

4.2 Mapas de Inundações

Os mapas aqui apresentados constituem-se no resultado e no produto final desta etapa do projeto, e foram elaborados conforme os Tempos de Retorno indicados anteriormente: 5, 20, 50 e 100 anos.

Tais mapas permitem o zoneamento das áreas de inundação, uma vez que apresentam os requisitos para esta tarefa, que abrange as seguintes etapas:

- a) determinação dos riscos das enchentes;
- b) mapeamento das áreas de inundação;
- c) zoneamento.

No primeiro item (a), são utilizados os resultados das simulações hidrológicas nos quais foram ajustadas as relações entre vazões e níveis, associando-as a um determinado tempo de retorno.

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 é um mapa de operação, e informa em cada esquina ou ponto de controle, o nível da régua no qual inicia a inundação. No caso deste trabalho, busca-se a elaboração do primeiro tipo de mapa.

Na etapa de planejamento do empreendimento, deve-se definir o risco hidrológico com o qual se deseja trabalhar. Neste contexto, deve-se definir o risco de um projeto de acordo com os objetivos do projeto e, dentro destas condições de risco, explorar as situações mais desfavoráveis. Em hidrologia, é comum associar aos eventos extremos um tempo de retorno.

Os resultados da modelagem hidráulica com o utilitário HEC-RAS, foram exportados para o HEC-GeoRAS, onde, mediante a ferramenta PostRAS se processa e combina as informações geográfica e hidráulica para gerar os mapas de elevação da superfície da água e classificação das zonas susceptíveis a inundação de acordo com a metodologia proposta.

São apresentados em anexo 06 mapas de inundação, todos abrangendo os TRs: 5, 25 e 100 anos.

- 01 mapa do trecho do baixo rio Caí de Harmonia até Montenegro;
- 01 mapa do trecho do baixo rio Caí de Montenegro até a foz no rio Jacuí;
- 04 mapas das zonas urbanas:
 - Montenegro
 - Pareci Novo;
 - São Sebastião do Caí. e
 - Harmonia.



5 ESTUDOS DE ALTERNATIVAS DE INTERVENÇÃO

5 ESTUDOS DE ALTERNATIVAS DE INTERVENÇÃO

Os estudos de alternativas de intervenções consistiram na concepção, simulação hidrológica e pré-dimensionamento de alternativas estruturais e não estruturais com vistas à proteção contra cheias, bem como na estimativa dos seus custos de implantação. No relatório R7 foram apresentados os resultados desses estudos, conforme a seguinte estruturação:

- Informações Disponíveis Consideradas;
- Concepção das Alternativas Técnicas Consideradas;
- Simulações Hidrológicas de Pré-Dimensionamento das Alternativas; e
- Estimativa de Custos das Alternativas;

No referido relatório constam os desenhos técnicos relativos a cada alternativa de intervenção estrutural proposta. A seguir são apresentados, de forma sintética e direta, os resultados relativos aos estudos das alternativas de intervenção.

5.1 Concepção das Alternativas Técnicas Consideradas

A proposição de alternativas de intervenções, sejam elas estruturais ou não estruturais, foi baseada nos diversos estudos anteriores e manifestações pessoais, coletivas ou públicas, além da experiência da equipe técnica do Consórcio em estudos similares que objetivam a solução ou minimização de situações de cheias.

5.1.1 Proposição de Medidas Estruturais

Intervenções estruturais são aquelas ações que implicam na execução de obras com alterações físicas, objetivando a resolução ou minimização de determinado problema ou situação, no presente caso, cheias com recorrência de 100 anos. As intervenções estruturais propostas, e que foram pré-dimensionadas com base na modelagem hidrodinâmica, foram associadas diretamente a cada cidade beneficiada.

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.

A seguir são apresentadas as intervenções estruturais propostas, para cada cidade ou localidade. Os desenhos técnicos estão apresentados no capítulo de Anexos.

5.1.1.1 Montenegro

Para a cidade de Montenegro foram propostas três alternativas, considerando algumas proposições 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 composto por estruturas de transposição de vazões (ETV);
- 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”.

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 drenagens – 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.

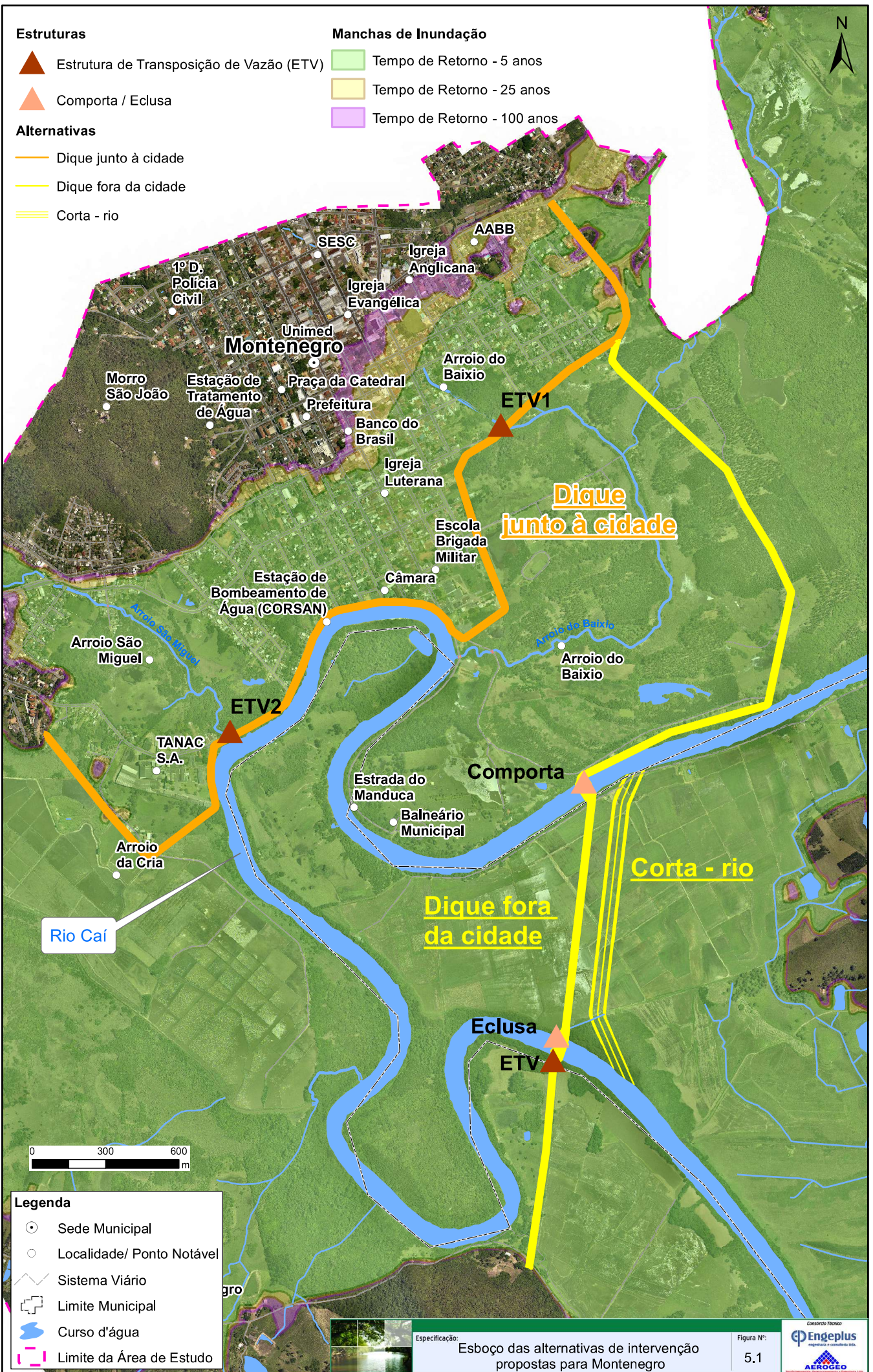
A cidade de Capela Santana (área urbana) não é atingida diretamente pelas cheias do rio Caí. No entanto, parte de sua área rural receberá as obras decorrentes das alternativas de proteção para Montenegro (parte do dique e corta-rio). A Figura 5.1 apresenta as alternativas propostas para Montenegro.

O corta-rio apresenta as seguintes características técnicas: extensão de 1.300 m; largura da base: 50 m; declividade dos taludes laterais: 1,5H: 1,0V; altura média de escavação: 6,50 m; e vazão máxima de dimensionamento próxima ao limite de transbordamento: 660 m³/s.

O dique de proteção junto à cidade apresenta as seguintes características técnicas: extensão de 4.800 m; cota de coroamento de 11,50 m; altura média 4,5 m; inclinação dos taludes 1V:2H; largura do coroamento 10 m (com revestimento em pavimento asfáltico possibilitar o tráfego em mão dupla). 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 Baixio.

A alternativa de associação do corta-rio com dique integra, ao corta-rio anteriormente proposto, 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 (ii) 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. Tendo em vista que o corta-rio proporciona uma redução de 0,61 m no nível máximo da cheia de 100 anos, a cota de coroamento do dique foi definida em 10,90 m e sua extensão será de 4.900 m; altura média de 4,50 m; e largura do coroamento de 6 m (possibilitando o tráfego em mão única sobre o dique, para manutenção).



Especificação: Esboço das alternativas de intervenção propostas para Montenegro

Figura Nº: 5.1



5.1.1.2 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 dotado 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 Figura 5.2 apresenta as alternativas propostas para São Sebastião do Caí.

O dique de proteção da margem esquerda apresenta as seguintes características: cota de coroamento de 14,50 m; extensão 4.785 m; altura média 4,50 m; inclinação dos taludes 1V:2H; largura do coroamento 10 m (possibilitando o tráfego em mão dupla). Para o esgotamento das águas drenadas nas áreas ensecadas pelo dique, foram concebidas cinco estruturas de transposição de vazão.

A alternativa de rebaixamento do fundo do rio considerou uma altura de rebaixamento de 5,50 m, iniciando-se a jusante da ponte de acesso a São Sebastião do Caí e prolongando-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 50 m. A simulação hidrodinâmica 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 a seguir – rebaixamento do fundo em vermelho), sobre a capacidade de escoamento do rio (efeito de remanso).

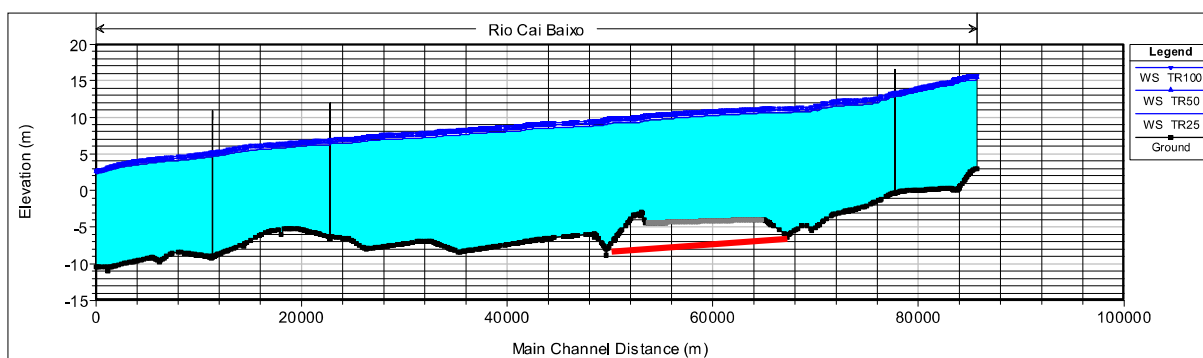
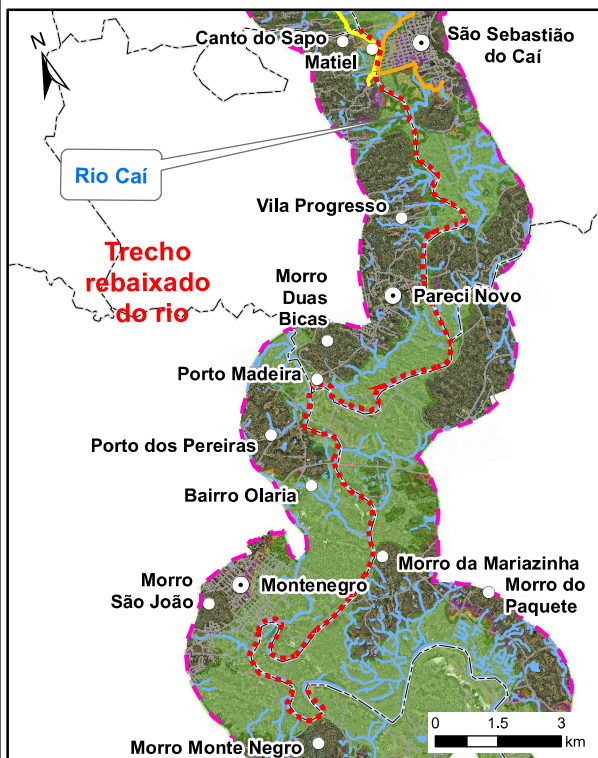
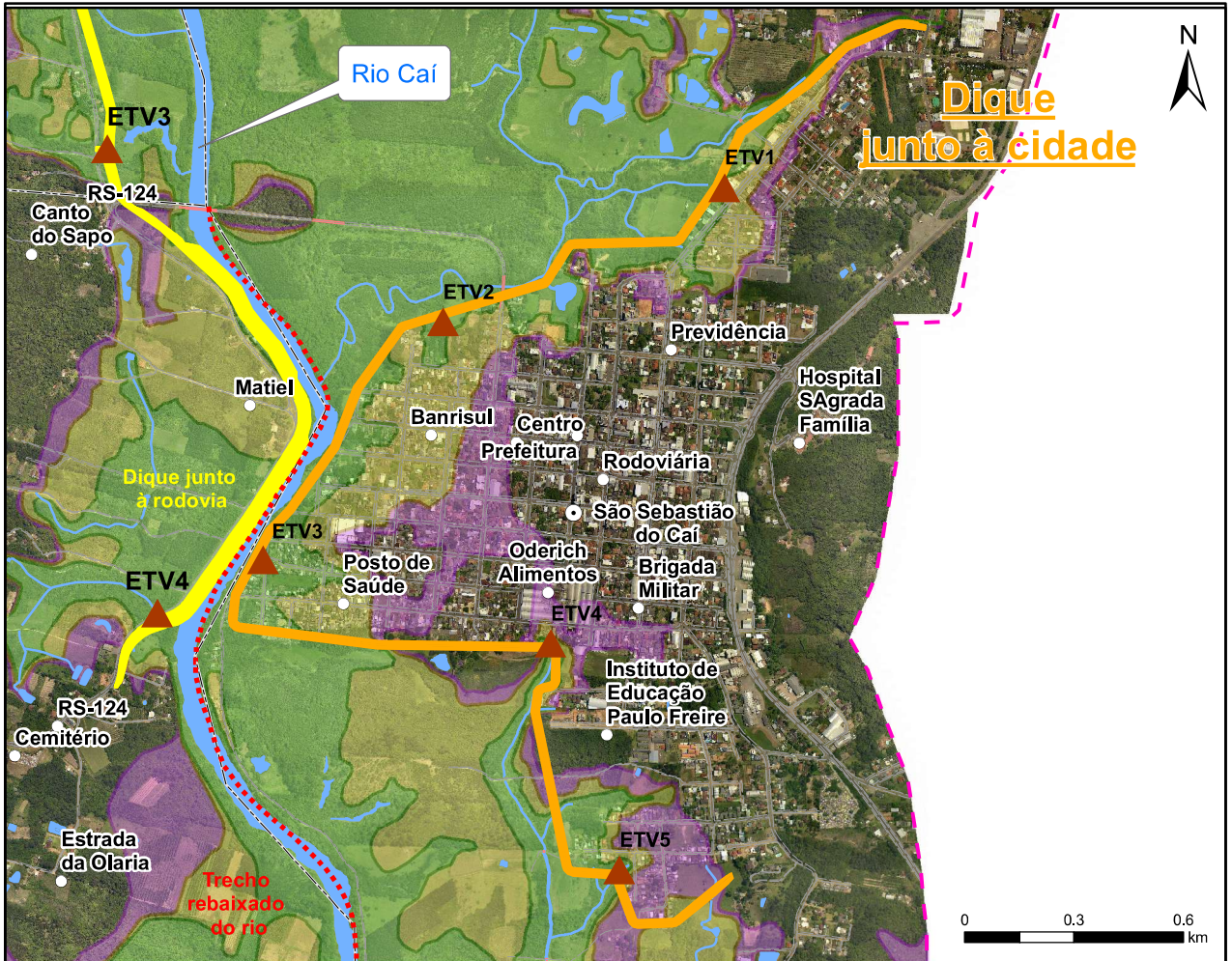


Figura 6.5: Seção transversal com destaque para o trecho de rebaixamento da calha



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 Nº:

5.2



5.1.1.3 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. A Figura 5.3 apresenta as alternativas propostas para Harmonia.

A proteção da zona urbana de Harmonia, através de diques, demanda a implantação de três diques na margem direita do rio Caí. Os dois primeiros (N1 e N2) encontram-se junto ao arroio Salvador do Sul. O dique N3 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 a 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 15,60 m. 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 1,20 m. A cota de coroamento do dique foi definida em 16,80 m. O Dique N1 possui extensão de 300 m; altura média de 3,50 m; e largura do coroamento de 5,00 m. O Dique N2 possui extensão de 900 m; altura média de 2,00 m; e largura do coroamento de 5,00m. O Dique N3 possui extensão de 1.050 m; altura média de 5,00 m; e largura do coroamento de 5,00 m. Para o esgotamento das águas drenadas nas áreas ensecadas pelos diques, foram concebidas três estruturas de transposição de vazão.

A alternativa de implantação de corta-rio 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.

O corta-rio possui as seguintes características técnicas: extensão de 500 m (localizado entre as seções ST26 e ST24); declividade de fundo de 2,00 m/km; largura da base de 40 m; declividade dos taludes laterais de 1,5H:1,0V; altura média de escavação de 8,50 m; e vazão máxima de dimensionamento próxima ao limite de transbordamento: 660m³/s. 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.



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 N.º:

5.3



5.1.1.4 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 Figura 5.4 apresenta as alternativas propostas para 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 11,50 m). 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 1,20 m. A cota de coroamento do dique foi definida em 12,70 m, suficiente para, no limite de transbordamento, ainda proteger a cidade de uma cheia com recorrência de 100 anos.

As características técnicas do dique são: extensão de 1.900 m; altura média de 5,50 m; inclinação dos taludes de 1V:2H; e largura do coroamento de 5,00 m. Para o esgotamento das águas drenadas nas áreas ensecadas pelo dique, foram concebidas duas estruturas de transposição de vazão.

5.1.1.5 Localidades de Matiel, Bananal e Várzea

Para as localidades de Matiel, Bananal e Várzea, situadas no município de Pareci Novo, foi proposta a adoção de dique de proteção dotado de sistema de esgotamento das águas internas através de estrutura de transposição de vazões. A Figura 5.5 apresenta a alternativa proposta para estas localidades.

