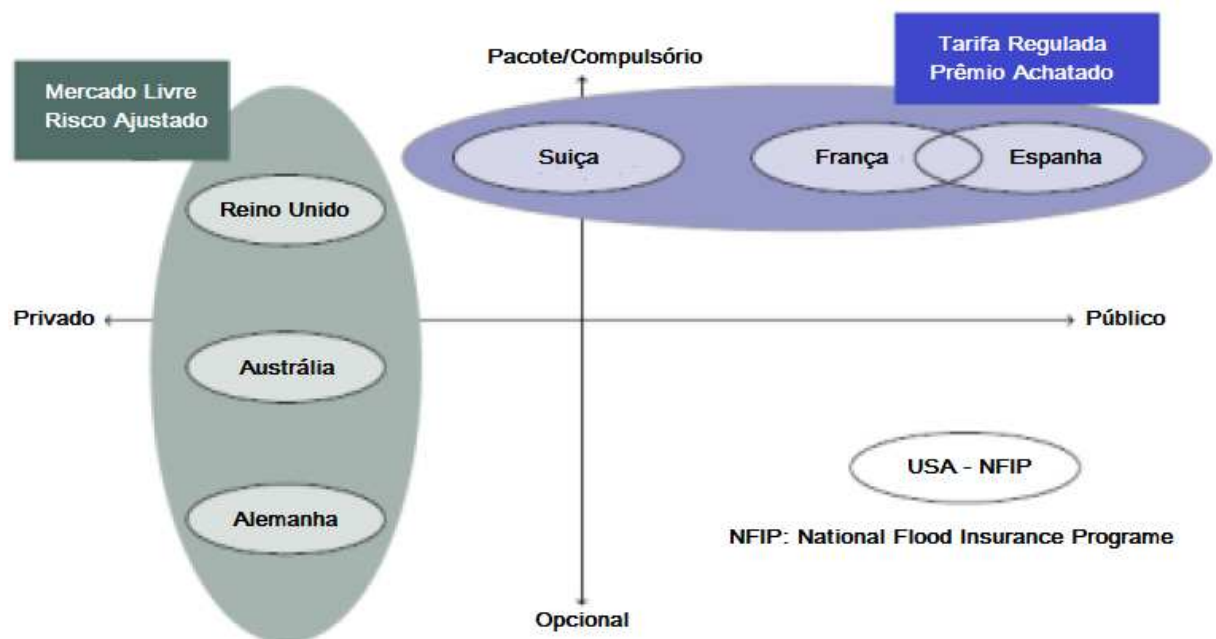


Figura 3.17: Prática do Seguro Contra Cheias nos Países Desenvolvidos

A avaliação do risco de inundação é desafiadora e a informação limitada inibe o financiamento de risco pré desastre. A constatação gera as seguintes observações pertinentes:

- As variadas fontes de informação de inundações e as complexas interações entre as diversas variáveis fazem com que eventos de inundações sejam difíceis de modelar em termos de probabilidade;
- Há uma disponibilidade limitada de modelos de risco de inundações usados pelo mercado de seguros para determinar preços;
- A falta de dados sobre perdas históricas de inundação torna o cálculo de perdas totais muito difícil, bem como faz que a calibração destes modelos também seja problemática.

Quanto ao Brasil especificamente, inundações recentes sugerem que o nosso país esteja exposto a um risco significativo de perdas enquanto os custos permanecem não-avaliados.

3.2.4.2 O Programa Norte Americano de Seguro Contra Inundações - NFIP

O PROGRAMA NACIONAL CONTRA CHEIAS (NFIP – *National Flood Insurance Programe*) dos Estados Unidos da América foi criado por Ato em 1968, em resposta às seguintes constatações do Congresso Americano:

- Desastres com inundações demandavam liberação de grande quantidade de recursos financeiros imprevisíveis, consumindo reservas da nação;
- A implantação de medidas de uma política nacional de ações preventivas produzidas para reduzir perdas ocasionadas por efeitos danosos de cheias se mostraram insuficientes para proteger adequadamente os crescentes prejuízos protagonizados por inundações. Um método razoável de reduzir o risco de perdas por inundações seria um programa de seguros, que incentivaria o implemento de medidas de prevenção e proteção;
- Muitos fatores faziam com que a proposta fosse economicamente inviável para as operadoras privadas de seguros e para aqueles que necessitariam desse produto.

Diante dessas constatações, nos EUA pôs-se em prática um programa de seguro contra inundações com participação em larga escala do Governo Federal e também contando com a experiência da indústria privada de seguros.

O Congresso estabeleceu que a aprovação da lei de seguros contra enchentes deveria resultar em:

- Programa de Seguros contra inundações que, ao longo do tempo, deveria ser disponibilizado em todo o país através do esforço de cooperação entre o Governo Federal e a Indústria de Seguros Privada;
- Dotar o Programa de flexibilidade, de forma que o seguro contra cheias fosse lastreado sobre um “pool” de riscos controlados, minimizando custos e distribuindo encargos de forma equalitária entre o público em geral e entre aqueles que deveriam ser protegidos pela modalidade proposta;
- Encorajar governos estaduais e municipais a adotar políticas de ocupação e uso racional de áreas sob a sua jurisdição para minimizar riscos de cheias de danos provocados por estas.

O NFIP é um programa no qual as comunidades formalmente aderem, como evidenciam os códigos e regras de adoção, no sentido de regular o uso e ocupação de suas terras. Em contrapartida, a FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) torna a cobertura do seguro contra cheias disponível, envolvendo bens de diversas naturezas, para toda a comunidade.



A FEMA tem tradicionalmente identificado as áreas de risco de inundações em mapas específicos, que são disponibilizados para as comunidades avaliarem as suas responsabilidades. Os mapas também são utilizados pelos agentes de seguros para definições de taxas e custo de capital.

O “Escrever o Seu Próprio” Programa (*Write Your Own – WYO Programme*) foi iniciado em 1983 e trata-se de uma cooperação entre a FEMA e as Seguradoras Privadas. O WYO opera no contexto do NFIP e está sujeito as suas regras e marcos regulatórios. Dentro desse enfoque, as empresas privadas podem operar isoladamente, criando suas próprias regras e regulamentos para assegurar moradores e produtores.

3.2.4.3 Estudo Para Utilização do Seguro Contra Inundações em Área Urbana – São Carlos/SP – Brasil

Pesquisadores da USP de São Carlos estão desenvolveram uma metodologia para a implantação de um modelo de seguro contra inundações em bacias urbanas, que ainda não dispõe de conhecimento de sua prática no Brasil. A pesquisa investigou a forma como se comporta uma bacia urbana e reuniu informações hidrológicas, hidráulicas, geográficas e topográficas do local, para saber qual o risco e custo dos seguros para áreas atingidas por enchentes.

Usualmente, é comum fazer seguro de casa, carro e vida no país. Pesquisadores do Núcleo Integrado de Bacias Hidrográficas (NIBH) da Universidade de São Paulo (USP), no campus de São Carlos, desenvolveram uma metodologia para a implantação de um modelo de seguro contra inundações em bacias urbanas, que na época ainda não existia no país. Este tipo de seguro já é feito em boa parte de países desenvolvidos. Na Europa, a maior resseguradora (empresa que assume o risco de outras seguradoras) do mundo, localizada na Alemanha, cobre não apenas danos causados por enchentes, mas por outros desastres naturais em vários países.

A pesquisa brasileira foi desenvolvida como parte do doutorado da engenheira civil Melissa Graciosa, mas a ideia já havia tomado forma no mestrado do economista Julian Righeto, também do NIBH, que analisou a viabilidade econômica da implantação de seguros em áreas de enchente. Apesar das grandes catástrofes envolvendo enchentes não acontecerem no Brasil, elas são recorrentes, principalmente nos verões, e o prejuízo anual do país era da ordem de R\$1 bilhão.

Graciosa apresentou seu estudo na Jornada Ibero-americana sobre Inundações e Desastres Naturais, promovida pela Rede Ibero-americana para o Monitoramento e Prognóstico de Fenômenos Hidrometeorológicos (Prohimed), na Guatemala. No evento, participam pesquisadores da América Latina e Espanha. Esta rede, com o apoio da Organização Meteorológica Mundial, uma agência especial da Organizações das Nações Unidas, tem o propósito de fazer uma avaliação integrada de fortes chuvas e inundações em cada país, combinado com o conhecimento científico de meteorologia e hidrologia.

Os seguros contra inundações estão inseridos na gestão de riscos de desastres naturais, que é caracterizada por três fases: prevenção, ações de socorro e recuperação. O seguro hidrológico vem para viabilizar financeiramente a etapa de recuperação. “No Brasil, não se dispõe de dinheiro para a recuperação depois dos desastres”, afirmava a engenheira. “As seguradoras de carro têm estatísticas, sabem quantos automóveis quebram, quantos são roubados, ou seja, têm conhecimento do risco e do custo”, afirmava Graciosa, que estava desenvolvendo uma metodologia para descobrir o risco e o custo dos seguros para áreas atingidas por enchentes. Um dos pontos analisados pela pesquisadora foram as curvas de dano. Ou seja, se o rio subisse um metro, o prejuízo seria de quanto?

Sua pesquisa investigou a forma como se comporta a bacia, reuniu informações hidrológicas, hidráulicas, geográficas e topográficas do local, analisou a relação entre o volume e profundidade de inundação e quantificou o número de pessoas atingidas, a fim de descobrir o número de possíveis segurados. As análises nas quais se baseou esse trabalho



foram feitas no Córrego do Gregório, região de comércio atingida constantemente por enchentes no centro da cidade de São Carlos. A maior dificuldade é que não existia um grande histórico de vazões, ou seja, dos níveis que o rio atingiu. Graciosa conta que os dados estavam disponíveis a partir de 2004, e por isso, sua pesquisa utilizou também dados do comportamento de outros rios.

“Para que uma seguradora possa entrar no mercado de seguros contra enchentes, são necessários vários dados que permitam um investimento com uma margem segura de arrecadação através de um prêmio ótimo determinado por meio de simulações do local, para que o investimento seja viável”, analisa Righeto que, em sua pesquisa também fez uma avaliação da percepção dos comerciantes que ocupam a região do córrego do Gregório sobre a problemática das enchentes. Ele fez uma análise em 300 lojas e concluiu que todos os comerciantes têm interesse por um seguro desse tipo, já que as obras contra enchentes são inúteis, porque sempre que chove forte, seus estabelecimentos são afetados. Righeto estudou ainda quanto os comerciantes estariam dispostos a pagar pelo seguro. “Varia de acordo com o tamanho do estabelecimento. De R\$ 50 a R\$ 100, dependendo da intensidade da enchente, seria um prêmio ótimo de acordo com o modelo de seguro contra enchentes que desenvolvi em meu mestrado”.

Os seguros contra enchentes, ao contrário de outros, depende do local em que vão ocorrer as inundações. “A ideia, com certeza, é muito recente. Ainda não existe nenhum seguro desse tipo no mercado brasileiro, pois o trabalho é muito extenso e, para se realizar na prática, há a necessidade de um estudo profundo de cada região que se pretende aplicar”, conclui o economista.



4 SIMULAÇÕES HIDROLÓGICAS DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO DAS ALTERNATIVAS

4 SIMULAÇÕES HIDROLÓGICAS DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO DAS ALTERNATIVAS

Este item apresenta os resultados da simulação matemática das alternativas de controle de cheias do Rio Caí para os municípios de Harmonia, São Sebastião do Caí, Pareci Novo e Montenegro.

A seguir são apresentadas, por município, as configurações das cheias, para cada alternativa proposta no Capítulo anterior, no modelo HEC-RAS e os resultados obtidos, mostrando uma comparação com o cenário atual. Essa avaliação foi realizada para nível e velocidade.

4.1 São Sebastião do Caí

Para São Sebastião do Caí as alternativas de proteção simuladas foram as seguintes: (a) duas linhas de diques situadas nas margens direita e esquerda e (b) o rebaixamento do fundo do rio Caí a jusante da sede urbana.

A alternativa com dique foi simulada no modelo HEC-RAS utilizando a ferramenta *levees* que é usualmente adotada para simular a restrição do escoamento lateral na seção transversal provocada não somente por diques construídos, mas também para isolar áreas naturalmente mais baixas da planície de inundação em relação às margens (Figura 4.1).

Para a alternativa de rebaixamento do fundo do rio, as seções que compreendem o trecho modificado foram editadas. As seções foram aprofundadas até a cota desejada. A mesma inclinação dos taludes foi mantida. Não foi considerada uma retificação do rio, apenas uma alteração da declividade de fundo.

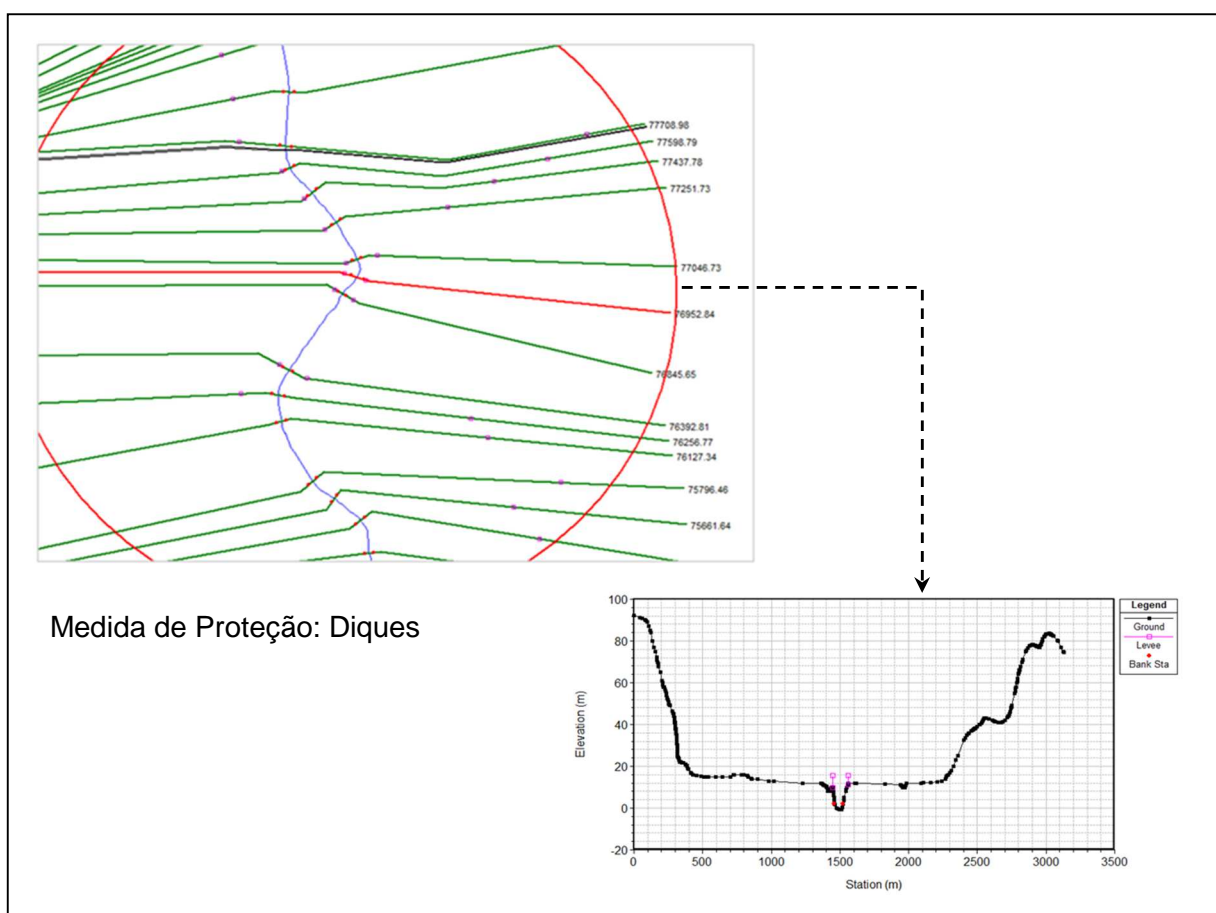
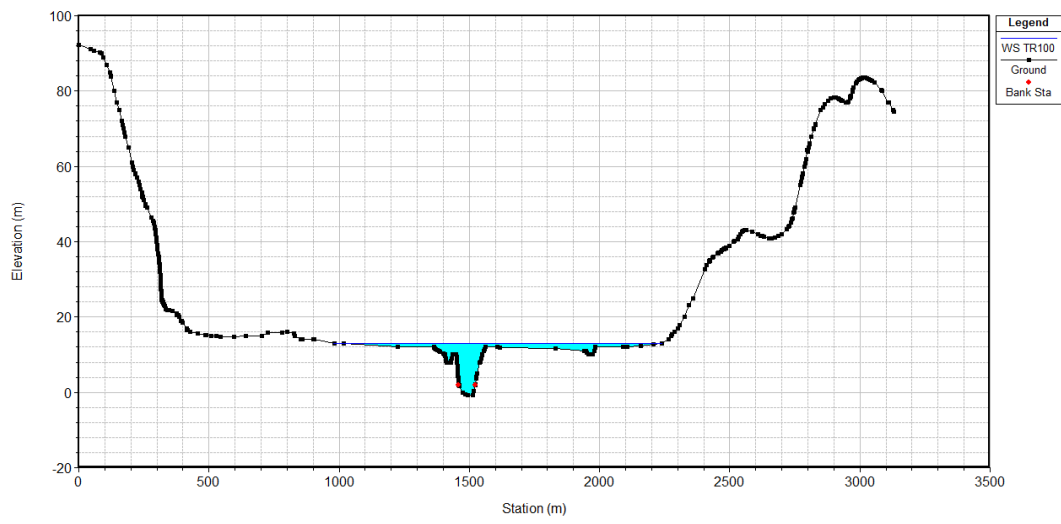
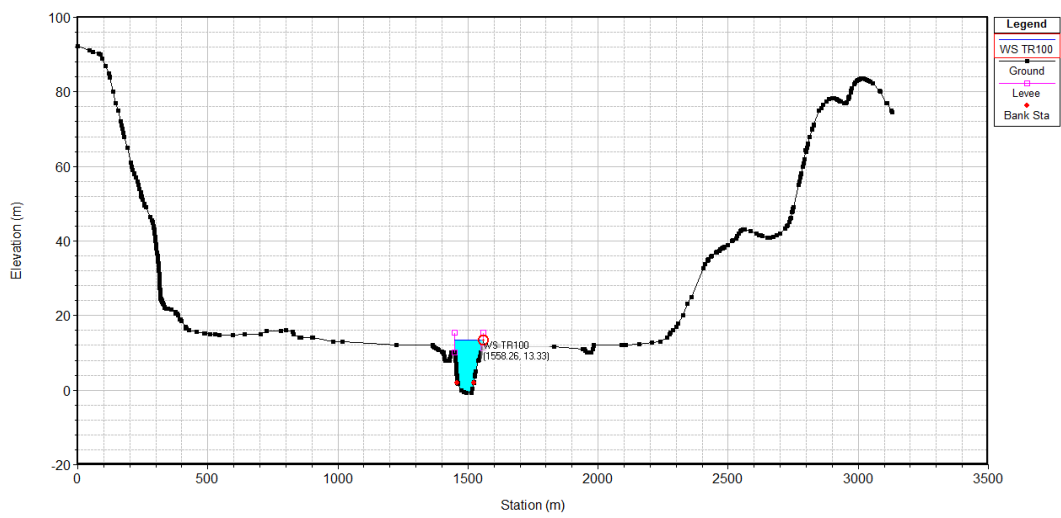
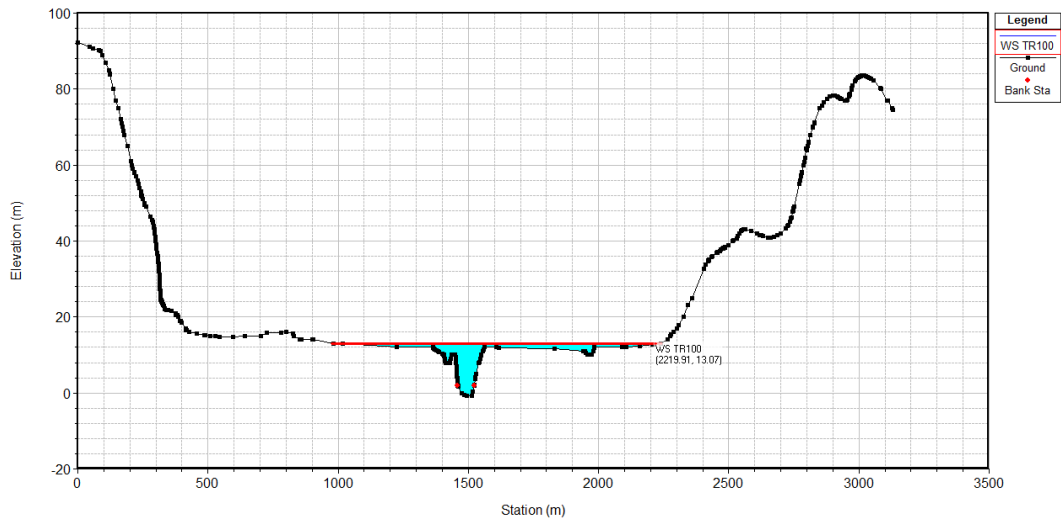
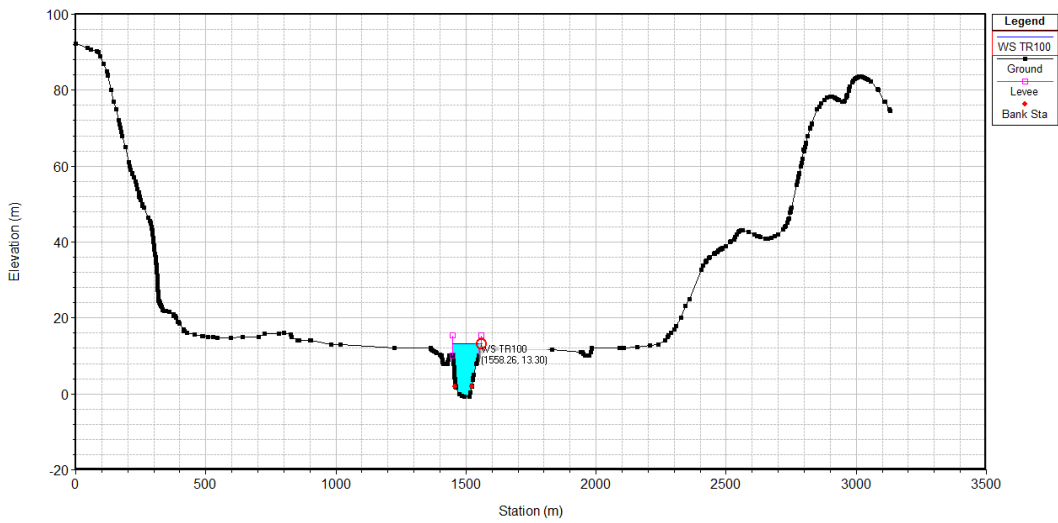


Figura 4.1: Implementação das medidas de proteção no modelo HEC-RAS para São Sebastião do Caí

A Figura 4.2 apresenta uma comparação do nível alcançado pela cheia de 100 anos na situação atual com as alternativas de controle de cheias propostas. A seção de comparação nesse caso refere-se à seção localizada no trecho médio do dique de São Sebastião do Caí. Na sequência, a Figura 4.3 mostra o perfil longitudinal de velocidades médias no rio Caí ao longo do trecho que compreende o dique.





(d)
Figura 4.2: Comparação entre os níveis calculados alcançados pela cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Simulados: (a) Atual, (b) Medida de Proteção – Dique, (c) Medida de Proteção – Rebaixamento de fundo e (d) Medida de Proteção – Dique + Rebaixamento de fundo – Município de São Sebastião do Caí – Trecho de extensão do Dique

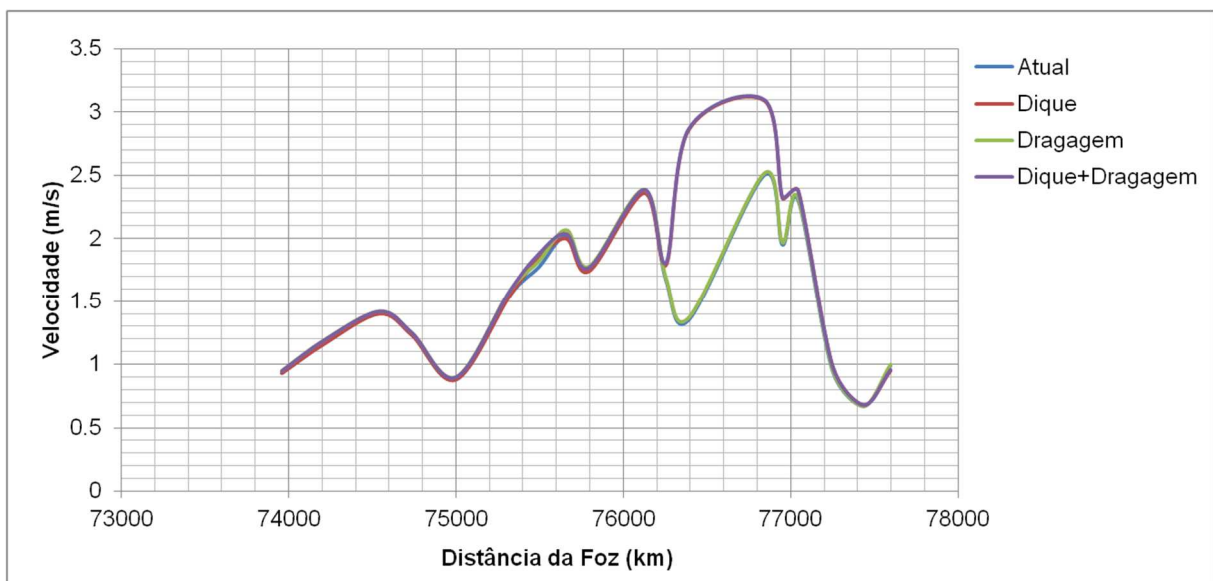


Figura 4.3: Comparação entre os perfis longitudinais de velocidade média para uma cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Atual e com Alternativas de Proteção – Município de São Sebastião do Caí – Trecho de extensão do Dique

Para o trecho que compreende os diques, as simulações indicam ocorrer uma elevação de cerca de 0,25 m no nível do rio Caí com a implantação dos diques para um evento com recorrência de 100 anos. Esse resultado ocorre com ou sem a execução do rebaixamento de fundo (Figura 4.2 b e d). Somente a alternativa com rebaixamento de fundo não alteraria o nível no rio Caí no trecho da sede urbana de São Sebastião do Caí (Figura 4.2 a e c).

Na análise de velocidades (Figura 4.3), verifica-se que no cenário com diques ocorreria um aumento importante nas velocidades de escoamento no rio Caí. Esse incremento é verificado somente no trecho com dique, sobretudo no trecho em que os diques da margem direita e esquerda se aproximam da calha principal. No caso da alternativa com rebaixamento de fundo somente, o modelo aponta não haver alterações no perfil longitudinal de velocidades no rio Caí.

4.2 Montenegro

Para Montenegro as alternativas de proteção simuladas foram as seguintes: (a) dique na margem direita junto da sede urbana de Montenegro, (b) corta-rio no trecho de meandro sem diques laterais, na margem esquerda do rio Caí; e (c) corta-rio com dique junto ao corta-rio associado à transposição de vazão para o trecho de meandro protegido.

A alternativa com dique foi simulada no modelo HEC-RAS utilizando a ferramenta *levees* que é usualmente adotada para simular a restrição do escoamento lateral na seção transversal provocada não somente por dique construído, mas também para isolar áreas naturalmente mais baixas da planície de inundação em relação às margens (Figura 4.4).

Para a alternativa de corta-rio, a simulação foi realizada configurando um novo trecho no modelo para representar o desvio proposto. Nesse sentido duas junções foram implementadas: (a) a montante do corta-rio: representando a divisão da vazão do rio Caí entre o corta-rio e o meandro e (b) a jusante do corta-rio: representando a confluência dos escoamentos no corta-rio e meandro, sendo propagados para jusante no rio Caí. A diferença entre as alternativas (b) e (c) está, além do dique, na condição de montante e jusante nas confluências (*junctions*).

A Figura 4.5 apresenta uma comparação do nível alcançado pela cheia de 100 anos na situação atual com as alternativas de controle de cheias propostas. A seção de comparação nesse caso refere-se à seção localizada no trecho médio do dique junto à sede urbana de Montenegro. Na sequência, a Figura 4.6 mostra o perfil longitudinal de velocidades médias no rio Caí ao longo do meandro.