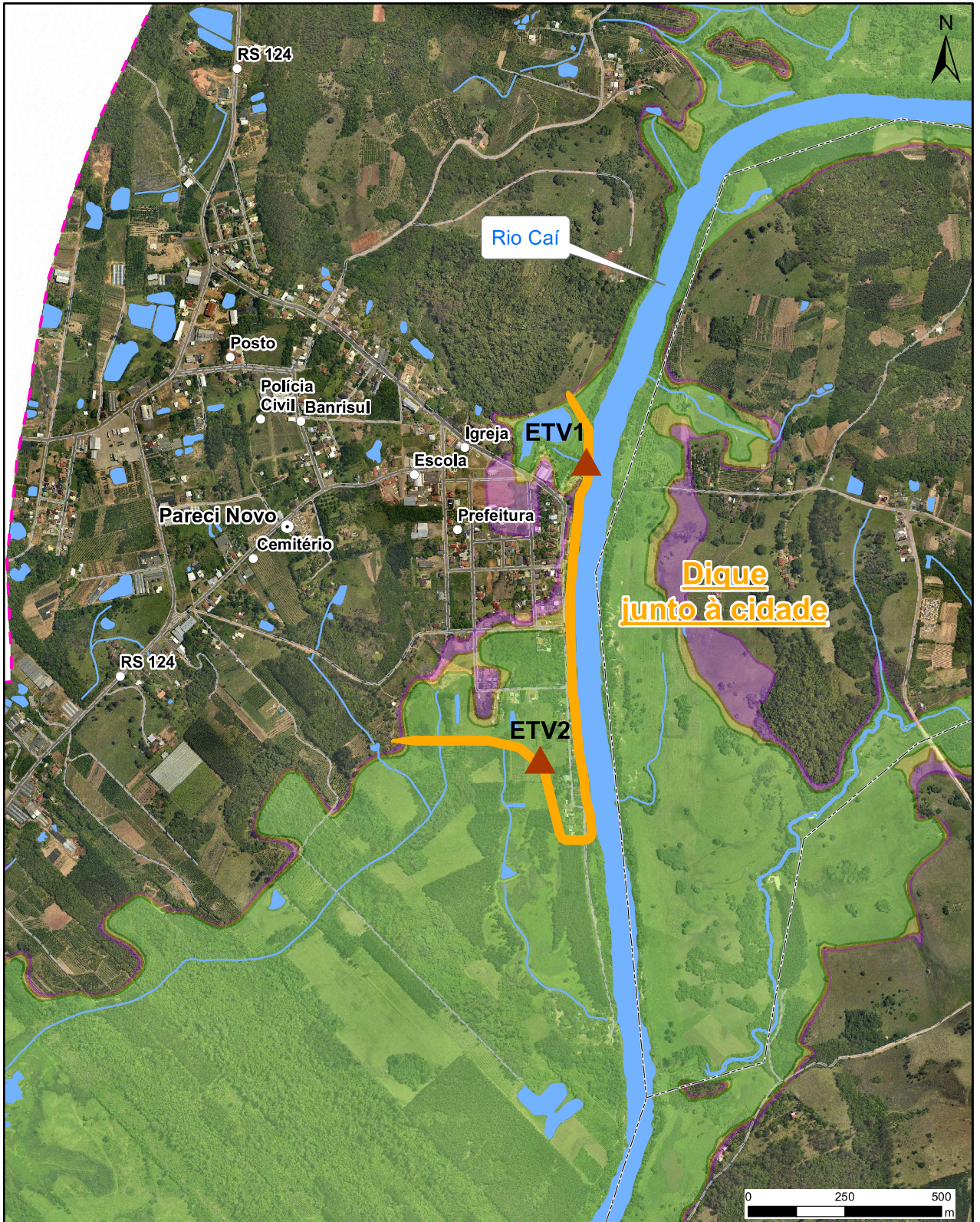
Para a proteção de Matiel, Bananal e Várzea, a solução proposta consiste na implantação de um dique único na margem direita do rio Caí, entre este e a rodovia RS-124, dotado de estrutura de transposição de vazões. Foi dimensionado para cheias com recorrência de 100 anos e a cota de coroamento do dique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

As características técnicas do dique são: extensão de 830 m; altura média de 4,50 m; inclinação dos taludes 1V:2H; e largura do coroamento 5,00 m. Para o esgotamento das águas drenadas nas áreas ensecadas pelo dique, foi concebida uma estrutura de transposição de vazão.

5.1.1.6 RS-124

Para proteção da rodovia RS-124, entre a localidade de Matiel e a cidade de Harmonia, foi proposto dique de proteção na margem direita do rio Caí, dotado de sistema de esgotamento das águas internas através de estrutura de transposição de vazões. A solução do dique da margem direita, para proteção da RS-124, pode ser substituída pela elevação do greide da rodovia. A Figura 5.6 apresenta a alternativa proposta para a RS-124.

O dique de proteção da RS-124 está localizado na margem direita do rio Caí e apresenta as seguintes características: paralelo à RS-124, entre a margem direita do rio Caí e a rodovia, iniciando, a montante, na cidade de Harmonia e prolongando-se, para jusante, até cerca de 200 m 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 de 14,50m; extensão de 4.500 m; altura média de 4,00m; inclinação dos taludes de 1V:2H; e largura do coroamento de 5 m. 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.



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



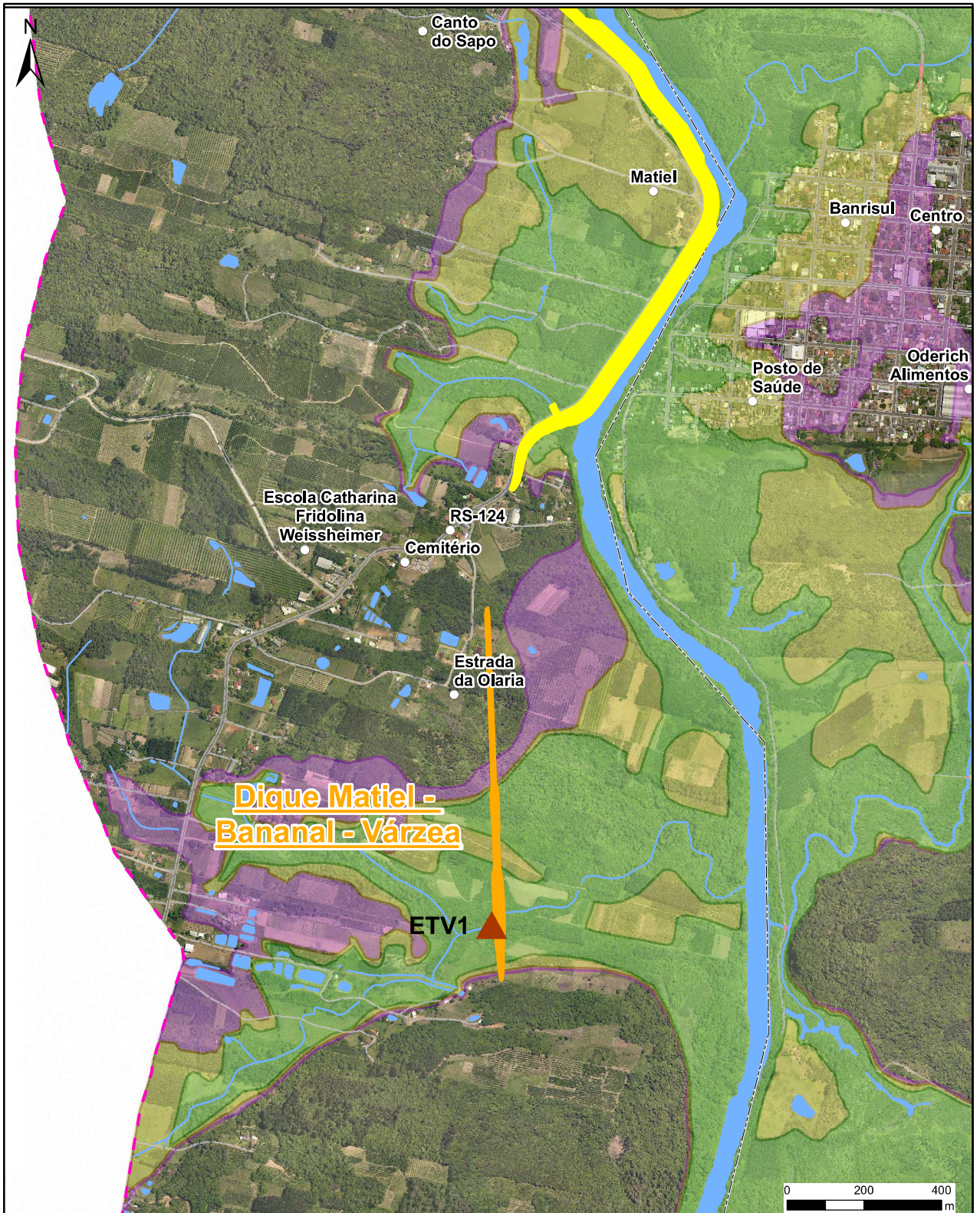
Especificação:

Esboço das alternativas de intervenção propostas para Pareci Novo

Figura N.º:

5,4





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)

Alternativas

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

Manchas de Inundação

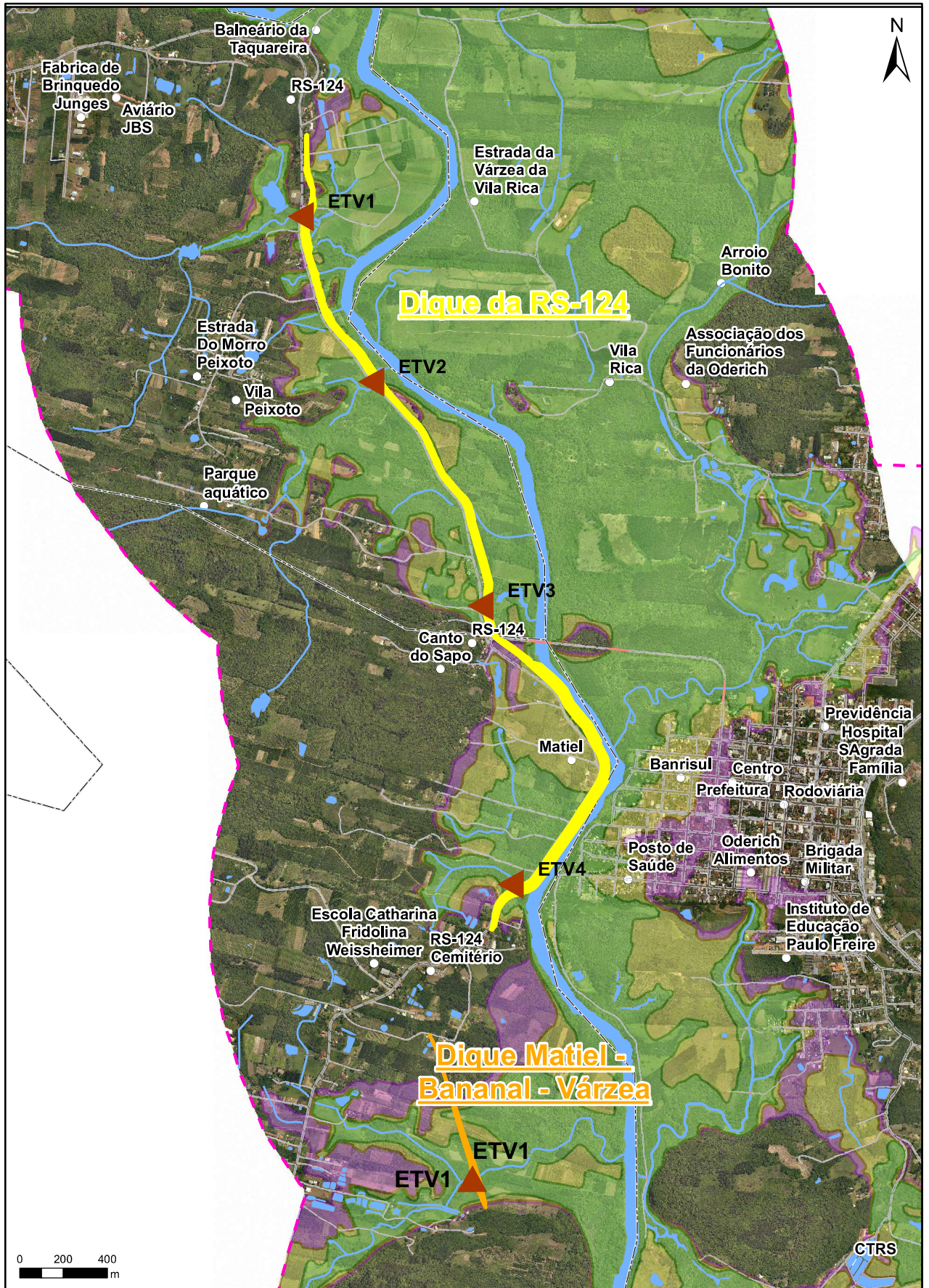
- Tempo de Retorno - 5 anos
- Tempo de Retorno - 25 anos
- Tempo de Retorno - 100 anos




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

Figura Nº:
3.7





Legenda		Estruturas	Manchas de Inundação
⊙	Sede Municipal	▲	Estrutura de Transposição de Vazão (ETV)
○	Localidade/ Ponto Notável	Alternativas	■
—	Sistema Viário	—	Dique Matiel - Bananal - Várzea
⊕	Limite Municipal	—	Dique junto à RS-124
—	Curso d'água		■
—	Limite da Área de Estudo		■
			■
			■




Especificação:

Esboço das alternativas de intervenção propostas para a RS-124

Figura Nº:

5,6



5.1.2 Proposição de Medidas Não estruturais

Medidas não estruturais são aquelas intervenções que não implicam em obras, mas sim em ações com vistas a atingir os objetivos almejados, no caso a proteção ou minimização dos impactos das cheias.

Para o rio Caí, foram propostas três medidas não estruturais, a saber: operação de um sistema de alerta de cheias; adoção de zoneamento de áreas inundáveis e desapropriação das áreas atingidas pelas cheias. As duas primeiras medidas possuem eficácia parcial, ao contrário da desapropriação, que pode ser uma forma de resolução integral.

5.1.2.1 Sistema de Alerta

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.

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 Sistema²⁰.

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.

Ao todo, no SACE-Caí (CPRM) foram instaladas sete estações telemétricas de monitoramento na região, cujos resultados podem ser acompanhados no portal do Sistema²⁰. 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; e Linha Gonzaga (Caxias do Sul) - Rio Caí. E outras duas estações que informam apenas o volume de chuva: São Vendelino - Arroio Forromeco; e Capão dos Coxos (São Francisco de Paula) - Rio Caí, próximo à área de nascente. Este Sistema de Alerta foi concebido em 2009.

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 das 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.

Além das 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.

²⁰ 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/>.

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

Há necessidade de elaboração de 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 em 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. Isso pode resultar na remoção das populações ribeirinhas, com vistas a preservar a vida humana e, em alguns casos, minimizar danos materiais.

5.1.2.2 Zoneamento

O zoneamento 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.

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.

- **Determinação dos Riscos das Enchentes**

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, e dentro dessas condições, explorar as situações mais desfavoráveis. O risco é a probabilidade que um valor seja ultrapassado. Em hidrologia, é comum associar aos eventos extremos a um tempo de retorno.

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 à ocupação.

- **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 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.

No 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 e apresentados no Relatório Técnico R4.

- **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:

- Zona de Passagem de 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: 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; e
- Zona de Baixo Risco: 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. 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 às suas experiências nessa área.

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 consequente redução nos prejuízos causados pelos alagamentos frequentes.

5.1.2.3 Desapropriação das Áreas Atingidas

A desapropriação das áreas atingidas é uma medida extrema, que objetiva a remoção e o impedimento de futura ocupação das áreas atingidas pelas cheias. É uma decorrência do zoneamento, mas com o objetivo de recuperar uma situação já instituída.

No próximo capítulo serão apresentadas alternativas de desapropriação, que podem ser atrativas em determinados casos, notadamente quando não se tratam de áreas com alto valor financeiro e social, como no caso de zonas rurais ou urbanas com menor índice de ocupação (casos das cidades de Harmonia, Pareci Novo e das áreas ao longo da RS-124).

5.2 Simulação Hidrodinâmica Integrada para as Alternativas Modeladas

Na sequência, são apresentados os resultados da 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 (trecho entre Harmonia e Montenegro), causado pela implantação conjunta de soluções.

O Quadro 5.1 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 5.1: 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 Medidas (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

No Quadro 5.2 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.

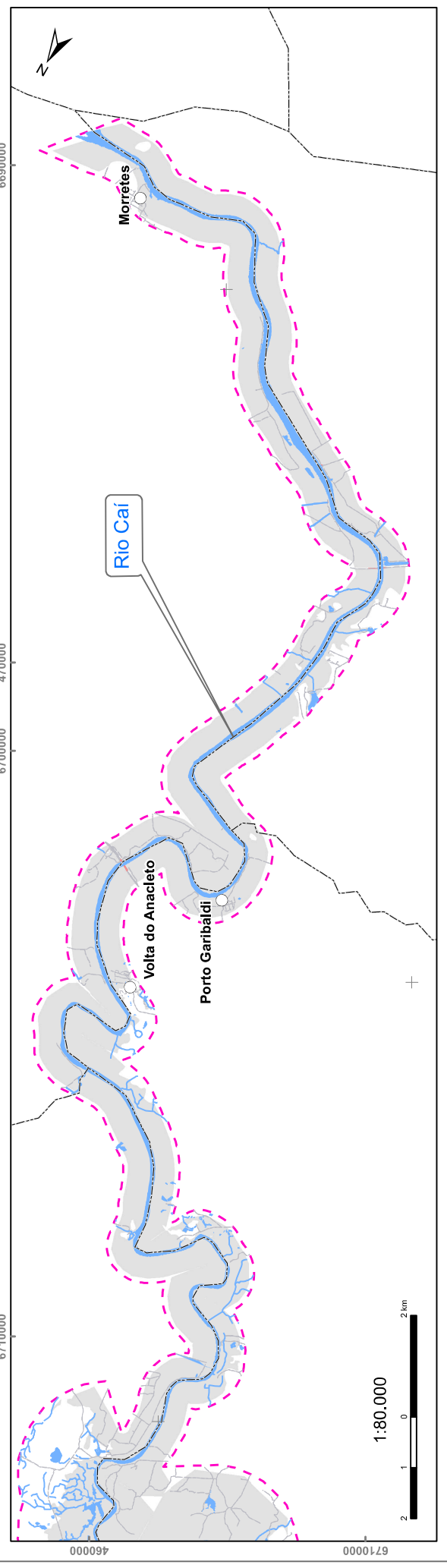
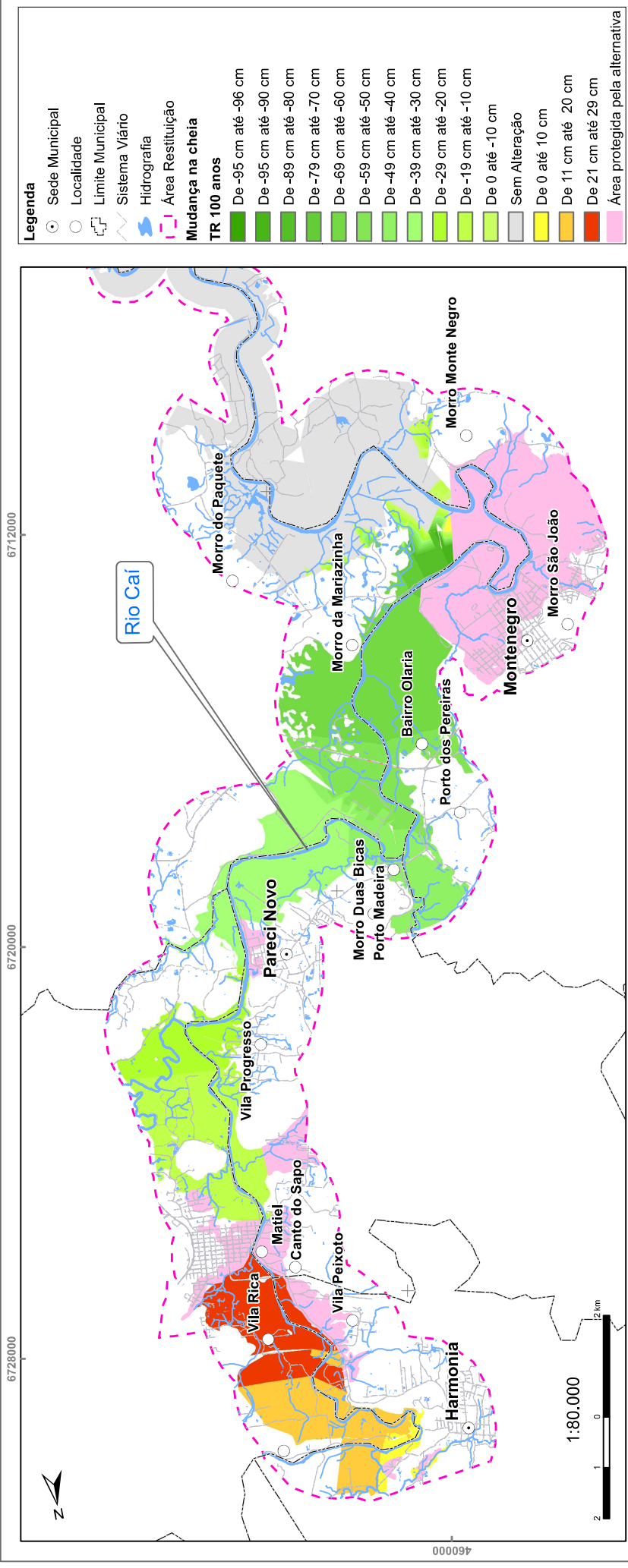
A alternativa do dique Matiel/Bananal/Várzea não foi simulada visto não apresentar alteração em termos de modelagem hidrodinâmica.

Quadro 5.2: 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 alternativas)

Cidade	Alternativa	Níveis de Água (m) - TR 100 anos					Todas Alternativas Juntas
		Atual	Local da Alternativa	Efeito da Alternativas Outras Cidades			
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	H - 0,05m	SSC - 0,09m	PN -0,47m	-
	Corta-rio		- 0,79m				-
	Corta-rio + Dique		- 0,50m				-0,50m

[1] incluindo o dique da RS-124.

A Figura 5.7 apresenta, de forma ilustrativa, 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.



5.3 Estimativa de Custos das Alternativas

Cada alternativa estudada foi quantificada e orçada, com vistas a possibilitar uma avaliação financeira comparativa. 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 multiplicá-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. 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 5.3, a seguir, apresenta os custos unitários considerados.

Quadro 5.3: 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	Enlevamento	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).

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

Como resumo geral da orçamentação das alternativas, apresenta-se o Quadro 5.4, a seguir.



Quadro 5.4: Resumo Geral da Orçamentação das Alternativas Estruturais

Cidade	Alternativa	Obras	Custos (R\$)							TOTAL
			Obra	Desapropriação	Sist. Drenagem	Sist. Viário	Projetos/Estudos	SUB-TOTAL		
Montenegro	Dique Cidade	Dique	14.141.515,87	20.986.000,00	3.600.000,00	2.667.000,00	2.040.851,59	43.435.367,46	54.919.822,80	
		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	13.796.487,84	130.000,00			1.379.648,78	15.306.136,62		
São Sebastião do Cai	Dique Cidade	Dique	9.456.851,84	7.123.400,00	400.000,00	635.000,00	1.049.185,18	18.664.437,02	44.404.724,41	
		ETVs (c/ eclusa)	9.485.591,60				948.559,16	10.434.150,76		
	Rebaixamento da Calha	Dique	12.168.098,36	15.961.600,00	3.000.000,00	1.270.000,00	1.643.809,84	34.043.508,20	38.383.705,54	
		ETVs	3.945.633,95				394.563,40	4.340.197,35		
Harmonia	Diques	Rebaixamento	303.734.695,06				30.373.469,51	334.108.164,57	334.108.164,57	
		Dique	3.341.257,86	2.174.500,00	720.000,00	508.000,00	456.925,79	7.200.683,65	8.644.895,45	
	Corta-Rio	ETVs	1.312.919,82				131.291,98	1.444.211,80		
		Corta-Rio	6.023.780,24	240.000,00			602.378,02	6.866.158,26	6.866.158,26	
Pareci Novo	Dique Cidade	Dique	4.300.247,31	2.173.300,00	600.000,00	317.500,00	521.774,73	7.912.822,04	9.250.978,55	
		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	326.000,00	0,00	1.587.500,00	1.019.787,12	11.543.658,33	19.199.418,49	
		ETVs	6.959.781,96				695.978,20	7.655.760,16		



6 ESTUDO DE VIABILIDADE E HIERARQUIZAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

6 ESTUDO DE VIABILIDADE E HIERARQUIZAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

Os estudos de viabilidade e hierarquização das alternativas consistem no objetivo maior do presente e foram integrados pelas seguintes atividades de trabalho:

- Estabelecimento das Séries de Custos e Benefícios das Alternativas;
- Avaliação da Viabilidade Financeira das Alternativas;
- Avaliação Técnica e Ambiental das Alternativas; e
- Hierarquização das Alternativas.

No Relatório R8 foram apresentados os resultados desses estudos. A seguir são apresentados, de forma sintética e direta, os resultados.

6.1 Estabelecimento das Séries de Custos e Benefícios das Alternativas

Foram determinados os custos relativos às alternativas estruturais e não estruturais, bem como estimados os custos decorrentes de eventos de cheia. Para a avaliação financeira, foi necessária, ainda, a estimativa dos benefícios decorrentes da implantação das alternativas estruturais e não-estruturais.

Entre as alternativas não-estruturais, foram consideradas: a operacionalização de sistema de alerta contra cheias, o zoneamento da ocupação territorial e a desapropriação das áreas inundadas com a consequente realocação da população atingida. Foi considerada, ainda, a alternativa de nada fazer, convivendo-se com as cheias e seus impactos materiais, humanos e financeiros.

6.1.1 Custos das Alternativas

Para cada alternativa, estrutural e não-estrutural, foram levantados os custos relativos à implantação, conforme estabelecido no capítulo anterior.

6.1.1.1 Intervenções Estruturais

Os custos relativos à implantação das alternativas estruturais foram apresentados anteriormente, no Quadro 5.4: Resumo Geral da Orçamentação das Alternativas Estruturais, do qual foram extraídos os valores apresentados no Quadro 6.1, a seguir.

Quadro 6.1: Custos Totais de Implantação das Intervenções Estruturais

Cidade	Alternativa	Obras	Total (R\$)
Montenegro	Dique Cidade	Dique	54.919.822,80
		ETVs	
	Corta-Rio	Corta-Rio	15.306.136,62
	Corta-Rio + Dique	Corta-Rio	44.404.724,41
Dique			
São Sebastião do Caí	Dique Cidade	Dique	38.383.705,54
		ETVs	
	Rebaixamento da Calha	Rebaixamento	334.108.164,57
Harmonia	Diques	Dique	8.644.895,45
		ETVs	
	Corta-Rio	Corta-Rio	6.866.158,26
Parei Novo	Dique Cidade	Dique	9.250.978,55
		ETVs	
	Dique – Matiel, Bananal e Várzea	Dique	6.028.177,99
RS-124	Dique	ETV	19.199.418,49
		Dique	
		ETVs	

6.1.1.2 Intervenções Não Estruturais

Em termos de intervenções não estruturais, foram definidos os custos relativos ao sistema de alerta, ao zoneamento e à desapropriação das áreas atingidas pelas cheias.

- **Sistema de Alerta**

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

A utilização de estações telemétricas pode implicar em um custo de implantação desses equipamentos, da ordem de R\$ 100.000,00 (considerando custo unitário de R\$ 15.000,00 incluindo equipamento, instalação e aferição).

Há um custo relacionado à operação do sistema de monitoramento, que pode ser absorvido pelas entidades que já vem realizando esta função na região (SMAD-SEMA e CPRM). É necessária, também, a elaboração de estudo hidrodinâmico para definição dos níveis críticos para emissão de Alertas. Para isso, está prevista a contratação de consultoria, com o objetivo de 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. O custo desse estudo é estimado em R\$ 250.000,00.

O custo total para a implementação do sistema de alerta está estimado em R\$ 350.000,00.

- **Zoneamento**

Considerando que as bases cartográficas já estão disponíveis, bem como os níveis de água associados a diferentes riscos de cheias (tempos de retorno), essa ação demandará custos de confecção de mapas específicos para cada área urbana, o que poderá ser realizado através de consultoria ou pelas equipes técnicas dos executivos municipais.

A contratação de consultoria demandará um custo estimado de R\$ 100.000,00. Já no caso desse serviço ser realizado pelos corpos técnicos dos executivos municipais, não haverá custo direto. Também a incorporação desses mapas aos planos diretores municipais, correrá por conta dos legislativos e executivos municipais, não implicando em custos diretos.

- **Desapropriação das Áreas Atingidas pelas Cheias**

Os custos dessa solução decorrem dos valores das propriedades e benfeitorias atingidas pelas cheias, em cada cidade considerada. Para a determinação desses valores, foram identificados e quantificados os terrenos e benfeitorias diretamente atingidos por cheia com recorrência de 100 anos. Essas quantidades foram multiplicadas pelos respectivos valores unitários médios, obtidos de pesquisa direta com imobiliárias locais, tanto para terrenos urbanos e rurais, quanto para benfeitorias.

Os valores globais, para cada cidade considerada, resultaram da soma dos valores totais dos terrenos e benfeitorias. Os valores das áreas desapropriadas são apresentados Quadro 6.2. Não foram consideradas as alternativas: corta-rio em Montenegro, rebaixamento da calha do rio Caí em São Sebastião do Caí e corta-rio em Harmonia, visto não representarem proteção efetiva contra cheias, mesmo para as de baixa recorrência.

Quadro 6.2: Custos de Desapropriação das Áreas Atingidas pelas Cheias

Cidade	Custos Terrenos Urbanos (R\$)	Custos Terrenos Rurais (R\$)	Custos das Edificações (R\$)	Custos Globais (R\$)
Montenegro – Dique cidade	140.796.000,00	-	366.144.000,00	506.940.000,00
Montenegro – Corta-Rio + Dique	140.796.000,00	7.544.200,00	386.248.000,00	534.588.200,00
São Sebastião do Caí	46.830.000,00	-	162.015.200,00	208.845.200,00
Harmonia	2.343.000,00	-	756.000,00	3.099.000,00
Parei Novo – Cidade	6.708.000,00	-	7.832.500,00	14.540.500,00
Parei Novo - Matiel, Bananal e Várzea	-	3.600.000,00	8.682.500,00	12.282.500,00
RS-124	-	1.374.900,00	4.337.000,00	5.711.900,00

Obs.: Para cheia com recorrência de 100 anos.

Comparando os custos com a desapropriação das áreas atingidas pelas cheias com o custo da respectiva intervenção de proteção, pode-se observar que em dois casos pode ser vantajosa a desapropriação:

- No caso de Harmonia – diques custam 8,6 milhões de reais e a desapropriação 3,1 milhões de reais; e
- No caso da RS-124 – dique custa 19,2 milhões de reais e a desapropriação 14,5 milhões de reais, embora neste caso não tenha sido precificado o valor da rodovia RS-124, em termos de manutenção do trânsito durante os eventos de cheia.

Para Montenegro, São Sebastião do Caí e Matiel-Bananal-Várzea, não há dúvidas quanto à vantagem financeira da implantação das intervenções sobre a desapropriação das áreas atingidas.

6.1.2 Custos Financeiros das Cheias

A determinação dos custos financeiros decorrentes de um evento de cheia é complexa e com considerável grau de imprecisão. Na ótica de algumas entidades públicas, pode consistir nos custos de reparação imediata e com o alojamento da população atingida. No entanto, há perdas financeiras também em termos do tempo dispendido pela população atingida, que deixa de realizar suas atividades profissionais, para cuidar dos bens materiais e humanos atingidos durante o período de águas altas e até mesmo depois, na recuperação de danos materiais.

Face a essa complexidade, a determinação dos custos financeiros das cheias centenárias no baixo rio Caí (no âmbito desse estudo) foi baseada na soma de duas parcelas:

- Uma parcela relacionada ao custo material de perdas associadas às propriedades (terrenos e benfeitorias) atingidas. Para tanto, definiu-se um percentual sobre o valor total das propriedades correspondente às perdas financeiras. Esse percentual foi adotado como 5% e aplicado sobre o valor total apresentado no Quadro 6.2.
- Outra parcela associada ao tempo dedicado pela população atingida aos cuidados com seus bens humanos e materiais. Para tanto, foi estimado um tempo médio dedicado de 5 dias. O valor desse tempo foi obtido considerando-se proporcionalmente a um salário médio mensal de R\$ 2.200,00 reais (correspondente a três salários mínimos). Assim, multiplicou-se a população atingida por esse valor multiplicado pela relação de tempo entre 5 dias e o mês de trabalho.

Esses custos estão associados a eventos de grande magnitude (no caso, foi considerada a cheia com recorrência de 100 anos) e foram calculados para os quatro municípios, para a RS-124 e para as localidades de Matiel, Bananeira e Várzea. No caso de Montenegro, foram calculados valores referentes às duas alternativas (dique junto à cidade e corta-rio associado a dique). Já para as outras cidades foi calculado apenas um custo financeiro.

O Quadro 6.3 apresenta as duas parcelas consideradas e a soma correspondente aos custos financeiros das cheias em cada cidade.

Quadro 6.3: Custos Financeiros das Cheias

Cidade	Custos dos Terrenos e Benfeitorias Atingidas (R\$)	Custos de Perdas por Cheias (R\$)	População Atingida (hab.)	Custos sobre a População (R\$)	Custos Globais por Cheia (R\$)
Montenegro – Dique Cidade	506.940.000,00	25.347.000,00	6.990	3.075.600,00	28.422.600,00
Montenegro – Corta-Rio + Dique	534.588.200,00	26.729.410,00	7.500	3.300.000,00	30.029.410,00
São Sebastião do Caí	208.845.200,00	10.442.260,00	3.300	1.452.000,00	11.894.260,00
Harmonia	3.099.000,00	154.950,00	30	13.200,00	168.150,00
Parei Novo - Cidade	14.540.500,00	727.025,00	190	83.600,00	810.625,00
Parei Novo - Matiel, Bananal e Várzea	12.282.500,00	614.125,00	450	198.000,00	812.125,00
RS-124	5.711.900,00	285.595,00	130	57.200,00	342.795,00

Obs.: Cheia com recorrência de 100 anos.

Para eventos com recorrências diferentes, foram considerados percentuais de custos das cheias com 100 anos de recorrência, conforme o seguinte critério:

Quadro 6.4: Relação entre as cheias de diferentes recorrências e o custo da cheia com tempo de recorrência de 100 anos

Cidade	Alternativa	TR 50 anos	TR 25 anos	TR 20 anos	TR 5 anos
Montenegro	Dique junto à Cidade	92%	87%	86%	69%
	Dique + Corta-rio	93%	87%	86%	70%
São Sebastião do Caí	Dique junto à Cidade	87%	64%	59%	19%
Harmonia	Diques	85%	67%	65%	44%
Parei Novo	Dique junto à Cidade	90%	70%	69%	47%
	Matiel, Bananal e Várzea	81%	32%	31%	20%
RS-124	Dique	89%	71%	67%	28%

Desta forma, os percentuais apresentados no Quadro 6.4 guardam proporção com as áreas inundadas por ocasião das cheias, com a mudança da lâmina d'água sobre as edificações e com a população atingida pela cheia, conforme verificado nos mapas de inundação para as referidas recorrências, da modelagem hidrodinâmica.

6.1.3 Benefícios Financeiros das Alternativas

Os benefícios financeiros das alternativas estruturais (aquelas que são efetivas na proteção com recorrência de 100 anos) são exatamente os valores dos custos das cheias, que deixam de ocorrer por conta das intervenções implantadas.

Os benefícios financeiros das alternativas são apresentados no Quadro 6.5, para os diversos tempos de recorrência (TR's) considerados (e que serão utilizados mais adiante, na avaliação da viabilidade financeira).

Quadro 6.5: Benefícios Financeiros das Alternativas para Cheias de Diversos TR's

Cidade	Alternativa	TR 100 anos	TR 50 anos	TR 25 anos	TR 20 anos	TR 5 anos
Montenegro	Dique junto à Cidade	R\$ 28.422.600,00	R\$ 26.271.764,35	R\$ 24.817.898,29	R\$ 24.428.662,00	R\$ 19.654.262,33
	Dique + Corta-rio	R\$ 30.029.410,00	R\$ 27.798.790,21	R\$ 26.273.897,30	R\$ 25.863.687,08	R\$ 20.928.035,37
São Sebastião do Caí	Dique junto à Cidade	R\$ 11.894.260,00	R\$ 10.300.148,99	R\$ 7.603.454,95	R\$ 7.015.228,99	R\$ 2.233.793,95
Harmonia	Diques	R\$ 168.150,00	R\$ 143.443,46	R\$ 112.907,64	R\$ 108.472,37	R\$ 74.255,14
Parei Novo	Dique junto à Cidade	R\$ 810.625,00	R\$ 730.630,50	R\$ 571.001,94	R\$ 560.949,21	R\$ 384.284,83
	Matiel, Bananal e Várzea	R\$ 812.125,00	R\$ 660.869,79	R\$ 256.835,73	R\$ 251.885,81	R\$ 163.150,72
RS-124	Dique	R\$ 342.795,00	R\$ 306.799,63	R\$ 243.481,82	R\$ 231.124,06	R\$ 94.413,83

No caso das não estruturais não há como estimar esses valores, visto que não é possível pelo fato dessas soluções não serem totalmente efetivas na proteção, havendo grande variabilidade de situações. Para a situação de “nada fazer” não há benefício e o custo é aquele correspondente à ocorrência da própria cheia.

6.2 Avaliação da Viabilidade Financeira das Alternativas

A avaliação da viabilidade financeira das alternativas propostas foi focada nas intervenções estruturais com efetividade na proteção contra as cheias, bem como na alternativa não-estrutural de desapropriação das áreas atingidas pelas cheias, nos casos em que essa alternativa se mostrou interessante em termos comparativos com as respectivas intervenções estruturais (casos de Harmonia, Paréi Novo e RS-124). Ou seja, foram consideradas apenas as soluções estruturais que demonstraram ser efetivas na proteção contra cheias com recorrência de 100 anos.

Tendo em vista que não são abordadas, no presente estudo, as fontes ou formas de financiamento das intervenções consideradas, entende-se que esta avaliação não possui um caráter literalmente financeiro, de ótica orçamentária.

A metodologia utilizada para a avaliação da viabilidade financeira das alternativas consideradas baseou-se na confrontação dos custos com os benefícios financeiros, através de duas figuras de mérito: relação benefício/custo (B/C) e custo unitário (por morador beneficiado). Tais figuras de mérito auxiliaram na hierarquização das alternativas, sob a ótica financeira.

Como é usual na análise financeira de obras infra-estruturais, será considerado um tempo de avaliação financeira das intervenções, de 50 anos (adotado pelo BNDES e Governo Federal). Nessa análise, considerou-se para a avaliação financeira, a relação benefício/custo (B/C) com base nos valores de custos descontados e o benefício através da análise do custo médio da cheia. Os parâmetros utilizados na presente avaliação de viabilidade financeira são os seguintes:

- Período de avaliação: 50 anos.
- Fluxo de caixa com base anual.
- Custo total de implantação: realizado todo no primeiro ano (ano zero).
- Custos anuais: de operação e manutenção (0,5% do custo de implantação) ao ano.
- Benefício determinado pelo custo médio da cheia com recorrência de 100 anos.
- População protegida: população atual residente na área de inundação com recorrência de 100 anos.
- Unidade monetária: Reais (R\$).
- Ano-base: 2014.
- Taxa anual de desconto: 5%.
- Figuras de mérito avaliadas: relação B/C e custo unitário.
- Desconsiderados os efeitos inflacionários para o período projetivo.