Para o trecho de meandro junto da sede urbana, as simulações indicam ocorrer uma elevação de 0,18 m no rio Caí com a implantação do dique na margem direita para um evento com recorrência de 100 anos (Figura 4.5a e b). No caso do corta-rio, sem dique, o modelo indica uma diminuição de nível de cerca de 0,79 m em relação ao cenário atual (Figura 4.5 a e c).

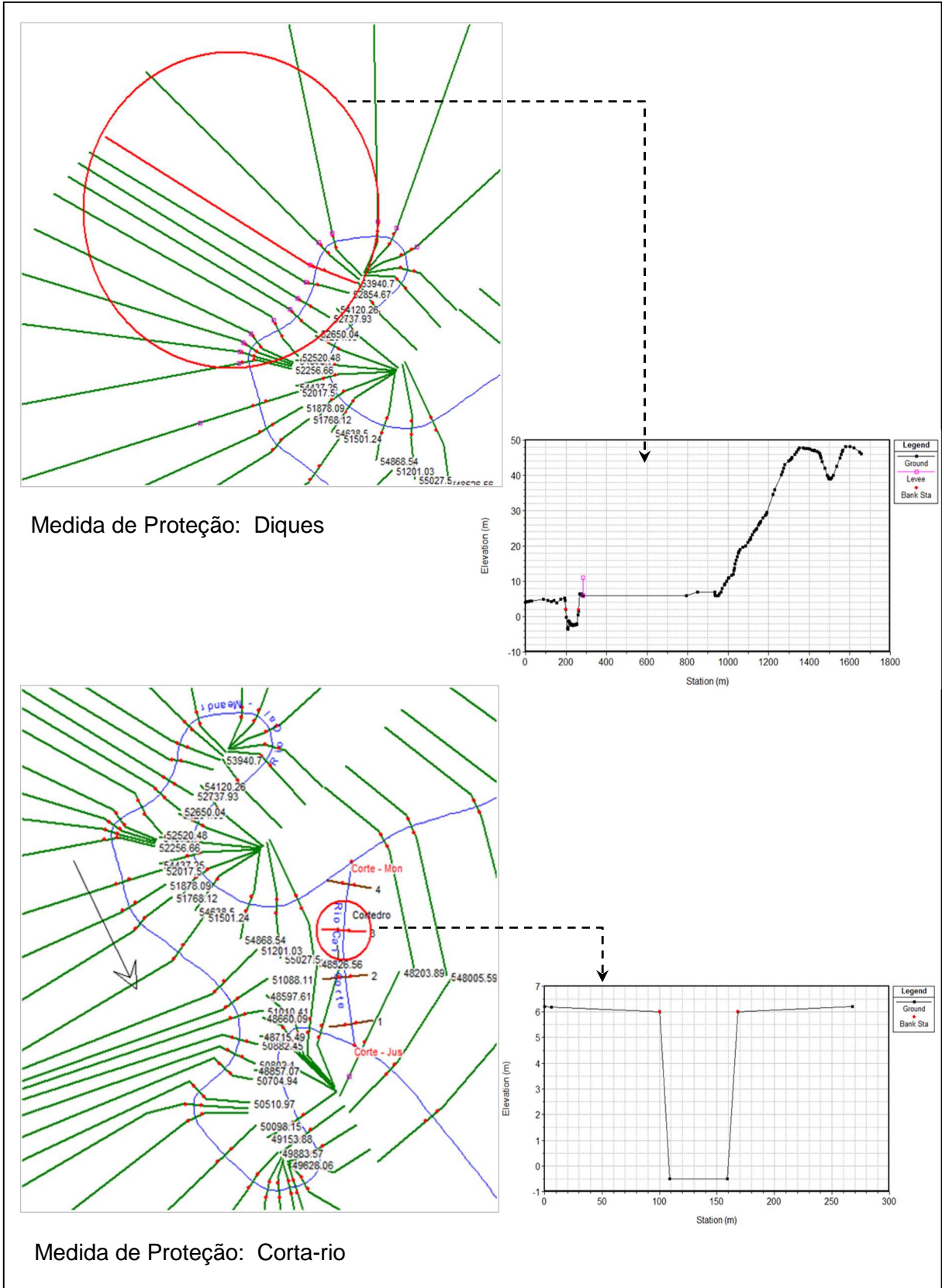
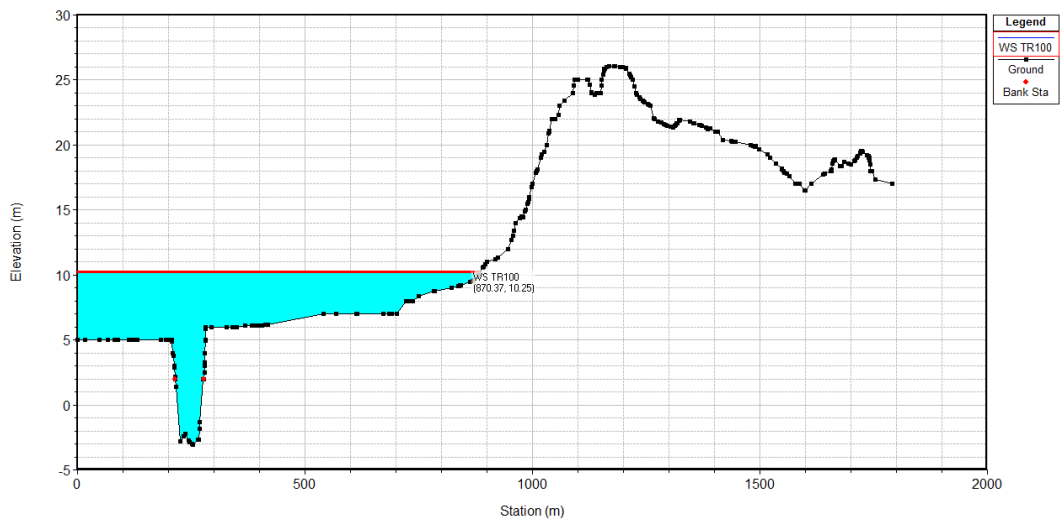
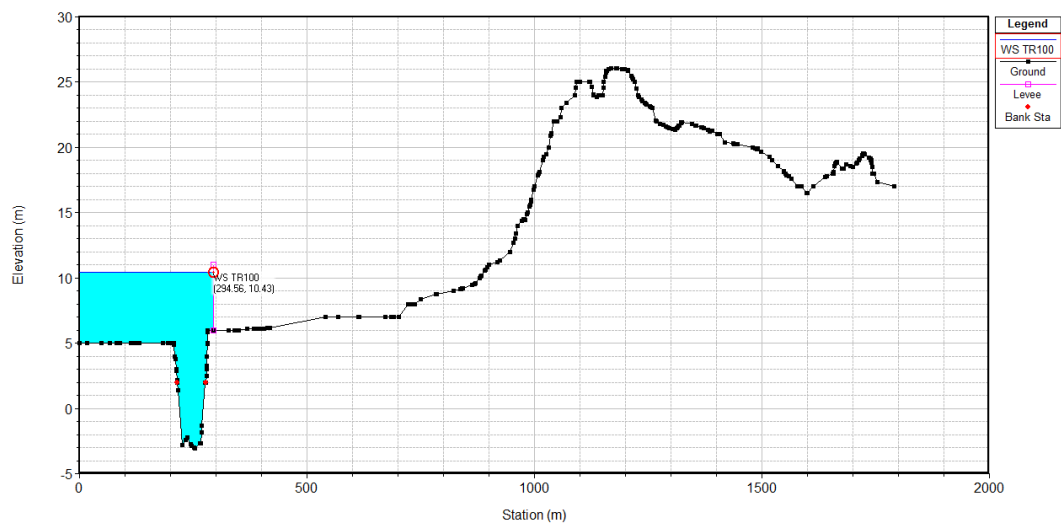


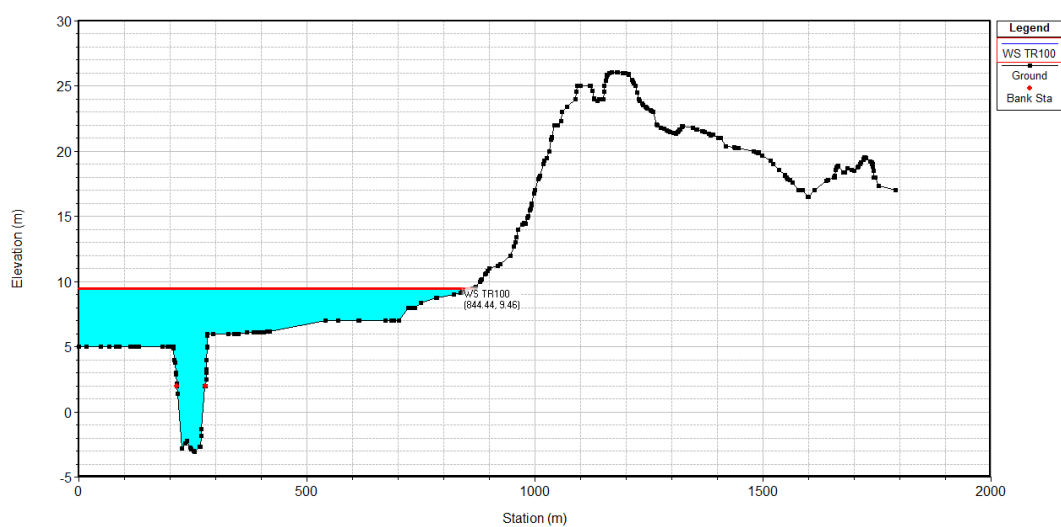
Figura 4.4: Implementação das medidas de proteção no modelo HEC-RAS para Montenegro



(a)



(b)



(c)

Figura 4.5: Comparação entre os níveis calculados alcançados pela cheia de 100 anos no Rio Cai – Cenários Simulados: (a) Atual, (b) Alternativa de Proteção – Dique junto à cidade e (c) Medida de Proteção – Corta-rio – Município de Montenegro – Trecho do Meandro

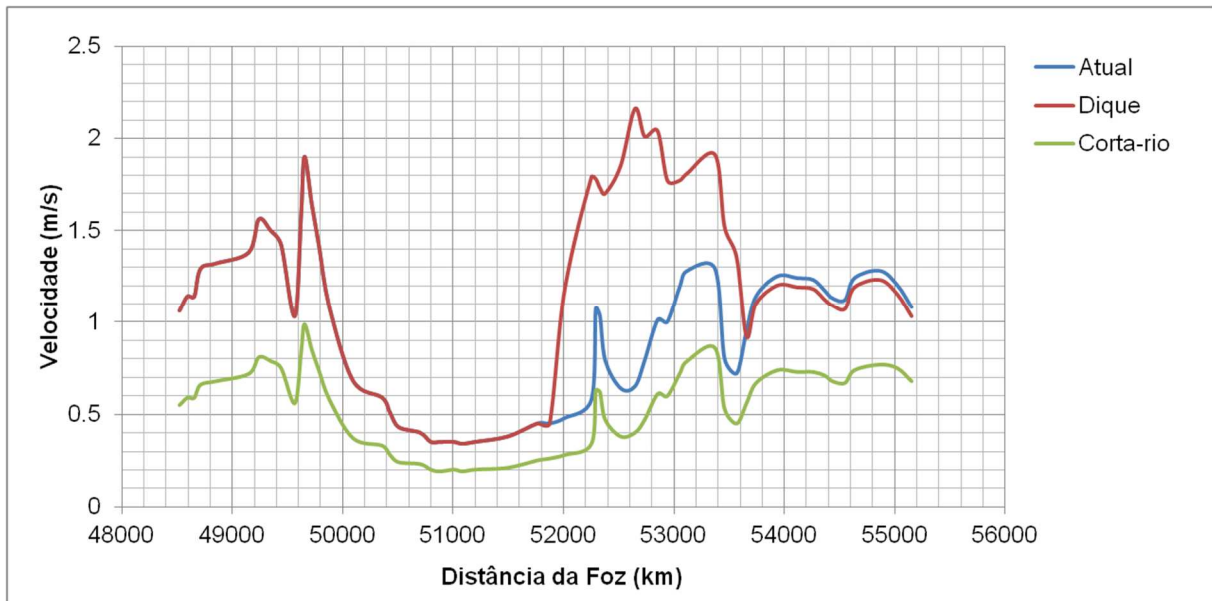
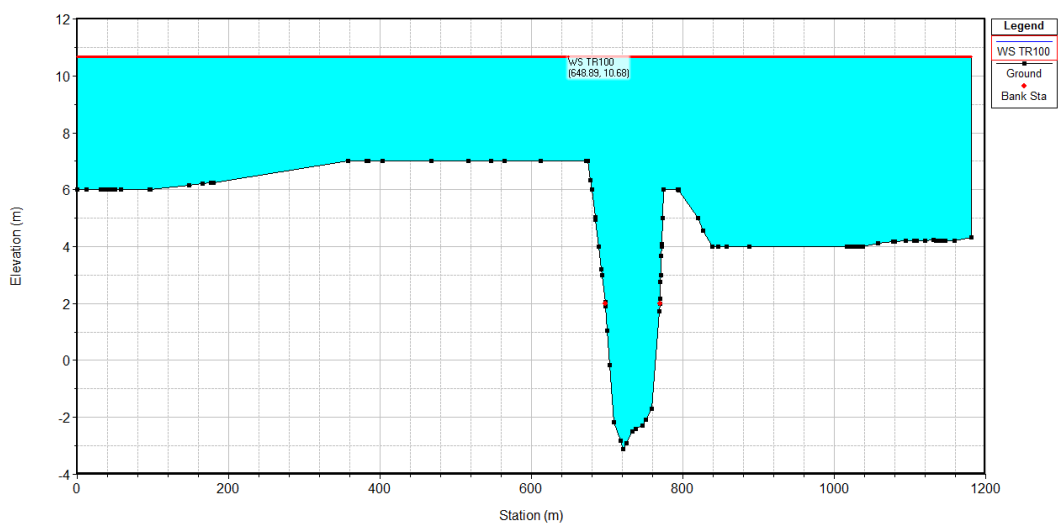


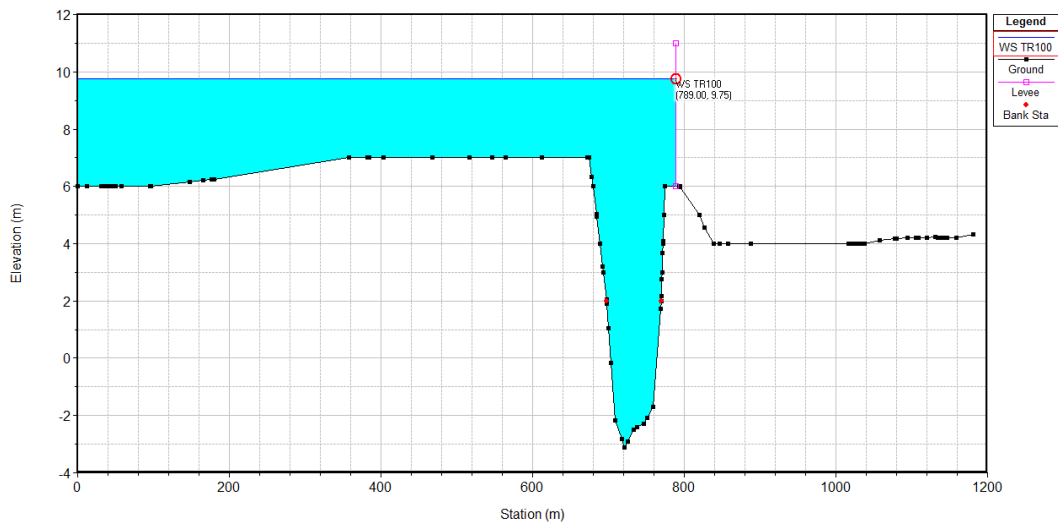
Figura 4.6: Comparação entre os perfis longitudinais de velocidade média para uma cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Atual e com Alternativas de Proteção – Município de Montenegro – Trecho do Meandro, junto à sede urbana de Montenegro

Na análise de velocidades (Figura 4.6), verifica-se que no cenário com dique ocorreria um aumento nas velocidades de escoamento no rio Caí. Segundo o modelo, no trecho junto ao dique as velocidades podem variar de 0,6 m/s, no cenário atual, para 2,1 m/s no cenário com dique. Esse incremento na velocidade é verificado somente no trecho com dique. No caso de corta-rio ocorreria uma diminuição nas velocidades no meandro em razão da separação do escoamento e diminuição da vazão no trecho.

A Figura 4.7 apresenta uma comparação do nível alcançado pela cheia de 100 anos na situação atual com as alternativas de controle de cheias propostas. A seção de comparação nesse caso refere-se à seção localizada a montante do corta-rio proposto para Montenegro. Na sequência, a Figura 4.8 mostra o perfil longitudinal de velocidades médias no rio Caí ao longo do trecho que compreende o dique (a montante do corta-rio) e Harmonia.



(a)



(b)
Figura 4.7: Comparação entre os níveis calculados alcançados pela cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Simulados: (a) Atual e (b) Medida de Proteção – Corta-rio + Dique – Município de Montenegro – Trecho do dique a montante do Corta-rio

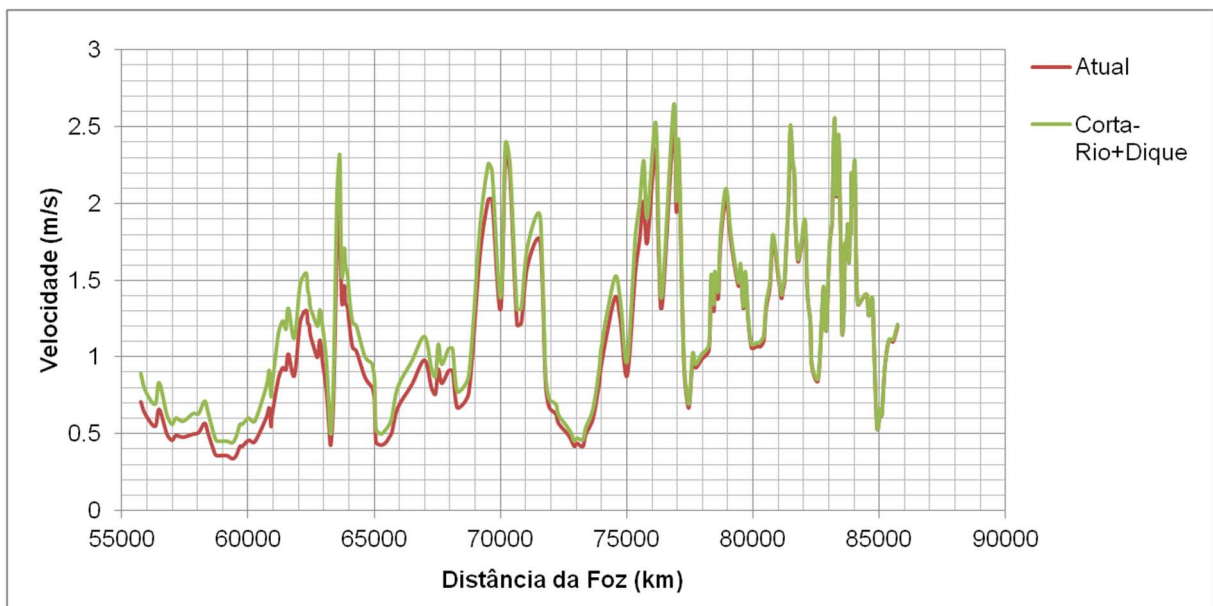


Figura 4.8: Comparação entre os perfis longitudinais de velocidade média para uma cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Atual e com Medida de Proteção – Município de Montenegro – Trecho entre o dique (a montante do corta-rio – seção 55027) e Harmonia (seção 85717)

Para a alternativa com dique e corta-rio, as simulações indicam ocorrer uma diminuição de 0,93 m no nível d'água do rio Caí na seção do dique para um evento com recorrência de 100 anos (Figura 4.7 a e b).

Na análise de velocidades (Figura 4.8), verifica-se que nesse cenário ocorreria, por outro lado, uma elevação na velocidade média no desvio executado. Nesse contexto, o modelo aponta também para um aumento das velocidades de escoamento para montante. Essa mudança no perfil longitudinal de velocidades é percebida até São Sebastião do Caí. Esse resultado indica que a adoção dessa alternativa em Montenegro pode atuar positivamente sobre as cheias e Pareci Novo e São Sebastião do Caí.

4.3 Harmonia

Para Harmonia as alternativas de proteção simuladas foram as seguintes: (a) duas linhas de diques na margem direita (norte e sul) e (b) um corta-rio no trecho de meandro próximo da sede urbana do município. O dique norte, na realidade consiste em um sistema de três diques. O dique sul, na realidade, consiste no dique da margem direita da alternativa de São Sebastião do Caí, visto que ele se desenvolve desde essa cidade até as proximidades de Harmonia, ao longo da RS-124.

A alternativa com dique foi simulada no modelo HEC-RAS utilizando a ferramenta *levees* que é usualmente adotada para simular a restrição do escoamento lateral na seção transversal provocada não somente por diques construídos, mas também para isolar áreas naturalmente mais baixas da planície de inundação em relação às margens (Figura 4.9).

Para a alternativa de corta-rio a simulação foi realizada configurando um novo trecho no modelo para representar o desvio proposto. Nesse sentido, duas junções foram implementadas: (a) a montante do corta-rio: representando a divisão da vazão do rio Caí entre o corta-rio e o meandro e (b) a jusante do corta-rio: representando a confluência dos escoamentos no corta-rio e meandro, sendo propagados para jusante no rio Caí.

A Figura 4.10 apresenta uma comparação do nível alcançado pela cheia de 100 anos na situação atual com as alternativas de controle de cheias propostas. A seção de comparação nesse caso refere-se à seção localizada no trecho médio do dique norte de Harmonia. Na sequência, a Figura 4.11 mostra o perfil longitudinal de velocidades médias no rio Caí ao longo do trecho que compreende o dique norte.

Para o trecho que compreende o dique norte, as simulações indicam não haver alterações de nível no rio Caí com a implantação do dique na margem direita para um evento com recorrência de 100 anos (Figura 4.10a e b). No caso do corta-rio, o modelo indica uma diminuição de nível de 0,75 m (Figura 4.10 a e c).

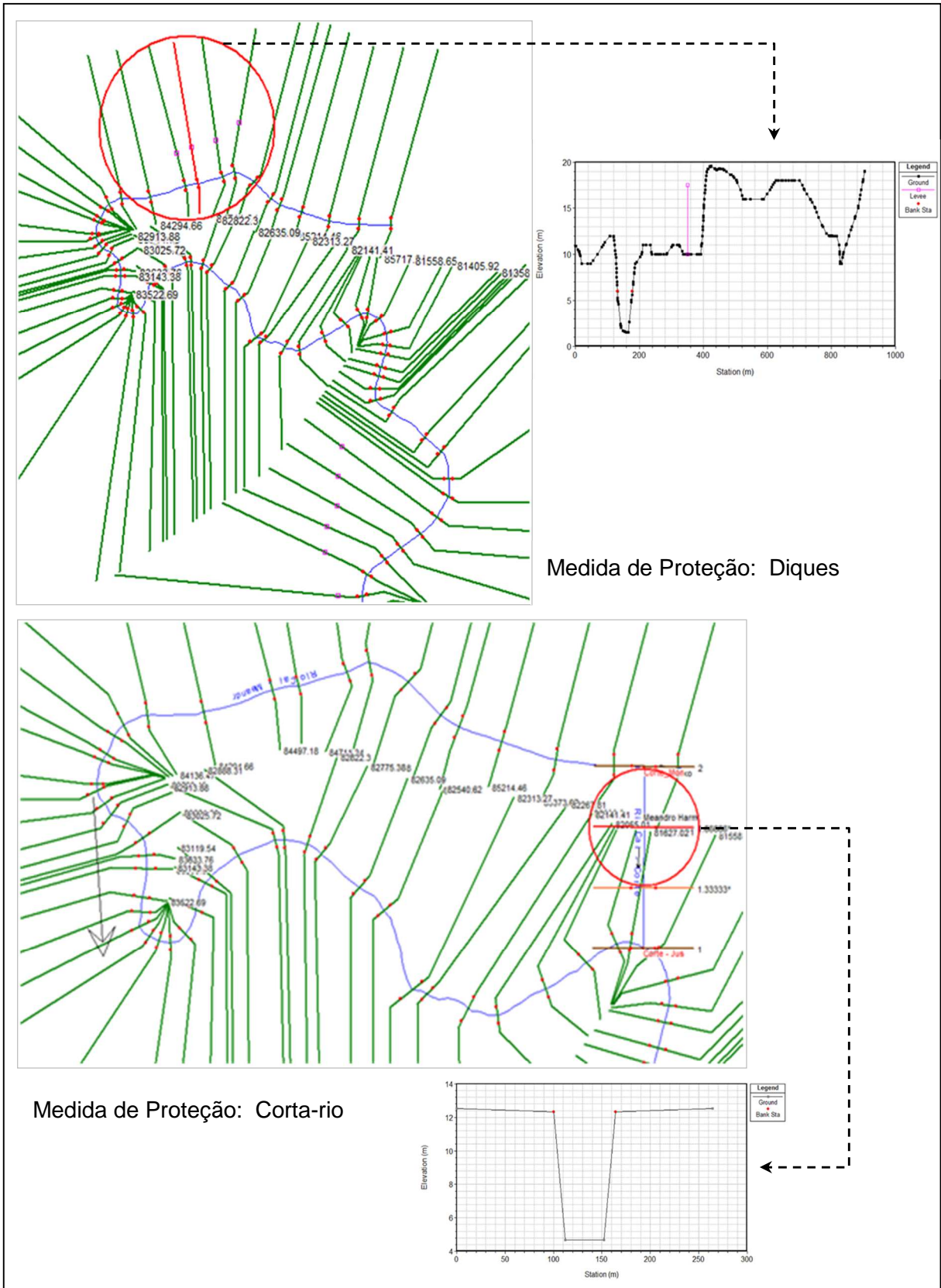
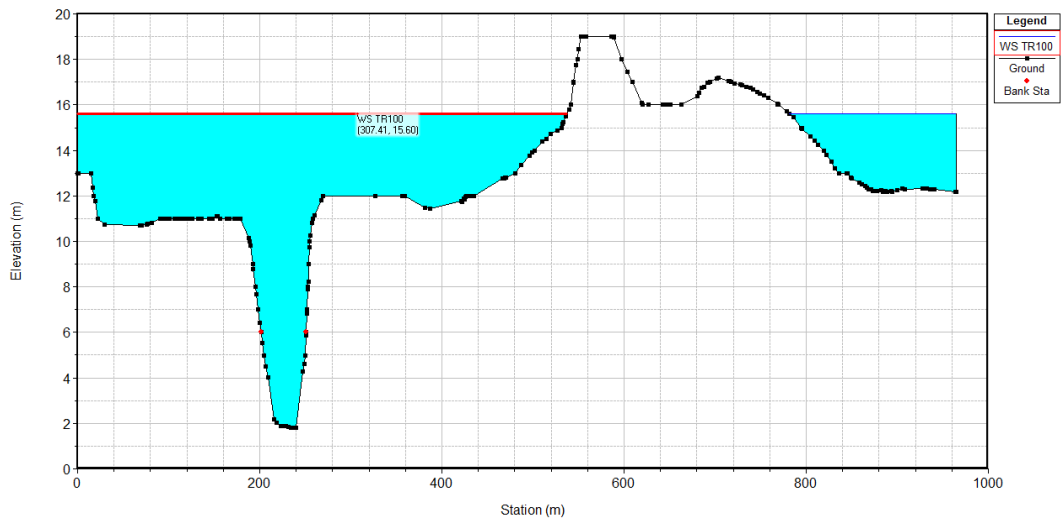
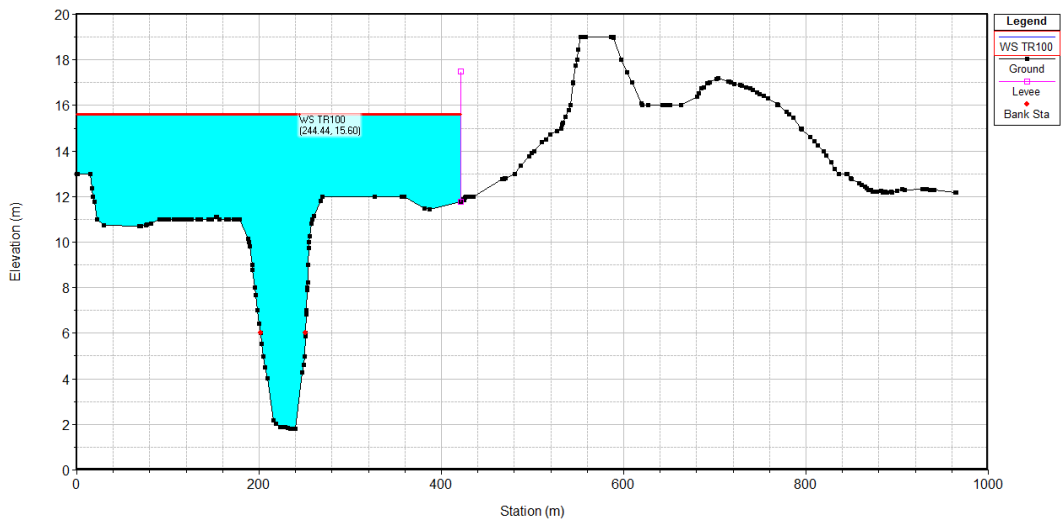