Os resultados da avaliação das viabilidades financeiras de cada alternativa, para cada cidade, são apresentados no Quadro 6.6. Maior detalhamento sobre o procedimento adotado é apresentado no relatório R8.

Quadro 6.6: Resumo dos Resultados da Viabilidade Financeira das Alternativas

Cidade	Cenário	Custo de Implantação (R\$)	Relação Benefício/Custo	Custo Unitário (R\$/habitante)
Montenegro	Dique junto à Cidade	R\$ 54.919.822,80	1,16	R\$ 7.856,91
	Dique + Corta-rio	R\$ 44.404.724,41	1,48	R\$ 5.920,63
	Desapropriação ²¹	R\$ 520.764.100,00	0,13	R\$ 71.879,10
	Convivência com a cheia ²¹	R\$ 70.240.805,82		R\$ 9.695,07
São Sebastião do Caí	Dique junto à Cidade	R\$ 38.383.705,54	1,75	R\$ 11.631,43
	Desapropriação	R\$ 208.845.200,00	0,35	R\$ 63.286,42
	Convivência com a cheia	R\$ 72.896.203,51		R\$ 22.089,76
Harmonia	Diques	R\$ 8.644.895,45	0,06	R\$ 288.163,18
	Desapropriação	R\$ 3.099.000,00	0,19	R\$ 103.300,00
	Convivência com a cheia	R\$ 576.341,42		R\$ 19.211,38
Parei Novo	Dique junto à Cidade	R\$ 9.250.978,55	0,28	R\$ 48.689,36
	Desapropriação	R\$ 14.540.500,00	0,20	R\$ 76.528,95
	Convivência com a cheia	R\$ 2.852.419,44		R\$ 15.012,73
	Dique Matiel, Bananal e Várzea	R\$ 6.028.177,99	0,38	R\$ 13.395,95
	Convivência com a cheia Matiel, Bananal e Várzea	R\$ 2.570.448,23		R\$ 5.712,11
RS-124	Dique	R\$ 19.199.418,49	0,10	R\$ 147.687,83
	Desapropriação	R\$ 5.711.900,00	0,35	R\$ 43.937,69
	Convivência com a cheia	R\$ 2.008.434,33		R\$ 15.449,49

De forma geral, excetuando o caso de Montenegro, pode-se observar que as alternativas estudadas apresentam baixa viabilidade financeira, o que é usual para intervenções desta natureza (obras infra-estruturais de proteção de cheias, justificadas pelo forte apelo e impacto social). Também vale comentar, que os resultados das análises financeiras estão diretamente associados à distribuição temporal das cheias; assim, adotar uma distribuição de eventos diversa da considerada, levará a resultados também diversos.

²¹ Valores médios entre a alternativa de dique junto à cidade e dique associado a corta-rio.

6.3 Avaliação Técnica e Ambiental das Alternativas

Além da análise da viabilidade financeira, foram avaliadas, também, as viabilidades técnica, ambiental e social.

6.3.1 Avaliação Técnica das Alternativas

Para cada uma das alternativas mencionadas anteriormente foram avaliados os aspectos relacionados à viabilidade técnica, de forma comparativa, com vistas a possibilitar um juízo de valor capaz de identificar melhores condições e, por consequência, o grau de hierarquia entre elas para fins de posterior definição das melhores alternativas.

A avaliação comparativa foi realizada, sempre, entre alternativas concorrentes. Nesse sentido, embora a alternativa de dique para proteção das comunidades de Matiel, Bananal e Várzea esteja inserida no município de Pareci Novo, não concorre com as demais alternativas que se destinam à proteção da área urbana.

Em termos técnicos, foram considerados três aspectos: efetividade de proteção contra cheias com recorrência centenária; aspectos construtivos/executivos; e aspectos operacionais.

O primeiro aspecto (efetividade de proteção) é eliminatório e não comparativo. Desta forma, definiu quais alternativas seriam avaliadas, sendo eliminados desta avaliação: o corta-rio em Montenegro; o corta-rio em Harmonia e o rebaixamento da calha do rio Caí em São Sebastião do Caí, por não representarem proteção às cheias, mesmo para as de baixa recorrência (inferiores a 5 anos).

No caso de alternativas únicas (São Sebastião do Caí e Matiel-Bananal-Várzea), foi avaliada a situação absoluta do critério.

6.3.1.1 Aspectos Construtivos

Foram considerados na avaliação técnica dos aspectos construtivos/executivos, os seguintes critérios de avaliação, sempre de forma comparativa entre alternativas:

- Complexidade construtiva/executiva
- Tempo de construção/execução
- Disponibilidade de materiais construtivos
- Interferência com sistema de drenagem
- Interferência com sistema viário

6.3.1.2 Aspectos Operacionais

Foram considerados na avaliação técnica, os seguintes aspectos operacionais, sempre de forma comparativa entre alternativas concorrentes:

- Necessidade de sistema operacional específico
- Complexidade operacional
- Demanda de energia
- Manutenção estrutural

6.3.2 Avaliação Ambiental das Alternativas

A avaliação ambiental foi realizada em termos comparativos entre alternativas concorrentes, para cada cidade, com vistas a identificar situações de maior ou menor viabilidade, a exemplo da avaliação realizada quanto às questões técnicas, no item anterior.

Foram considerados dois aspectos: social e ambiental, para aquelas alternativas avaliadas anteriormente sob a ótica técnica. Nos itens a seguir são apresentados os resultados dessas avaliações de viabilidade.

6.3.2.1 Aspectos Sociais

Os aspectos sociais foram avaliados comparativamente através dos seguintes 10 critérios específicos:

- Área beneficiada;
- Número de edificações beneficiadas;
- População beneficiada;
- Área a ser desapropriada para implantação da alternativa;
- Número de edificações a serem desapropriadas para implantação da alternativa;
- População a ser removida para implantação da alternativa;
- Obstáculo à visualização do rio Caí;
- Obstáculo ao livre acesso ao rio Caí;
- Aumento de áreas “verdes” e de parques; e
- Garantia de áreas para a expansão da malha urbana (planos diretores municipais).

Ainda, em termos sociais, vale destacar os resultados da consulta popular realizada entre o dia 20 de agosto (data da realização de evento público em Pareci Novo) e 9 de setembro, através de questionários estruturados. Ao todo, 660 questionários foram respondidos, sendo cerca de 81% de moradores de Montenegro; 5% de Harmonia; 5% de São Sebastião do Caí e 4% de Pareci Novo²². Mais de 90% moram na região há mais de 11 anos, havendo boa estratificação etária e educacional.

Nesses questionários foram perguntadas as opções (alternativas) desejadas de solução para cada cidade, além do grau de preferência, com vistas à mensuração da atratividade relativa entre alternativas concorrentes.

Os resultados indicaram:

- Montenegro: nítida preferência pela alternativa de corta-rio associado ao dique;
- São Sebastião do Caí: não executar obras de proteção (dique);
- Harmonia: executar os diques de proteção; e
- Pareci Novo (incluindo a alternativa para a RS-124): não executar obras de proteção (dique).

Importante destacar que nesse momento do processo ainda não tinha sido estudado o dique para Matiel-Bananal-Várzea que, inclusive, surgiu como demanda do referido evento em Pareci Novo.

Observa-se que, pela consulta social, há restrições à execução de intervenções estruturais de proteção contra cheias nas cidades de São Sebastião do Caí e Pareci Novo. Os resultados desse procedimento de consulta social são tratados e analisados com maior atenção no Capítulo 7.

²² Os demais relatórios foram preenchidos por moradores de outros municípios da região.

6.3.2.2 Aspectos Ambientais

Em termos ambientais, as alternativas propostas foram avaliadas com base em critérios de mensuração qualitativa de impactos diretos sobre o meio ambiente local, notadamente na biota e nos recursos hídricos.

Foram considerados cinco critérios ambientais específicos para avaliação comparativa das alternativas, a saber:

- Supressão vegetal;
- Interferência sobre a biota local;
- Alteração na qualidade das águas;
- Alteração na dinâmica fluvial (regime de escoamento); e
- Alteração de traçado da rede hidrográfica.

Um aspecto ambiental que pode chamar a atenção no caso da implantação de diques refere-se à supressão de áreas alagadas (que serão protegidas) e seus impactos em termos de alteração do regime de escoamento fluvial. Esse efeito foi verificado através da modelagem hidrodinâmica e não foram verificadas alterações significativas, seja de níveis de água ou mesmo de velocidades de escoamento. Vale ressaltar que as áreas protegidas pelos diques consistem, em parte, em zonas urbanizadas, onde já não ocorrem ambientes naturais que necessitem de pulsos de cheias para a sua manutenção, conservação ou preservação.

6.4 Hierarquização das Alternativas

Os estudos de viabilidade, realizados sobre as alternativas consideradas para proteção contra cheias no baixo rio Caí, tem por objetivo final e maior a definição de hierarquias de viabilidade global, com vistas à futura definição das alternativas a serem implantadas e seu sequenciamento ótimo.

Neste sentido, são apresentadas, inicialmente, as análises integradas e comparativas entre as alternativas consideradas que subsidiam a definição, em momento subsequente, da hierarquização das alternativas.

Importante ressaltar que as alternativas não-estruturais relativas ao sistema de alerta de cheias e zoneamento de áreas de passagem de cheias não foram consideradas nesta análise de hierarquização por consistirem em alternativas prioritárias e imprescindíveis.

6.4.1 Análise Integrada Comparativa das Alternativas

Com base nas avaliações de viabilidade apresentadas anteriormente, foi realizada análise comparativa entre as alternativas concorrentes, para cada cidade, de forma integrada. Essa análise tem por objetivo permitir a hierarquização de alternativas concorrentes.

A análise integrada e comparativa foi realizada através da montagem de uma matriz contendo as situações de viabilidade para cada alternativa considerada e para os aspectos avaliados: financeiros, técnicos, sociais e ambientais. Os resultados dessas comparações estão apresentados no Quadro 6.7.

Ao todo, foram utilizados 27 critérios de viabilidade, assim distribuídos:

- Viabilidade financeira: 3 critérios;
- Viabilidade técnica: 9 critérios, sendo cinco executivos e quatro operacionais;
- Viabilidade social: 10 critérios; e
- Viabilidade ambiental: 5 critérios.

Quadro 6.7: Matriz Multicritério de Análise Comparativa e Integrada entre Alternativas Concorrentes

Aspecto	Critério	Município / Alternativa														
		Montenegro		São Sebastião do Caí		Harmonia		Parei Novo		Matiel-Bananal-Várzea		RS-124				
		Dique-Cidade	Corta-rio e Dique	Dique	Desapropriação	Dique	Desapropriação	Dique	Desapropriação	Dique	Desapropriação	Dique	Desapropriação			
Financeiro	Relação B/C	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
	Custo Unitário	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
Score Total Financeiro	Custo Implantação	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
	Score Financeiro Normalizado [1]	-1,00	1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00
Técnico – Executivo	Complexidade Executiva	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
	Tempo de Execução	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
	Disponibilidade de Materiais	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
	Interferência Sistema Drenagem	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
	Interferência Sistema Viário	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
Técnico - Operacional	Sistema Operacional Específico	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
	Complexidade Operacional	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
	Demanda de Energia	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
	Manutenção Estrutural	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
	Score Total Técnico	-3	3	-3	-9	9	-9	9	-9	9	-9	9	-9	9	-9	9
Score Técnico Normalizado [1]	Score Técnico Normalizado [1]	-0,33	0,33	-0,33	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-0,56	0,56
	Área beneficiada	-1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Social	Nº Edificações Beneficiadas	-1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	População Beneficiada	-1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Área Desapropriada	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
	Nº Edificações Desapropriadas	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
	População Removida	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
	Obstáculo à Visualização	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
	Obstáculo ao Livre Acesso	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
	Áreas "Verdes" e Parques	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
	Expansão Malha Urbana	-1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Score Total Social	-8	8	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1	-1
Score Social Normalizado [1]	Score Social Normalizado [1]	-0,80	0,80	-0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,10	-0,10
	Supressão vegetal	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
Ambiental	Interferência Sobre Biota	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
	Alteração Qual. das Águas	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
	Alteração Dinâmica Fluvial	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
	Alteração Rede Hidrográfica	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
Score Total Ambiental	5	-5	5	-5	5	-5	5	-5	5	-5	5	-5	5	-5	5	5
Score Ambiental Normalizado [1]	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	1,00
SOMA DOS ESCORES TOTAIS	-9	9	3	-17	17	-17	17	-17	17	-17	17	-17	17	-17	17	12
SOMA DOS ESCORES NORMALIZADOS	-1,13	1,13	1,47	-3,00	3,00	-3,00	3,00	-3,00	3,00	-3,00	3,00	-3,00	3,00	-2,46	2,46	2,46

[1] Score Normalizado obtido dividindo-se o Score Total pelo número de critérios considerados no aspecto.

Em se tratando de análise comparativa, a matriz apresenta, em suas células, as situações relativas em termos de maior ou menor viabilidade. Para valorar as situações comparativas, foi adotado o seguinte sistema:

- Nota +1 para critério de melhor/menor viabilidade comparativa entre alternativas concorrentes.
- Nota - 1 para critério de pior/menor viabilidade comparativa entre alternativas concorrentes.
- Nota 0 quando há indiferença quanto à viabilidade comparativa entre alternativas concorrentes.

No caso das alternativas únicas (São Sebastião do Caí e Matiel-Bananal-Várzea) foram atribuídas notas em função das suas viabilidades absolutas. O Quadro 6.7 apresenta a matriz multicritério de análise comparativa integrada. Na última linha da matriz é apresentada a soma simples (não ponderada) das notas individuais (de cada critério).

Na matriz multicritério o escore normalizado de cada alternativa foi obtido considerando-se os quatro aspectos (financeiro, técnico, social e ambiental) com a mesma importância ou peso. Entende-se, no entanto, que os aspectos financeiros e sociais devam ter maior importância para o cálculo dos escores totais normalizados, relativamente aos aspectos técnicos e ambientais. Esta consideração está baseada no fato de que as situações de viabilidade dos aspectos técnicos acabam por reverter ou repercutir nos aspectos financeiros e que os aspectos ambientais também podem ser revertidos em aspectos financeiros e/ou sociais.

Assim, foram recalculados os escores totais normalizados com base na seguinte ponderação: aspecto financeiro: peso = 3; aspecto técnico: peso = 1; aspecto social: peso = 3; e aspecto ambiental: peso = 1. Os resultados a respeito da matriz multicritério de análise comparativa integrada e dos escores globais finais de cada alternativa, são apresentados no item a seguir, que trata da hierarquização das alternativas.

6.4.2 Hierarquização das Alternativas

A hierarquização das alternativas concorrentes é um resultado da análise comparativa integrada, sintetizada na matriz multicritério. Duas leituras podem ser realizadas sobre os resultados da matriz multicritério de análise comparativa integrada: uma considerando todos os aspectos (financeiro, técnico, social e ambiental) com igual importância; e outra considerando ponderação entre os aspectos, conforme os pesos antes referidos.

Os resultados dessa análise comparativa (linear e ponderada) são apresentados no Quadro 6.8, a seguir.

Quadro 6.8: Análise Comparativa de Viabilidade por Aspecto para cada Alternativa Concorrente

Escore Totais Normalizados	Município / Alternativa									
	Montenegro		São Sebastião do Caí	Harmonia		Parei Novo		Matiel-Bananal-Várzea	RS-124	
	Dique-Cidade	Cortamento e Dique	Dique	Dique	Desapropriação	Dique	Desapropriação	Dique	Dique	Desapropriação
Linear (sem ponderação)	-1,13	1,13	1,47	-3,00	3,00	-1,00	1,00	2,51	-2,46	2,46
Ponderado [1]	-0,59	0,59	0,38	-0,63	0,63	0,13	-0,13	0,76	-0,53	0,53

[1] aspecto financeiro: peso = 3; aspecto técnico: peso = 1; aspecto social: peso = 3; e aspecto ambiental: peso = 1.

Observa-se que:

- **Montenegro**

A alternativa com corta-rio associado ao dique é a que apresenta maior viabilidade global, tanto na análise linear quanto na ponderada. Em termos específicos, essa alternativa apresenta melhor desempenho nos aspectos financeiro, técnico e social.

- **São Sebastião do Cai**

A alternativa com corta-rio associado ao dique é a que apresenta maior viabilidade global, tanto na análise linear quanto na ponderada. Em termos específicos, essa alternativa apresenta melhor desempenho nos aspectos financeiro, técnico e social.

- **Harmonia**

A alternativa de desapropriação das áreas atingidas pelas cheias mostra melhor desempenho em todas as análises globais e específicas; somente no aspecto social há igualdade de condições com a alternativa de dique, em termos comparativos.

- **Pareci Novo**

Em termos específicos, a alternativa com dique apresenta melhor desempenho apenas no aspecto financeiro, havendo igualdade na questão social e desvantagem nos aspectos técnico e ambiental. Essa situação resulta em melhor desempenho global para a alternativa de desapropriação na análise linear; já na análise ponderada (mais adequada para fins da hierarquização), a alternativa de dique mostra melhor viabilidade.

- **Matiel-Bananal-Várzea**

A alternativa de dique apresenta desempenho positivo em qualquer critério ou aspecto considerado na análise específica e os melhores escores em termos globais (tanto lineares quanto ponderados), demonstrando tratar-se de uma solução com alta viabilidade, inclusive por atender à forte demanda da comunidade local.

- **RS-124**

A alternativa de desapropriar as áreas atingidas pelas cheias mostra melhor viabilidade, em termos específicos, nos aspectos financeiro, técnico e ambiental, sendo o dique a melhor alternativa em termos sociais. Pela análise global, a alternativa de desapropriação apresenta melhor desempenho tanto na análise linear quanto na ponderada. No entanto, a avaliação dessas alternativas, em termos financeiros é limitada, visto que não foram considerados os benefícios relativos à garantia de trânsito na rodovia durante os alagamentos, o que pode tornar a alternativa de dique mais vantajosa neste aspecto. Uma variante da alternativa de dique, seria a elevação do greide da rodovia RS-124, até a cota de proteção do dique. Essa variante exige articulação com o órgão responsável pela rodovia (DAER) para verificação da sua viabilidade técnica e financeira no âmbito rodoviário.

Assim, a hierarquização entre alternativas concorrentes apresenta o seguinte resultado, sendo importante ressaltar que a alternativa de retenção de águas a montante, através de barragens de laminação de cheias, foi considerada a alternativa de pior desempenho geral:

- **Montenegro:**
 - 1º) Corta-rio associado ao dique de proteção.
 - 2º) Dique de proteção junto à cidade.
 - 3º) Convivência com as cheias.
 - 4º) Desapropriação das áreas atingidas pelas cheias e remoção da população.
 - 5º) Corta-rio.
- **Para São Sebastião do Caí:**
 - 1º) Dique de proteção contornando a cidade.
 - 2º) Convivência com as cheias.
 - 3º) Desapropriação das áreas atingidas pelas cheias e remoção da população.
 - 4º) Rebaixamento da calha do rio Caí.
- **Harmonia:**
 - 1º) Convivência com as cheias.
 - 2º) Desapropriação das áreas urbanas atingidas pelas cheias.
 - 3º) Diques de proteção junto à cidade.
- **Parei Novo:**
 - 1º) Dique de proteção junto à área urbana.
 - 2º) Convivência com as cheias.
 - 3º) Desapropriação das áreas urbanas atingidas pelas cheias.
- **Matiel-Bananal-Várzea:**
 - 1º) Dique de proteção.
 - 2º) Convivência com as cheias.
 - 3º) Desapropriação das áreas urbanas atingidas pelas cheias.
- **RS-124:**
 - 1º) Dique de proteção.
 - 2º) Convivência com as cheias.
 - 3º) Desapropriação das áreas urbanas atingidas pelas cheias.

Dificuldade na definição da hierarquia, sendo o dique de proteção paralelo à rodovia mais viável no aspecto social. Sugere-se avaliação junto ao órgão responsável pela rodovia (DAER) no sentido de estudar a possibilidade de elevação do greide da rodovia, que passaria a funcionar como um dique de proteção.

É importante comentar, que a hierarquização estabelecida não define, necessariamente, quais alternativas serão selecionadas para futura implantação, servindo apenas de referencial técnico. Entende-se que a definição final será resultado de análises políticas, institucionais e estratégicas, subsidiadas pelas informações contidas neste relatório.

Ainda, em termos de análise integrada, mostram-se no item 5.2 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.

Através da verificação das influências de cada alternativa nos níveis de água ao longo do trecho simulado (modelagem hidrodinâmica), pode-se definir, inclusive e por critério estritamente técnico, a sequência de implantação das intervenções ao longo do rio Caí, de forma a maximizar e antecipar resultados positivos quanto à proteção e minimização das cheias.

Uma hierarquização de implantação tecnicamente adequada e considerando as alternativas modeladas, seria a seguinte:

- 1º) implantação do corta-rio associado ao dique de proteção em **Montenegro**, em razão de que essa solução já provoca rebaixamento nos níveis de água a montante, durante as cheias.
- 2º) implantação dos diques em **São Sebastião do Caí** e **Matiel-Bananal-Várzea**.
- 3º) implantação do dique em **Pareci Novo**.
- 4º) implantação do dique em **Harmonia**, embora a viabilidade global aponte nitidamente para a solução de convivência com as cheias ou mesmo a desapropriação das áreas atingidas pelas cheias conforme apontado pela análise de viabilidade global. Os diques em Harmonia foram simulados apenas por se tratarem de intervenções estruturais, não implicando em que essa alternativa deva, necessariamente, ser escolhida.
- 5º) implantação do dique da RS-124, embora essa alternativa ainda não esteja com a sua viabilidade global totalmente definida.

É importante ressaltar, conforme já comentado anteriormente, que as alternativas não estruturais de sistema de alerta e zoneamento devem ser implementadas prioritariamente, sendo inclusive independentes das alternativas estruturais e com capacidade de apresentar resultados (mesmo que limitados) no curto prazo. Os custos dessas intervenções não estruturais são relativamente reduzidos:

- Sistema de Alerta: R\$ 350.000,00;
- Zoneamento: R\$ 100.000,00.

Há a possibilidade de não realizar intervenções estruturais e conviver com as cheias e seus respectivos prejuízos (situação atual). Apenas para exemplificar essa situação, são apresentados a seguir os custos aproximados (prejuízos) das cheias com recorrência de 5 anos (probabilidade de ocorrer, em média, uma vez a cada cinco anos):

- Montenegro: R\$ 21.000.000,00 por evento;
- São Sebastião do Caí: R\$ 2.000.000,00 por evento;
- Harmonia: R\$ 75.000,00 por evento;
- Pareci Novo: R\$ 385.000,00 por evento;
- Matiel-Bananal-Várzea: R\$ 163.000,00; e
- RS-124: R\$ 95.000,00 por evento.

Assim, em um único evento com alta probabilidade de ocorrência em curto prazo, o custo global das perdas financeiras é estimado em 24 milhões de reais.



7 MOBILIZAÇÃO SOCIAL

7 MOBILIZAÇÃO SOCIAL

Considerando a importância da participação social para o enfrentamento do problema das cheias do rio Caí, a Secretaria de Obras Públicas, Irrigação e Desenvolvimento Urbano - SOP estabeleceu um conjunto de diretrizes para o fomento a participação da comunidade. Conforme disposto no Edital da Tomada de Preços nº 186/CELIC/2012 e seus anexos, esta participação deveria ser fomentada por meio de uma pauta a ser definida no início dos trabalhos, tendo em vista a objetividade a ser buscada na conclusão do Estudo de Alternativas para a Minimização do Efeito das Cheias do Trecho Baixo do rio Caí. Dessa forma, no início dos estudos, foi elaborado o Plano de Comunicação e Mobilização Social - PCMS²³, contendo as estratégias para envolver as comunidades.

Nos itens desse capítulo, discorre-se brevemente sobre as atividades de mobilização social desenvolvidas durante a elaboração dos estudos.

7.1 Reuniões Públicas e com Instituições Estratégicas

Desde o início dos serviços de consultoria até o fechamento deste relatório foram realizadas mais de 30 reuniões de acompanhamento do Estudo. As reuniões ocorreram semanalmente no escritório da Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional - METROPLAN, reunindo a seguintes instituições:

- **COMITÊ CAÍ** - Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Caí;
- **CONSÓRCIO ENGEPLUS/AEROGEO**;
- **METROPLAN** - Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional;
- **FEPAM** - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler;
- **SOP** - Secretaria de Obras Públicas, Irrigação e Desenvolvimento Urbano;
- **SEMA** - Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul.

Além disso, o Consórcio Engeplus/Aerogeo palestrou sobre o andamento do Estudo de Alternativas em três reuniões ordinárias do Comitê Caí. Nessas oportunidades, a equipe apresentou o escopo dos serviços e os principais resultados obtidos em cada etapa do Estudo. As palestras ocorreram em 01/12/2013, 26/05/2014 e 12/08/2014.

Com o objetivo de ampliar a comunicação social com os atores sociais da região do rio Caí foram promovidas duas reuniões preparatórias para as audiências públicas. A primeira ocorreu em 20/11/2013, no Clube Caça e Pesca de Montenegro e contou com a participação de mais de 50 pessoas. A segunda reunião preparatória foi realizada em 22/04/2014, no Centro de Convivência do Parque Municipal José Albino Jacoby, em Harmonia, onde estiveram mais de 30 pessoas.

Foram realizadas ainda duas reuniões com os prefeitos municipais da área de abrangência do Estudo de Alternativas. A primeira reunião ocorreu no Centro de Cultura de São Sebastião do Caí em 30/06/2014. O evento contou com a participação dos prefeitos de São Sebastião do Caí e Montenegro, bem como representantes de outras instituições da região. A segunda reunião ocorreu em 09/09/2014, no escritório da METROPLAN, em Porto Alegre, e contou com a participação dos prefeitos de Harmonia, Pareci Novo, São Sebastião do Caí e o Secretário de Meio Ambiente de Montenegro.

²³ Item 2.6 do Plano Geral de Trabalho, submetido à aprovação da Fiscalização da SOP em 24/10/2013 (EG0182-R-ERH-R1-01-01) e revisado em 19/12/2013 (EG0182-R-ERH-R1-01-01).

7.2 Encontros Públicos

Para a realização dos encontros públicos, optou-se pela Audiência Pública, forma de reunir a comunidade que é bastante consolidada nos municípios da região.

Conforme o Termo de Referência deveriam ser previstas um mínimo de três reuniões públicas para apresentação de resultados, em local a ser definido, mas privilegiando os municípios de São Sebastião do Caí e Montenegro. Estas reuniões teriam que ser realizadas no início dos trabalhos já apresentando o resultado da coleta inicial de informações; depois da criação das alternativas de intervenção e no final do processo apresentando as conclusões do estudo.

Considerando o escopo das atividades do Estudo e área de abrangência, optou-se por realizar quatro audiências públicas ao longo de todo o processo de desenvolvimento do Estudo. Considerando que São Sebastião do Caí e Montenegro são polos para os demais municípios da região, definiu-se que neles seriam realizadas a abertura e o fechamento do Estudo de Alternativas (ver Figura 7.1).

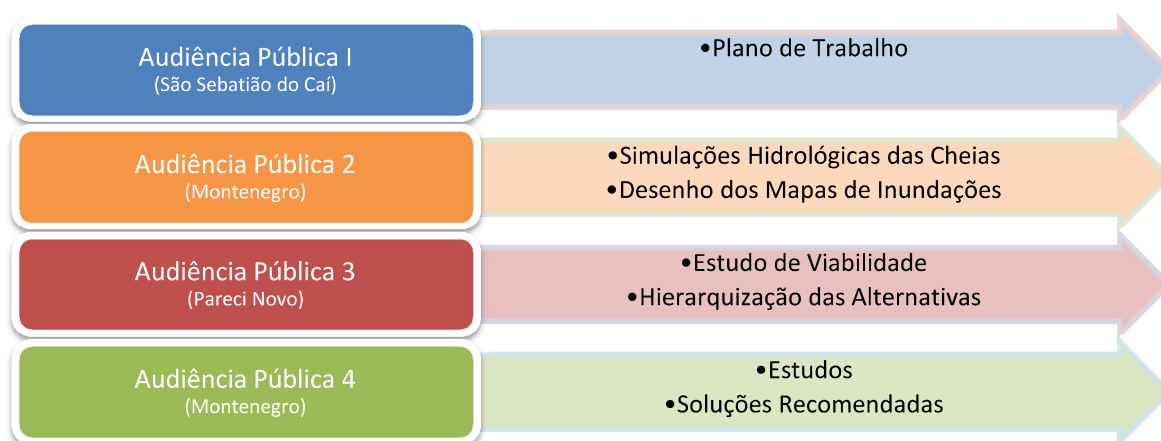


Figura 7.1: Cronologia das Audiências Públicas Estudo de Alternativas para a Minimização do Efeito das Cheias do Trecho Baixo do rio Caí

As audiências públicas 1 e 3 foram informativas e consultivas, visto que além de informar o andamento dos trabalhos e os resultados dos estudos, buscou-se levantar a opinião das comunidades da região. As consultas 2 e 4, por sua vez, são de caráter informativo. Em ambos os tipos de audiências, destinou-se tempo adequado para a manifestação individual dos participantes. Ao todo, houveram 431 participações nas quatro audiências públicas realizadas (Quadro 7.1)

Quadro 7.1: Participação de pessoas nas audiências públicas do Estudo de Alternativas

Audiência	Nº de participantes	%
Audiência 1	89	20,6
Audiência 2	138	32,0
Audiência 3	115	26,7
Audiência 4	89	20,6
Total	431	100,0

7.2.1 Audiência Pública 1

A Audiência Pública 1 foi realizada no Centro de Cultura, em São Sebastião do Caí, em 10/12/2013. O evento reuniu 89 pessoas, entre autoridades e representantes dos municípios da região e comunidade em geral. As figuras a seguir ilustram alguns momentos da audiência pública.



Figura 7.2: Audiência Pública 1 - São Sebastião do Caí (dez./13)



Figura 7.3: Audiência Pública 1 - São Sebastião do Caí (dez./13)

7.2.2 Audiência Pública 2

A Audiência Pública 2 foi realizada na Câmara Municipal de Vereadores, em Montenegro, em 29/04/2014. O evento reuniu 138 pessoas, entre autoridades e representantes dos municípios da região e comunidade em geral. As figuras a seguir ilustram alguns momentos da audiência pública.



Figura 7.4: Audiência Pública 2 - Montenegro (abr./14)



Figura 7.5: Audiência Pública 2 - Montenegro (abr./14)

7.2.3 Audiência Pública 3

A Audiência Pública 3 foi realizada na Escola Beato Roque, em Pareci Novo, em 20/08/2014. O evento reuniu 115 pessoas, entre autoridades e representantes dos municípios da região e comunidade em geral. As figuras a seguir ilustram alguns momentos da audiência pública.



Figura 7.6: Audiência Pública 3 - Pareci Novo (ago./14)



Figura 7.7: Audiência Pública 3 - Pareci Novo (ago./14)

7.2.4 Audiência Pública 4

A Audiência Pública 4 foi realizada no Auditório Athayde Cardona (Centro Cultural), em Montenegro, em 09/10/2014. O evento reuniu 89 pessoas, entre autoridades e representantes dos municípios da região e comunidade em geral. As figuras a seguir ilustram alguns momentos da audiência pública.



Figura 7.8: Audiência Pública 4 - Montenegro (out./14)



Figura 7.9: Audiência Pública 4 - Montenegro (out./14)

7.3 Meios de Divulgação

A divulgação dos eventos realizados durante a elaboração do Estudo de Alternativas para a Minimização do Efeito das Cheias do Trecho Baixo do rio Caí foi feita por intermédio de meios de comunicação impressos e eletrônicos.

Para a mídia impressa do Estudo de Alternativas definiu-se quatro veículos de comunicação a saber: jornal, revista, cartaz e panfleto.

7.3.1 Jornal

Informações sobre os resultados e os eventos públicos do Estudo de Alternativas são enviadas para a imprensa na forma de releases (comunicado visando divulgar uma notícia, através do qual jornalistas decidem se vão ou não divulgar certa notícia e como fazê-lo). Ao longo do estudo foram enviados releases aos Jornais Fato Novo e O Progresso, bem como ao Comitê Caí, principal interlocutor na região.

7.3.2 Revista

Revista em linguagem coloquial para divulgação dos resultados finais do Estudo de Alternativas. O Consórcio Engeplus/Aerogeo confeccionará 5.000 unidades, com aproximadamente 12 páginas, tamanho 21x29.7cm, 4 cores, em papel couche liso 115g, a serem distribuídas na região do rio Caí.

7.3.3 Panfleto Informativo

Instrumento impresso de divulgação que traz de forma rápida, atraente e objetiva as principais informações sobre o Estudo de Alternativas. Foram produzidas duas peças, uma na Etapa 2 e a outra na Etapa 3. Em linhas gerais, os panfletos informaram sobre os seguintes conteúdos:

- Importância do estudo para a região;
- Etapas do Estudo;
- Importância da participação da sociedade no processo de elaboração do Estudo;
- Formas de participação e as datas dos eventos públicos.

7.3.4 Cartaz de Divulgação

Instrumento impresso afixado de forma que seja visível em locais públicos, tendo como função principal divulgar visualmente a identidade visual do Estudo e seus eventos públicos. O Consórcio Engeplus e Aerogeo confeccionou 400 cartazes (couchê 90g, tamanho 44x62 cm, sem verniz, colorido 4x0). Além disso, foram confeccionados 245 adesivos sobre a segunda audiência pública, os quais foram colados sobre os cartazes de divulgação originais.

7.3.5 Sites Institucionais

Matérias sobre os estudos, divulgação dos eventos públicos e sua repercussão foram publicados nos sites institucionais da METROPLAN, SOP e Engeplus (empresa líder do consórcio técnico), bem como das prefeituras municipais envolvidas com o Estudo de Alternativas.

7.3.6 Facebook

O Consórcio Engeplus e Aerogeo criou e mantém uma página no Facebook desde o início do Estudo de Alternativas. Após esse período, a página poderá ser mantida pela SOP, Comitê Caí ou prefeituras municipais, ou ainda a consultoria que será responsável pelos projetos a serem implementados, como forma de continuar o diálogo com os interessados, permitindo que se avance na promoção da participação social na fase de projetos e execução. A página conta com mais de 1.300 membros.

7.3.7 Lista de E-mails

Mala direta com uma lista de endereços de destinatários de e-mail elaborados a partir dos primeiros encontros públicos. Foram enviados convites e comunicados ao longo da elaboração do Estudo de Alternativas. Uma cópia da lista de e-mails será entregue à SOP para utilização nas próximas etapas de projeto e execução.

7.4 Resultados da Participação Social

A participação social na elaboração do Estudo de Alternativas pode ser mensurada não apenas no quantitativo de pessoas que participaram das audiências públicas, mas também pelas suas opiniões manifestadas nas duas consultas públicas realizadas.

As consultas públicas foram um instrumento para captar a opinião da população sobre o tema das cheias. Aplicaram-se dois questionários de opinião pública, em dois momentos distintos:

- **Apresentação do Plano de Trabalho:** a primeira consulta pública foi lançada na apresentação do Plano Geral de Trabalho (em 10/12/2013), e teve por objetivo conhecer, de modo geral, a opinião da população sobre o tema;
- **Apresentação do Relatório R7:** a segunda consulta pública foi lançada na apresentação dos Estudos de Alternativas de Intervenção (em 20/08/2014), visando conhecer o grau de avaliação e a preferência sobre as alternativas apresentadas.

A execução das consultas pública envolveu a execução de cinco etapas, a saber:

- **Elaboração dos instrumentos de coleta:** de responsabilidade do Consórcio Engeplus/Aerogeo, com aprovação da Comissão de Acompanhamento;
- **Lançamento/divulgação do canal de participação e período de coleta:** executado pelo Consórcio Engeplus/Aerogeo em conjunto com a SOP, Metroplan e Comitê Caí;
- **Coleta dos formulários de consulta pública:** coletado nas audiências públicas e pela internet (facebook) pelo Consórcio Engeplus/Aerogeo e nas prefeituras municipais por meio de urnas, de responsabilidade de seus representantes e coordenado pelo Comitê Caí;
- **Apuração e sistematização dos dados:** após a etapa de coleta os dados foram digitados, tabulados e apurados por meio do software *Sphinx*;
- **Avaliação dos resultados da consulta pública:** emissão do relatório com análise descritiva e analítica dos dados.

Os resultados das consultas públicas são apresentados, resumidamente, nos itens seguintes.

7.4.1 Consulta Pública 1

A Consulta Pública 1 foi lançada na primeira audiência pública, em 10/12/2013 e permaneceu a disposição até março de 2014. O objetivo desta consulta foi levantar a opinião e percepção da população sobre o efeito das cheias e como enfrentá-los.

O levantamento contou com a participação de 159 pessoas. A maior parte dessas participou por meio do formulário impresso, depositados a disposição nos municípios da área de abrangência do Estudo. Montenegro foi destacadamente o município com a maior participação na consulta, seguido de São Sebastião do Caí. Ambos somam 79% dos participantes.

Ressalta-se que essa Consulta ocorreu na fase inicial dos estudos, quando ainda estavam sendo desenvolvidas as alternativas de solução. Com relação a opinião dos participantes, a grande maioria acredita que o efeito das cheias do baixo rio Caí podem ser parcialmente controladas. Para o controle das cheias, a maioria também indicou que devem ser adotadas medidas tanto estruturais, quanto regramentos.

As medidas estruturais indicadas pela população estão apresentadas na Figura 7.10.

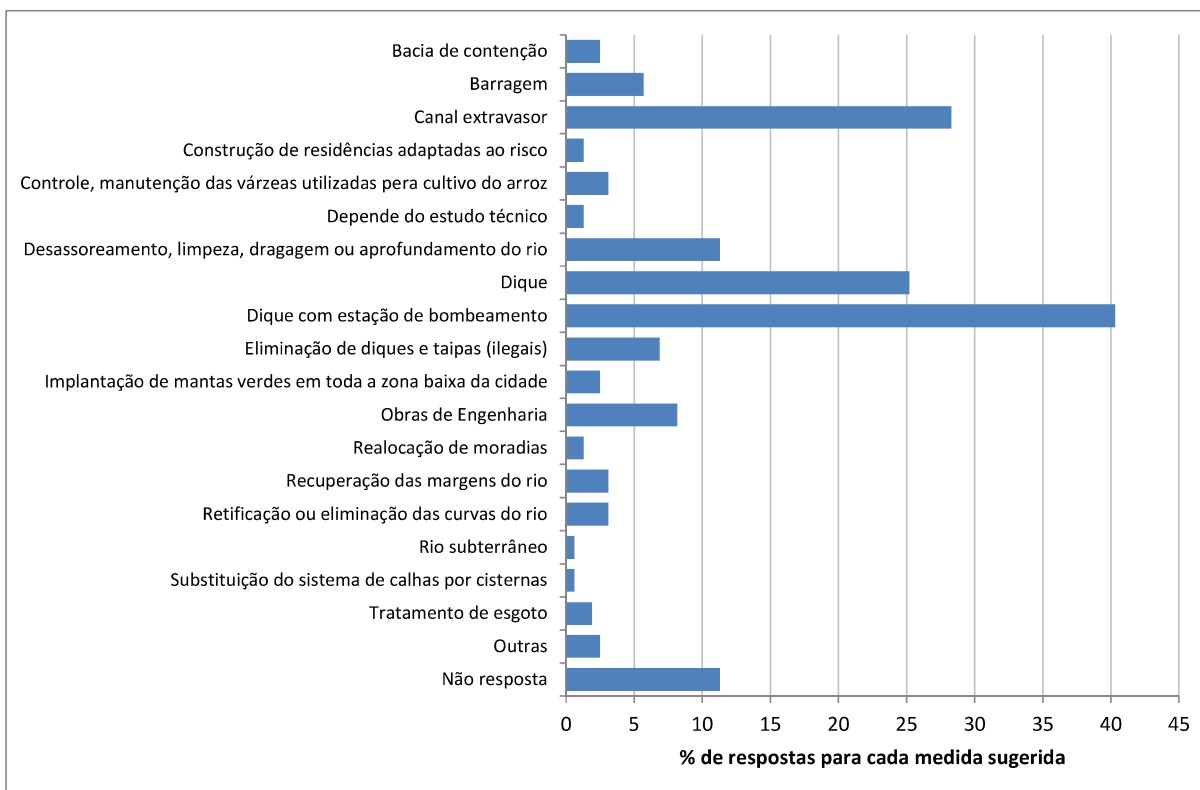


Figura 7.10: Medidas Estruturais Sugeridas na 1ª Consulta Pública

Fonte: SOP/Consórcio Engeplus/Aerogeo, 2014.