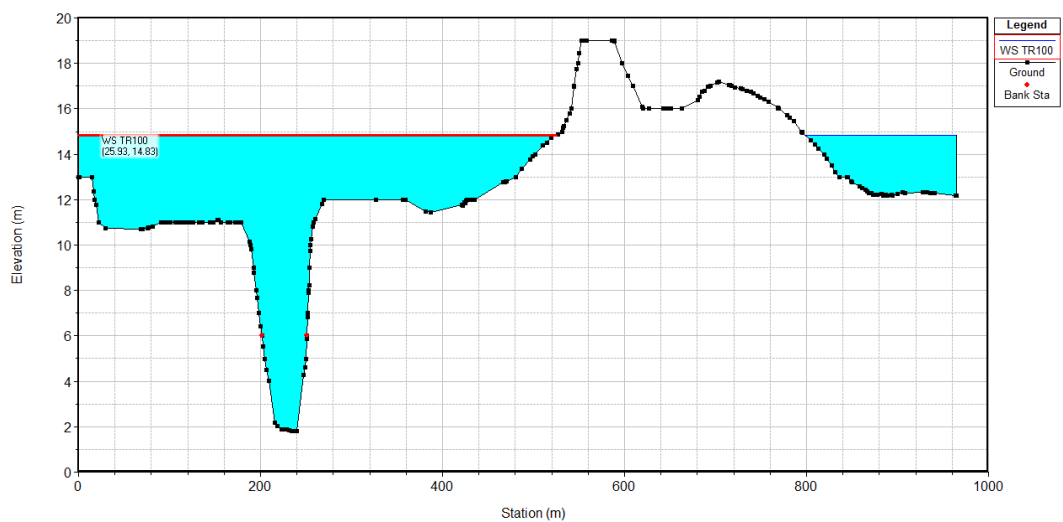
Figura 4.9: Implementação das medidas de proteção no modelo HEC-RAS para Harmonia



(a)



(b)



(c)

Figura 4.10: Comparação entre os níveis calculados alcançados pela cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Simulados: (a) Atual, (b) Alternativa de Proteção – Dique e (c) Alternativa de Proteção – Corta-rio – Município de Harmonia – Trecho Dique Norte

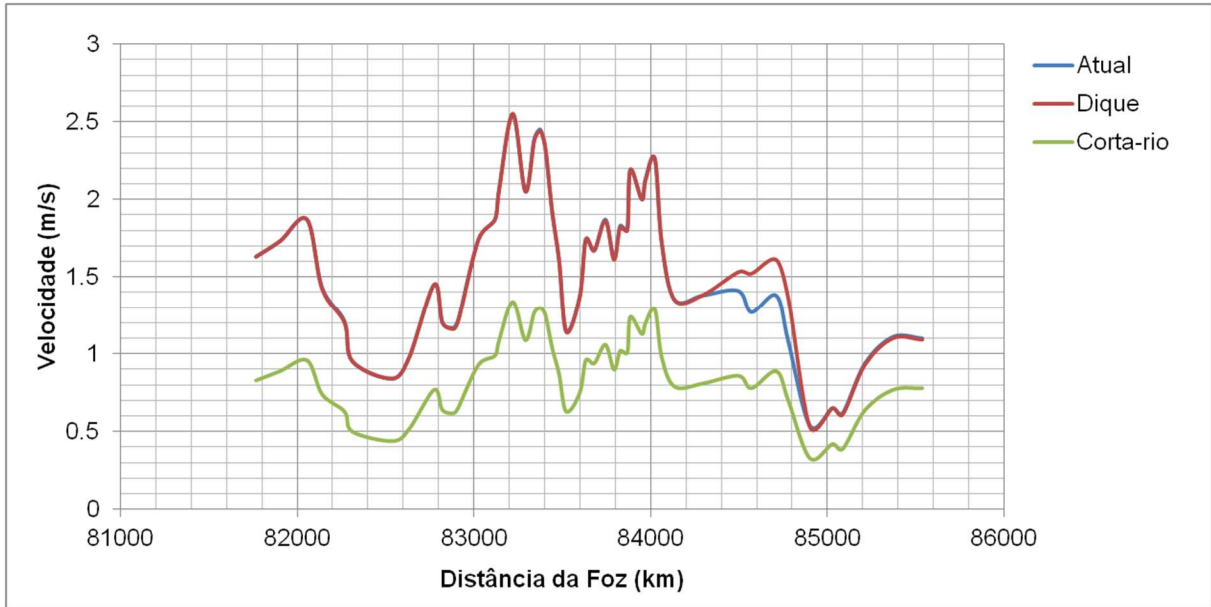
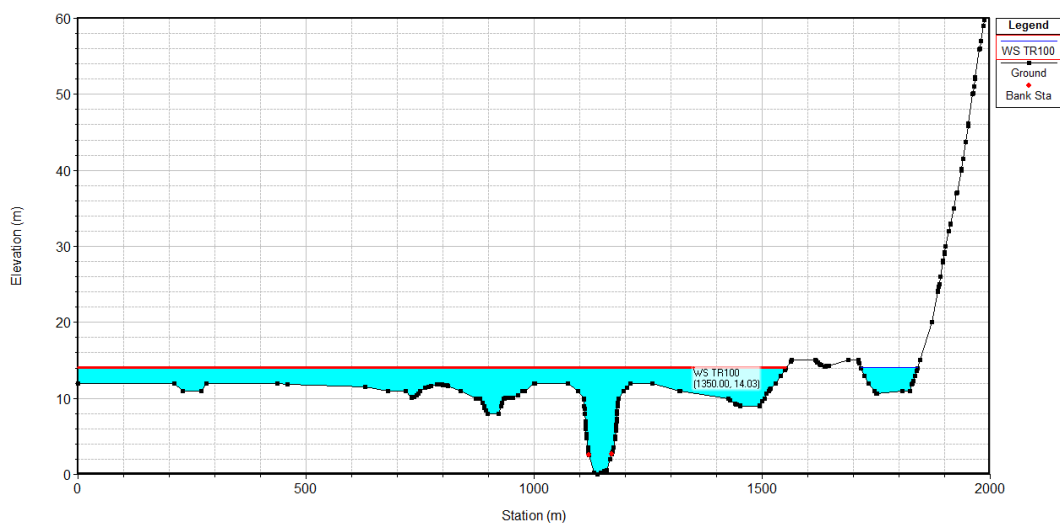


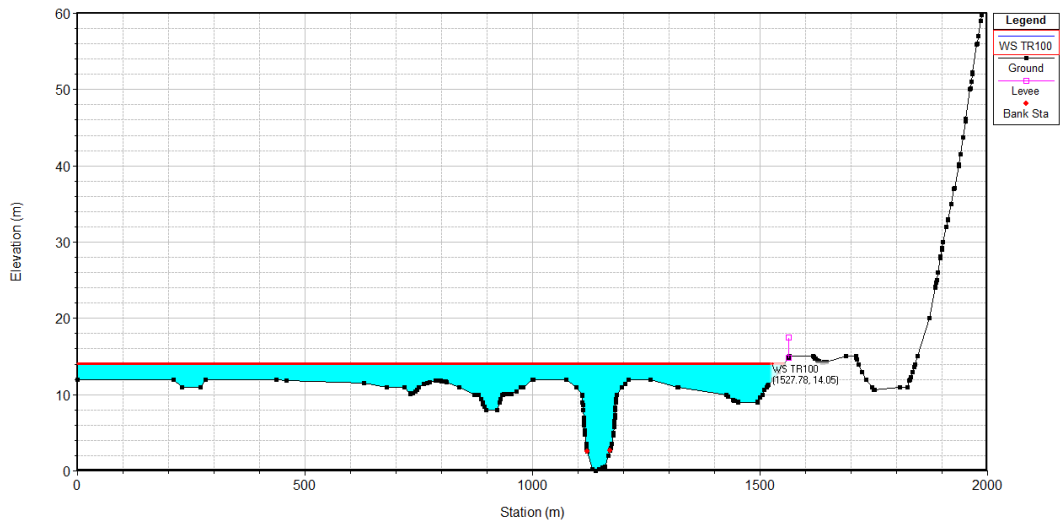
Figura 4.11: Comparação entre os perfis longitudinais de velocidade média para uma cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Atual e com Alternativa de Proteção – Município de Harmonia – Trecho Dique Norte

Na análise de velocidades (Figura 4.11), verifica-se que no cenário com dique, para manter a mesma cota, ocorreria um aumento na velocidade de escoamento no rio Caí. Esse incremento na velocidade não é significativo e é verificado somente no trecho com dique. No caso de corta-rio ocorreria uma diminuição nas velocidades no meandro em razão da separação do escoamento e diminuição da vazão no trecho.

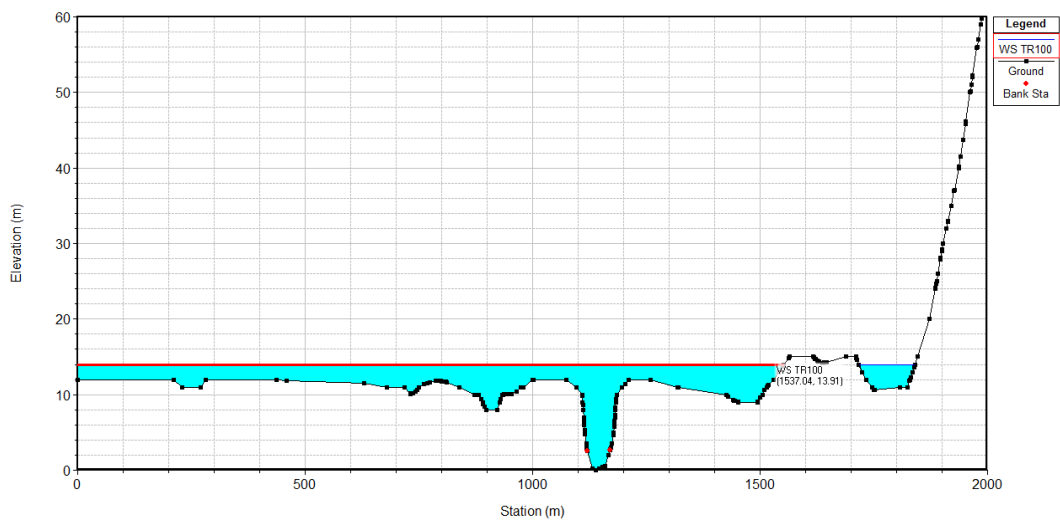
A Figura 4.12 apresenta uma comparação do nível alcançado pela cheia de 100 anos na situação atual com as alternativas de controle de cheias propostas. A seção de comparação nesse caso refere-se à seção localizada no trecho médio do dique sul de Harmonia. Na sequência, a Figura 4.13 mostra o perfil longitudinal de velocidades médias no rio Caí ao longo do trecho que compreende o dique sul.



(a)



(b)



(c)

Figura 4.12: Comparação entre os níveis calculados alcançados pela cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Simulados: (a) Atual, (b) Medida de Proteção – Dique e (c) Medida de Proteção – Corta-rio – Município de Harmonia – Trecho Dique Sul

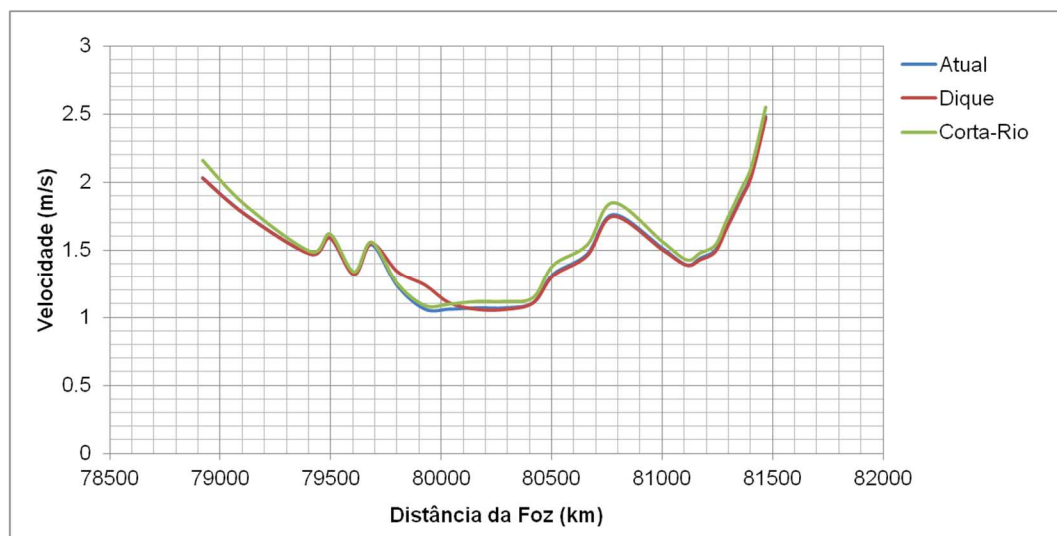


Figura 4.13: Comparação entre os perfis longitudinais de velocidade média para uma cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Atual e com Medida de Proteção – Município de Harmonia – Trecho Dique Sul

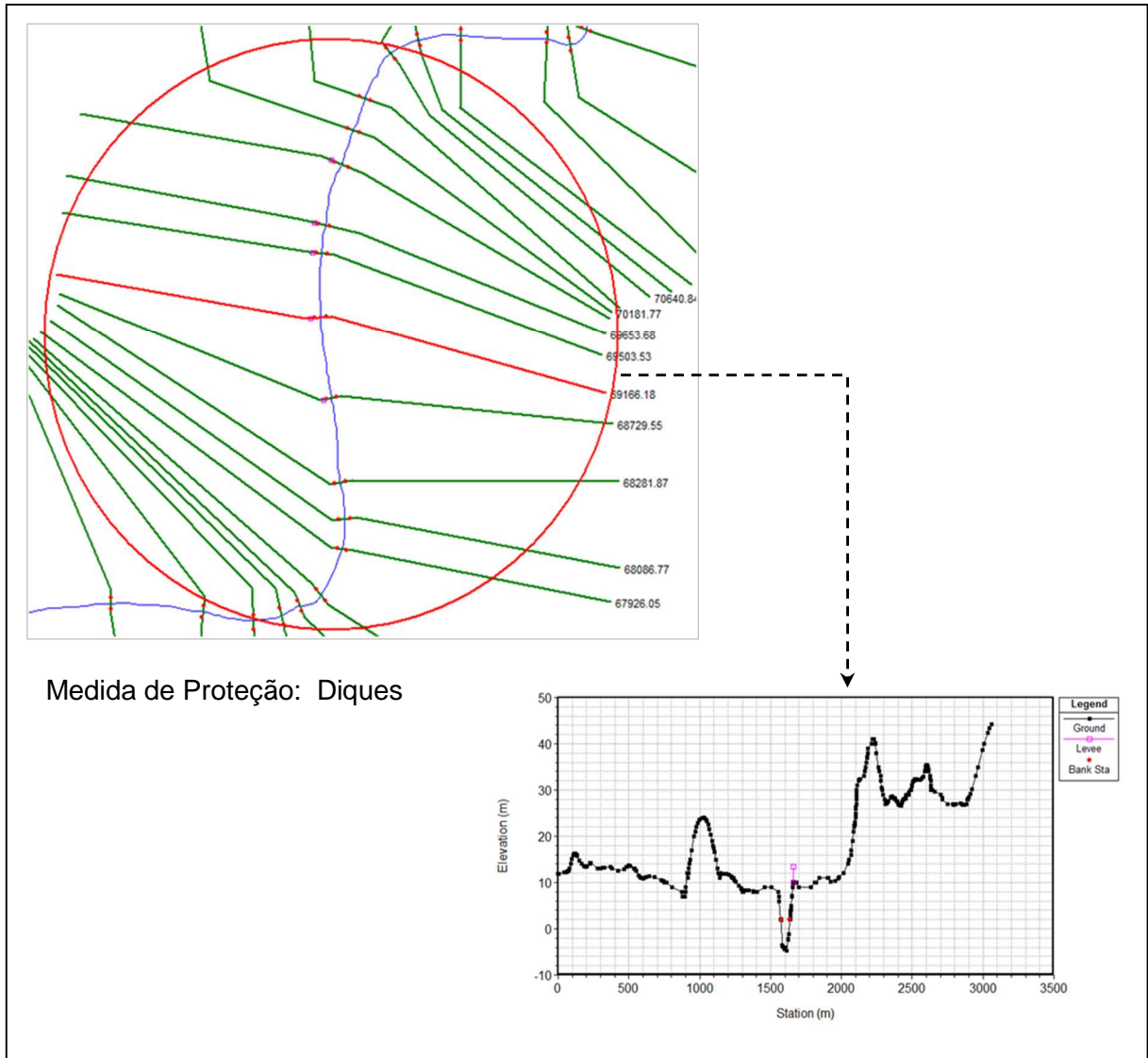
Para o trecho que compreende o dique sul, as simulações indicam não haver alterações significativas de nível no rio Caí com a implantação do dique na margem direita para um evento com recorrência de 100 anos (Figura 4.12a e b). No caso do corta-rio, o modelo indica haver um impacto para jusante com uma diminuição de nível de cerca de 0,10 m (Figura 4.12 a e c).

Na análise de velocidades (Figura 4.13), verifica-se que no cenário com dique, para manter a mesma cota, ocorreria um aumento na velocidade de escoamento no rio Caí, assim como verificado a montante. Esse incremento na velocidade não é significativo e é verificado somente no trecho com dique. No caso do corta-rio ocorreria um leve incremento das velocidades no trecho de jusante, favorecendo a propagação da onda de cheia.

4.4 Pareci Novo

Para Pareci Novo uma única alternativa de proteção foi simulada: implantação de um dique na margem direita no trecho do rio Caí junto à sede urbana do município. A alternativa de dique de proteção para as localidades de Matiel, Bananal e Várzea não foi simulada, visto que a localização do dique está próxima ao limite da restituição onde, para fins de modelagem, foi considerado um “dique virtual”. Igualmente, a localização do dique é em área com baixo fluxo durante as cheias, em várzea ladeada por dois morros, o que reduz sua influência na dinâmica da passagem de cheias.

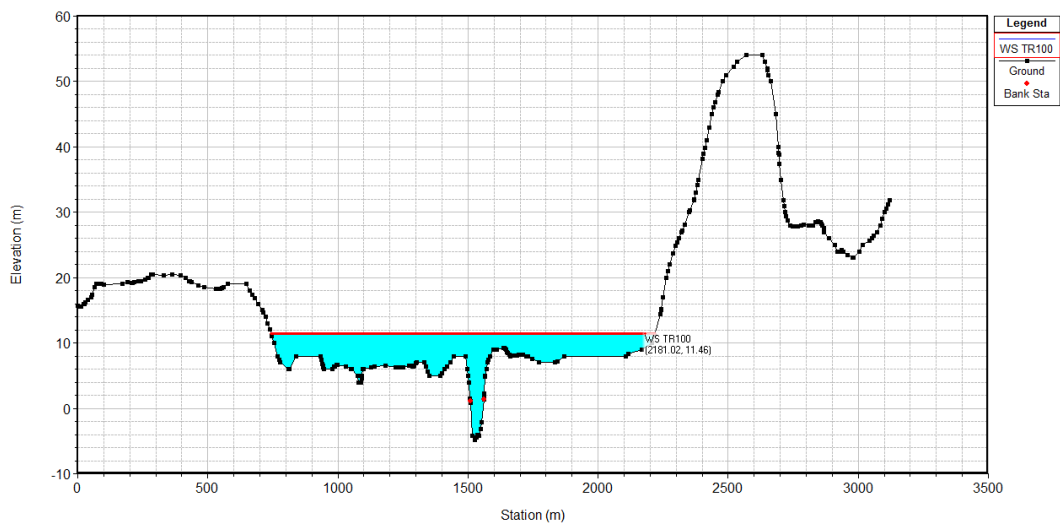
A alternativa com dique foi simulada no modelo HEC-RAS utilizando a ferramenta *levees* que é usualmente adotada para simular a restrição do escoamento lateral na seção transversal provocada não somente por diques construídos, mas também para isolar áreas naturalmente mais baixas da planície de inundação em relação às margens (Figura 4.14).



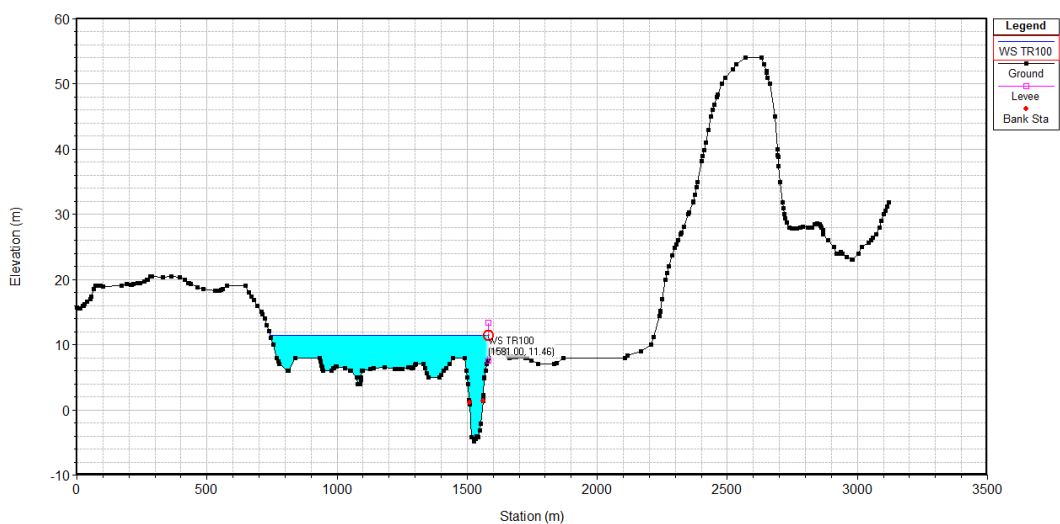
Medida de Proteção: Diques

Figura 4.14: Implementação das medidas de proteção no modelo HEC-RAS para Pareci Novo

A Figura 4.15 apresenta uma comparação do nível alcançado pela cheia de 100 anos na situação atual com a alternativa de controle de cheias proposta. A seção de comparação nesse caso refere-se à seção localizada no trecho médio do dique de Pareci Novo. Na sequência, a Figura 4.16 mostra o perfil longitudinal de velocidades médias no rio Caí ao longo do trecho que compreende o dique.



(a)



(b)

Figura 4.15: Comparação entre os níveis calculados alcançados pela cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Simulados: (a) Atual e (b) Medida de Proteção – Dique – Município de Pareci Novo – Trecho de extensão do Dique

As simulações indicam não haver alterações de nível no rio Caí com a implantação do dique na margem direita para um evento com recorrência de 100 anos (Figura 4.15 a e b).

Na análise de velocidades (Figura 4.16), verifica-se que no cenário com dique, para manter a mesma cota, ocorreria um aumento nas velocidades de escoamento no rio Caí. Esse incremento na velocidade não é significativo e é verificado somente no trecho com dique.

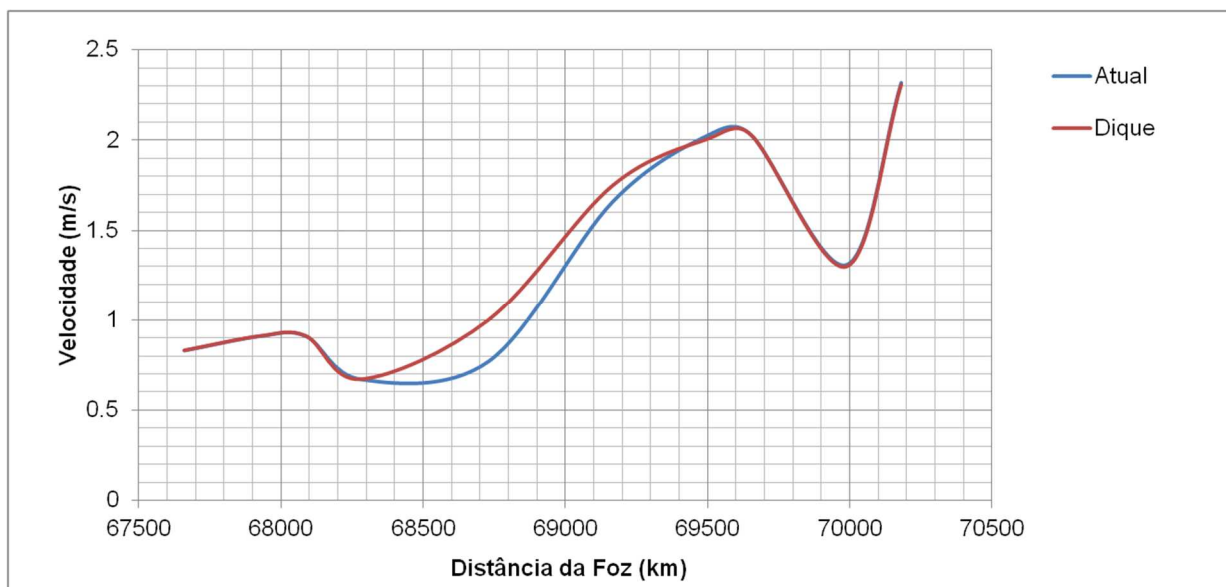


Figura 4.16: Comparação entre os perfis longitudinais de velocidade média para uma cheia de 100 anos no Rio Caí – Cenários Atual e com Medida de Proteção – Município de Pareci Novo – Trecho de extensão do Dique

4.5 Síntese das Simulações das Alternativas de Intervenções

Na sequência, são apresentados os resultados de uma simulação integrada, combinando algumas alternativas (uma para cada município), como forma de mostrar as interferências nos níveis de água ao longo do baixo rio Caí, causado pela implantação conjunta de soluções.

O Quadro 4.1 apresenta as cotas máximas atingidas pelo rio Caí, para cheia com recorrência centenária, em cada município para o cenário atual e com as medidas de proteção. No mesmo quadro são destacadas as medidas consideradas para cada município.

Quadro 4.1: Níveis de Água para Cheia (TR=100anos) nos Municípios para os Cenários Atual e com as Alternativas de Proteção – simulação integrada das alternativas.

Município	Alternativa	NA's Alternativas (m)	NA's Atual (m)
		TR 100	TR 100
Harmonia	Diques	15,67/14,24	15,60/14,03
São Sebastião do Caí	Dique	13,24	13,07
Pareci Novo	Dique	11,11	11,46
Montenegro	Dique + Corta-rio	9,75	10,68

Na sequência (Quadro 4.2 até

Quadro 4.5) são apresentados os níveis de água máximos alcançados, em cada município, considerando a implantação de uma única alternativa de proteção. As células destacadas (em amarelo) indicam uma mudança em relação ao cenário atual devido à implantação isolada de uma medida de proteção em outro município.

Os resultados mostram que a implantação isolada de dique em Harmonia não influencia os níveis nos municípios situados a jusante (Quadro 4.2). Nos demais casos, nota-se que a implantação isolada de uma medida a jusante influencia os níveis de água no rio Caí nos municípios localizados a montante; ainda que essa mudança seja pouco significativa (Quadro 4.3 até Quadro 4.5). O principal impacto nos níveis de água para montante é

verificado ao simular a implantação isolada da alternativa de corta-rio associado à dique em Montenegro (Quadro 4.5).

Quadro 4.2: Níveis de Água de Cheia (TR=100anos) Alcançados nos Municípios para os Cenários Atual e com Alternativa de Proteção Considerada – Dique em Harmonia.

Município	Alternativa	NA's Alternativas (m)	NA's Atual (m)
		TR 100	TR 100
Harmonia	Dique N/ S	15,60/14,05	15,60/14,03
São Sebastião do Caí	-	13,07	13,07
Parei Novo	-	11,46	11,46
Montenegro	-	10,25	10,25

Quadro 4.3: Níveis de Água de Cheia (TR=100anos) Alcançados nos Municípios para os Cenários Atual e com Alternativa de Proteção Considerada – Dique em São Sebastião do Caí.

Município	Alternativa	NA's Alternativas (m)	NA's Atual (m)
		TR 100	TR 100
Harmonia	-	15,70/14,28	15,60/14,03
São Sebastião do Caí	Dique	13,33	13,07
Parei Novo	-	11,46	11,46
Montenegro	-	10,25	10,25

Quadro 4.4: Níveis de Água de Cheia (TR=100anos) Alcançados nos Municípios para os Cenários Atual e com Alternativa de Proteção Considerada– Dique em Pareci Novo.

Município	Alternativa	NA's Alternativas (m)	NA's Atual (m)
		TR 100	TR 100
Harmonia	-	15,60/14,04	15,60/14,03
São Sebastião do Caí	-	13,08	13,07
Parei Novo	Dique	11,46	11,46
Montenegro	-	10,25	10,25

Quadro 4.5: Níveis de Água de Cheia (TR=100anos) Alcançados nos Municípios para os Cenários Atual e com Alternativa de Proteção Considerada– Dique e Corta-rio em Montenegro.

Município	Alternativa	NA's Alternativas (m)	NA's Atual (m)
		TR 100	TR 100
Harmonia	-	15,58/13,98	15,60/14,03
São Sebastião do Caí	-	12,96	13,07
Parei Novo	-	10,99	11,46

Município	Alternativa	NA's Alternativas (m)	NA's Atual (m)
		TR 100	TR 100
Montenegro	Dique + Corta-rio	9,75	10,25

No Quadro 4.6 é apresentada uma avaliação integrada do impacto de cada alternativa considerada nesta simulação, nos demais municípios, caso elas fossem implantadas de forma integrada. Também são apresentadas as situações com as implantações de forma isolada, para efeitos comparativos.

As células destacadas em verde indicam rebaixamento nos níveis de água máximos de cheia; as células destacadas em vermelho aumento nos níveis de água máximos de cheia e as células em branco, onde não há influência. Em negrito estão grafadas as alternativas consideradas nesta simulação.

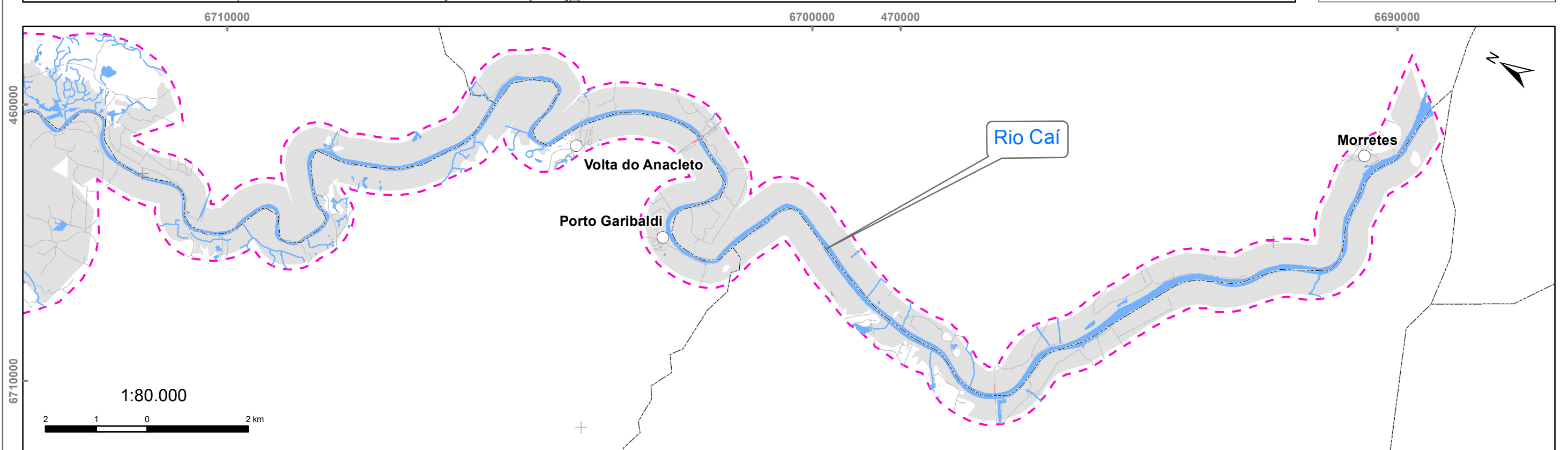
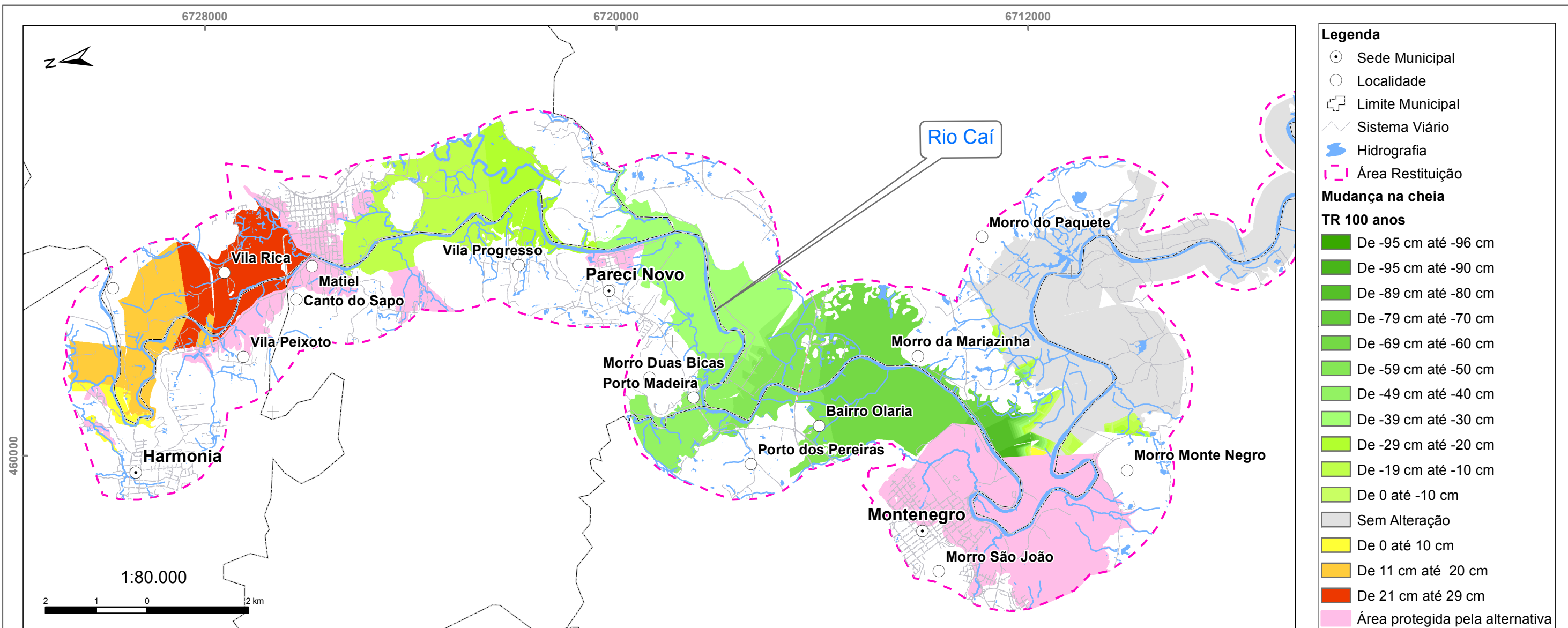
Quadro 4.6: Níveis de Água de Cheia (TR=100anos) Alcançados nos Municípios para os Cenários Atual, com Alternativa de Proteção Individual Local e nos Outros Municípios Integrada (todas as alternativa)

Cidade	Alternativa	Níveis de Água (m) - TR 100 anos					
		Atual	Local da Alternativa	Efeito da Alternativas Outras Cidades		Todas Alternativas Juntas	
Harmonia	Dique	15,60/14,03	=	SSC =	PN =	MN =	+ 0,07/0,21m
	Corta-rio		- 0,77m				-
São Sebastião do Caí	Diques [1]	13,07	+ 0,26m	H + 0,25m	PN =	MN =	+0,17m
	Rebaixamento		- 0,02m				-
Pareci Novo	Diques	11,46	=	H =	SSC =	MN =	-0,35m
Montenegro	Dique-cidade	10,68/10,25	+ 0,18m				-
	Corta-rio		- 0,79m	H - 0,05m	SSC - 0,09m	PN - 0,47m	-
	Corta-rio + Dique		- 0,50m				-0,50m

[1] incluindo o dique da RS-124.

Ainda, em termos de análise integrada, mostram-se no Quadro 4.6 os resultados da modelagem hidrodinâmica conjunta para cinco alternativas previamente selecionadas, uma em cada cidade, além da RS-124, com o objetivo de verificar a situação do rio Caí quando todas alternativas estiverem implantadas. O dique Matiel-Bananal-Várzea, está incorporado de forma indireta nesta simulação, visto que a modelagem desconsiderou área além da restituição, o que, em termos práticos, retrata a existência de um “dique” próximo à localização da solução proposta.

A Figura 4.17: apresentado a seguir, mostra o impacto conjunto das alternativas estruturais consideradas na simulação integrada, em termos de alteração nos níveis de água relativamente à situação da cheia centenária sem nenhuma intervenção estrutural.



Especificação:
Alteração nos níveis da água da cheia centenária devido à implantação do conjunto das alternativas estruturais

Figura Nº:
4.17





5 ESTIMATIVA DE CUSTOS DAS ALTERNATIVAS DE INTERVENÇÃO

5 ESTIMATIVA DE CUSTOS DAS ALTERNATIVAS DE INTERVENÇÃO

Cada alternativa estudada foi quantificada e orçada, com vistas a possibilitar uma avaliação financeira comparativa, insumo para a próxima etapa de trabalho, que consiste na avaliação técnico-econômica e ambiental.

Inicialmente, com base nos desenhos técnicos, nas dimensões das obras, nas plantas topográficas e nos equipamentos hidromecânicos e eletromecânicos necessários, foram levantadas as quantidades dos principais serviços e equipamentos. A opção foi de quantificar os principais itens de custos e multiplica-los por custos unitários e não utilizar curvas ou funções de custo que poderiam levar a distorções significativas.

As quantificações foram efetuadas para os principais serviços e equipamentos, conforme relação a seguir:

- Escavação de material de 1ª categoria
- Escavação de material de 2ª categoria
- Escavação de material de 3ª categoria
- Escavação submersa de material de 1ª categoria
- Derrocamento submerso
- Aterro compactado
- Transporte local
- Transporte comercial
- Enroscamento lançado
- Enleivamento
- Pavimentação com revestimento primário
- Pavimentação com asfalto
- Concreto estrutural, 25 MPa
- Formas planas
- Armadura de aço CA-50
- Comportas metálicas planas
- Comportas metálicas de segmento
- Conjuntos moto-bomba

As quantificações realizadas, para cada tipo de obra ou estrutura é apresentada em Anexo (item 7.1).

Os custos unitários foram orçados diretamente, no caso dos serviços, e indiretamente (por proporção dimensional) no caso dos equipamentos. A data de referência dos custos é março de 2014 e o BDI adotado foi de 30% (o valor relativamente excessivo do BDI, incorpora margem de segurança aos valores unitários orçados, face ao grau de precisão de um estudo desta natureza). O Quadro 5.1, a seguir, apresenta os custos unitários considerados neste estudo.

Quadro 5.1: Custos unitários dos serviços considerados

Item	Discriminação	Unid.	Preço Unitário (R\$)
1	Escavação de material de 1ª categoria	m ³	5,03
2	Escavação de material de 2ª categoria	m ³	7,00
3	Escavação de material de 3ª categoria	m ³	26,65
4	Escavação submersa de material de 1ª categoria	m ³	40,87
5	Derrocamento submerso	m ³	204,35
6	Aterro compactado	m ³	5,49
7	Transporte local	m ³ x km	1,38
8	Transporte comercial	m ³ x km	1,12
9	Enrocamento lançado	m ³	52,03
10	Enleivamento	m ²	6,15
11	Pavimentação com revestimento primário	m ³	14,85
12	Pavimentação com asfalto	t	217,70
13	Concreto estrutural, 25 MPa	m ³	484,67
14	Formas planas	m ²	60,94
15	Armadura de aço CA-50	kg	7,80

Para os equipamentos foi utilizado, como referência, o Estudo de Viabilidade do Canal do Sertão Pernambuco (CODEVASF, 2014), no qual foram orçados diversos equipamentos similares aos adotados no presente estudo. A adequação de custos foi realizada com base na proporção dimensional (para as comportas em termos de peso de aço e para os conjuntos moto-bomba em termos de potência unitária).

Já para estimar os custos de desapropriação, foi realizada pesquisa em imobiliárias locais, obtendo-se os seguintes valores unitários (obtidos em São Sebastião do Caí, mas válidos para todas as áreas estudadas):

- Terreno urbano: R\$ 40,00/m².
- Terreno rural: R\$ 10.000,00/ha.
- Terreno suburbano: R\$ 20.000,00/ha.

Para a estimativa do custo da adequação do sistema de drenagem urbana aos sistemas de diques propostos, foi adotado um valor médio de R\$ 400.000,00/km, obtido em pesquisa de trabalhos recentes de consultoria.

Da mesma forma, foi adotado um custo unitário de R\$ 635.000,00/km para adequação do sistema viário.

Os custos de projetos (básico e executivo) e de licenciamento ambiental foram estimados em 10% do custo total (exceto das desapropriações).

As planilhas com os orçamentos de cada estrutura, para cada alternativa estudada, encontram-se em Anexo (item 7.2).

Com vistas a incorporar os custos dos demais serviços não orçados no presente estudo, mas que comporão a integralidade de serviços necessário à implantação das alternativas, as quantidades calculadas foram incrementadas em 20%.

Como resumo geral da orçamentação das alternativas, apresenta-se o Quadro 5.2, a seguir.



Quadro 5.2: Resumo Geral da Orçamentação

Cidade	Alternativa	Obras	Custos (R\$)							
			Obra	Desapropriação	Sist. Drenagem	Sist. Viário	Projetos/ Estudos	SUB-TOTAL	TOTAL	
Montenegro	Dique Cidade	Dique	14.141.515,87	9.600.000,00	3.600.000,00	2.667.000,00	2.040.851,59	32.049.367,46	43.533.822,80	
		ETVs	10.440.413,95				1.044.041,40	11.484.455,35		
	Corta-Rio	Corta-Rio	13.796.487,84	130.000,00			1.379.648,78	15.306.136,62	15.306.136,62	
	Corta-Rio + Dique	Corta-Rio	Corta-Rio	13.796.487,84	130.000,00			1.379.648,78	15.306.136,62	37.526.324,40
		Dique	Dique	9.456.851,84	245.000,00	400.000,00	635.000,00	1.049.185,18	11.786.037,02	
		ETVs (c/ eclusa)	ETVs	9.485.591,60				948.559,16	10.434.150,76	
São Sebastião do Caí	Dique Cidade	Dique	12.168.098,36	8.800.000,00	3.000.000,00	1.270.000,00	1.643.809,84	26.881.908,20	31.222.105,54	
		ETVs	3.945.633,95				394.563,40	4.340.197,35		
	Rebaixamento da Calha	Rebaixamento	303.734.695,06				30.373.469,51	334.108.164,57	334.108.164,57	
Harmonia	Dique	Dique	3.341.257,86	225.000,00	720.000,00	508.000,00	456.925,79	5.251.183,65	6.695.395,45	
		ETVs	1.312.919,82				131.291,98	1.444.211,80		
	Corta-Rio	Corta-Rio	6.023.780,24	50.000,00			602.378,02	6.676.158,26	6.676.158,26	
Pareci Novo	Dique	Dique	4.300.247,31	190.000,00	600.000,00	317.500,00	521.774,73	5.929.522,04	7.267.678,55	
		ETVs	1.216.505,92				121.650,59	1.338.156,51		
	Dique – Matiel, Bananal e Várzea	Dique	1.277.341,31	25.000,00			127.734,13	1.430.075,44	6.028.177,99	
		ETV	4.180.093,22				418.009,32	4.598.102,55		
RS-124	Dique	Dique	8.610.371,21	220.000,00	0,00	1.587.500,00	1.019.787,12	11.437.658,33	19.093.418,49	
		ETVs	6.959.781,96				695.978,20	7.655.760,16		



6 EQUIPE TÉCNICA

6 EQUIPE TÉCNICA

A equipe técnica principal que será utilizada para o desenvolvimento dos serviços está descrita neste capítulo, onde se apresenta a relação da equipe e suas atribuições e formas de inter-relação com a Contratante.

6.1 Relação da Equipe Técnica

Os membros da equipe técnica, profissionais experientes nas especialidades requeridas para a execução dos serviços, estão nominados no Quadro 6.1. O mesmo quadro indica a função e a formação acadêmica de cada um dos integrantes da equipe de nível superior.

Quadro 6.1: Relação da Equipe Técnica

Profissional	Formação	Função
Jairo F. Barth	Eng. Civil	Coordenador Geral
Josiane Gomes	Eng. Agrícola	Esp. em planejamento ambiental
Milton Dupont	Eng. Civil	Esp. em levantamento aerofotogramétrico
Franco Turco Buffon	Eng. Civil	Esp. em hidrologia
Silvana M. da Rosa	Eng. Agrônoma	Esp. em avaliação de uso e ocupação do solo
Luiz Carlos Campos	Eng. Civil	Esp. em estruturas hidráulicas
Fernando Fagundes	Eng. Civil	Esp. em gestão de recursos hídricos
Cristian Sanabria	Sociólogo	Esp. em Comunicação Social
Sidnei Gusmão Agra	Eng. Civil	Esp. em modelagem hidrológica e hidráulica
Henrique Kotzian	Eng. Civil	Esp. em hidrologia e hidráulica
Carolina Schreiner Heck	Eng. Ambiental	Planejamento ambiental

6.2 Organograma Funcional da Equipe Técnica

O Consórcio apresenta uma estrutura organizacional que, além de propiciar o desenvolvimento eficaz, técnico e administrativo dos serviços, assegure o controle, pela contratante, dos aspectos relevantes do desenvolvimento e implementação dos trabalhos. A organização proposta viabiliza:

- Comprometimento corporativo, suporte e supervisão, assegurados pelo Consórcio, com autoridade e autonomia para assegurar o envolvimento da mesma e o aporte de seus recursos no que for necessário ao cumprimento das metas deste contrato;
- Coordenação dos trabalhos, por meio de um Coordenador Geral, com longa experiência em condução de equipes e no relacionamento direto com corporações. Este profissional, além de garantir a interface entre a SOP e os membros da equipe técnica, que terá a responsabilidade de acompanhar e garantir o atendimento a todos os requisitos do contrato, mobilizando adequadamente os recursos necessários para tanto;
- Consultoria técnica da mais alta qualidade, garantida pela correta alocação de profissionais do Consórcio Técnico, com capacitações e conhecimentos suficientes para responder às demandas específicas dos trabalhos, e
- Fornecimento de consultoria especializada para apoio à Equipe Técnica, por meio da mobilização de profissionais especializados nas diversas áreas envolvidas, sempre que requerido.

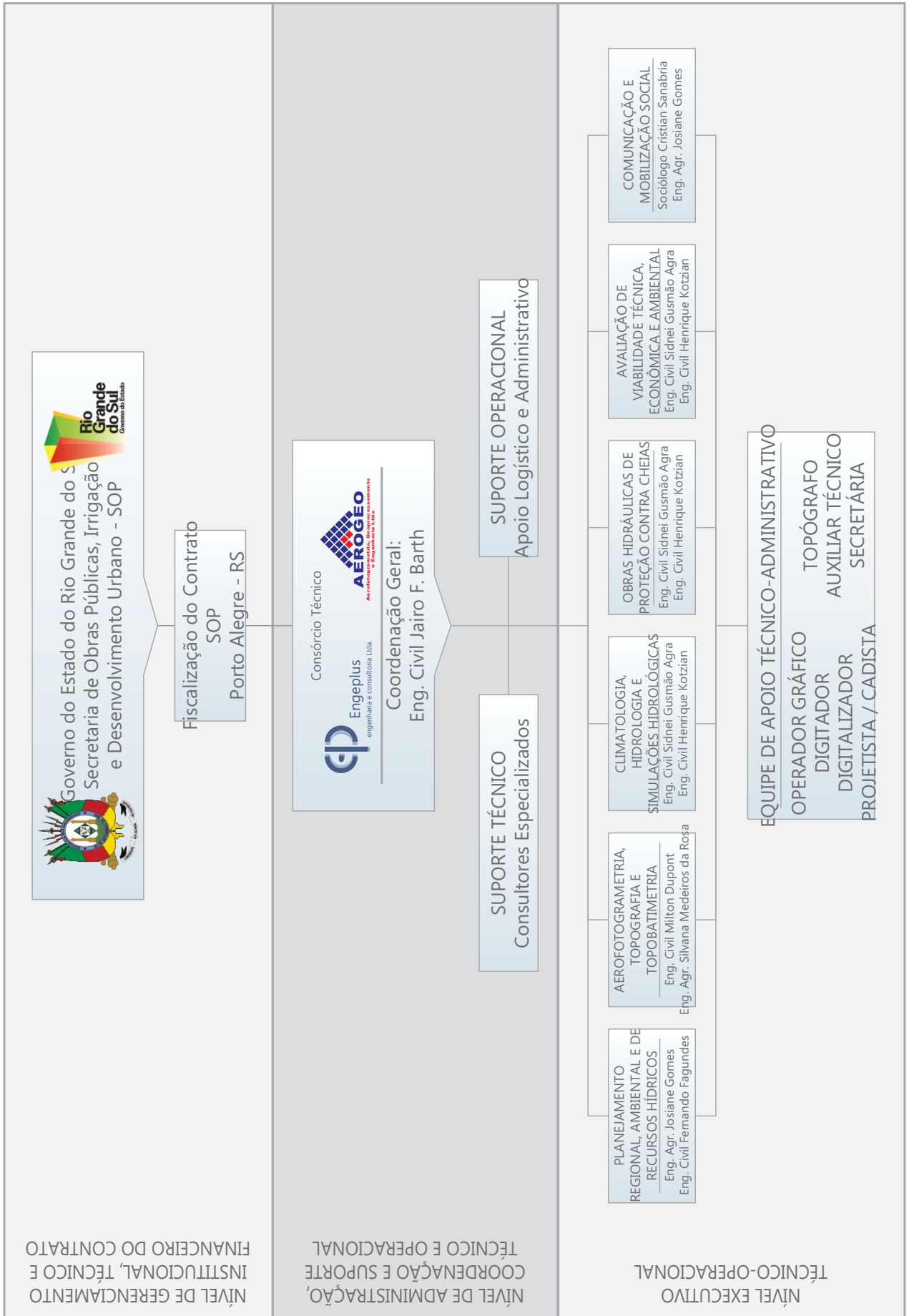
A Figura 6.1 a seguir apresenta o Organograma Funcional da equipe técnica, onde se define a estrutura organizacional básica, discriminando os vários níveis de atuação e os responsáveis pelas principais atividades, bem como pelo apoio técnico, administrativo e

operacional. Conforme se pode observar no Organograma Funcional, a estrutura de trabalho estará composta pelos seguintes níveis hierárquicos principais:

- **Nível de Gerenciamento Institucional, Técnico e Financeiro do Contrato:** representado pela Secretaria de Obras Públicas, Irrigação e Desenvolvimento Urbano - SOP;
- **Nível de Administração, Coordenação Geral e Suporte Técnico-Operacional:** representado pelas empresas integrantes do Consórcio, Engeplus e Aerogeo, Coordenação Geral, consultores especializados e apoio logístico e administrativo;
- **Nível Executivo, Técnico e Operacional:** representado pelos núcleos setoriais de trabalho e equipe de apoio técnico e administrativo.

A seguir, estão descritos os principais componentes do Organograma, cabendo observar que os núcleos setoriais de trabalho, estabelecidos para atender todas as especialidades envolvidas nos estudos, serão compostos por profissionais subordinados à Coordenação Geral, que será responsável pela integração das atividades das áreas, que serão avaliadas, validadas e aprovadas pelos membros da célula de trabalho. A coordenação também será responsável pela garantia da qualidade dos produtos parciais e final, pela alocação de recursos humanos e materiais em tempo hábil em suas equipes e, principalmente, pela orientação técnica e metodológica e pelo controle dos prazos.

- **Coordenação Geral:** nível de relacionamento e decisão, tendo por atribuição a coordenação e a articulação interna da equipe, formação dos núcleos setoriais de trabalho, manutenção da interface contínua com a equipe da Contratante durante a execução dos serviços. Deverá, portanto, assegurar que as decisões políticas e estratégicas do trabalho sejam seguidas, em todas as suas etapas, bem como coordenar as práticas de gerenciamento técnico. Esta Coordenação se reportará à Fiscalização Técnica do Contrato designada pela SOP para acompanhar toda a execução dos serviços.
- **Suporte Técnico - Consultores Técnicos Especializados:** os trabalhos contarão, sempre que necessário, com o apoio de Consultores Técnicos Especializados, cuja mobilização estará sujeita à comunicação prévia à SOP, reforçando a atuação da equipe em assuntos de maior complexidade.
- **Suporte Operacional – Apoio Logístico e Administrativo:** o Consórcio Técnico disponibilizará seus setores operacionais para o atendimento das necessidades dos trabalhos, fornecendo o apoio nas áreas de Planejamento e Controle, CPD/Suporte de Informática, Apoio Técnico e Administrativo e Controle de Qualidade, as quais serão demandadas pelo Coordenador Geral.
- **Núcleos Setoriais de Trabalho:** conforme ilustrado no Organograma, são seis os núcleos setoriais do projeto e cada um deles será responsável por um grupo de atividades a ser desenvolvidas, como descrito a seguir:
 - *Planejamento Regional, Ambiental e de Recursos Hídricos*
 - *Aerofotogrametria, Topografia e Topobatimetria*
 - *Climatologia, Hidrologia e Simulações Hidrológicas*
 - *Obras Hidráulicas de Proteção Contra Cheias*
 - *Avaliação de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental*
 - *Comunicação e Mobilização Social*
- **Equipe de Apoio Técnico e Administrativo:** constituída por profissionais técnicos e administrativos conforme relacionado no Organograma Funcional, tem por incumbência providenciar o atendimento de todas as necessidades de apoio, tanto em termos de programação e controle, como provimento de materiais, equipamentos e serviços.