Nota: Questão admite mais de uma resposta por entrevistado. O quadro é construído sobre 159 respostas.

Entre as medidas estruturais, os participantes indicaram com maior frequência um dique com estação de bombeamento, um dique e um canal extravasor. Entre os regramentos, foram mais citados o sistema de alerta de cheias, o zoneamento de áreas de inundação e o seguro contra enchente.

Por fim, os participantes foram estimulados a indicar o seu nível de concordância com a contribuição do Estudo de Alternativas para minimizar o problema das cheias no trecho baixo do Rio Cai. A maior parte dos participantes acredita que o Estudo contribuirá no enfrentamento do problema das cheias.

7.4.2 Consulta Pública 2

A segunda consulta pública, lançada na apresentação dos Estudos de Alternativas de Intervenção (em 20/08/2014), objetivou conhecer o grau de avaliação e a preferência sobre as alternativas consideradas no estudo.

Com relação a avaliação das alternativas de controle das cheias do baixo rio Cai, a segunda consulta pública solicitou aos participantes que os mesmos atribuíssem uma nota a todas as alternativas apresentadas no formulário. O valor da nota variou entre -2 e +2, conforme a Figura 7.11, onde -2 (menos dois) significava que o participante era muito desfavorável e +2 (mais dois) muito favorável a alternativa. A nota 0 (zero) significava um situação de neutralidade em relação a alternativa, nem favorável, nem desfavorável.



Figura 7.11: Notas atribuídas as alternativas

Os gráficos em sequência apresentam o somatório das notas atribuídas a cada uma das alternativas. No canto direto inferior do gráfico pode-se observar o número total de respostas.

Para o município de Harmonia, conforme Figura 7.12, tem-se uma situação de favorabilidade tanto para a alternativa de diques como para a alternativa de não execução de nenhuma obra de engenharia, apenas a implantação de medidas complementares. No total 26 pessoas responderam ao formulário do município de Harmonia, o que representa 0,6% da população municipal.

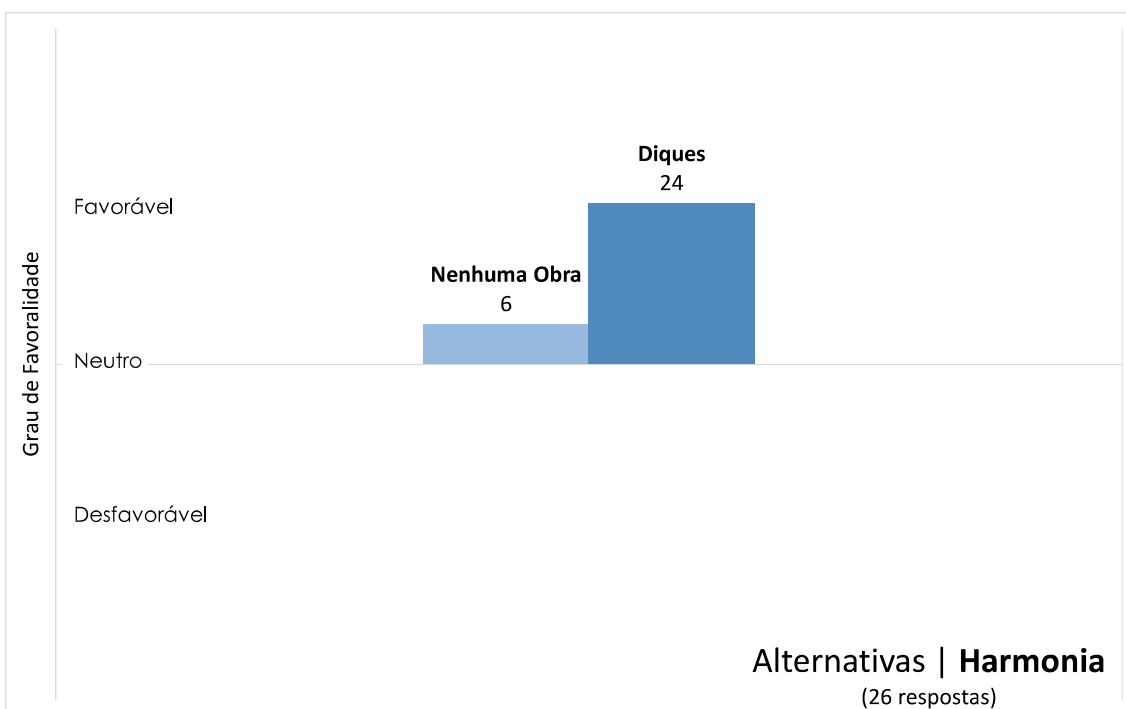


Figura 7.12: Avaliação das alternativas para minimização do efeito das cheias em Harmonia

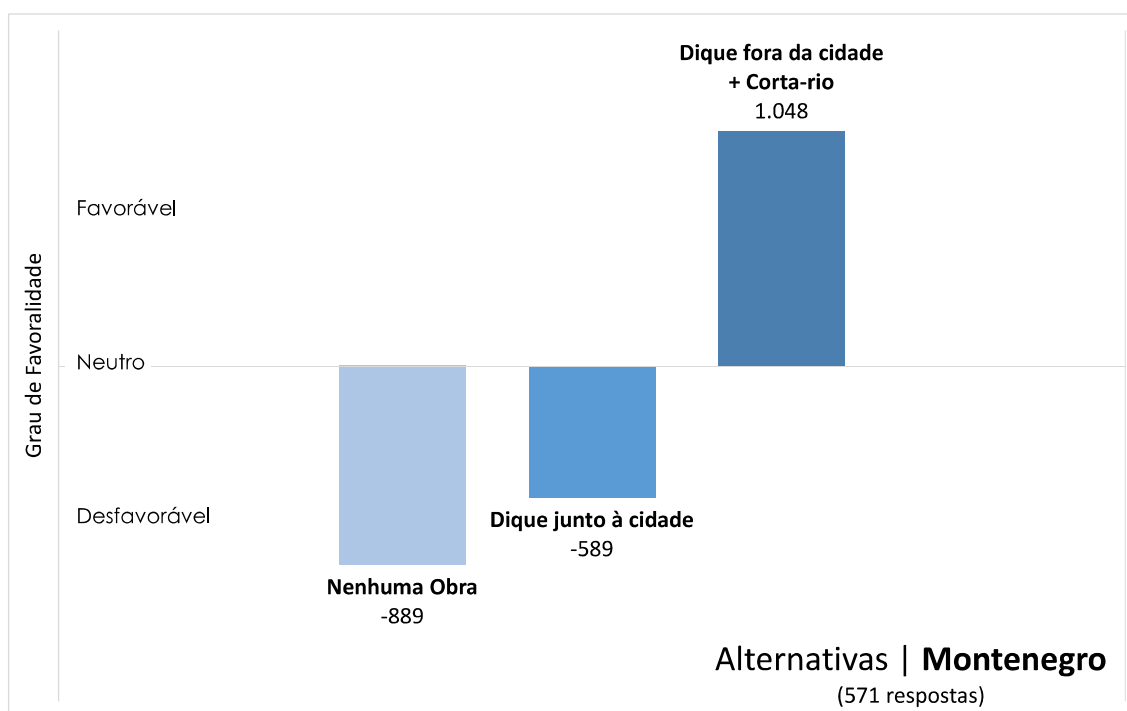


Figura 7.13: Avaliação das alternativas para minimização do efeito das cheias em Montenegro

Já em Montenegro, obteve-se um número maior de respostas, 571 no total (0,96% da população municipal). Os participantes demonstraram alto grau de favorabilidade à alternativa do dique fora da cidade associado ao corta-rio, conforme observado na Figura 7.13. A alternativa de não realizar obras de engenharia apresentou uma avaliação muito desfavorável, assim como a implantação do dique junto à cidade.

Com relação a avaliação no município de Pareci Novo (Figura 7.14), os participantes se mostraram favoráveis a não realização de obras de engenharia na cidade e desfavoráveis a implantação do dique junto à cidade. Cabe ressaltar que nesta avaliação ainda não estava contemplado o dique de proteção das comunidades de Matiel, Bananal e Várzea, localizadas na zona rural de Pareci Novo. No total foram obtidas 24 repostas (0,68% da população municipal).

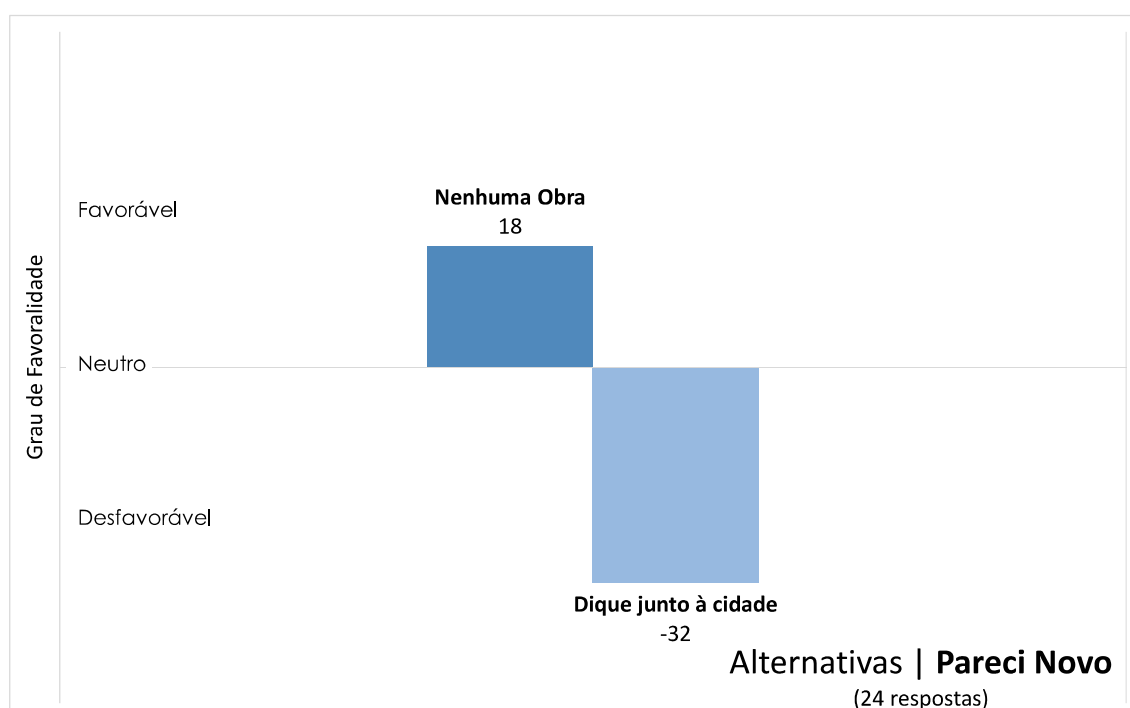


Figura 7.14: Avaliação das alternativas para minimização do efeito das cheias em Pareci Novo

O município de São Sebastião do Caí apresentou o menor número de repostas, em relação ao total da população municipal. Apenas 43 votos, ou seja, 0,19% da população municipal. A Figura 7.15 apresenta como resultado a neutralidade dos participantes em relação à alternativa do dique junto à cidade e a desfavorabilidade com relação a alternativa de não realizar nenhuma obra de engenharia e apenas implantar medidas não-estruturais, como sistema de alerta e zoneamento.

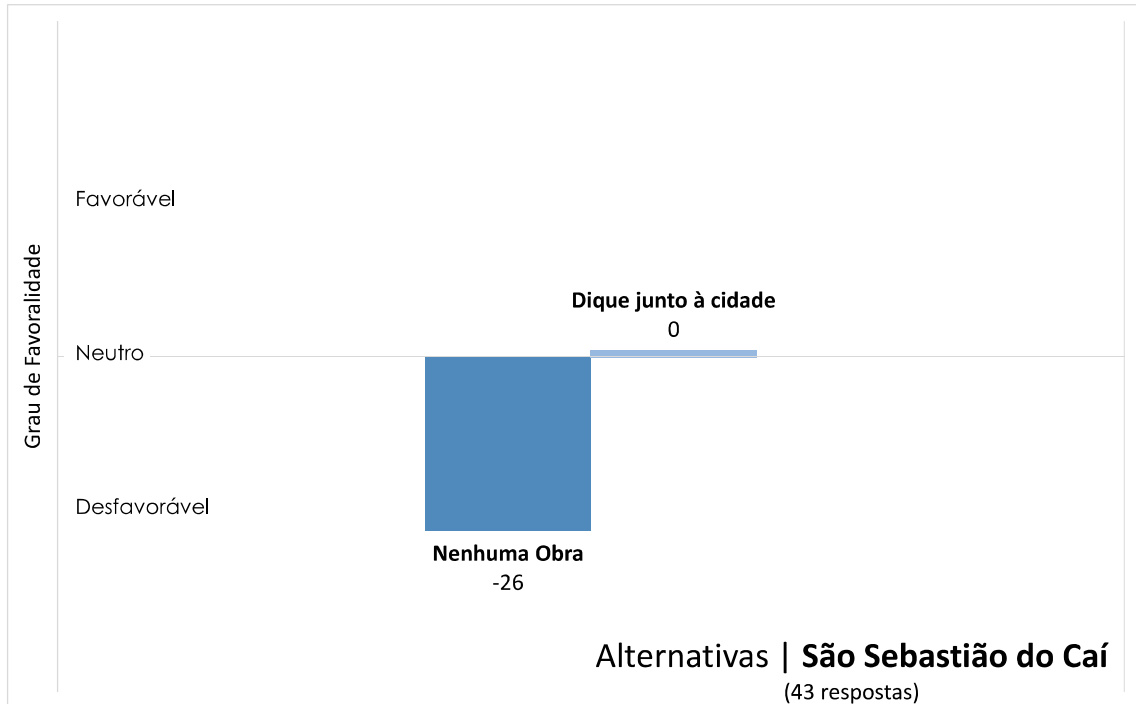


Figura 7.15: Avaliação das alternativas para minimização do efeito das cheias em São Sebastião do Caí

A Figura 7.16 apresenta o resumo geral da avaliação de todas as alternativas.

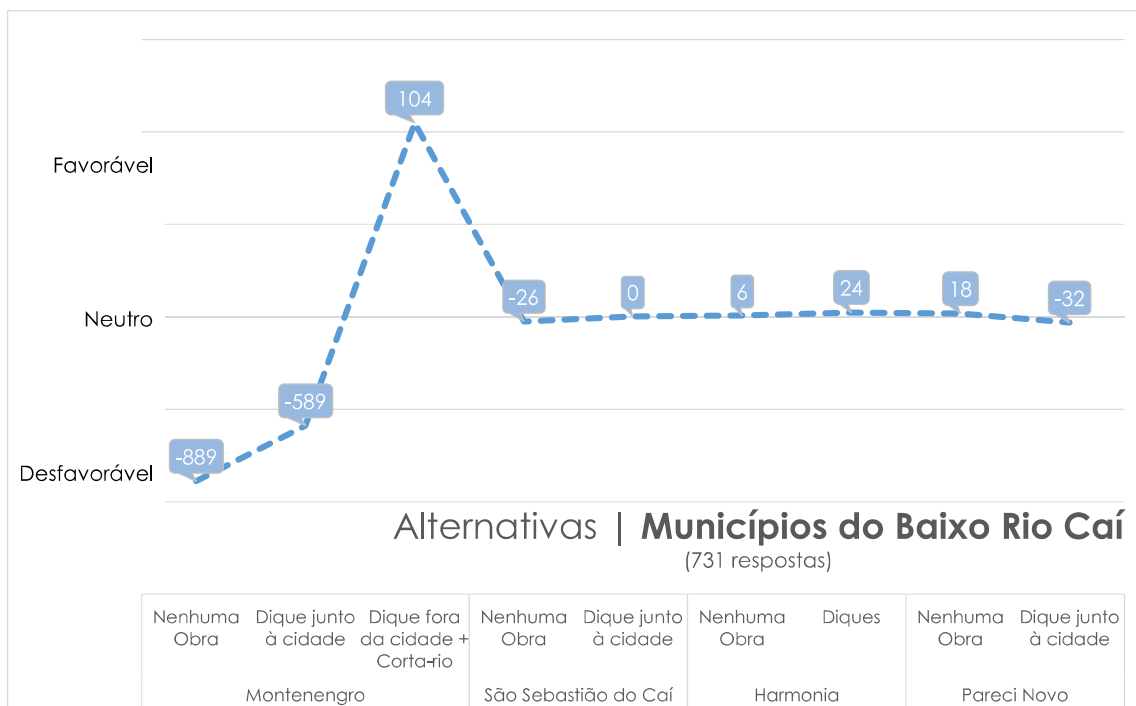


Figura 7.16: Resumo das avaliações para minimização do efeito da cheias do baixo rio Caí



8 SOLUÇÕES RECOMENDADAS PARA O PROBLEMA DE CHEIAS NO BAIXO RIO CAÍ

8 SOLUÇÕES RECOMENDADAS PARA O PROBLEMA DE CHEIAS NO BAIXO RIO CAÍ

O presente estudo, denominado “Elaboração de Serviço de Consultoria Relativo ao Estudo de Alternativas para a Minimização do Efeito das Cheias do Trecho Baixo do rio Caí” foi contratado pela SOP com o Consórcio Técnico Engeplus - Aeregeo, com acompanhamento e fiscalização pela Metroplan. A duração total do trabalho foi de 13 (treze) meses, tendo sido concluído em outubro de 2014.

A área em estudo consistiu no trecho baixo do rio Caí, compreendida entre a rodovia RS-122 e sua foz, no rio Jacuí. Abrange, assim, uma extensão da ordem de 80 km, tendo como foco as áreas urbanas dos municípios de Montenegro, Pareci Novo, São Sebastião do Caí e Harmonia, em razão dos impactos sociais e econômicos provocados pelas cheias.

O escopo de trabalho consistiu na realização de (i) serviços topobatimétricos e aerofotogramétricos, com o objetivo de consolidar uma base cartográfica; (ii) estudos hidrológicos, com vistas a configurar os elementos técnicos que constituem as cheias; (iii) simulações hidrológicas e mapeamento das cheias, com o objetivo de representar os eventos críticos na trecho em estudo; (iv) proposição de alternativas para minimização e proteção dos impactos das cheias; e (v) avaliação da viabilidade das alternativas propostas, bem como a sua hierarquização.