Especificação:

Organograma Funcional da Equipe técnica

Figura Nº:

6.1





7 ANEXOS



7 ANEXOS

Apresenta-se a seguir os anexos, que ilustram as informações e programações descritas no presente relatório técnico:

- 7.1– Planilhas de Quantificação
- 7.2– Planilhas de Orçamentação
- 7.3– Planejamento Hidrológico e Estudo de Desenvolvimento Regional da Bacia do Rio Caí
- 7.4– Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Caí
- 7.5– Estudo de Alternativas para Minimização do Efeito das Cheias do Trecho Baixo do Rio Caí – Consulta Pública – Resultados



7.1 – PLANILHAS DE QUANTIFICAÇÃO



7.1 Planilhas de Quantificação

7.1.1 Diques

7.1.1.1 São Sebastião do Caí

Dique Margem Esquerda

Cálculos por faixa de altura do dique sobre o terreno natural

1) Escavação

1ª categoria	70%	70.350	m ³
2ª categoria	30%	30.150	m ³

Hd (m)	B (m)	A (m ²)	L (m)	V (m ³)
3,5	20,5	19,5	1.800	35.100
4,5	23,5	22,5	1.100	24.750
5,5	26,5	25,5	800	20.400
6,5	29,5	28,5	500	14.250
7,0	31	30	200	6.000
Total			4.400	100.500

$$B = (10 + 2x1,5xHd)$$

$$A = (Bx2 - 2)/2$$

$$V = AxL$$

L obtido em planta

2) Aterro Compactado

Hd (m)	A (m ²)	L (m)	V (m ³)
3,5	53,375	1.800	96.075
4,5	75,375	1.100	82.913
5,5	100,375	800	80.300
6,5	128,375	500	64.188
7,0	143,5	200	28.700
Total		4.400	352.175
			452.675

$$A = (20 + 2x1,5xHd)/2xHd$$

$$V = AxL$$

3) Transporte local de material do maciço

$$V = \mathbf{2.353.910} \quad (\text{m}^3 \times \text{km})$$

Volume total de aterro x 1,3 (empolamento) x 5,0 km
 Empolamento = 1,3
 Distância = 4

4) Enrocamento

Hd (m)	Vu (m ³)	L (m)	V (m ³)
3,5	2,77	1.800	4.981
4,5	3,56	1.100	3.913
5,5	4,35	800	3.479
6,5	5,14	500	2.569
7,0	5,53	200	1.107
Total		4.400	16.049

espessura de 0,50 m

$$Vu = (Hd^2 + 1,5Hd^2)^{0,5} \times 0,5$$

$$V = AxL$$

5) Transporte local de enrocamento

$$V = \mathbf{224.680} \quad (\text{m}^3 \times \text{km})$$

Volume total de aterro x empolamento x distância de transporte
 Empolamento = 1,4

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Calc.	Quant. c/ F.S.
1	Escavação de 1ª categoria	m ³	70.350	84.420
2	Escavação de 2ª categoria	m ³	30.150	36.180
3	Escavação de 3ª categoria	m ³	0	0
4	Aterro Compactado	m ³	452.675	543.210
5	Transporte Local de Aterro Compactado	m ³ x km	2.353.910	2.824.692
6	Enrocamento	m ³	16.049	19.259
7	Transporte Local de Enrocamento	m ³ x km	224.680	269.616
8	Enleivamento	m ²	32.097	38.516
9	Pavimentação com concreto asfáltico	t	10.120	12.144
10	Transporte de comercial de concr asfáltico	m ³ x km	264.000	316.800

Adotado fator de segurança nos quantitativos de 20%



6) Enleivamento

Hd (m)	B (m ²)	L (m)	A (m ²)
3,5	5,53	1.800	9.961
4,5	7,12	1.100	7.827
5,5	8,70	800	6.957
6,5	10,28	500	5.139
7,0	11,07	200	2.214
Total		4.400	32.097

7) Revestimento com pavimento asfáltico

$$V = 10 \times 0,1 \times 4.400 = \mathbf{4.400} \quad \text{m}^3$$

$$\text{Peso} = \mathbf{10.120} \quad \text{t}$$

8) Transporte de concreto asfáltico

$$V = \mathbf{264.000} \quad (\text{m}^3 \times \text{km})$$

9) Desapropriação

$$A = \mathbf{220.000} \quad \text{m}^2$$

considerando uma faixa de 50m de largura ao longo do dique
 $L = 4.400 \quad \text{m}$

$$\text{Distância} = 10$$

$$L = (\text{Hd}^2 + 1,5 \times \text{Hd}^2)^{0,5}$$

$$A = B \times L$$

espessura 0,1
 largura da pista 10
 $L = \text{compr. total do dique} = 4400$
 Densidade do concr. Asf. 2,3

$$\text{distância de transp.} = 60$$

Dique Margem Direita

Cálculos por faixa de altura do dique sobre o terreno natural

1) Escavação

1ª categoria	70%	67.305	m ³
2ª categoria	30%	28.845	m ³

Hd (m)	B (m)	A (m ²)	L (m)	V (m ³)
4	22	21	1.400	29.400
4,5	23,5	22,5	1.900	42.750
5	25	24	1.000	24.000
5,5	26,5	25,5		0
Total			4.300	96.150

$$B = (10 + 2 \times 1,5 \times \text{Hd})$$

$$A = (B \times 2 - 2) / 2$$

$$V = A \times L$$

$$L \text{ obtido em planta}$$

2) Aterro Compactado

Hd (m)	A (m ²)	L (m)	V (m ³)
4	64	1.400	89.600
4,5	75,375	1.900	143.213
5	87,5	1.000	87.500
5,5	100,375	0	0
Total		4.300	320.313
			96.150
			416.463

$$A = (20 + 2 \times 1,5 \times \text{Hd}) / 2 \times \text{Hd}$$

$$V = A \times L$$

3) Transporte local de material do maciço

$$V = \mathbf{2.165.605} \quad (\text{m}^3 \times \text{km})$$

Volume total de aterro $\times 1,3$ (empolamento) $\times 5,0 \text{ km}$
 Empolamento = 1,3
 Distância = 4 km

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Calc.	Quant. c/ F.S.
1	Escavação de 1ª categoria	m ³	67.305	80.766
2	Escavação de 2ª categoria	m ³	28.845	34.614
3	Escavação de 3ª categoria	m ³	0	0
4	Aterro Compactado	m ³	416.463	499.755
5	Transporte Local de Aterro Compactado	m ³ x km	2.165.605	2.598.726
6	Enrocamento	m ³	15.139	18.167
7	Transporte Local de Enrocamento	m ³ x km	211.952	254.342
8	Enleivamento	m ²	30.279	36.335
9	Revestimento primário	m ³	4.300	5.160
10	Transporte de revestimento primário	m ³ x km	21.500	25.800

Adotado fator de segurança nos quantitativos de 20%



4) Enrocamento

Hd (m)	Vu (m³)	L (m)	V (m³)
4	3,16	1.400	4.427
4,5	3,56	1.900	6.759
5	3,95	1.000	3.953
5,5	4,35		-
Total		4.300	15.139

espessura de 0,50 m

$$Vu = (Hd^2 + 1,5Hd^2)^{0,5} \times 0,5$$

$$V = AxL$$

5) Transporte comercial de enrocamento

V = **211,952** (m³ x km)

Volume total de aterro x empolamento x distância de transporte

Empolamento = 1,4

Distância = 10 km

6) Enlevamento

Hd (m)	B (m²)	L (m)	A (m²)
4	6,32	1.400	8.854
4,5	7,12	1.900	13.519
5	7,91	1.000	7.906
5,5	8,70		0
Total		4.300	30.279

$$L = (Hd^2 + 1,5xHd^2)^{0,5}$$

$$A = BxL$$

7) Revestimento primário

V = 5 x 0,2 x 4.300 = **4.300** m³

espessura 0,2 m

largura da pista 5 m

L = compr. total do dique 4.300 m

8) Transporte de revestimento primário

V = **21.500** (m³ x km)

distância de transp. 5 km

9) Desapropriação

A = **22** ha

considerando uma faixa de 50m de largura ao longo do dique

L = 4.300 m



7.1.1.2 Montenegro

Dique - Cidade

Cálculos por faixa de altura do dique sobre o terreno natural

1) Escavação

1ª categoria	70%	80.640	m ³
2ª categoria	30%	34.560	m ³

Hd (m)	B (m)	A (m ²)	L (m)	V (m ³)
3,5	20,5	19,5	900	17.550
4,5	23,5	22,5	1.900	42.750
5,5	26,5	25,5	1.200	30.600
6,5	29,5	28,5	300	8.550
7,5	32,5	31,5	500	15.750
Total			4.800	115.200

$$B = (10 + 2x1,5xHd)$$

$$A = (Bx2-2)/2$$

$$V = AxL$$

L obtido em planta

2) Aterro Compactado

Hd (m)	A (m ²)	L (m)	V (m ³)
3,5	53,375	900	48.038
4,5	75,375	1.900	143.213
5,5	100,375	1.200	120.450
6,5	128,375	300	38.513
7,5	159,375	500	79.688
Total		4.800	429.900
			115.200
			545.100

$$A = (20 + 2x1,5xHd)/2xHd$$

$$V = AxL$$

3) Transporte local de material do maciço

$$V = \mathbf{2.834.520} \quad (\text{m}^3 \times \text{km})$$

Volume total de aterro x 1,3 (empolamento) x 5,0 km

Empolamento = 1,3

Distância = 4

4) Enrocamento

Hd (m)	Vu (m ³)	L (m)	V (m ³)
3,5	2,77	900	2.490
4,5	3,56	1.900	6.759
5,5	4,35	1.200	5.218
6,5	5,14	300	1.542
7,5	5,93	500	2.965
Total		4.800	18.974

espessura de 0,50 m

$$Vu = (Hd^2 + 1,5Hd^2)^{0,5} \times 0,5$$

$$V = AxL$$

5) Transporte local de enrocamento

$$V = \mathbf{265.631} \quad (\text{m}^3 \times \text{km})$$

Volume total de aterro x empolamento x distância de transporte

Empolamento = 1,4 Distância = 10

6) Enleivamento

Hd (m)	B (m ²)	L (m)	A (m ²)
3,5	5,53	900	4.981
4,5	7,12	1.900	13.519
5,5	8,70	1.200	10.436
6,5	10,28	300	3.083
7,5	11,86	500	5.929
Total		4.800	37.947

$$L = (Hd^2 + 1,5xHd^2)^{0,5}$$

$$A = BxL$$

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Calc.	Quant. c/ F.S.
1	Escavação de 1ª categoria	m ³	80.640	96.768
2	Escavação de 2ª categoria	m ³	34.560	41.472
3	Escavação de 3ª categoria	m ³	0	0
4	Aterro Compactado	m ³	545.100	654.120
5	Transporte Local de Aterro Compactado	m ³ x km	2.834.520	3.401.424
6	Enrocamento	m ³	18.974	22.768
7	Transporte Local de Enrocamento	m ³ x km	265.631	318.758
8	Enleivamento	m ²	37.947	45.537
9	Pavimentação com concreto asfáltico	t	11.040	13.248
10	Transporte de comercial de concr asfáltico	m ³ x km	216.000	259.200

Adotado fator de segurança nos quantitativos de 20%



7) Revestimento com pavimento asfáltico

$$V = 10 \times 0,1 \times 4.400 = \mathbf{4.800 \text{ m}^3}$$

$$\text{Peso} = \mathbf{11.040 \text{ t}}$$

8) Transporte de concreto asfáltico

$$V = \mathbf{216.000} \text{ (m}^3 \times \text{km)}$$

9) Desapropriação

$$A = \mathbf{240.000} \text{ m}^2$$

considerando uma faixa de 50m de largura ao longo do dique
 $L = 4.800 \text{ m}$

espessura 0,1
largura da pista 10
L = compr. total do dique 4800
Densidade do concr. Asf. 2,3

distância de transp. 45

Dique / Corta-rio

Cálculos por faixa de altura do dique sobre o terreno natural

1) Escavação

1ª categoria	70%	78.050	m ³
2ª categoria	30%	33.450	m ³

Hd (m)	B (m)	A (m ²)	L (m)	V (m ³)
4,5	19,5	18,5	1.000	18.500
5	21	20	2.300	46.000
7	27	26	1.300	33.800
13	45	44	300	13.200
Total			4.900	111.500

$B = (6+2x1,5xHd)$
 $A = (Bx2-2)/2$
 $V = AxL$
L obtido em planta

2) Aterro Compactado

Hd (m)	A (m ²)	L (m)	V (m ³)
4,5	57,375	1.000	57.375
5	67,5	2.300	155.250
7	115,5	1.300	150.150
13	331,5	300	99.450
Total		4.900	462.225
			573.725

$A = (12+2x1,5xHd)/2xHd$
 $V = AxL$

3) Transporte local de material do maciço

$$V = \mathbf{1.491.685} \text{ (m}^3 \times \text{km)}$$

Volume total de aterro x 1,3 (empolamento) x 5,0 km
Empolamento = 1,3
Distância = 2 km

4) Enrocamento

Hd (m)	Vu (m ²)	L (m)	V (m ³)
4,5	3,56	1.000	3.558
5	3,95	2.300	9.092
7	5,53	1.300	7.194
13	10,28	300	3.083
Total		4.900	22.927

espessura de 0,50 m
 $Vu = (Hd^2+1,5Hd^2)^{0,5}x0,5$
 $V = AxL$

5) Transporte comercial de enrocamento

$$V = \mathbf{320.971} \text{ (m}^3 \times \text{km)}$$

Volume total de aterro x empolamento x distância de transporte
Empolamento = 1,4
Distância = 10 km

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Calc.	Quant. c/ F.S.
1	Escavação de 1ª categoria	m ³	78.050	93.660
2	Escavação de 2ª categoria	m ³	33.450	40.140
3	Escavação de 3ª categoria	m ³	0	0
4	Aterro Compactado	m ³	573.725	688.470
5	Transporte Local de Aterro Compactado	m ³ x km	1.491.685	1.790.022
6	Enrocamento	m ³	22.927	27.512
7	Transporte Local de Enrocamento	m ³ x km	320.971	385.165
8	Enlevamento	m ²	45.853	55.024
9	Revestimento primário	m ³	5.880	7.056
10	Transporte de revestimento primario	m ³ x km	29.400	35.280

Adotado fator de segurança nos quantitativos de 20%



6) Enleivamento

Hd (m)	B (m ²)	L (m)	A (m ²)
4,5	7,12	1.000	7.115
5	7,91	2.300	18.183
7	11,07	1.300	14.388
13	20,55	300	6.166
Total		4.900	45.853

$$L = (Hd^2 + 1,5 \times Hd^2)^{0,5}$$
$$A = B \times L$$

7) Revestimento primário

$$V = 6 \times 0,2 \times 4.900 = \mathbf{5.880 \text{ m}^3}$$

espessura 0,2 m
largura da pista 6 m
L = compr. total do dique 4900

8) Transporte de revestimento primário

$$V = \mathbf{29.400} \text{ (m}^3 \times \text{km)}$$

distância de transp. 5 km

9) Desapropriação

$$A = \mathbf{25} \text{ ha}$$

considerando uma faixa de 50m de largura ao longo do dique
L = 4.900 m



7.1.1.3 Harmonia

N1

Cálculos por faixa de altura do dique sobre o terreno natural

1) Escavação

1ª categoria 70% **3.591** m³
 2ª categoria 30% **1.539** m³

Hd (m)	B (m)	A (m ²)	L (m)	V (m ³)
3,5	15,5	14,5	100	1.450
4,8	19,4	18,4	200	3.680
Total			300	5.130

$$B = (5+2x1,5xHd)$$

$$A = (Bx2-2)/2$$

$$V = AxL$$

L obtido em planta

2) Aterro Compactado

Hd (m)	A (m ²)	L (m)	V (m ³)
3,5	35,875	100	3.588
4,8	58,56	200	11.712
Total		300	15.300
			20.430

$$A = (10+2x1,5xHd)/2xHd$$

$$V = AxL$$

3) Transporte local de material do maciço

V = **106,233** (m³ x km)

Volume total de aterro x 1,3 (empolamento) x 5,0 km
Empolamento = 1,3
Distância = 5

4) Enrocamento

Hd (m)	Vu (m ³)	L (m)	V (m ³)
3,5	2,77	100	277
4,8	3,79	200	759
Total		300	1.036

espessura de 0,50 m

$$Vu = (Hd^2 + 1,5Hd^2)^{0,5} x 0,5$$

$$V = AxL$$

5) Transporte local de enrocamento

V = **14,499** (m³ x km)

Volume total de aterro x empolamento x distância de transporte
Empolamento = 1,4
Distância = 10

6) Enleivamento

Hd (m)	B (m ²)	L (m)	A (m ²)
3,5	5,53	100	553
4,8	7,59	200	1.518
Total		300	2.071

$$L = (Hd^2 + 1,5xHd^2)^{0,5}$$

$$A = BxL$$

7) Revestimento primário

V = 5 x 0,2 x 4.300 = **300** m³

espessura 0,2 m
largura da pista 5 m

$$L = \text{compr. total do dique} = 300 \text{ m}$$

8) Transporte de revestimento primário

V = **1.500** (m³ x km)

distância de transp. 5 km

9) Desapropriação

A = **15.000** m²

considerando uma faixa de 50m de largura ao longo do dique
 L = 300 m

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Calc.	Quant. c/ F.S.
1	Escavação de 1ª categoria	m ³	3.591	4.309
2	Escavação de 2ª categoria	m ³	1.539	1.847
3	Escavação de 3ª categoria	m ³	0	0
4	Aterro Compactado	m ³	20.430	24.515
5	Transporte Local de Aterro Compactado	m ³ x km	106.233	127.480
6	Enrocamento	m ³	1.036	1.243
7	Transporte Local de Enrocamento	m ³ x km	14.499	17.399
8	Enleivamento	m ²	2.071	2.486
9	Revestimento primário	m ³	300	360
10	Transporte de revestimento primário	m ³ x km	1.500	1.800

Adotado fator de segurança nos quantitativos de 20%



N2

Cálculos por faixa de altura do dique sobre o terreno natural

1) Escavação

1ª categoria 70% **7.056** m³
 2ª categoria 30% **3.024** m³

Hd (m)	B (m)	A (m²)	L (m)	V (m³)
2,0	11	10	700	7.000
3,8	16,4	15,4	200	3.080
Total			900	10.080

$B = (5+2x1,5xHd)$
 $A = (Bx2-2)/2$
 $V = AxL$
L obtido em planta

2) Aterro Compactado

Hd (m)	A (m²)	L (m)	V (m³)
2,0	16	700	11.200
3,8	40,66	200	8.132
Total		900	19.332
			29.412

$A = (10+2x1,5xHd)/2xHd$
 $V = AxL$

3) Transporte local de material do maciço

V = **152.942** (m³ x km)

Volume total de aterro x 1,3 (empolamento) x 5,0 km
Empolamento = 1,3
Distância = 4

4) Enrocamento

Hd (m)	Vu (m³)	L (m)	V (m³)
2,0	1,58	700	1.107
3,8	3,00	200	601
Total		900	1.708

espessura de 0,50 m
 $Vu = (Hd^2+1,5Hd^2)^{0,5}x0,5$
 $V = AxL$

5) Transporte local de enrocamento

V = **23.907** (m³ x km)

Volume total de aterro x empolamento x distância de transporte
Empolamento = 1,4
Distância = 10

6) Enleivamento

Hd (m)	B (m²)	L (m)	A (m²)
2,0	3,16	700	2.214
3,8	6,01	200	1.202
Total		900	3.415

$L = (Hd^2+1,5xHd^2)^{0,5}$
 $A = BxL$

7) Revestimento primário

V = 5 x 0,2 x 4.300 = **900** m³

espessura 0,2 m
largura da pista 5 m
 $L = \text{compr. total do dique } 900 \text{ m}$

8) Transporte de revestimento primário

V = **4.500** (m³ x km)

distância de transp. 5 km

9) Desapropriação

A = **45.000** m²

considerando uma faixa de 50m de largura ao longo do dique
 $L = 900 \text{ m}$

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Calc.	Quant. c/ F.S.
1	Escavação de 1ª categoria	m³	7.056	8.467
2	Escavação de 2ª categoria	m³	3.024	3.629
3	Escavação de 3ª categoria	m³	0	0
4	Aterro Compactado	m³	29.412	35.294
5	Transporte Local de Aterro Compactado	m³x km	152.942	183.531
6	Enrocamento	m³	1.708	2.049
7	Transporte Local de Enrocamento	m³x km	23.907	28.688
8	Enleivamento	m²	3.415	4.098
9	Revestimento primário	m³	900	1.080
10	Transporte de revestimento primário	m³x km	4.500	5.400

Adotado fator de segurança nos quantitativos de 20%



N3

Cálculos por faixa de altura do dique sobre o terreno natural

1) Escavação

1ª categoria 70% **15.204** m³
 2ª categoria 30% **6.516** m³

Hd (m)	B (m)	A (m²)	L (m)	V (m³)
4,8	19,4	18,4	650	11.960
6,8	25,4	24,4	400	9.760
Total			1.050	21.720

$B = (5+2x1,5xHd)$
 $A = (Bx2-2)/2$
 $V = AxL$
L obtido em planta

2) Aterro Compactado

Hd (m)	A (m²)	L (m)	V (m³)
4,8	58,56	650	38.064
6,8	103,36	400	41.344
Total		1.050	79.408

101.128

$A = (10+2x1,5xHd)/2xHd$
 $V = AxL$

3) Transporte local de material do maciço

V = **525.866** (m³ x km)

Volume total de aterro x 1,3 (empolamento) x 5,0 km
 Empolamento = 1,3
 Distância = 4

4) Enrocamento

Hd (m)	Vu (m³)	L (m)	V (m³)
4,8	3,79	650	2.467
6,8	5,38	400	2.150
Total		1.050	4.617

espessura de 0,50 m
 $Vu = (Hd^2+1,5Hd^2)^{0,5}x0,5$
 $V = AxL$

5) Transporte local de enrocamento

V = **64.637** (m³ x km)

Volume total de aterro x empolamento x distância de transporte
 Empolamento = 1,4

6) Enleivamento

Hd (m)	B (m²)	L (m)	A (m²)
4,8	7,59	650	4.933
6,8	10,75	400	4.301
Total		1.050	9.234

$L = (Hd^2+1,5xHd^2)^{0,5}$
 $A = BxL$

7) Revestimento primário

V = 5 x 0,2 x 4.300 = **1.050** m³

espessura 0,2 m
largura da pista 5 m
 $L = \text{compr. total do dique}$ 1050 m

8) Transporte de revestimento primário

V = **5.250** (m³ x km)

distância de transp. 5 km

9) Desapropriação

A = **52.500** m²

considerando uma faixa de 50m de largura ao longo do dique
 $L = 1.050$ m

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Calc.	Quant. c/ F.S.
1	Escavação de 1ª categoria	m³	15.204	18.245
2	Escavação de 2ª categoria	m³	6.516	7.819
3	Escavação de 3ª categoria	m³	0	0
4	Aterro Compactado	m³	101.128	121.354
5	Transporte Local de Aterro Compactado	m³x km	525.866	631.039
6	Enrocamento	m³	4.617	5.540
7	Transporte Local de Enrocamento	m³x km	64.637	77.564
8	Enleivamento	m²	9.234	11.081
9	Revestimento primário	m³	1.050	1.260
10	Transporte de revestimento primário	m³x km	5.250	6.300

Adotado fator de segurança nos quantitativos de 20%



7.1.1.4 Pareci Novo

Cálculos por faixa de altura do dique sobre o terreno natural

1) Escavação

1ª categoria	70%	29.092	m ³
2ª categoria	30%	12.468	m ³

Hd (m)	B (m)	A (m ²)	L (m)	V (m ³)
4,0	17	16	300	4.800
5,5	21,5	20,5	500	10.250
6,7	25,1	24,1	1.100	26.510
Total			1.900	41.560

2) Aterro Compactado

Hd (m)	A (m ²)	L (m)	V (m ³)
4,0	44	300	13.200
5,5	72,875	500	36.438
6,7	100,835	1.100	110.919
Total		1.900	160.556
			202.116

3) Transporte local de material do maciço

V = **1.051.003** (m³ x km)

4) Enrocamento

Hd (m)	Vu (m ³)	L (m)	V (m ³)
4,0	3,16	300	949
5,5	4,35	500	2.174
6,7	5,30	1.100	5.826
Total		1.900	8.949

5) Transporte local de enrocamento

V = **125.289** (m³ x km)

6) Enlevamento

Hd (m)	B (m ²)	L (m)	A (m ²)
4,0	6,32	300	1.897
5,5	8,70	500	4.348
6,7	10,59	1.100	11.653
Total		1.900	17.898

7) Revestimento primário

V = 5 x 0,2 x 4.300 = **1.900** m³

8) Transporte de revestimento primário

V = **9.500** (m³ x km)

$$B = (5+2x1,5xHd)$$

$$A = (Bx2-2)/2$$

$$V = AxL$$

L obtido em planta

$$A = (10+2x1,5xHd)/2xHd$$

$$V = AxL$$

Volume total de aterro x 1,3 (empolamento) x 5,0 km

Empolamento = 1,3

Distância = 4

espessura de 0,50 m

$$Vu = (Hd^2+1,5Hd^2)^{0,5}x0,5$$

$$V = AxL$$

Volume total de aterro x empolamento x distância de transporte

Empolamento = 1,4

Distância = 10

$$L = (Hd^2+1,5xHd^2)^{0,5}$$

$$A = BxL$$

espessura 0,2 m

largura da pista 5 m

L = compr. total do dique 1.900 m

distância de transp. 5 km

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Calc.	Quant. c/ F.S.
1	Escavação de 1ª categoria	m ³	29.092	34.910
2	Escavação de 2ª categoria	m ³	12.468	14.962
3	Escavação de 3ª categoria	m ³	0	0
4	Aterro Compactado	m ³	202.116	242.539
5	Transporte Local de Aterro Compactado	m ³ x km	1.051.003	1.261.204
6	Enrocamento	m ³	8.949	10.739
7	Transporte Local de Enrocamento	m ³ x km	125.289	150.347
8	Enlevamento	m ²	17.898	21.478
9	Revestimento primário	m ³	1.900	2.280
10	Transporte de revestimento primário	m ³ x km	9.500	11.400

Adotado fator de segurança nos quantitativos de 20%

9) Desapropriação

A=95.000 m²

considerando uma faixa de 50m de largura ao longo do dique

L = 1,900 m



Dique Matiel/Bananal/Várzea

Cálculos por faixa de altura do dique sobre o terreno natural

1) Escavação

1ª categoria	70%	13.223	m3
2ª categoria	30%	5.667	m3

Hd (m)	B (m)	A (m2)	L (m)	V (m3)
1	14	13	140	1.820
2,5	20	19	230	4.370
2,75	21	20	60	1.200
4	26	25	250	6.250
6,5	36	35	150	5.250
Total			830	18.890

$$B = (5+2x2xHd)$$

$$A = (Bx2-2)/2$$

$$V = AxL$$

L obtido em planta

2) Aterro Compactado

Hd (m)	A (m2)	L (m)	V (m3)
1	7	140	980
2,5	25	230	5.750
2,75	28,875	60	1.733
4	52	250	13.000
6,5	117	150	17.550
Total		830	39.013
			18.890
			57.903

$$A = (10+2x2xHd)/2xHd$$

$$V = AxL$$

3) Transporte local de material do maciço

$$V = \mathbf{301.093} \quad (\text{m}^3 \times \text{km})$$

$$\text{Volume total de aterro} \times 1,3 \text{ (empolamento)} \times 5,0 \text{ km}$$

$$\text{Empolamento} = 1,3$$

$$\text{Distância} = 4 \quad \text{km}$$

4) Enrocamento

Hd (m)	Vu (m3)	L (m)	V (m3)
1	0,87	140	121
2,5	2,17	230	498
2,75	2,38	60	143
4	3,46	250	866
6,5	5,63	150	844
Total		830	2.473

$$\text{espessura de } 0,50 \text{ m}$$

$$Vu = (Hd^2+2Hd^2)^{0,5}x0,5$$

$$V = AxL$$

5) Transporte comercial de enrocamento

$$V = \mathbf{34.615} \quad (\text{m}^3 \times \text{km})$$

$$\text{Volume total de aterro} \times \text{empolamento} \times \text{distância de transporte}$$

$$\text{Empolamento} = 1,4$$

$$\text{Distância} = 10 \quad \text{km}$$

6) Enleivamento

Hd (m)	B (m2)	L (m)	A (m2)
1	1,73	140	242
2,5	4,33	230	996
2,75	4,76	60	286
4	6,93	250	1.732
6,5	11,26	150	1.689

$$L = (Hd^2+2xHd^2)^{0,5}$$

$$A = BxL$$

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Calc.	Quant. c/ F.S.
1	Escavação de 1ª categoria	m³	13.223	15.868
2	Escavação de 2ª categoria	m³	5.667	6.800
3	Escavação de 3ª categoria	m³	0	0
4	Aterro Compactado	m³	57.903	69.483
5	Transporte Local de Aterro Compactado	m³ x km	301.093	361.312
6	Enrocamento	m³	2.473	2.967
7	Transporte Local de Enrocamento	m³ x km	34.615	41.538
8	Enleivamento	m²	4.945	5.934
9	Revestimento primário	m³	830	996
10	Transporte de revestimento primário	m³ x km	4.150	4.980

Adotado fator de segurança nos quantitativos de 20%



Total	830	4.945
--------------	------------	--------------

7) Revestimento primário

$$V = 5 \times 0,2 \times 4.300 = \mathbf{830} \quad \text{m}^3$$

espessura 0,2 m
largura da pista 5 m
 L = compr. total do dique 830 m

8) Transporte de revestimento primário

$$V = \mathbf{4.150} \quad (\text{m}^3 \times \text{km})$$

distância de transp. 5 km

9) Desapropriação

$$A = \mathbf{2,5} \quad \text{ha}$$

considerando uma faixa de 30m de largura ao longo do dique
 L = 830 m

7.1.2 Estruturas de Transposição de Vazão

7.1.2.1 São Sebastião do Caí

Estrutura para comporta - 1 célula

Item	Discriminação	Unid.	Quant.
0	Escavação 1ª categoria	m ³	50
1	Concreto estrutural	m ³	35
2	Formas Planas	m ²	220
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450

Estrutura para bombeamento - 1 célula

Item	Discriminação	Unid.	Quant.
0	Escavação 1ª categoria	m ³	50
1	Concreto estrutural	m ³	56
2	Formas Planas	m ²	385
3	Armadura - Aço CA50	kg	3.950

ETV 1 - ME

Comporta

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total
0	Escavação 1ª categoria	m ³	50	2	100
1	Concreto estrutural	m ³	35	2	70
2	Formas Planas	m ²	220	2	440
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450	2	4.900

ETV 2 - ME

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total
0	Escavação 1ª categoria	m ³	50	2	100
1	Concreto estrutural	m ³	35	2	70
2	Formas Planas	m ²	220	2	440
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450	2	4.900

ETV 3 - ME

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total
0	Escavação 1ª categoria	m ³	50	3	150
1	Concreto estrutural	m ³	35	3	105
2	Formas Planas	m ²	220	3	660
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450	3	7.350

ETV	Comportas		Grupos moto-bomba	
	quant.	Dim. Unit.	quant.	Pot. Unit.
1 - me	2	1,4	2	173
2 - me	2	1,5	3	167
3 - me	3	1,5	3	204
4 - me	2	1,4	2	130
5 - me	2	1,4	2	108
1 - md	4	1,7	5	304
2 - md	5	1,7	5	334
3 - md	2	1,5	2	222
4 - md	3	1,7	3	260

Bombeamento

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total	TOTAL
0	Escavação 1ª categoria	m ³	50	2	100	200
1	Concreto estrutural	m ³	56	2	112	182
2	Formas Planas	m ²	385	2	770	1.210
3	Armadura - Aço CA50	kg	3.950	2	7.900	12.800

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total	TOTAL
0	Escavação 1ª categoria	m ³	50	3	150	250
1	Concreto estrutural	m ³	56	3	168	238
2	Formas Planas	m ²	385	3	1.155	1.595
3	Armadura - Aço CA50	kg	3.950	3	11.850	16.750

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total	TOTAL
0	Escavação 1ª categoria	m ³	50	3	150	300
1	Concreto estrutural	m ³	56	3	168	273
2	Formas Planas	m ²	385	3	1.155	1.815
3	Armadura - Aço CA50	kg	3.950	3	11.850	19.200



ETV 4 - ME

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total
0	Escavação 1ª categoria	m³	50	2	100
1	Concreto estrutural	m³	35	2	70
2	Formas Planas	m²	220	2	440
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450	2	4.900

ETV 5 - ME

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total
0	Escavação 1ª categoria	m³	50	2	100
1	Concreto estrutural	m³	35	2	70
2	Formas Planas	m²	220	2	440
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450	2	4.900

ETV 1 - MD

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total
0	Escavação 1ª categoria	m³	50	4	200
1	Concreto estrutural	m³	35	4	140
2	Formas Planas	m²	220	4	880
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450	4	9.800

ETV 2 - MD

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total
0	Escavação 1ª categoria	m³	50	5	250
1	Concreto estrutural	m³	35	5	175
2	Formas Planas	m²	220	5	1.100
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450	5	12.250

ETV 3 - MD

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total
0	Escavação 1ª categoria	m³	50	2	100
1	Concreto estrutural	m³	35	2	70
2	Formas Planas	m²	220	2	440
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450	2	4.900

ETV 4 - MD

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total
0	Escavação 1ª categoria	m³	50	3	150
1	Concreto estrutural	m³	35	3	105
2	Formas Planas	m²	220	3	660
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450	3	7.350

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total	TOTAL
0	Escavação 1ª categoria	m³	50	2	100	200
1	Concreto estrutural	m³	56	2	112	182
2	Formas Planas	m²	385	2	770	1.210
3	Armadura - Aço CA50	kg	3.950	2	7.900	12.800

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total	TOTAL
0	Escavação 1ª categoria	m³	50	2	100	200
1	Concreto estrutural	m³	56	2	112	182
2	Formas Planas	m²	385	2	770	1210
3	Armadura - Aço CA50	kg	3.950	2	7.900	12.800

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total	TOTAL
0	Escavação 1ª categoria	m³	50	5	250	450
1	Concreto estrutural	m³	56	5	280	420
2	Formas Planas	m²	385	5	1.925	2.805
3	Armadura - Aço CA50	kg	3.950	5	19.750	29.550

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total	TOTAL
0	Escavação 1ª categoria	m³	50	5	250	500
1	Concreto estrutural	m³	56	5	280	455
2	Formas Planas	m²	385	5	1.925	3025
3	Armadura - Aço CA50	kg	3.950	5	19.750	32.000

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total	TOTAL
0	Escavação 1ª categoria	m³	50	2	100	200
1	Concreto estrutural	m³	56	2	112	182
2	Formas Planas	m²	385	2	770	1.210
3	Armadura - Aço CA50	kg	3.950	2	7.900	12.800

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total	TOTAL
0	Escavação 1ª categoria	m³	50	3	150	300
1	Concreto estrutural	m³	56	3	168	273
2	Formas Planas	m²	385	3	1.155	1.815
3	Armadura - Aço CA50	kg	3.950	3	11.850	19.200



7.1.2.2 Montenegro

Estrutura para comporta - 1 célula

Item	Discriminação	Unid.	Quant.
0	Escavação 1ª categoria	m³	100
1	Concreto estrutural	m³	70
2	Formas Planas	m²	440
3	Armadura - Aço CA50	kg	4.900

Estrutura para bombeamento - 1 célula

Item	Discriminação	Unid.	Quant.
0	Escavação 1ª categoria	m³	100
1	Concreto estrutural	m³	102
2	Formas Planas	m²	770
3	Armadura - Aço CA50	kg	7.900

ETV 1 - Dique Cidade

Comporta

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total
0	Escavação 1ª categoria	m³	50	6	300
1	Concreto estrutural	m³	35	6	210
2	Formas Planas	m²	220	6	1.320
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450	6	14.700

ETV 2 - Dique Cidade

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total
0	Escavação 1ª categoria	m³	50	6	300
1	Concreto estrutural	m³	35	6	210
2	Formas Planas	m²	220	6	1.320
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450	6	14.700

Dique Corta-rio montante

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total
0	Escavação 1ª categoria	m³		2	7.300
1	Concreto estrutural	m³		2	1.050
2	Formas Planas	m²		2	1.950
3	Armadura - Aço CA50	kg		2	73.500

Dique Corta-rio jusante

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total
0	Escavação 1ª categoria	m³		2	7.300
1	Concreto estrutural	m³		2	1.050
2	Formas Planas	m²		2	1.950
3	Armadura - Aço CA50	kg		2	73.500

ETV	Comportas		Grupos moto-bomba	
	quant.	Dim. Unit.	quant.	Pot. Unit.
1 - Cidade	6	1.7	6	404
2 - Cidade	6	1.7	8	564
Corta-rio mont	2	2,9x2,5		
Corta-rio jus	2	2,9x2,5	4	379

Bombeamento

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total	TOTAL
0	Escavação 1ª categoria	m³	100	6	600	900
1	Concreto estrutural	m³	102	6	612	822
2	Formas Planas	m²	770	6	4.620	5.940
3	Armadura - Aço CA50	kg	7.900	6	47.400	62.100

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total	TOTAL
0	Escavação 1ª categoria	m³	100	8	800	1.100
1	Concreto estrutural	m³	102	8	816	1.026
2	Formas Planas	m²	770	8	6.160	7.480
3	Armadura - Aço CA50	kg	7.900	8	63.200	77.900

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total	TOTAL
0	Escavação 1ª categoria	m³		2	7.300	7.300
1	Concreto estrutural	m³		2	1.050	1.050
2	Formas Planas	m²		2	1.950	1.950
3	Armadura - Aço CA50	kg		2	73.500	73.500

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total	TOTAL
0	Escavação 1ª categoria	m³	100	4	400	7700
1	Concreto estrutural	m³	102	4	408	1.458
2	Formas Planas	m²	770	4	3.080	5.030
3	Armadura - Aço CA50	kg	7.900	4	31.600	105.100



7.1.2.3 Harmonia

Estrutura para comporta - 1 célula

Item	Discriminação	Unid.	Quant.
0	Escavação 1ª categoria	m ³	50
1	Concreto estrutural	m ³	35
2	Formas Planas	m ²	220
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450

Estrutura para bombeamento - 1 célula

Item	Discriminação	Unid.	Quant.
0	Escavação 1ª categoria	m ³	50
1	Concreto estrutural	m ³	56
2	Formas Planas	m ²	385
3	Armadura - Aço CA50	kg	3.950

ETV 1 Comporta

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total
0	Escavação 1ª categoria	m ³	50	1	50
1	Concreto estrutural	m ³	35	1	35
2	Formas Planas	m ²	220	1	220
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450	1	2.450

ETV 2

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total
0	Escavação 1ª categoria	m ³	50	1	50
1	Concreto estrutural	m ³	35	1	35
2	Formas Planas	m ²	220	1	220
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450	1	2.450

ETV 3

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total
0	Escavação 1ª categoria	m ³	50	1	50
1	Concreto estrutural	m ³	35	1	35
2	Formas Planas	m ²	220	1	220
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450	1	2.450

ETV	Comportas		Grupos moto-bomba	
	quant.	Dim. Unit.	quant.	Pot. Unit.
1	1	1,4	2	117
2	1	1,4	2	117
3	1	1	1	143

Bombeamento

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total	TOTAL
0	Escavação 1ª categoria	m ³	50	2	100	150
1	Concreto estrutural	m ³	56	2	112	147
2	Formas Planas	m ²	385	2	770	990
3	Armadura - Aço CA50	kg	3.950	2	7.900	10.350

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total	TOTAL
0	Escavação 1ª categoria	m ³	50	2	100	150
1	Concreto estrutural	m ³	56	2	112	147
2	Formas Planas	m ²	385	2	770	990
3	Armadura - Aço CA50	kg	3.950	2	7.900	10.350

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total	TOTAL
0	Escavação 1ª categoria	m ³	50	1	50	100
1	Concreto estrutural	m ³	56	1	56	91
2	Formas Planas	m ²	385	1	385	605
3	Armadura - Aço CA50	kg	3.950	1	3.950	6.400



7.1.2.4 Pareci Novo

Estrutura para comporta - 1 célula

Item	Discriminação	Unid.	Quant.
0	Escavação 1ª categoria	m³	50
1	Concreto estrutural	m³	35
2	Formas Planas	m²	220
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450

Estrutura para bombeamento - 1 célula

Item	Discriminação	Unid.	Quant.
0	Escavação 1ª categoria	m³	50
1	Concreto estrutural	m³	56
2	Formas Planas	m²	385
3	Armadura - Aço CA50	kg	3.950

ETV 1

Comporta

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total
0	Escavação 1ª categoria	m³	50	2	100
1	Concreto estrutural	m³	35	2	70
2	Formas Planas	m²	220	2	440
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450	2	4.900

ETV 2

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total
0	Escavação 1ª categoria	m³	50	1	50
1	Concreto estrutural	m³	35	1	35
2	Formas Planas	m²	220	1	220
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450	1	2.450

ETV - dique Matiel/Bananal/Várzea

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total
0	Escavação 1ª categoria	m3	50	6	300
1	Concreto estrutural	m3	35	6	210
2	Formas Planas	m2	220	6	1.320
3	Armadura - Aço CA50	kg	2.450	6	14.700

ETV	Comportas		Grupos moto-bomba	
	quant.	Dim. Unit.	quant.	Pot. Unit.
1	2	1.6	2	185
2	1	1.3	2	111

Bombeamento

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total	TOTAL
0	Escavação 1ª categoria	m³	50	2	100	200
1	Concreto estrutural	m³	56	2	112	182
2	Formas Planas	m²	385	2	770	1.210
3	Armadura - Aço CA50	kg	3.950	2	7.900	12.800

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total	TOTAL
0	Escavação 1ª categoria	m³	50	2	100	150
1	Concreto estrutural	m³	56	2	112	147
2	Formas Planas	m²	385	2	770	990
3	Armadura - Aço CA50	kg	3.950	2	7.900	10.350

Item	Discriminação	Unid.	Quant. Unit.	Quant.	Quant. Total	TOTAL
0	Escavação 1ª categoria	m3	50	6	300	600
1	Concreto estrutural	m3	56	6	336	546
2	Formas Planas	m2	385	6	2310	3.630
3	Armadura - Aço CA50	kg	3.950	6	23700	38.400



7.1.3 Corta-rio

7.1.3.1 Montenegro

Volume de escavação:

50% do volume total escavado em 1ª categoria
 35% do volume total escavado em 2ª categoria
 5% do volume total escavado em 3ª categoria
 5% do volume total escavado submerso
 5% do volume total em derrocamento submerso

H = profundidade da escavação

$$A = (2 \times H + 100) / 2 \times H$$

$$Vol. = A \times L$$

50% **235.813**
 35% **165.069**
 5% **23.581**
 5% **23.581**
 5% **23.581**

H (m)	A (m²)	L (m)	V (m³)
5,5	305,25	300	91.575
6,5	367,25	800	293.800
7,5	431,25	200	86.250
			471.625

Transporte Local de boca-fora:

Distância (km)

Empolamento

Transporte (m³ x km)

2
1.4

1.320.550

Enrocamento:

H = profundidade da escavação

espessura = 0,50 m

$$T = (2 * ((1,5 \times H)^2 + (H)^2)^{0,5}) + 50$$

H (m)	T (m)	L (m)	V (m³)
5,5	69,8	300	10.475
6,5	73,4	800	29.374
7,5	77,0	200	7.704
			47.553

Transporte Comercial de enrocamento:

Distância (km)

Empolamento

Transporte (m³ x km)

10
1.4

665.744

7.1.3.2 Harmonia

Volume de escavação:

50% do volume total escavado em 1ª categoria
 30% do volume total escavado em 2ª categoria
 10% do volume total escavado em 3ª categoria
 5% do volume total escavado submerso
 5% do volume total em derrocamento submerso

H = profundidade da escavação

$$A = (2 \times H + 80) / 2 \times H$$

$$Vol. = A \times L$$

50% **103.125**
 30% **61.875**
 10% **20.625**
 5% **10.313**
 5% **10.313**

H (m)	A (m²)	L (m)	V (m³)
8	384	250	96.000
9	441	250	110.250
			206.250

Transporte Local de boca-fora:

Distância (km)

Empolamento

Transporte (m³ x km)

2
1.4

577.500

Enrocamento:

H = profundidade da escavação

espessura = 0,50 m

$$T = (2 * ((1,5 \times H)^2 + (H)^2)^{0,5}) + 40$$

H (m)	T (m)	L (m)	V (m³)
8	68,8	250	8.606
9	72,4	250	9.056
			17.662

Transporte Comercial de enrocamento:

Distância (km)

Empolamento

Transporte (m³ x km)

10
1.4

247.265



7.1.4 Rebaixamento da calha

São Sebastião do Caí

Volume de escavação:

50% do volume total escavado em 1ª categoria	50%	2.532.051
40% do volume total escavado em 2ª categoria	40%	2.025.641
10% do volume total escavado com derrocamento	10%	506.410

Profundidade da escavação na ST 22	5,5	m	
Profundidade da escavação na ST 11	0	m	ST22

$$A = (2 \times H + 100) / 2 \times H$$

$$Amd. = (A1 + A2) / 2$$

$$Vol. = Amd. \times Dist.$$

$$Dist. = \text{distância entre km}$$

Transporte para bota-fora:
 Considerado 2 km

Km	H (m)	A (m²)	Amd. (m²)	Dist. (m)	Vol. (m³)	Acum. (m³)
0	5,50	305,3	-	-	-	-
1,7	4,35	236,4	270,8	1.700	460.422	460.422
4,9	3,28	174,8	205,6	3.200	657.889	1.118.311
6,7	2,59	136,2	155,5	1.800	279.870	1.398.181
9,1	2,48	130,2	133,2	2.400	319.630	1.717.811
12,9	4,16	225,3	177,7	3.800	675.366	2.393.178
15,3	3,95	213,1	219,2	2.400	526.090	2.919.267
19,2	3,78	203,3	208,2	3.900	811.962	3.731.229
21	4,26	231,1	217,2	1.800	390.992	4.122.222
22,5	2,17	113,2	172,2	1.500	258.267	4.380.489
23,1	4,33	235,2	174,2	600	104.537	4.485.027
26,4	1,47	75,7	155,5	3.300	513.001	4.998.028
27,6	0,68	34,5	55,1	1.200	66.074	5.064.102



7.2 – PLANILHAS DE ORÇAMENTAÇÃO



7.2 Planilhas de Orçamento

7.2.1 Diques

7.2.1.1 São Sebastião do Cai

ORÇAMENTOS (data base: março/2014)

Margem Esquerda					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	84.420	5,03	424.632,60
2	Escavação de 2ª categoria	m³	36.180	7,01	253.621,80
3	Escavação de 3ª categoria	m³	0	26,65	0,00
4	Aterro Compactado	m³	543.210	5,49	2.982.222,90
5	Transporte Local de Aterro Compactado	m³x km	2.824.692	1,38	3.898.074,96
6	Enrocamento	m³	19.259	52,03	1.002.035,36
7	Transporte Local de Enrocamento	m³x km	269.616	1,38	372.070,08
8	Enleivamento	m²	38.516	6,15	236.875,86
9	Pavimentação com concreto asfáltico	t	12.144	217,70	2.643.748,80
10	Transporte de comercial de concr asfáltico	m³x km	316.800	1,12	354.816,00
TOTAL					12.168.098,36

Desapropriação: m² custo unitário (R\$/m) 2.829,79
 220.000 40,00 **8.800.000,00**

Margem Direita					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	80.766	5,03	406.252,98
2	Escavação de 2ª categoria	m³	34.614	7,00	242.298,00
3	Escavação de 3ª categoria	m³	0	26,65	0,00
4	Aterro Compactado	m³	499.755	5,49	2.743.654,95
5	Transporte Local de Aterro Compactado	m³x km	2.598.726	1,38	3.586.241,88
6	Enrocamento	m³	18.167	52,03	945.243,85
7	Transporte Local de Enrocamento	m³x km	254.342	1,38	350.991,95
8	Enleivamento	m²	36.335	6,15	223.457,61
9	Pavimentação com revestimento primário	t	5.160	14,85	76.626,00
10	Transporte local de revestimento primário	m³x km	25.800	1,38	35.604,00
TOTAL					8.610.371,21

Desapropriação: ha custo unitário (R\$/m) 2.002,41
 22 10.000,00 **220.000,00**

7.2.1.2 Montenegro

ORÇAMENTOS (data base: março/2014)

Dique Cidade					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	96.768	5,03	486.743,04
2	Escavação de 2ª categoria	m³	41.472	7,01	290.718,72
3	Escavação de 3ª categoria	m³	0	26,65	0,00
4	Aterro Compactado	m³	654.120	5,49	3.591.118,80
5	Transporte Local de Aterro Compactado	m³x km	3.401.424	1,38	4.693.965,12
6	Enrocamento	m³	22.768	52,03	1.184.639,81
7	Transporte Local de Enrocamento	m³x km	318.758	1,38	439.885,47
8	Enleivamento	m²	45.537	6,15	280.051,31
9	Pavimentação com concreto asfáltico	t	13.248	217,70	2.884.089,60
10	Transporte de comercial de concr asfáltico	m³x km	259.200	1,12	290.304,00
TOTAL					14.141.515,87

Desapropriação: m² custo unitário (R\$/m) 2.946,15
 240.000 40,00 **9.600.000,00**

Dique - Corta-rio					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	93.660	5,03	471.109,80
2	Escavação de 2ª categoria	m³	40.140	7,00	280.980,00
3	Escavação de 3ª categoria	m³	0	26,65	0,00
4	Aterro Compactado	m³	688.470	5,49	3.779.700,30
5	Transporte Local de Aterro Compactado	m³x km	1.790.022	1,38	2.470.230,36
6	Enrocamento	m³	27.512	52,03	1.431.439,77
7	Transporte Local de Enrocamento	m³x km	385.165	1,38	531.528,28
8	Enleivamento	m²	55.024	6,15	338.395,33
9	Pavimentação com revestimento primário	t	7.056	14,85	104.781,60
10	Transporte local de revestimento primário	m³x km	35.280	1,38	48.686,40
TOTAL					9.456.851,84

Desapropriação: ha custo unitário (R\$/m) 1.929,97
 25 10.000,00 **245.000,00**



7.2.1.3 Harmonia

ORÇAMENTOS (data base: março/2014)

N1					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	4.309	5,03	21.675,28
2	Escavação de 2ª categoria	m³	1.847	7,00	12.927,60
3	Escavação de 3ª categoria	m³	0	26,65	0,00
4	Aterro Compactado	m³	24.515	5,49	134.589,55
5	Transporte Local de Aterro Compactado	m³x km	127.480	1,38	175.922,51
6	Enrocamento	m³	1.243	52,03	64.661,59
7	Transporte Local de Enrocamento	m³x km	17.399	1,38	24.010,42
8	Enlevamento	m²	2.486	6,15	15.286,13
9	Pavimentação com revestimento primário	t	360	14,85	5.346,00
10	Transporte local de revestimento primário	m³x km	1.800	1,38	2.484,00
TOTAL					456.903,07

Desapropriação: ha 1,5 custo unitário (R\$/m) 1.523,01
 20.000,00 30.000,00

N2					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	8.467	5,03	42.590,02
2	Escavação de 2ª categoria	m³	3.629	7,00	25.401,60
3	Escavação de 3ª categoria	m³	0	26,65	0,00
4	Aterro Compactado	m³	35.294	5,49	193.766,26
5	Transporte Local de Aterro Compactado	m³x km	183.531	1,38	253.272,61
6	Enrocamento	m³	2.049	52,03	106.617,58
7	Transporte Local de Enrocamento	m³x km	28.688	1,38	39.589,69
8	Enlevamento	m²	4.098	6,15	25.204,62
9	Pavimentação com revestimento primário	t	1.080	14,85	16.038,00
10	Transporte local de revestimento primário	m³x km	5.400	1,38	7.452,00
TOTAL					709.932,38

Desapropriação: ha 4,5 custo unitário (R\$/m) 788,81
 20.000,00 90.000,00

N3					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	18.245	5,03	91.771,34
2	Escavação de 2ª categoria	m³	7.819	7,00	54.734,40
3	Escavação de 3ª categoria	m³	0	26,65	0,00
4	Aterro Compactado	m³	121.354	5,49	666.231,26
5	Transporte Local de Aterro Compactado	m³x km	631.039	1,38	870.833,43
6	Enrocamento	m³	5.540	52,03	288.262,35
7	Transporte Local de Enrocamento	m³x km	77.564	1,38	107.038,80
8	Enlevamento	m²	11.081	6,15	68.145,82
9	Pavimentação com revestimento primário	t	1.260	14,85	18.711,00
10	Transporte local de revestimento primário	m³x km	6.300	1,38	8.694,00
TOTAL					2.174.422,41

Desapropriação: ha 5,25 custo unitário (R\$/m) 2.070,88
 20.000,00 105.000,00

7.2.1.4 Pareci Novo

ORÇAMENTOS (data base: março/2014)

N1					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	34.910	5,03	175.599,31
2	Escavação de 2ª categoria	m³	14.962	7,00	104.731,20
3	Escavação de 3ª categoria	m³	0	26,65	0,00
4	Aterro Compactado	m³	242.539	5,49	1.331.540,21
5	Transporte Local de Aterro Compactado	m³x km	1.261.204	1,38	1.740.461,30
6	Enrocamento	m³	10.739	52,03	558.755,11
7	Transporte Local de Enrocamento	m³x km	150.347	1,38	207.479,31
8	Enlevamento	m²	21.478	6,15	132.090,87
9	Pavimentação com revestimento primário	t	2.280	14,85	33.858,00
10	Transporte local de revestimento primário	m³x km	11.400	1,38	15.732,00
TOTAL					4.300.247,31

Desapropriação: ha 9,5 custo unitário (R\$/m) 14.334,16
 20.000,00 190.000,00



Dique Matiel/Bananal/Várzea

Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	15.868	5,03	79.814,03
2	Escavação de 2ª categoria	m³	6.800	7,00	47.602,80
3	Escavação de 3ª categoria	m³	0	26,65	0,00
4	Aterro Compactado	m³	69.483	5,49	381.461,67
5	Transporte Local de Aterro Compactado	m³ x km	361.312	1,38	498.610,01
6	Enrocamento	m³	2.967	52,03	154.373,17
7	Transporte Local de Enrocamento	m³ x km	41.538	1,38	57.322,50
8	Enleivamento	m²	5.934	6,15	36.494,14
9	Pavimentação com revestimento primário	t	996	14,85	14.790,60
10	Transporte local de revestimento primário	m³ x km	4.980	1,38	6.872,40
TOTAL					1.277.341,31

custo unitário (R\$/m) 1.538,97

Desapropriação: ha 3 **10.000,00** **25.000,00**

7.2.2 Estruturas de Transposição de Vazão

7.2.2.1 São Sebastião do Cai

ORÇAMENTOS (data base: março/2014)

ETV-1 Margem Esquerda					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	200	5,03	1.006,00
2	Concreto estrutural 25 Mpa	m³	182	484,67	88.209,94
3	Formas planas	m²	1.210	60,94	73.737,40
4	Armadura Aço CA-50	kg	12.800	7,80	99.840,00
5	Diversos	vb.	20%	-	52.558,67
6	Comportas planas metálicas (1,4x1,4)	Unid.	2	19.200,00	38.400,00
7	Grupo moto-bomba (173 kW)	Unid.	2	137.200,00	274.400,00
8	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	62.560,00
TOTAL					690.712,01
ETV-2 Margem Esquerda					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	250	5,03	1.257,50
2	Concreto estrutural 25 Mpa	m³	238	484,67	115.351,46
3	Formas planas	m²	1.595	60,94	97.199,30
4	Armadura Aço CA-50	kg	16.750	7,80	130.650,00
5	Diversos	vb.	20%	-	68.891,65
6	Comportas planas metálicas (1,5x1,5)	Unid.	2	22.400,00	44.800,00
7	Grupo moto-bomba (167 kW)	Unid.	3	132.300,00	396.900,00
8	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	88.340,00
TOTAL					943.389,91
ETV-3 Margem Esquerda					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	300	5,03	1.509,00



2	Concreto estrutural 25 Mpa	m ³	273	484,67	132.314,91
3	Formas planas	m ²	1.815	60,94	110.606,10
4	Armadura Aço CA-50	kg	19.200	7,80	149.760,00
5	Diversos	vb.	20%	-	78.838,00
6	Comportas planas metálicas (1,5x1,5)	Unid.	3	22.400,00	67.200,00
7	Grupo moto-bomba (204 kW)	Unid.	3	161.700,00	485.100,00
8	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	110.460,00
TOTAL					1.135.788,01

ETV-4 Margem Esquerda

Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m ³	200	5,03	1.006,00
2	Concreto estrutural 25 Mpa	m ³	182	484,67	88.209,94
3	Formas planas	m ²	1.210	60,94	73.737,40
4	Armadura Aço CA-50	kg	12.800	7,80	99.840,00
5	Diversos	vb.	20%	-	52.558,67
6	Comportas planas metálicas (1,4x1,4)	Unid.	2	19.200,00	38.400,00
7	Grupo moto-bomba (130 kW)	Unid.	2	102.900,00	205.800,00
8	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	48.840,00
TOTAL					608.392,01

ETV-5 Margem Esquerda

Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m ³	200	5,03	1.006,00
2	Concreto estrutural 25 Mpa	m ³	182	484,67	88.209,94
3	Formas planas	m ²	1.210	60,94	73.737,40
4	Armadura Aço CA-50	kg	12.800	7,80	99.840,00
5	Diversos	vb.	20%	-	52.558,67
6	Comportas planas metálicas (1,4x1,4)	Unid.	2	19.200,00	38.400,00
7	Grupo moto-bomba (108 kW)	Unid.	2	85.800,00	171.600,00
8	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	42.000,00
TOTAL					567.352,01

ETV-1 Margem Direita

Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m ³	450	5,03	2.263,50
2	Concreto estrutural 25 Mpa	m ³	420	484,67	203.561,40
3	Formas planas	m ²	2.805	60,94	170.936,70
4	Armadura Aço CA-50	kg	29.550	7,80	230.490,00
5	Diversos	vb.	20%	-	121.450,32
6	Comportas planas metálicas (1,7x1,7)	Unid.	4	27.800,00	111.200,00
7	Grupo moto-bomba (304 kW)	Unid.	5	241.400,00	1.207.000,00
8	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	263.640,00
TOTAL					2.310.541,92

ETV-2 Margem Direita

Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m ³	500	5,03	2.515,00
2	Concreto estrutural 25 Mpa	m ³	455	484,67	220.524,85
3	Formas planas	m ²	3.025	60,94	184.343,50
4	Armadura Aço CA-50	kg	32.000	7,80	249.600,00
5	Diversos	vb.	20%	-	131.396,67
6	Comportas planas metálicas (1,7x1,7)	Unid.	5	27.800,00	139.000,00
7	Grupo moto-bomba (334 kW)	Unid.	5	264.600,00	1.323.000,00
8	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	292.400,00
TOTAL					2.542.780,02

ETV-3 Margem Direita

Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m ³	200	5,03	1.006,00
2	Concreto estrutural 25 Mpa	m ³	182	484,67	88.209,94
3	Formas planas	m ²	1.210	60,94	73.737,40
4	Armadura Aço CA-50	kg	12.800	7,80	99.840,00
5	Diversos	vb.	20%	-	52.558,67
6	Comportas planas metálicas (1,5x1,5)	Unid.	2	22.400,00	44.800,00
7	Grupo moto-bomba (222 kW)	Unid.	2	176.400,00	352.800,00
8	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	79.520,00
TOTAL					792.472,01

ETV-4 Margem Direita

Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m ³	300	5,03	1.509,00



2	Concreto estrutural 25 Mpa	m ³	273	484,67	132.314,91
3	Formas planas	m ²	1.815	60,94	110.606,10
4	Armadura Aço CA-50	kg	19.200	7,80	149.760,00
5	Diversos	vb.	20%	-	78.838,00
6	Comportas planas metálicas (1,7x1,7)	Unid.	3	27.800,00	83.400,00
7	Grupo moto-bomba (260 kW)	Unid.	3	205.800,00	617.400,00
8	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	140.160,00
TOTAL					1.313.988,01
TOTAL ETVs MARGEM ESQUERDA			3.945.633,95		
TOTAL ETVs MARGEM DIREITA			6.959.781,96		
TOTAL ETVs			10.905.415,91		



7.2.2.2 Montenegro

ORÇAMENTOS (data base: março/2014)

ETV-1 Dique Cidade					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	900	5,03	4.527,00
2	Concreto estrutural 25 Mpa	m³	822	484,67	398.398,74
3	Formas planas	m²	5.940	60,94	361.983,60
4	Armadura Aço CA-50	kg	62.100	7,80	484.380,00
5	Diversos	vb.	20%	-	249.857,87
6	Comportas planas metálicas (1,7x1,7)	Unid.	6	27.800,00	166.800,00
7	Grupo moto-bomba (404 kW)	Unid.	6	320.200,00	1.921.200,00
8	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	417.600,00
TOTAL					4.004.747,21

ETV-2 Dique Cidade					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	1.100	5,03	5.533,00
2	Concreto estrutural 25 Mpa	m³	1.026	484,67	497.271,42
3	Formas planas	m²	7.480	60,94	455.831,20
4	Armadura Aço CA-50	kg	77.900	7,80	607.620,00
5	Diversos	vb.	20%	-	313.251,12
6	Comportas planas metálicas (1,7x1,7)	Unid.	8	27.800,00	222.400,00
7	Grupo moto-bomba (564 kW)	Unid.	8	446.800,00	3.574.400,00
8	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	759.360,00
TOTAL					6.435.666,74

Estrutura Corta-rio montante					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	7.300	5,03	36.719,00
2	Concreto estrutural 25 Mpa	m³	1.050	484,67	508.903,50
3	Formas planas	m²	1.950	60,94	118.833,00
4	Armadura Aço CA-50	kg	73.500	7,80	573.300,00
5	Diversos	vb.	20%	-	247.551,10
6	Comportas segmento metálicas (2,8x2,5)	Unid.	2	105.000,00	210.000,00
7	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	42.000,00
TOTAL					1.737.306,60

Estrutura Corta-rio jusante					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	7.700	5,03	38.731,00
2	Concreto estrutural 25 Mpa	m³	1.458	484,67	706.648,86
3	Formas planas	m²	5.030	60,94	306.528,20
4	Armadura Aço CA-50	kg	105.100	7,80	819.780,00
5	Diversos	vb.	20%	-	374.337,61
6	Comportas segmento metálicas (2,8x2,5)	Unid.	2	105.000,00	210.000,00
7	Grupo moto-bomba (379 kW)	Unid.	4	290.000,00	1.160.000,00
8	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	274.000,00
TOTAL					3.890.025,67

Eclusa - Montenegro - Dique jusante

Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	3.750	5,03	18.862,50
2	Concreto estrutural 25 Mpa	m³	3.550	484,67	1.720.578,50
3	Formas planas	m²	2.940	60,94	179.163,60
4	Armadura Aço CA-50	kg	248.500	7,80	1.938.300,00
5	Diversos	vb.	20%	-	771.380,92
6	Conjunto eclusas metálicas 2 x 10 x 13 m	Unid.	1	2.600.000,00	2.600.000,00
8	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	520.000,00
TOTAL					7.748.285,52



Escavação: $3 \times 25 \times 50 = 3.750 \text{ m}^3$

Concreto: 3.550 m^3

Formas: 2.940 m^2

Armadura: $248,5 \text{ ton.}$

Comportas das eclusas:

2 folhas em aço, com dimensão de $10 \times 13 \text{ m}$

Chapa de aço, esp. $25,4 \text{ mm}$

Peso da chapa = 200 kg/m^2

Área de cada folha = 130 m^2

Área total para 4 folhas = 520 m^2

Peso total de aço = $520 \times 200 = 104.000 \text{ kg}$

Adicional para pçs fixas e acionamento 150%

Preço unitário do aço $\text{R\$ } 10,00$

Preço total $\text{R\$ } 2.600.000,00$



7.2.2.3 Harmonia

ORÇAMENTOS (data base: março/2014)

ETV-1					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	150	5,03	754,50
2	Concreto estrutural 25 Mpa	m³	147	484,67	71.246,49
3	Formas planas	m²	990	60,94	60.330,60
4	Armadura Aço CA-50	kg	10.350	7,80	80.730,00
5	Diversos	vb.	20%	-	42.612,32
6	Comportas planas metálicas (1,4x1,4)	Unid.	1	19.200,00	19.200,00
7	Grupo moto-bomba (117 kW)	Unid.	2	93.000,00	186.000,00
8	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	41.040,00
TOTAL					501.913,91

ETV-2					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	150	5,03	754,50
2	Concreto estrutural 25 Mpa	m³	147	484,67	71.246,49
3	Formas planas	m²	990	60,94	60.330,60
4	Armadura Aço CA-50	kg	10.350	7,80	80.730,00
5	Diversos	vb.	20%	-	42.612,32
6	Comportas planas metálicas (1,4x1,4)	Unid.	1	19.200,00	19.200,00
7	Grupo moto-bomba (117 kW)	Unid.	2	93.000,00	186.000,00
8	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	41.040,00
TOTAL					501.913,91

ETV-3					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	100	5,03	503,00
2	Concreto estrutural 25 Mpa	m³	91	484,67	44.104,97
3	Formas planas	m²	605	60,94	36.868,70
4	Armadura Aço CA-50	kg	6.400	7,80	49.920,00
5	Diversos	vb.	20%	-	26.279,33
6	Comportas planas metálicas (1,0x1,0)	Unid.	1	12.480,00	12.480,00
7	Grupo moto-bomba (143 kW)	Unid.	1	113.700,00	113.700,00
8	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	25.236,00
TOTAL					309.092,00

7.2.2.4 Pareci Novo

ORÇAMENTOS (data base: março/2014)

ETV-1					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	200	5,03	1.006,00
2	Concreto estrutural 25 Mpa	m³	182	484,67	88.209,94
3	Formas planas	m²	1.210	60,94	73.737,40
4	Armadura Aço CA-50	kg	12.800	7,80	99.840,00
5	Diversos	vb.	20%	-	52.558,67
6	Comportas planas metálicas (1,6x1,6)	Unid.	2	25.100,00	50.200,00
7	Grupo moto-bomba (185 kW)	Unid.	2	147.000,00	294.000,00
8	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	68.840,00
TOTAL					728.392,01

ETV-2					
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	150	5,03	754,50
2	Concreto estrutural 25 Mpa	m³	147	484,67	71.246,49
3	Formas planas	m²	990	60,94	60.330,60
4	Armadura Aço CA-50	kg	10.350	7,80	80.730,00
5	Diversos	vb.	20%	-	42.612,32
6	Comportas planas metálicas (1,3x1,3)	Unid.	1	17.300,00	17.300,00
7	Grupo moto-bomba (111 kW)	Unid.	2	88.200,00	176.400,00
8	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	38.740,00
TOTAL					488.113,91



ETV – DIQUE MATIEL/BANANAL/VÁRZEA

Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m ³	600	5,03	3.018,00
2	Concreto estrutural 25 Mpa	m ³	546	484,67	264.629,82
3	Formas planas	m ²	3.680	60,94	224.259,20
4	Armadura Aço CA-50	kg	38.400	7,80	299.520,00
5	Diversos	vb.	20%	-	158.285,40
6	Comportas planas metálicas (1,85x1,85)	Unid.	6	30.580,00	183.480,00
7	Grupo moto-bomba (530 kW)	Unid.	6	418.084,00	2.508.504,00
8	Diversos (equipamentos e peças)	vb.	20%	-	538.396,80
TOTAL					4.180.093,22





7.2.3 Corta-rio

7.2.3.1 Montenegro

ORÇAMENTOS (data base: março/2014)

Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	235.813	5,03	1.186.136,88
2	Escavação de 2ª categoria	m³	165.069	7,01	1.157.131,94
3	Escavação de 3ª categoria	m³	23.581	26,65	628.440,31
4	Escavação submersa	m³	23.581	40,87	963.765,69
5	Derrocamento submerso	m³	23.581	204,35	4.818.828,44
6	Enrocamento	m³	47.553	52,03	2.474.191,78
7	Transporte comercial de enrocamento	m³x km	665.744	1,12	745.633,81
8	Transporte Local para Bota-Fora	m³x km	1.320.550	1,38	1.822.359,00
TOTAL					13.796.487,84

Desapropriação: m² 13 *custo unitário (R\$/m)* 10.000,00 10.612,68 **130.000,00**

7.2.3.2 Harmonia

ORÇAMENTOS (data base: março/2014)

Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação de 1ª categoria	m³	103.125	5,03	518.718,75
2	Escavação de 2ª categoria	m³	61.875	7,01	433.743,75
3	Escavação de 3ª categoria	m³	20.625	26,65	549.656,25
4	Escavação submersa	m³	10.313	40,87	421.471,88
5	Derrocamento submerso	m³	10.313	204,35	2.107.359,38
6	Enrocamento	m³	17.662	52,03	918.943,27
7	Transporte comercial de enrocamento	m³x km	247.265	1,12	276.936,97
8	Transporte Local para Bota-Fora	m³x km	577.500	1,38	796.950,00
TOTAL					6.023.780,24

Desapropriação: m² 5,0 *custo unitário (R\$/m)* 10.000,00 4.633,68 **50.000,00**

7.2.4 Rebaixamento da Calha

São Sebastião do Caí

ORÇAMENTOS (data base: março/2014)

Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Preços (R\$)	
				Unit.	Total
1	Escavação submersa de 1ª categoria	m³	2.532.051	40,87	103.484.919,36
2	Escavação submersa de 2ª categoria	m³	2.025.641	40,87	82.787.935,49
3	Derrocamento submerso	m³	506.410	204,35	103.484.919,36
5	Transporte Local para Bota-Fora	m³x km	10.128.204	1,38	13.976.920,84
TOTAL					303.734.695,06

7.2.5 Adequação do Sistema de Drenagem Urbana

Cidade	Dique	Km	R\$/km	R\$
Montenegro	Cidade	9	400.000,00	3.600.000,00
	Corta-rio	1		400.000,00
SS Caí	Cidade	7,5		3.000.000,00
	RS-124	0		0,00
Harmonia	-	1,8		720.000,00
Pareci Novo	-	1,5		600.000,00
TOTAL				

7.2.6 Adequação do Sistema Viário

Cidade	Dique	Km	R\$/km	R\$
Montenegro	Cidade	4,2	635.000,00	2.667.000,00
	Corta-rio	1		635.000,00
SS Caí	Cidade	2		1.270.000,00
	RS-124	2,5		1.587.500,00
Harmonia	-	0,8		508.000,00
Pareci Novo	-	0,5		317.500,00
TOTAL				



7.3 - PLANEJAMENTO HIDROLÓGICO E ESTUDO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL DA BACIA DO RIO CAÍ

7.3 PLANEJAMENTO HIDROLÓGICO E ESTUDO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL DA BACIA DO RIO CAÍ

Autoria: Agrar und Hydrotechnik GmbH

Data: 1970/71

7.3.1 Conteúdo

Trata-se de um estudo antigo, mas bastante conhecido, visto constituir-se em um dos primeiros esforços para a análise regional no âmbito das bacias hidrográficas. Foram realizados dois estudos em paralelo: um para a bacia do rio Caí e outro para a bacia do rio Sinos. Com efeito, nas diversas ocasiões e contatos com as instituições locais da bacia do rio Caí, foram feitas citações a esse estudo, mostrando, ainda hoje, a sua importância.

Os estudos foram desenvolvidos no âmbito de uma cooperação técnica entre os governos do Brasil e Alemanha, tendo como foco as bacias dos rios Caí e Sinos. Embora se trate de um estudo amplo, com vistas ao desenvolvimento regional nas duas bacias, houve uma atenção especial para a questão das cheias, seus efeitos e sobre as possibilidades de implantação de estruturas de proteção.

Dentro do amplo arcabouço de informações técnicas geradas no âmbito destes estudos, possui interesse especial para o presente trabalho os aspectos relacionados especificamente à hidrologia das cheias na bacia do rio Caí (notadamente em seu trecho baixo – objeto do presente contrato de consultoria), bem como, e principalmente, quanto à proposição de ações estruturais para a proteção contra cheias nesta bacia.

O conteúdo técnico de interesse está apresentado nos volumes:

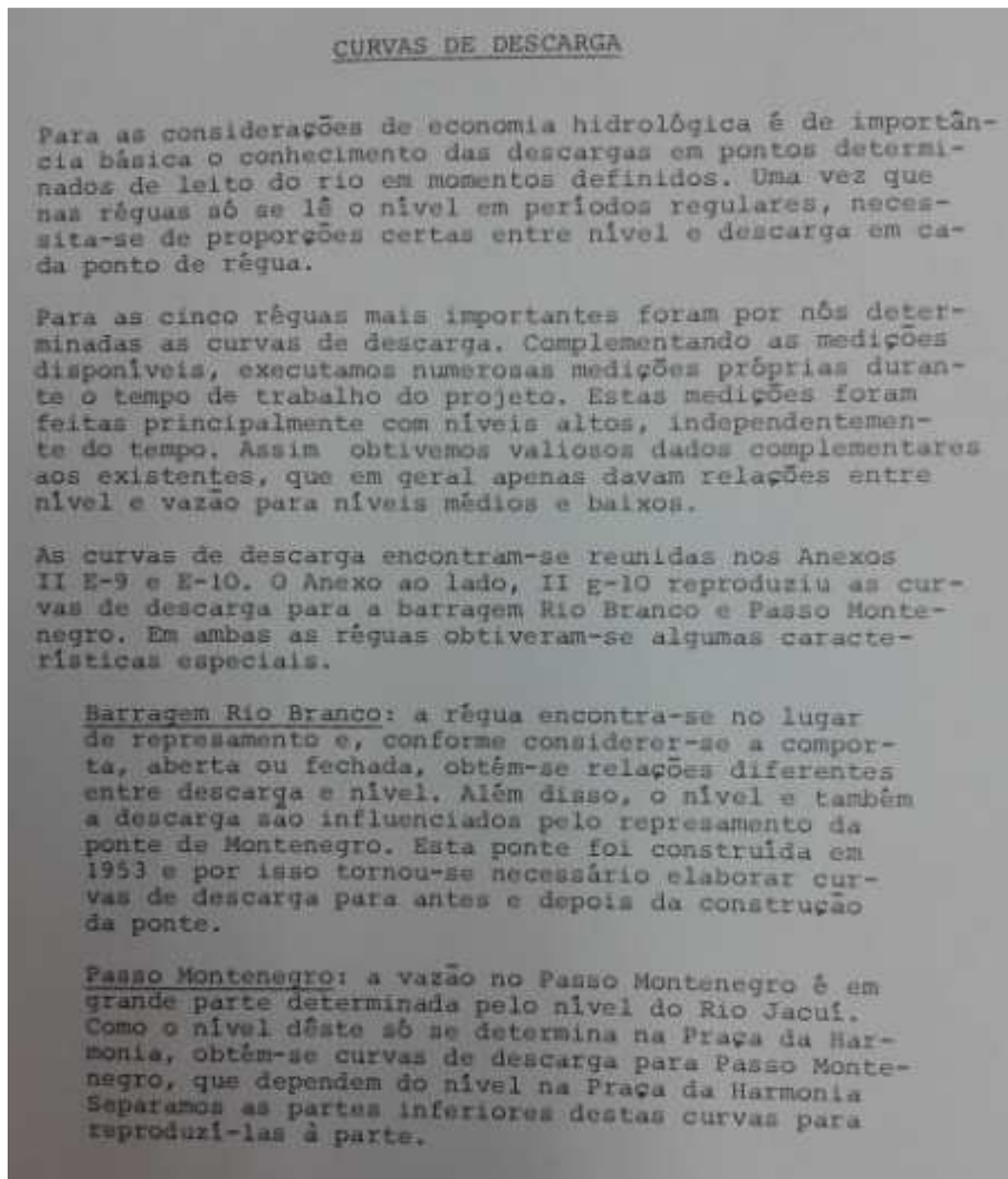
- I (Resumo);
- IV (Estudos Técnicos); e
- V (Anexos).

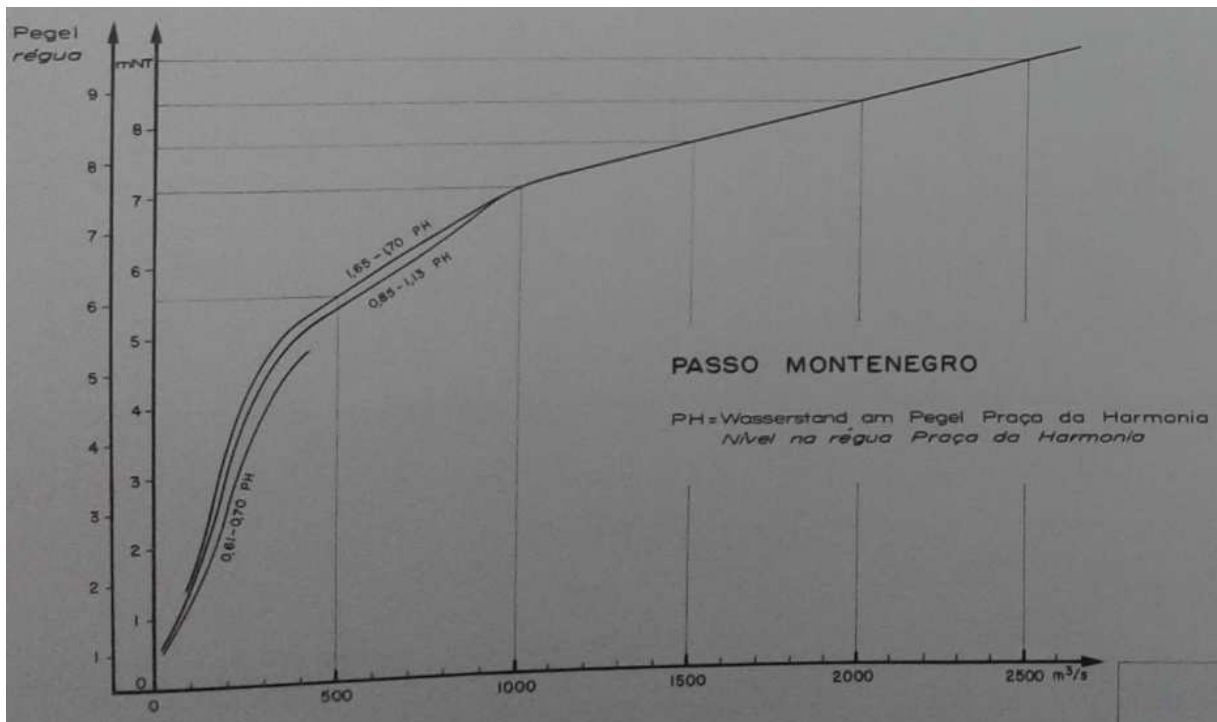


Os volumes foram obtidos junto à Prefeitura de São Sebastião do Caí e à biblioteca do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS) e seus conteúdos técnicos de interesse foram analisados quanto à adequação e aproveitamento no âmbito do presente trabalho.

Como resultado, foram identificadas algumas informações de interesse relativas à hidrologia na bacia, com ênfase para os eventos fluviométricos críticos (cheias). Diversos dados, análises e resultados são apresentados, com destaque para os níveis das cheias (o tratamento principal foi dado por evento crítico), suas vazões e áreas de impacto. Entre as estações fluviométricas adotadas encontram-se as que atualmente operam, com destaque para Nova Palmira, Barca do Caí e Montenegro.

Já naquela época, sabia-se da influência do nível de água do delta do rio Jacuí (e, por decorrência do nível de água no próprio Lago Guaíba), no comportamento linimétrico e fluviométrico da estação de Montenegro, conforme apresentado nas figuras a seguir:





Para as séries hidrológicas disponíveis à época do estudo, foram analisadas as recorrências das inundações em diversos trechos do rio Caí (vale lembrar que o presente estudo foca o trecho baixo, correspondente às zonas II, III e IV do estudo de 1971). Como conclusão, o estudo estabelece que já para o trecho de São Sebastião do Caí a recorrência de eventos de cheia é praticamente anual e mantem-se assim até a foz do rio Caí. Evidencia que em Montenegro (e deste ponto até a foz) as cheias decorrem do nível de água do rio Jacuí, podendo ocorrer várias vezes por ano, e inclusive não associadas a vazões elevadas no rio Caí, mas a níveis elevados no Jacuí, conforme observa-se na figura abaixo:

DESCARGA DO RIO CAÍ

A descarga do Rio Caí depende da forma da seção transversal e do declive do nível. Pelo mapa anexo (Anexo II, E-7), pode ver-se que na região I já ocorrem, em alguns lugares, transbordamentos com descargas de 200 m³/s. A água, no entanto, só cobre estreitas faixas, não causando inundações importantes. Somente com descargas de mais de 1 250 m³/s (período de retorno n = 10) verificam-se inundações maiores. Conforme relata o Vol IV, Cap. 6, vale a pena, apesar disto, intensificar a agricultura nesta região sem proteção contra as cheias.

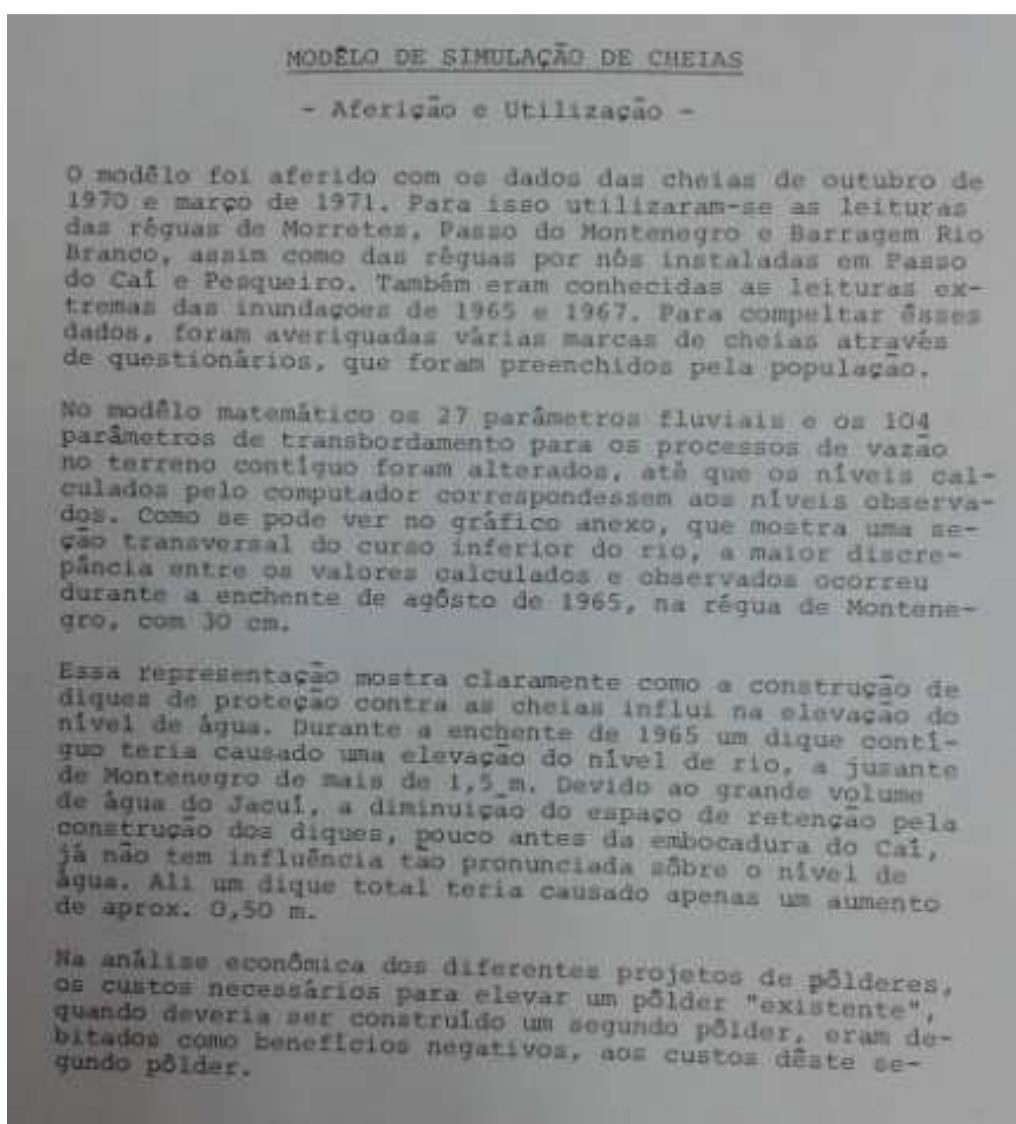
Para as regiões II₁ e II₂, pode ver-se que com descargas de 600 m³/s já ocorrem transbordamentos importantes. Isto corresponde a um período de retorno de n = 1,6 (as inundações são, portanto, quase anuais). Como se prova no volume IV, não seria econômica a proteção contra cheias nas regiões II₁ e II₂ se esta tivesse que ser financiada exclusivamente pela agricultura.

A jusante de Montenegro, a descarga máxima sem transbordamento depende muito do nível do Rio Jacuí (veja também curva de descarga da régua de Montenegro, Anexo II, E-10). Aqui as inundações também podem ser causadas pelo Jacuí. Uma vez que na região III pode haver várias cheias por ano e as áreas inundadas são grandes, a proteção contra as cheias desta região foi calculada com ajuda de um modelo de simulação.

No entanto, devido ao fato deste estudo ter sido desenvolvido há bastante tempo (concluído em 1971), os dados hidrológicos apresentados e seus tratamentos e resultados técnicos encontram-se comprometidos pelas limitadas extensões das séries hidrológicas (se comparadas com a situação atual). Na melhor condição, a série histórica limita-se a 30 anos.

Nessa condição, apenas alguns eventos críticos foram abrangidos pelas séries históricas, o que compromete, por exemplo, os tratamentos estatísticos quanto à determinação dos tempos de recorrência dos eventos de máximas vazões e níveis de água.

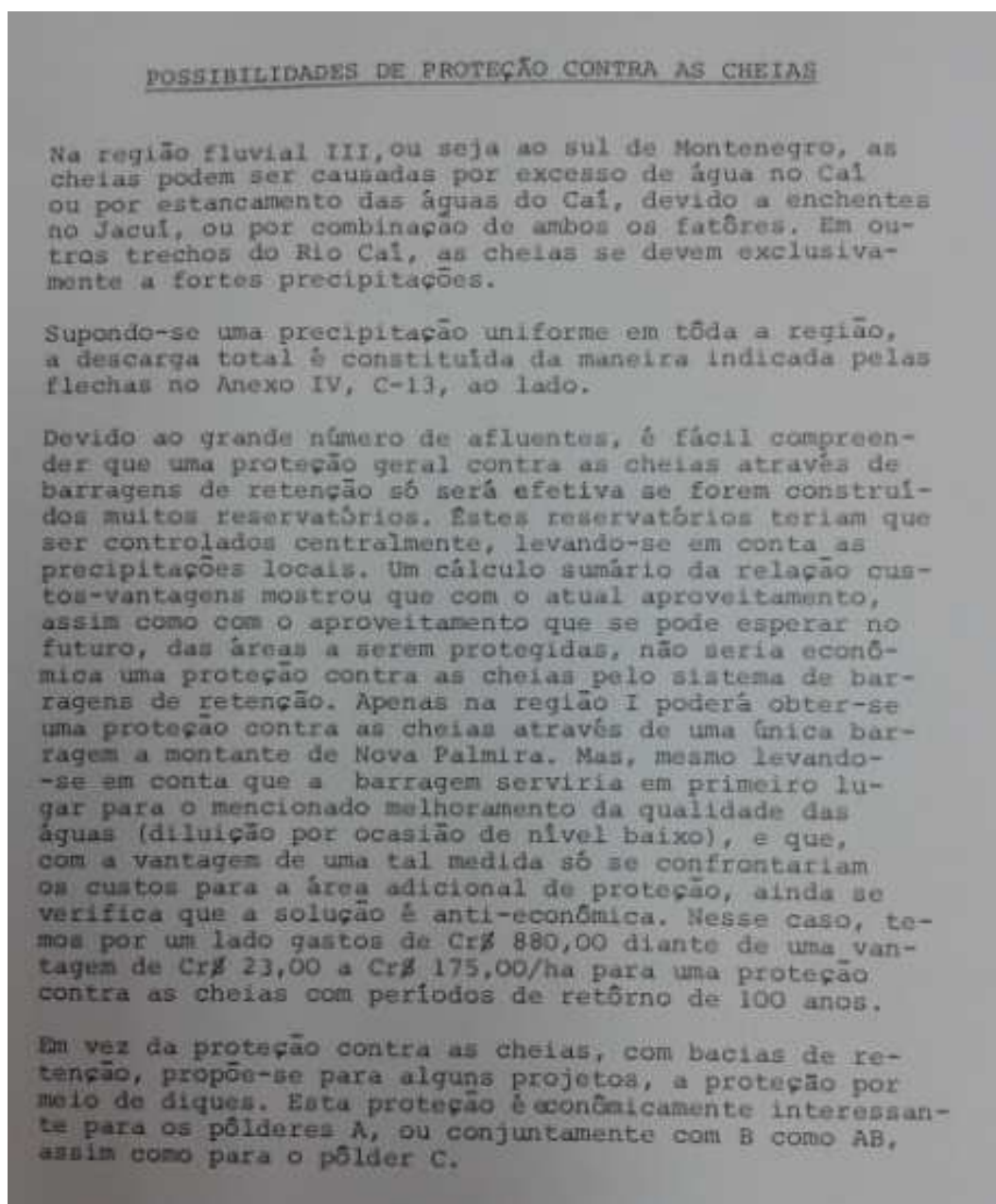
Inobstante essa limitação, foi aplicado um modelo matemático-hidrológico (com todas as restrições tecnológicas da época), que apresentou um ajuste satisfatório às situações de calibração e que concluiu que a adoção de diques (no caso em questão havia proposição de diversos diques para proteção de áreas rurais agricultáveis – o que não é o caso do presente estudo) causaria impacto significativo quanto à elevação dos níveis de água durante as cheias, conforme pode ser observado na figura a seguir:



Por outro lado, as proposições de ações estruturais com vistas à proteção contra as cheias são consistentes, independentemente da restrição dos parâmetros hidrológicos adotados (séries limitadas). Isso decorre do fato de que, para alterações limitadas nos níveis de água nas cheias (para situação de projeto), não há comprometimento significativo das soluções indicadas. Ou seja, as proposições indicadas podem ser aproveitadas no âmbito do presente estudo, fazendo-se as devidas correções e ajustes para as condições hidrológicas

atuais (vazões e níveis de água para os eventos críticos – cheias – determinados pelos cenários de simulações definidos nos estudos hidrológicos; relatório R5).

Na figura a seguir (extraída do Volume I), são apresentados comentários indicando a inviabilidade da construção de reservatórios a montante para a contenção das cheias e indicada a viabilidade da utilização de diques (polderes) nas zonas mais baixas, de São Sebastião do Caí para jusante.



O aproveitamento dessas soluções propostas para proteção contra as cheias concentra-se nas suas concepções, visto que as dimensões (principalmente níveis de água e cotas das estruturas) deverão ser ajustadas a luz das novas informações hidrológicas (séries históricas mais extensas e adoção de cenários críticos de projeto específicos, não condizentes com os adotados no referido estudo).

O mapa da figura a seguir apresenta as “providências de proteção contra cheias estudadas”.



No texto de recomendações (a seguir), por exemplo, para São Sebastião do Caí o estudo concluiu ser inviável a construção de um dique e propõe apenas um sistema de alerta de cheias. Já para Montenegro, o estudo indica a adoção de diques de proteção associados com um corta-rio para aumentar a descarga, embora haja nesse trecho forte remanso. Os diques (ou polderes) indicados devem atuar em conjunto com estações de esgotamento das águas internas. Como a recorrência de proteção dessas obras foi adotada como 20 anos (melhor viabilidade financeira conforme o estudo), para recorrência superiores haverá transbordamento e conseqüente inundação das áreas protegidas, demandando a existência de extravasores e capacidade de bombeamento para o esgotamento em 24 horas.

RECOMENDAÇÕES

Para o desenvolvimento da Encosta da Serra e da região contígua de colinas e morros, consideramos de capital importância a ajuda à população rural ali estabelecida. Por isso propomos a instalação de um centro escolar e de assessoramento, onde os agricultores podem ser instruídos no emprego de novos métodos agrícolas e de criação. Esse centro também se encarregaria do assessoramento dos agricultores nas propriedades.

Além disso propomos a execução de um projeto de irrigação para o cultivo de hortaliças na região III. Este projeto deveria estar em permanente harmonioso contato com o centro de assessoramento. Nosso cálculo econômico mostrou que é interessante a produção de Verdura.

- Outro aspecto de importância capital para o desenvolvimento econômico na bacia hidrográfica do Cai, é a proteção da qualidade das águas do rio. Recomendamos, portanto, um controle permanente da qualidade das águas e a instituição de uma legislação reguladora da poluição com as correspondentes sanções.

Para fomentar a região do alto Cai recomendamos estudos que, entre outros aspectos, levem em conta a instalação de um parque natural e levantamentos para a construção de uma estrada de Caxias do Sul a São Francisco de Paula e com conexão a BR-190/Br-101.

Quanto a projetos de importância local, deveriam ser propostos, em primeiro lugar, projetos de abastecimento de água potável. Particularmente urgente seria um estudo para o abastecimento de água potável para Nova Petrópolis.

Também consideramos necessário examinar o abastecimento de água potável para Dois Irmãos, Ivoti, Estância Velha e Porto. Ali talvez seja interessante um sistema coletivo de abastecimento de água.

De especial urgência é a proteção contra as cheias em Montenegro. Para isso foram examinadas várias possibilidades. Baseados em nosso cálculo econômico, que deu uma relação benefício/custo de 0,7, recomendamos a elaboração de um estudo de "feasibility" para a proteção contra as cheias em Montenegro.

Quanto a São Sebastião do Cai - como proteção contra enchentes - recomendamos apenas um serviço de alerta, juntamente com regulamentos referentes a zoneamento para construção.

De todos os projetos de proteção contra as cheias na agricultura examinados, apenas 3 polderes no curso inferior do Cai mostraram ser econômicos (taxa de rentabilidade interna 5,34). Para esses polderes também vale a pena fazer um estudo de "feasibility".

Exemplo de estação de bombeamento associada aos polderes é apresentada na figura a seguir. Essa estrutura é denominada de estação fluvial, por estar localizada junto ao rio Cai.

Observando os mapas com as proposições de soluções de proteção contra cheias, identificam-se as seguintes ações estruturais, localizadas para cada cidade do trecho baixo:

Para São Sebastião do Caí – adoção de dique de proteção (embora no texto das recomendações esteja indicado apenas a adoção de sistema de alerta de cheias).

Para Montenegro – duas alternativas, ambas com diques de proteção e corta-rio, mas com áreas de abrangência distintas.

7.3.2 Análise Crítica Quanto ao Aproveitamento das Informações

Do exposto anteriormente, conclui-se que o estudo ora analisado possui importantes contribuições, que se concentram nas soluções propostas, mas apenas nas suas naturezas conceituais, visto que em termos dimensionais, novos cenários hidrológicos críticos serão configurados, alterando as condições originais de dimensionamento.

Também é importante destacar, que algumas soluções então propostas, não consideravam importantes aspectos ambientais (hoje legalmente estabelecidos), quanto à intervenção em leitos fluviais, com a alteração do seu regime de vazões naturais.

Igualmente, de 1970 para os dias atuais, houve significativa expansão das áreas urbanas, o que torna as soluções então propostas, passíveis de evidente revisão, podendo, inclusive, ocorrer a inviabilização de algumas dessas soluções.

Quanto às informações hidrológicas, face à significativa defasagem histórica, comprometendo às séries hidrológicas, não serão aproveitadas, mas apenas analisadas como subsídio específico atrelado a algum evento também específico, tanto de vazões quanto de níveis de água, inclusive os mapas de inundações por eventos.

Em resumo, do estudo em questão, serão consideradas as soluções, em termos conceituais, propostas para Montenegro (polderes, corta-rio e estações de bombeamento e “passagem”) e São Sebastião do Caí (polderes e estações de bombeamento ou apenas sistema de alerta), as quais serão objeto de análise pela modelagem hidrodinâmica.



7.4 - PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAÍ



7.4 PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAÍ

Autoria: PROFILL Engenharia e Ambiente Ltda. Contratada pelo DRH/SEMA.

Data: 2008

7.4.1 Conteúdo

O estudo em questão trata-se de um plano de bacia bastante abrangente (incluindo diagnóstico, prognóstico, enquadramento de cursos de água e proposição de ações). No âmbito dessa última atividade de proposição de ações, foi elaborado um estudo específico quanto às cheias e seus impactos, principalmente na porção baixa da bacia do rio Caí. Para tanto, além de uma revisão do estudo da Agrar und Hydrotechnik GmbH (1971), bem como de estudo complementar do DNOS (que adotou o estudos da Agrar como base), a Consultora realizou modelagem hidrodinâmica para o trecho do rio Caí compreendido entre Montenegro e a foz do rio Caí. Essa modelagem teve por objetivo específico avaliar a solução de corta-rio indicada pelo estudo da Agrar, combinando-a com a adoção de diques de proteção.

Os resultados são apresentados a seguir, mediante transcrição das partes mais significativas do referido estudo:

Para a modelagem e simulação de situações, foi utilizado o modelo HEC-RAS (U.S. Corps of Engineers, 2006), um modelo hidrodinâmico unidimensional com uma interface gráfica para visualização de resultados, desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA.

Como dado de entrada, foi utilizada geometria do leito do rio Caí representada através das medições de seção transversal, da foz até o Passo Montenegro, num total de 26 seções, obtidas de um estudo do antigo DEPRC e interpoladas de forma que houvesse uma seção a cada 200m.

Como condição de contorno de montante, foi utilizada a série de cotas observadas no posto fluviométrico de Passo Montenegro. As cotas foram referenciadas a um nível absoluto pelo nível do zero da régua, situado a -0,39m, conforme o estudo da Agrar.

Para condição de contorno de jusante foi utilizada a série de cotas diárias no posto Praça da Harmonia, situada no rio Guaíba. Estas cotas foram obtidas junto ao banco de dados *Hidroweb* da ANA e em parte junto ao SPH. Considerou-se, por simplificação, que a cota no Guaíba corresponde aproximadamente à cota do Rio Jacuí na altura da foz do Caí. O zero da régua deste posto se encontra a -0,24 m de altitude, conforme informação da SPH.

Para calibração do modelo, foi tomada uma vazão de 580 m³/s, correspondente aproximadamente à cota 650 em Passo Montenegro.

As características do canal extravasor foram obtidas do estudo da Agrar e foram introduzidas no esquema de simulação:

- O canal tem 1.000 m de comprimento;
- Largura na superfície igual a 70 m;
- Inclinação dos taludes 1:2; e
- A cota de fundo é – 2 m e a cota de superfície é de 7 m.

O intervalo de tempo de simulação adotado foi de 12h. Para as cotas da condição de jusante, só foram obtidos dados médios diários, de forma que se atribuiu a cota média aos dois intervalos de cada dia.

“Segundo Agrar–und Hydrotechnik GMBH (1970), há extravasamento na seção de Passo Montenegro a partir da 7,25 m de altitude, correspondente à cota 764 na régua. Foi feita uma análise estatística da série para determinar qual o tempo de recorrência desta cota, e conseqüentemente conhecer a frequência de extravasamento do rio neste ponto, resultando

um tempo de 3,57 anos para a cota 764. Embora a seção de Passo Montenegro situe-se quase 4 km a montante da área urbana, pode se considerar que o extravasamento é praticamente simultâneo nas duas seções, de forma que se pode esperar uma cheia a cada 3,5 anos em Montenegro, em média.

O modelo foi então simulado entrando-se com esta cota como condição de contorno de montante no km 56,8. Como condição de contorno de jusante, foi imposto o nível de 0,99m no km 0, correspondente a uma cota média de cheia no Jacuí. A partir desta simulação, se pôde determinar qual a vazão de extravasamento do Caí em Montenegro, estimada em 777,3 m³/s.

O mesmo procedimento foi realizado para as cotas de 5, 10, 20 e 50 anos de tempo de recorrência em Passo Montenegro. Para cada cenário, se avaliou o nível da cheia no km 53, correspondente à seção do Caí junto a Montenegro. Os resultados são sintetizados no Quadro 7.1.

Quadro 7.1: Vazões e cotas características para diversos tempos de recorrência no km 56,8 (Passo Montenegro) e km 53 (Montenegro)

Cota na régua km 56,8 (cm)	Tempo de recorrência	Nível absoluto km 56,8 (m)	Vazão (m ³ /s)	Nível absoluto km 53 (m)
764	3,57 anos*	7,25	777,3	6,91
783	5 anos	7,44	812,2	7,10
813	10 anos	7,74	868,1	7,39
834	20 anos	7,95	907,8	7,60
856	50 anos	8,17	949,9	7,81

* Corresponde ao extravasamento da calha

Não há dados que informem a partir de que cota há prejuízos na zona urbana de Montenegro. Neste estudo, se considera que passa a haver prejuízos a partir do nível de 6,91m.

Para cada uma das vazões da Quadro 7.1, o modelo foi simulado, desta vez com o canal extravasador, e se verificou qual foi a redução da cota no km 53 (Quadro 7.2).

Quadro 7.2: Níveis em Montenegro sem e com canal extravasador e redução para vários tempos de recorrência

Tempo de recorrência	Vazão	Nível sem canal (m)	Nível com canal (m)	Redução (m)
3,57 anos	777,3	6,91	6,37	0,54
5 anos	812,2	7,10	6,55	0,55
10 anos	868,1	7,39	6,82	0,57
20 anos	907,8	7,60	7,01	0,59
50 anos	949,9	7,81	7,21	0,60

Como se vê, o canal extravasador efetivamente reduz o nível d'água para todas as faixas de vazão. A redução, no entanto, é insuficiente para cheias com mais de 15 anos com tempo de retorno, quando há extravasamento mesmo com canal.

Pode-se considerar, portanto, que o canal extravasador tem um benefício de reduzir a frequência de inundações menores. A frequência de extravasamento diminuiria de uma vez a cada 3,5 anos para uma vez a cada 15 anos, aproximadamente. Esta redução, embora significativa, não resolve o problema como um todo, pois para eventos de grande magnitude a cidade de Montenegro continuará inundando. Além disso, pode ter o efeito negativo de criar uma falsa sensação de segurança na população, levando-a a ocupar áreas inundáveis que não seriam utilizadas caso as cheias menores fossem mais frequentes.

...

Para ilustrar melhor o efeito do canal extravasor, se optou por simular algumas cheias conhecidas. A cheia de outubro de 2000 foi a maior cheia dos últimos 15 anos, com uma cota máxima de tempo de retorno estimado em 14,1 anos.

...

Como se vê, a cota máxima do evento seria reduzida em 57cm, de 7,52m para 6,95m. Ainda assim, ocorreriam prejuízos na zona urbana de Montenegro, uma vez que a cota de extravasamento teria sido superada em 4 cm.

...

Um ponto que não está devidamente esclarecido, e que se tornou confuso à medida em que o projeto original foi sendo discutido e modificado, é relacionado à forma de ligação do canal extravasor ao traçado original do rio. Este ponto é importante, pois determina se o canal passa a ser o novo leito do rio ou se permanece seco, sendo usado apenas em eventos de cheia. O projeto original, proposto por Agrar- und Hydrotechnik GMBH (1970), previa um dispositivo de entrada e saída, dotado de comportas, que regula a passagem de água para o meandro, incluindo uma regra de operação que previa a liberação da passagem de água pelo meandro em períodos de estiagem, para evitar a putrefação das águas. Daí se depreende que o projeto original efetivamente previa o corte do meandro do rio Caí e um novo traçado para o rio, com todas as consequências ambientais que essa medida possa vir a ter.

O projeto do DNOS de 1988 também prevê uma estrutura, denominada "Dispositivo para a Renovação de Água no Lago", com duas comportas de 1,20 x 1,20, para a renovação da água no lago (braço seco) em períodos de níveis baixos do Caí. Portanto, se pode perceber que a concepção original do projeto essencialmente previa não um canal seco, e sim um meandro seco no rio Caí. Provavelmente, com o passar do tempo houve a percepção de que isso era demasiadamente impactante, pois o documento que veio a seguir na cronologia de projetos faz menção a um "canal seco". Se o canal é seco, é necessária a existência de uma estrutura regulando a passagem de água do rio para o canal (comportas ou vertedor).

Independente da concepção fica claro que existe a necessidade de operação deste sistema, seja para regular a passagem de água para um meandro seco durante as estiagens, seja para escoar um excesso de vazão a um canal extravasor durante as cheias. Isto cria um problema adicional, que diz respeito à responsabilidade de operação e manutenção do sistema.

...

O presente estudo indica que o canal extravasor é uma solução apenas parcial para as enchentes no município de Montenegro. Embora diminua em algumas dezenas de centímetros o nível d'água para cheias características e reduza a frequência de extravasamento do Rio Caí, a cidade de Montenegro continuará inundando em enchentes maiores.

Já o projeto de proteção contra cheias, que inclui o canal extravasor e um sistema de diques ao longo de Montenegro, aparentemente é uma solução tecnicamente correta, que evitaria danos mesmo no caso de uma cheia da magnitude da ocorrida em maio de 1941. No entanto, os custos de implantação desta variante são bastante altos, podendo chegar a R\$ 45 milhões (não computadas despesas de desapropriação e licenciamento), valor que provavelmente seria mais bem gasto na remoção de população mais carente das áreas inundáveis e transformação destas em áreas de lazer ou de proteção ambiental.

Por fim, há a componente ambiental: o projeto do canal extravasor, seja qual for a concepção que for considerada, deve ter impactos significativos na morfologia fluvial, qualidade de água e nos ecossistemas do rio Caí.

Deve ser considerada a adoção de medidas não-estruturais para a mitigação dos impactos das enchentes do Rio Caí em Montenegro. O zoneamento de cheias é uma delas,

delineando áreas inadequadas para prédios residenciais. Neste sentido, deve ser reconhecido que o crescimento da cidade em direção à várzea do Rio Caí foi grandemente contido, e o leito maior permanece em grande parte desocupado.

...

A previsão antecipada de cheias também é uma alternativa não-estrutural que poderia ser implementada, porém não com os dados atualmente disponíveis. As estações fluviométricas de Nova Palmira e Passo Montenegro têm apenas duas leituras diárias, o que é insuficiente para representar a rápida variação das cheias do Rio Caí. O ideal para a implementação de um modelo estatístico de previsão seriam estações automáticas, com pelo menos uma observação a cada hora. Além disso, uma contribuição significativa da vazão de cheia provém do Rio Cadeia, que atualmente não é monitorado.”

O estudo e a respectiva simulação concluiu que o canal extravasor ou corta-rio é uma solução parcial, reduzindo a nível de água em Montenegro, na ordem de 50 a 60 cm e aumentando a recorrência de cheias de 3,5 para 15 anos. A adoção de dique de proteção, que poderia aumentar a recorrência das cheias na cidade para 100 anos.

Indica, também a necessidade de intervenções não estruturais, como zoneamento de áreas inundadas e sistema de alerta de cheias.

A solução estudada representa proteção apenas para a cidade de Montenegro.

7.4.2 Análise Crítica Quanto ao Aproveitamento das Informações

As informações hidrológicas utilizadas neste estudo são aquelas adotadas no presente trabalho e as intervenções então propostas são as recomendadas pelo estudo da Agrar.

Assim, este estudo serve como referencial para as condições de controle e de intervenções estruturais.



7.5 - ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS DO TRECHO BAIXO DO RIO CAÍ – 1ª CONSULTA PÚBLICA – RESULTADOS

7.5 ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS DO TRECHO BAIXO DO RIO CAÍ – 1ª CONSULTA PÚBLICA - RESULTADOS

Autoria: Engeplus Engenharia e Consultoria Ltda.

Data: 2013/2014

7.5.1 Conteúdo

No âmbito do presente estudo, foi realizada Audiência Pública, na qual foi elaborada uma consulta para obtenção das percepções locais e sociais quanto à problemática das cheias no trecho baixo do rio Caí. Esse evento ocorreu em São Sebastião do Caí, no dia 10/12/2013.

Entre os diversos resultados, sistematizados com as contribuições recebidas até março de 2014, destacam-se aqueles diretamente vinculados ao estudo técnico:

Quadro 7.3: Opinião dos Participantes sobre o Controle das Cheias

Controle	Quantidade de Citações	Frequência
Não Respondeu	2	1%
Não podem ser controladas	2	1%
Podem ser parcialmente controladas	105	75%
Podem ser totalmente controladas	31	22%
Total Geral	140	100%

Quadro 7.4: Medidas para Controlar das Cheias

Medidas	Quantidade de Citações	Frequência
Não Respondeu	8	6%
Com ambas	87	62%
Somente com medidas estruturais	37	26%
Somente com regamentos	8	6%
Total Geral	140	100%

Quadro 7.5: Medidas Estruturais que podem ser Adotadas

Medida Estrutural	Quantidade de Citações	Frequência
Não Respondeu	17	8%
Dique	38	19%
Canal extravasor	41	20%
Dique com estação de bombeamento	49	24%
Outras	58	29%
Total Geral	203	100%

* Permite mais de uma resposta.

Quadro 7.6: Outras Medidas de Prevenção

Medida Não Estrutural	Quantidade de Citações	Frequência
Não Respondeu	15	7%
Seguro contra enchente	34	15%
Zoneamento de áreas de inundações	76	34%
Sistema de alerta de cheias	81	36%
Outras	17	8%
Total Geral	223	100%

* Permite mais de uma resposta.

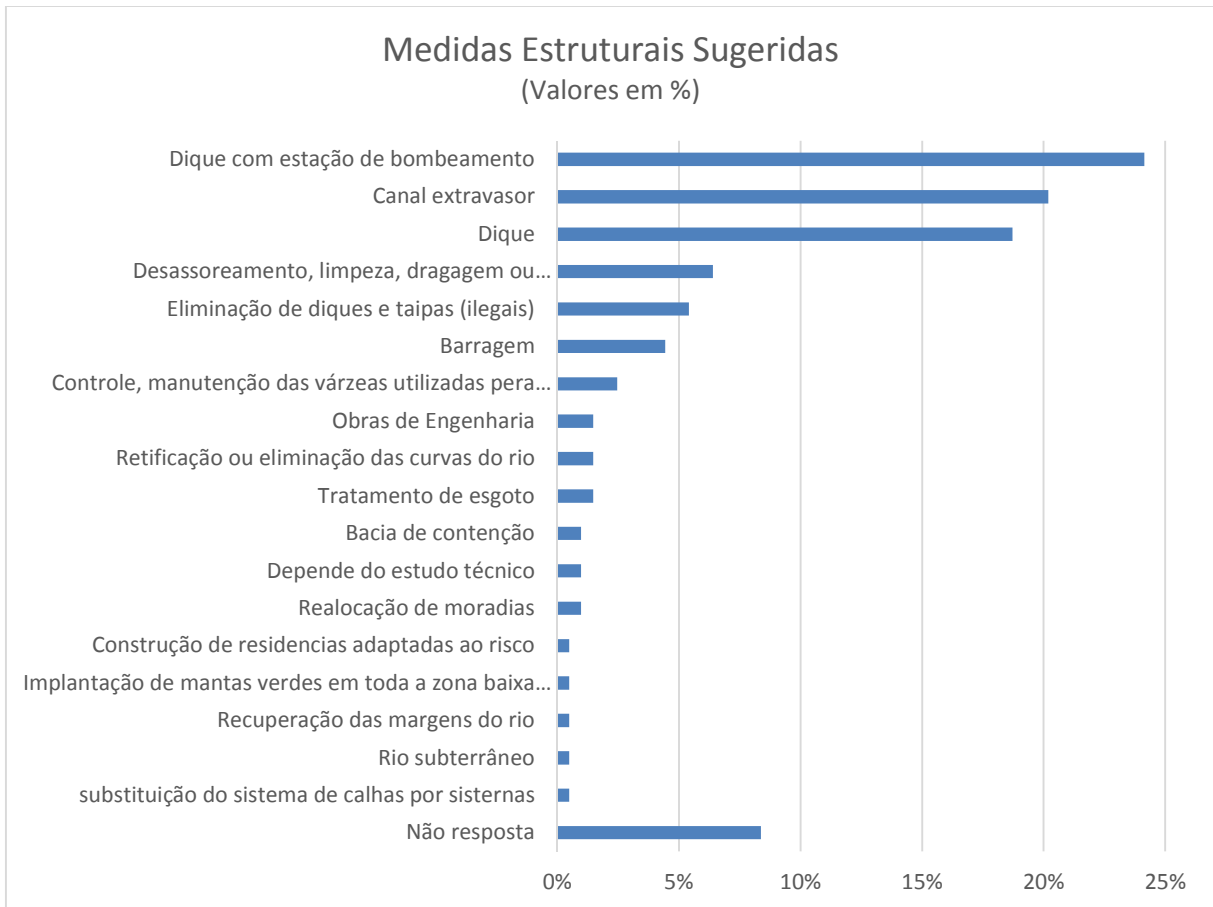


Figura 7.1: Medidas Estruturais Sugeridas na 1ª Consulta Pública

Observa-se que a percepção geral é de que as cheias podem ser controladas apenas parcialmente, o que é positivo e que as soluções devem abranger ações estruturais e não-estruturais.

Entre as ações não-estruturais predominaram o zoneamento e o sistema de alerta de cheias.

Já entre as ações estruturais, predominaram: canal extravasor, diques e estações de bombeamento e desassoreamento, limpeza e dragagem fluvial.

7.5.2 Análise Crítica Quanto ao Aproveitamento das Informações

Observa-se um elevado grau de conscientização social quanto à problemática das cheias. Igualmente, devido ao longo histórico de estudos sobre essa problemática, as medidas para minimização das cheias são coerentes do ponto de vista técnico.

Assim, para a simulação das alternativas de ações estruturais e não-estruturais, serão consideradas as contribuições da consulta pública, notadamente:

Ações estruturais: canal extravasor (também denominado de “corta-rio”); diques associados com estações de bombeamento.

Ações não-estruturais: zoneamento das cheias e sistema de alerta de cheias.