Como objetivo final do estudo, foram propostas, estudadas e analisadas diversas naturezas de alternativas para a minimização dos impactos das cheias no trecho em questão, a saber: ações não-estruturais (englobando a remoção das populações atingidas nas áreas de risco), ações estruturais e mesmo a possibilidade de convivência com as cheias, não realizando ações.

Os resultados do estudo foram apresentados neste Relatório Final e são sintetizados no quadro a seguir, onde apresentam-se, também, os respectivos custos totais e unitários (por habitante beneficiado).

Quadro 8.1: Resumo dos Resultados da Viabilidade Financeira das Alternativas

Cidade	Cenário	Custo de Implantação (R\$)	Relação Benefício/Custo	Custo Unitário (R\$/habitante)
Montenegro	Dique junto à Cidade	R\$ 54.919.822,80	1,16	R\$ 7.856,91
	Dique + Corta-rio	R\$ 44.404.724,41	1,48	R\$ 5.920,63
	Desapropriação ²⁴	R\$ 520.764.100,00	0,13	R\$ 71.879,10
	Convivência com a cheia ²¹	R\$ 70.240.805,82		R\$ 9.695,07
São Sebastião do Caí	Dique junto à Cidade	R\$ 38.383.705,54	1,75	R\$ 11.631,43
	Desapropriação	R\$ 208.845.200,00	0,35	R\$ 63.286,42
	Convivência com a cheia	R\$ 72.896.203,51		R\$ 22.089,76
Harmonia	Diques	R\$ 8.644.895,45	0,06	R\$ 288.163,18
	Desapropriação	R\$ 3.099.000,00	0,19	R\$ 103.300,00
	Convivência com a cheia	R\$ 576.341,42		R\$ 19.211,38
Pareci Novo	Dique junto à Cidade	R\$ 9.250.978,55	0,28	R\$ 48.689,36
	Desapropriação	R\$ 14.540.500,00	0,20	R\$ 76.528,95
	Convivência com a cheia	R\$ 2.852.419,44		R\$ 15.012,73
	Dique Matiel, Bananal e Várzea	R\$ 6.028.177,99	0,38	R\$ 13.395,95
	Convivência com a cheia Matiel	R\$ 2.570.448,23		R\$ 5.712,11
RS-124	Dique	R\$ 19.199.418,49	0,10	R\$ 147.687,83
	Desapropriação	R\$ 5.711.900,00	0,35	R\$ 43.937,69
	Convivência com a cheia	R\$ 2.008.434,33		R\$ 15.449,49

²⁴ Valores médios entre a alternativa de dique junto à cidade e dique associado a corta-rio.

Inicialmente, foi estudada a alternativa de retenção das águas a montante do trecho do rio Caí a ser protegido, através de barragens nos rios Caí, Cadeia e Maratá. No entanto, esta solução não se mostrou efetiva em termos de proteção contra cheias, incorrendo, também, em custos elevados de implantação, comparativamente às demais alternativas propostas.

Em termos de intervenções não-estruturais, foram propostas duas ações não constantes do quadro anterior: implementação de um sistema de alerta contra cheias, com custo estimado de R\$ 350.000,00; e zoneamento das áreas inundáveis, com custo estimado em R\$ 100.000,00. O zoneamento deverá estar diretamente articulado com os respectivos Planos Diretores Urbanos, com vistas a regradar a ocupação de áreas conforme os riscos de inundações.

Importante ressaltar, ainda, que há uma dinâmica de expansão futura das áreas urbanas, o que resultará em acréscimo sistemático dos custos financeiros e sociais com as cheias, levando, no futuro, a valores superiores aos definidos neste estudo, o que tende a agravar essa problemática.

Paralelo ao trabalho técnico, foi realizado um processo de participação social, por intermédio da realização de diversos eventos públicos, tanto para divulgação como para obtenção de informações. Dessa sistemática, foi possível verificar que há nítido posicionamento da população de Montenegro quanto à construção da alternativa de corta-rio associado à dique e das comunidades de Harmonia e Matiel-Bananal-Várzea quanto à construção de diques. Já as populações de São Sebastião do Caí e Pareci Novo posicionaram-se majoritariamente pela não execução das alternativas estruturais propostas (diques).

Como resultado final, considerando os aspectos de viabilidade financeira, técnica (execução e operação), social e ambiental, e através de análise multicriterial, obteve-se a seguinte situação quanto à hierarquização das alternativas:

- **Para Montenegro:** 1º) Corta-rio associado ao dique de proteção; 2º) Dique de proteção junto à cidade; 3º) Convivência com as cheias; 4º) Desapropriação das áreas atingidas pelas cheias e remoção da população; 5º) Corta-rio.
- **Para São Sebastião do Caí:** 1º) Dique de proteção contornando a cidade; 2º) Convivência com as cheias; 3º) Desapropriação das áreas atingidas pelas cheias e remoção da população; 4º) Rebaixamento da calha do rio Caí.
- **Para Harmonia:** 1º) Convivência com as cheias; 2º) Desapropriação das áreas urbanas atingidas pelas cheias. 3º) Diques de proteção junto à cidade.
- **Para Pareci Novo:** 1º) Dique de proteção junto à área urbana; 2º) Convivência com as cheias; 3º) Desapropriação das áreas urbanas atingidas pelas cheias.
- **Para Matiel-Bananal-Várzea:** 1º) Dique de proteção; 2º) Convivência com as cheias; 3º) Desapropriação das áreas urbanas atingidas pelas cheias.
- **Para RS-124:** 1º) Dique de proteção; 2º) Convivência com as cheias; 3º) Desapropriação das áreas urbanas atingidas pelas cheias. Dificuldade na definição da hierarquia, sendo o dique de proteção paralelo à rodovia mais viável no aspecto social. Sugere-se avaliação junto ao órgão responsável pela rodovia (DAER) no sentido de estudar a possibilidade de elevação do greide da rodovia, que passaria a funcionar como um dique de proteção.

Através da modelagem hidrodinâmica foram verificadas as influências de cada alternativa simulada nos níveis de água ao longo do trecho simulado, o que possibilitou definir, inclusive e por critério estritamente técnico, a sequência de implantação das intervenções estruturais: 1º) implantação do corta-rio associado ao dique de proteção em Montenegro; 2º) implantação dos diques em São Sebastião do Caí e Matiel-Bananal-Várzea; 3º) implantação do dique em Pareci Novo; 4º) implantação do dique em Harmonia, embora a viabilidade global aponte nitidamente para a solução de desapropriação das áreas atingidas pelas cheias conforme apontado pela análise de viabilidade global.

É importante ressaltar, que as alternativas não-estruturais de sistema de alerta e zoneamento devem ser implementadas prioritariamente, sendo inclusive independentes das alternativas estruturais e com capacidade de apresentar resultados (mesmo que limitados) a curto prazo.

Com vistas à implantação das proposições deste estudo, devem ser realizados, ainda, diversos passos: obtenção de recursos financeiros, licenciamento ambiental, projetos básicos, projetos executivos e contratação das obras.

Naturalmente que, para a implementação de obras de tamanha magnitude e benefícios sociais e econômicos, com os respectivos custos envolvidos e sintetizados anteriormente no Quadro 8.1, será importante a tarefa de busca de recursos financeiros em fontes oficiais de financiamento desse tipo de empreendimento.

Considerando-se apenas a busca de recursos em organismos e orçamento nacionais para esse tipo de obra, tem-se as seguintes fontes principais:

- Orçamento Geral da União – OGU, investimentos das empresas estatais federais;
- Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, do Ministério do Planejamento, que direciona recursos para execução de obras estruturantes;
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, empresa pública federal, que financia o desenvolvimento regional e socioambiental;
- Caixa Econômica Federal, que repassa/executa programas do OGU, bem como dispõe de linhas de crédito para estes públicos;
- Orçamentos específicos do Governo Estadual, através de seus órgãos executores, como a Secretaria de Obras Públicas – SOP e a Metroplan;
- Orçamentos específicos municipais, especialmente para contrapartidas em convênios e financiamentos; e
- Emendas Parlamentares, que direcionam o pedido de recursos para órgãos específicos e fundos de financiamentos, constantes do OGU e não previstos nas peças orçamentárias.

Naturalmente que, para o alcance dessas fontes de recursos, será necessário uma competente articulação institucional, técnica, social e política, tendo em vista os diversos escalões administrativos envolvidos.

Assim salienta-se, em termos de órgãos e instituições que podem participar dentro de uma integração e articulação institucional para a materialização do empreendimento, as seguintes, nos diversos níveis administrativos:

- **Governo Federal**
 - Ministério da Integração nacional – Secretaria de Infraestrutura Hídrica e/ou Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil e Representação no Estado do Rio Grande do Sul;
 - Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental;
 - Órgãos Financeiros (BNDES, CEF, Banco do Brasil, etc.);
 - Órgãos e Instituições com atuação em recursos hídricos (ANA, CPRM, etc.);
- **Governo Estadual do RS**
 - Secretaria de Obras Públicas, Irrigação e Desenvolvimento Urbano – SOP;
 - Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional – Metroplan;
 - Secretaria do Meio Ambiente – SEMA – FEPAM e DRH;
 - Defesa Civil da Casa Militar do Estado;
- **Governos Municipais de Montenegro, São Sebastião do Caí, Pareci Novo, Harmonia e Capela de Santana;**



- **Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Caí – Comitê Caí/RS;**
- **Organizações da Sociedade Civil de Interesse público, não Governamentais, com atuação correlata ao empreendimento; e**
- **Outros agentes financeiros de fomento ao desenvolvimento regional.**

A articulação de todos esses agentes públicos e representantes das forças sociais e políticos da região do baixo vale do rio Caí, deve resultar em um amplo acordo social, regido por uma matriz institucional, que defina claramente as funções e atribuições de cada participante.

Por certo, só um amplo acordo social, político e institucional na região que defina as responsabilidades setoriais, poderá levar a materialização das obras e ações de minimização dos efeitos das cheias na área do presente estudo.



9 ANEXOS

9 ANEXOS

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

Alternativas:

- Município de Montenegro - Dique Junto à Cidade;
- Município de Montenegro – Dique Fora da Cidade e Corta-rio;
- Município de Pareci Novo - Dique Junto à Cidade;
- Município de São Sebastião do Caí – Dique Junto à Cidade, Dique Junto à RS-124 e Rebaixamento do fundo do rio;
- Município de São Sebastião do Caí - Dique Junto À RS-124;
- Município de Harmonia - Diques N1, N2 e N3;
- Município de Harmonia - Corta-rio e
- Localidades de Matiel, Várzea e Bananal (Pareci Novo – Dique da Margem Direita).

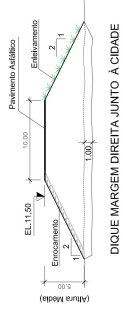
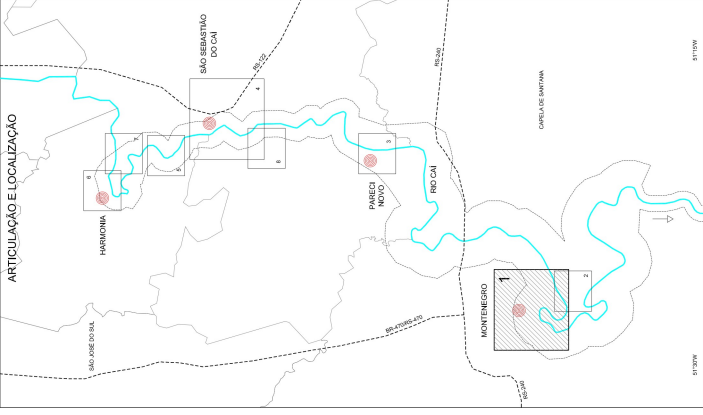
Mapas de Inundação:

- Mapa do trecho do baixo rio Caí de Harmonia até Montenegro;
- Mapa do trecho do baixo rio Caí Montenegro até a foz no rio Jacuí;
- Mapa da Zona Urbana de Montenegro
- Mapa da Zona Urbana de Pareci Novo;
- Mapa da Zona Urbana de São Sebastião do Caí. e
- Mapa da Zona Urbana de Harmonia.



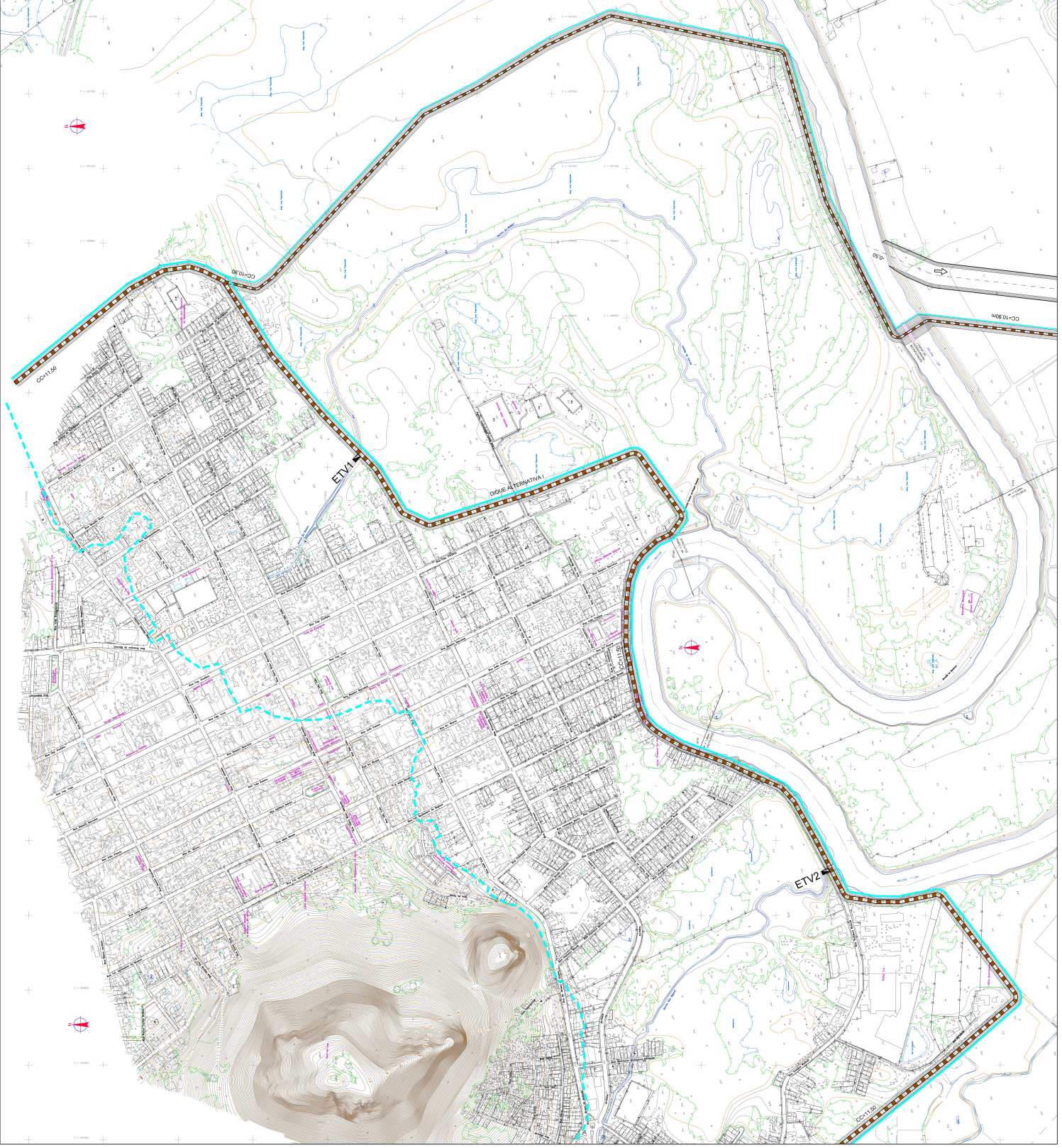
ALTERNATIVAS

ARTICULAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

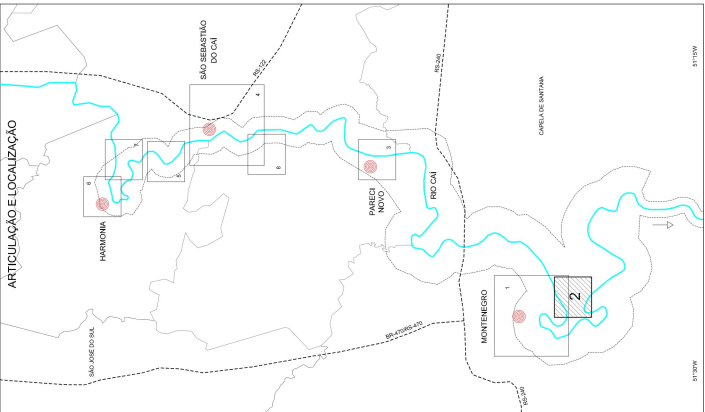


LEGENDA:

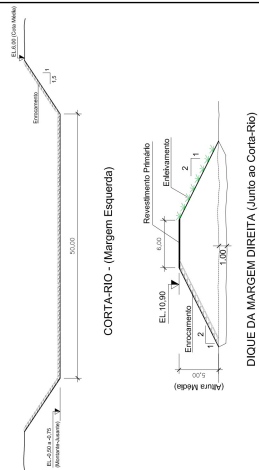
- DIQUE
- ETV - ESTRUTURA DE TRANSMISSÃO DE VAZÃO
- LINHA DE ÁGUA DA CHEIA CTR. 100 ANOS (03.31m)
- LINHA DE ÁGUA NÃO INUNDADA CTR. 100 ANOS



ARTICULAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

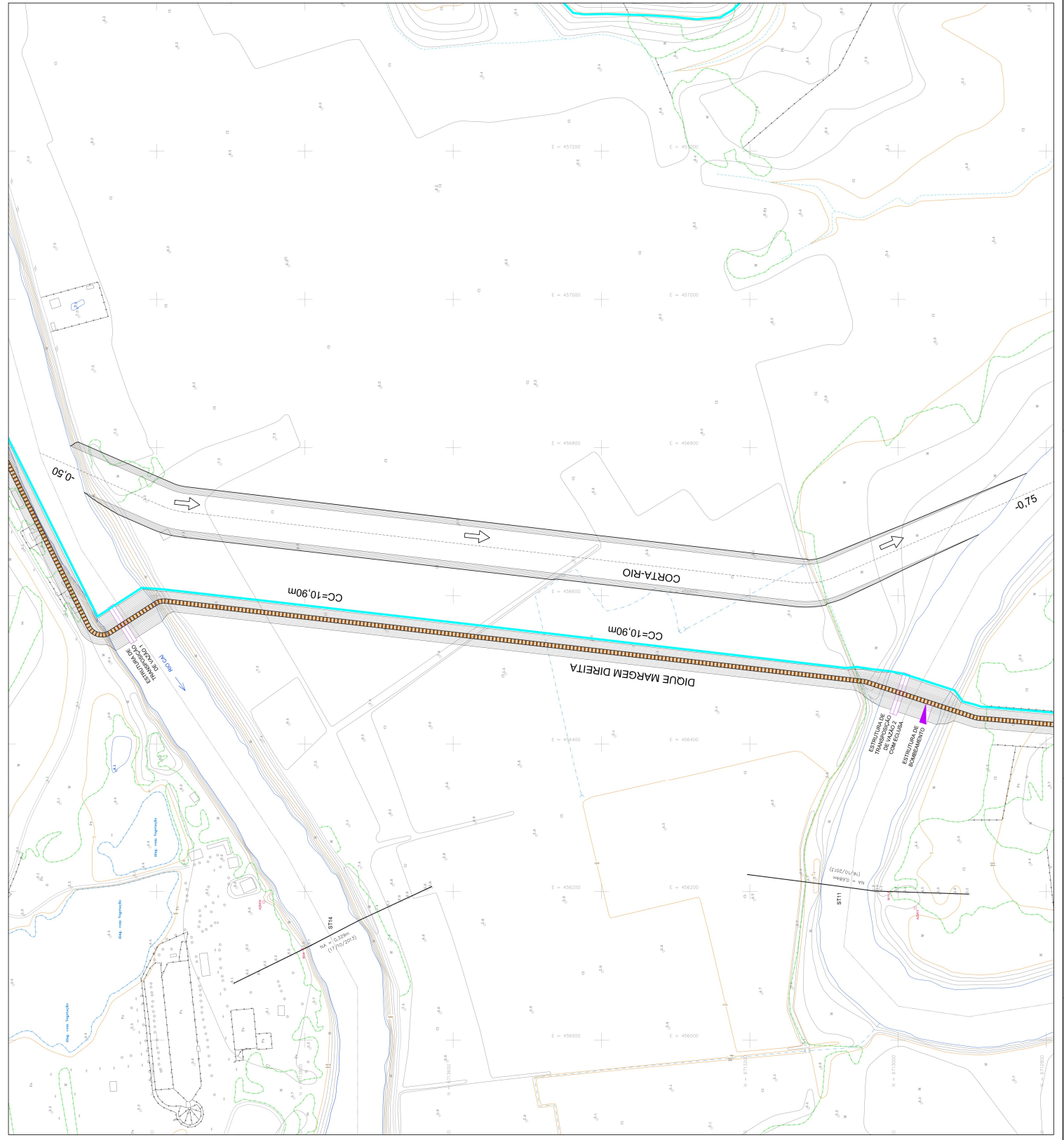


SEÇÕES TRANSVERSAIS



LEGENDA:

- DIQUE
- ETV - ESTRUTURA DE TRANSMISSÃO DE VAZÃO
- CORTA-RIO
- LINHA DE ÁGUA DA CHEIA (99 ANOS (9.9AN)
- LINHA DE ÁGUA NÃO INUNDA (CTR. 100 ANOS)



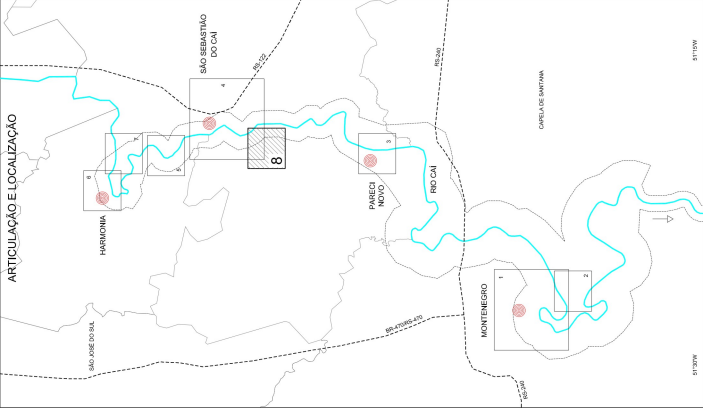
ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
 SECRETARIA DE GESTÃO TERRITORIAL
 INSTITUTO DE GESTÃO TERRITORIAL

ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO
 DAS CHEIAS DO TRECHO BRANCO DO RIO CAÍ
 MUNICÍPIO DE MONTENEGRO - DETALHE DO CORTA-RIO

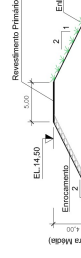
PROFESSOR TITULAR: CARLOS DE SA
 PROJETO EXECUTIVO: A1 (1:2.500)
 A2 (1:5.000)
 A3 (1:5.000)

02

ARTICULAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

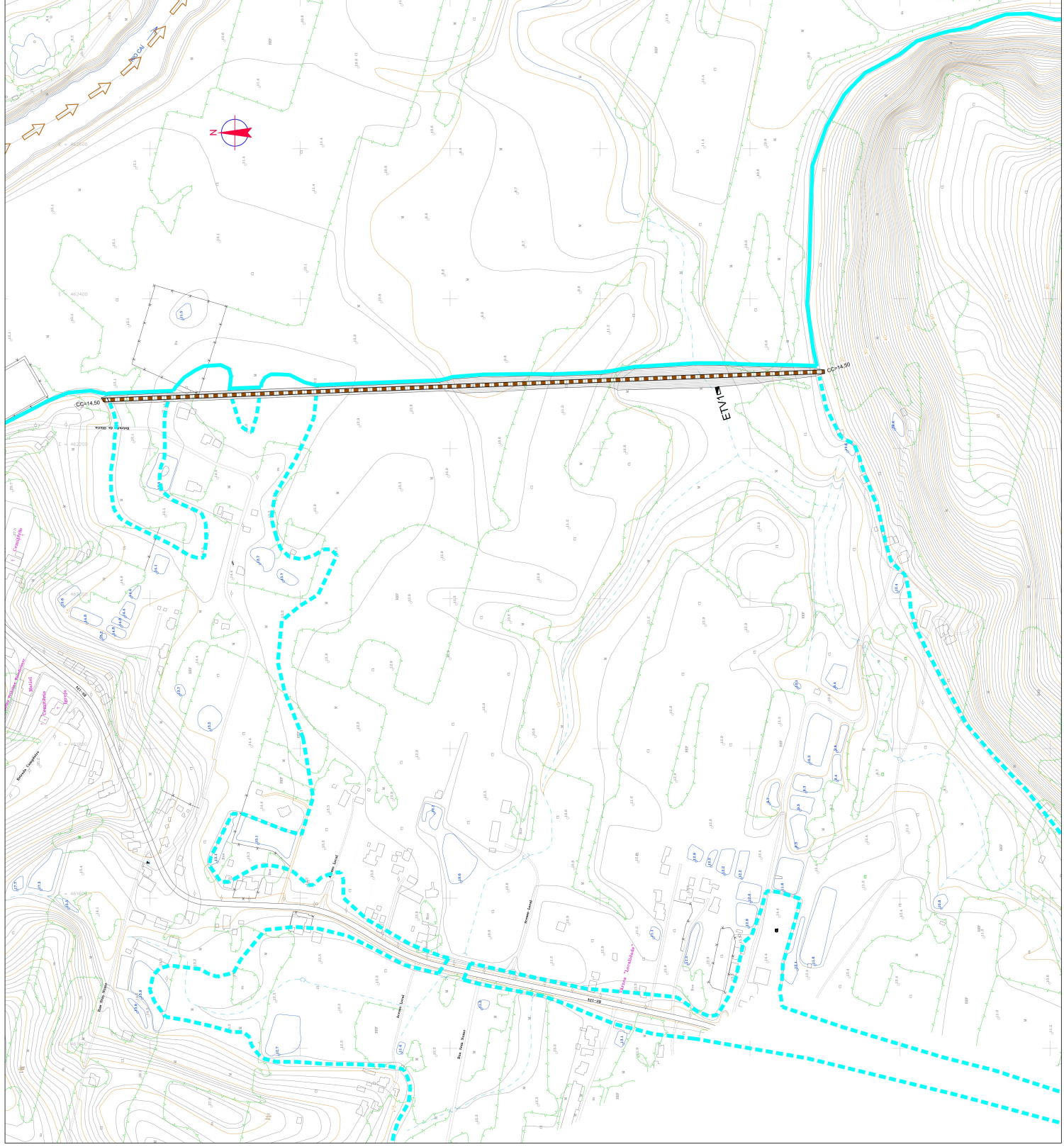


SEÇÃO TRANSVERSAL

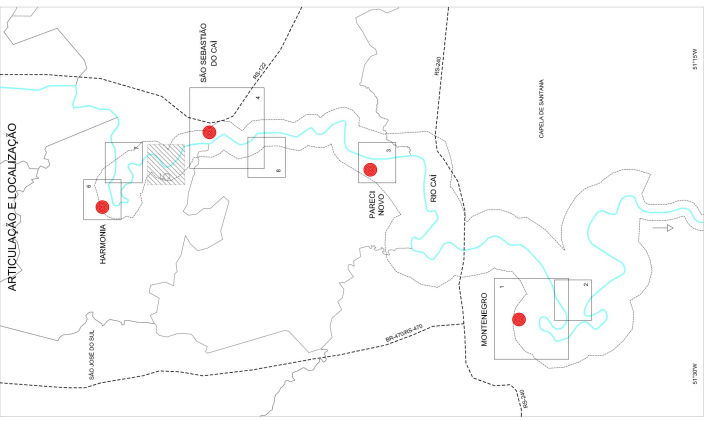


DIQUE DA MARGEM DIREITA (MATEL, BANANAL E VARZEA)

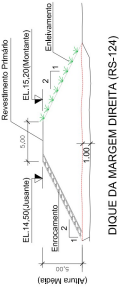
- LEGENDA:
- DIQUE
 - ETV - ESTRUTURA DE TRANSMISSÃO DE VAZÃO
 - REBAMAMENTO DO FUNDO DO RIO
 - LINHA DE ÁGUA DA CUBETA CTR. 100 ANOS (13.32m)
 - LINHA DE ÁGUA AMB. INUNDAÇÃO CTR. 100 ANOS



ARTICULAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

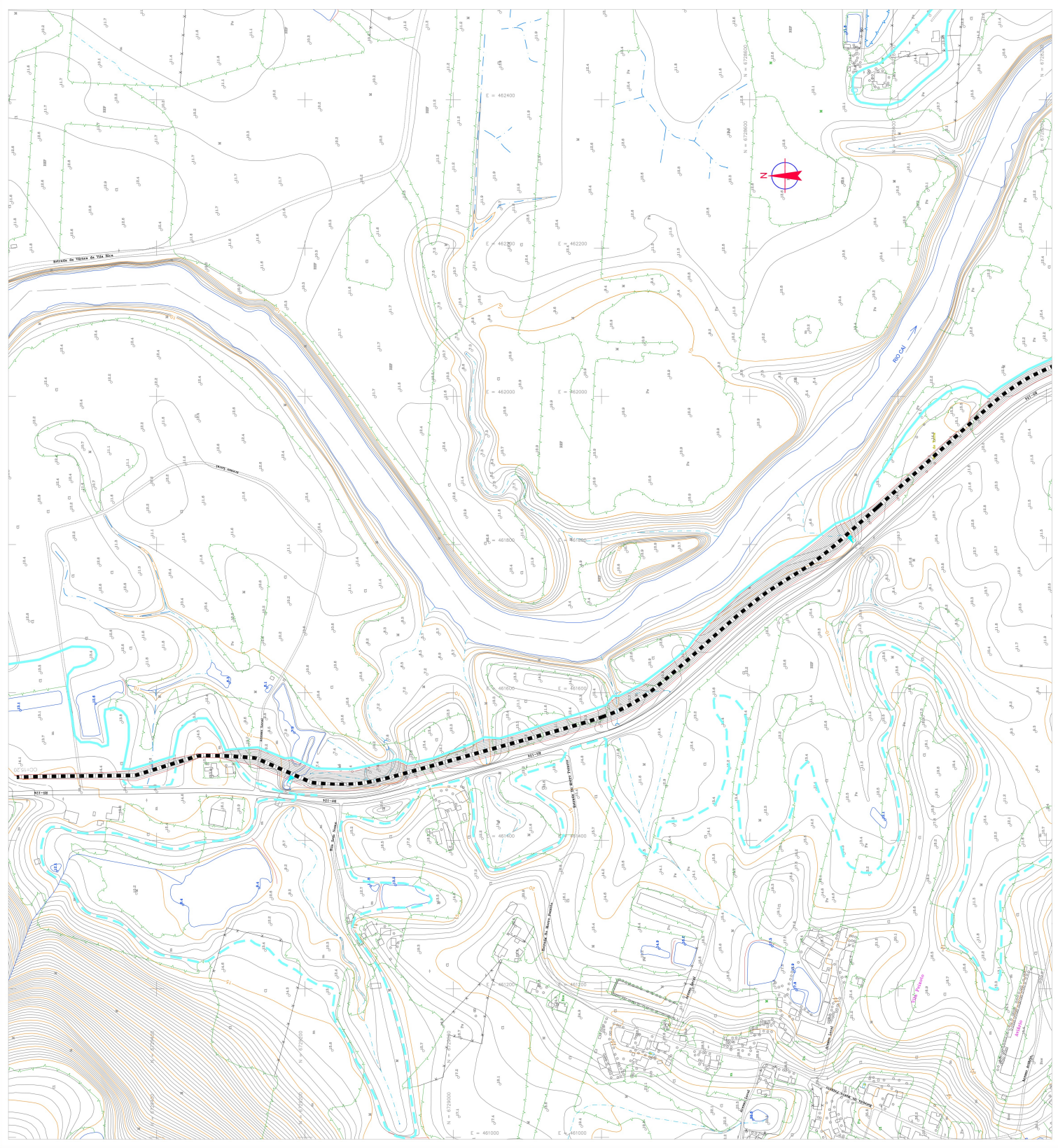


SEÇÃO TRANSVERSAL



LEGENDA:

- DIQUE
- ETV - ESTRUTURA DE TRANSMISSÃO DE VAZÃO
- LINHA DE ÁGUA DA CHEIA CTR. 100 ANOS (13.300)
- LINHA DE ÁGUA NÃO INUNDADA CTR. 100 ANOS

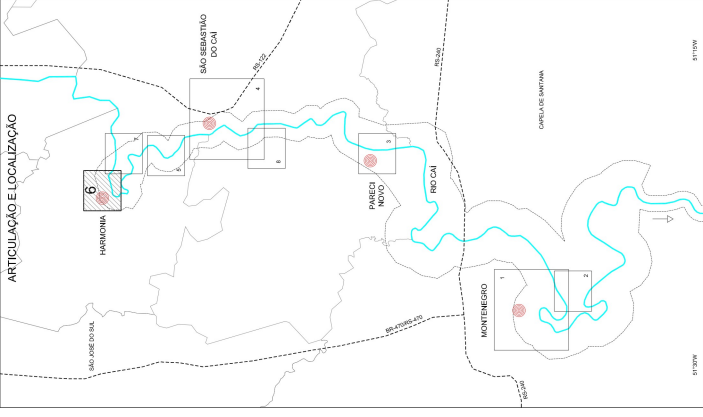


ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS DO TRECHO BRANCO DO RIO CAÍ - SOLUÇÃO REGIONAL - DIQUE JUNTO A RS-124

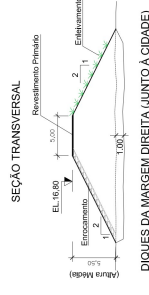
ESCALA: A4 (1:2.500) / A3 (1:5.000)

Nº: 06

ARTICULAÇÃO E LOCALIZAÇÃO



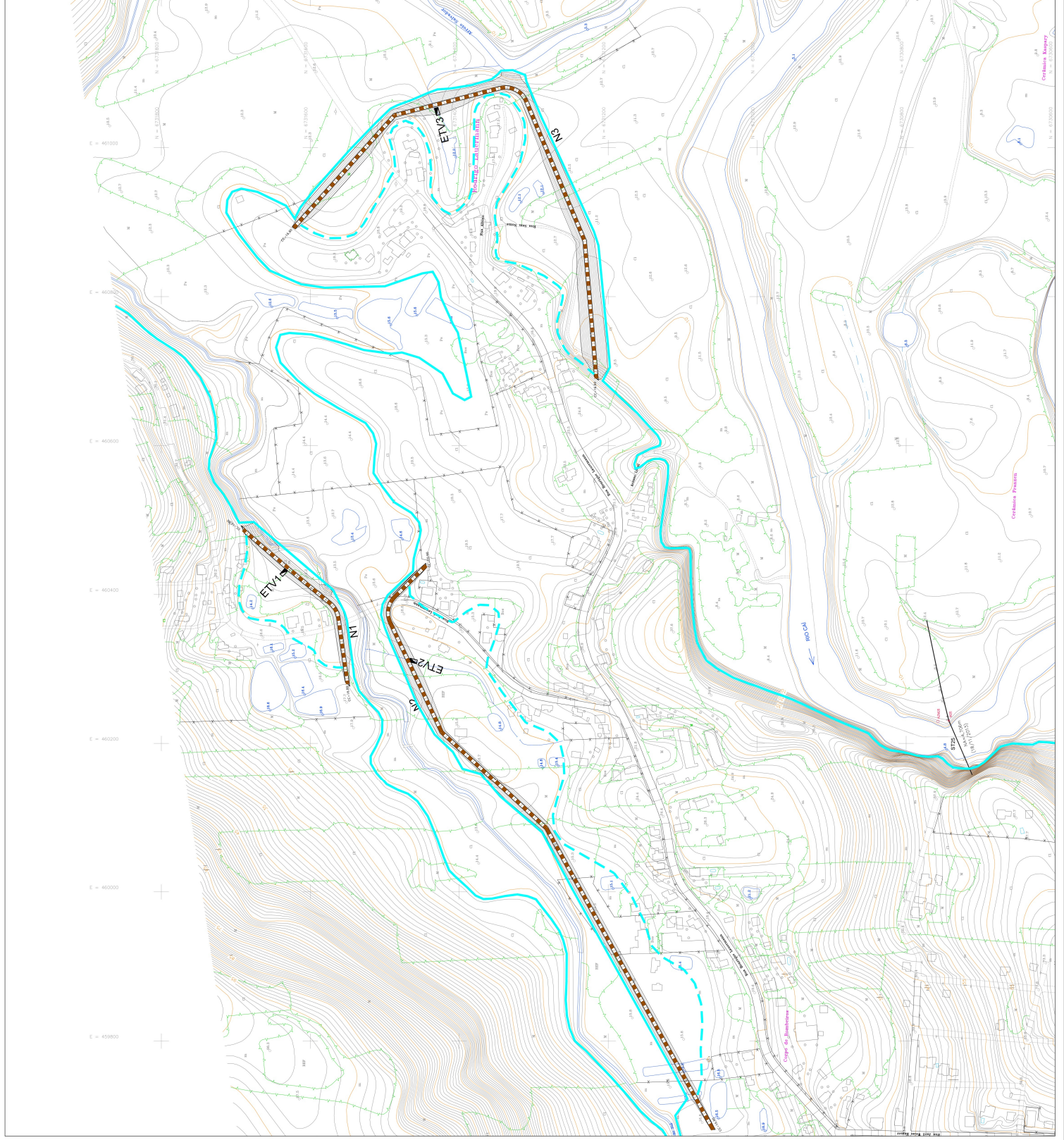
SEÇÃO TRANSVERSAL



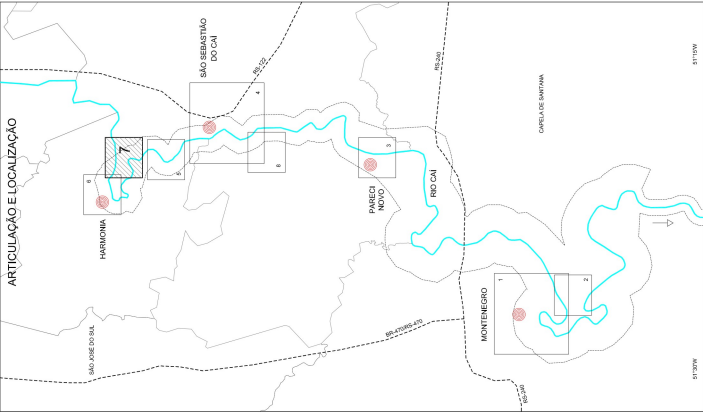
DIQUES DA MARGEM DIREITA (JUNTO À CIDADE)

LEGENDA:

-  DIQUE
-  ETV - ESTRUTURA DE TRANSMISSÃO DE VAZÃO
-  LINHA DE ÁGUA DA CHEIA (CTR. 100 ANOS 15.00m)
-  LINHA DE ÁGUA NÃO INUNDA (CTR. 100 ANOS)



ARTICULAÇÃO E LOCALIZAÇÃO



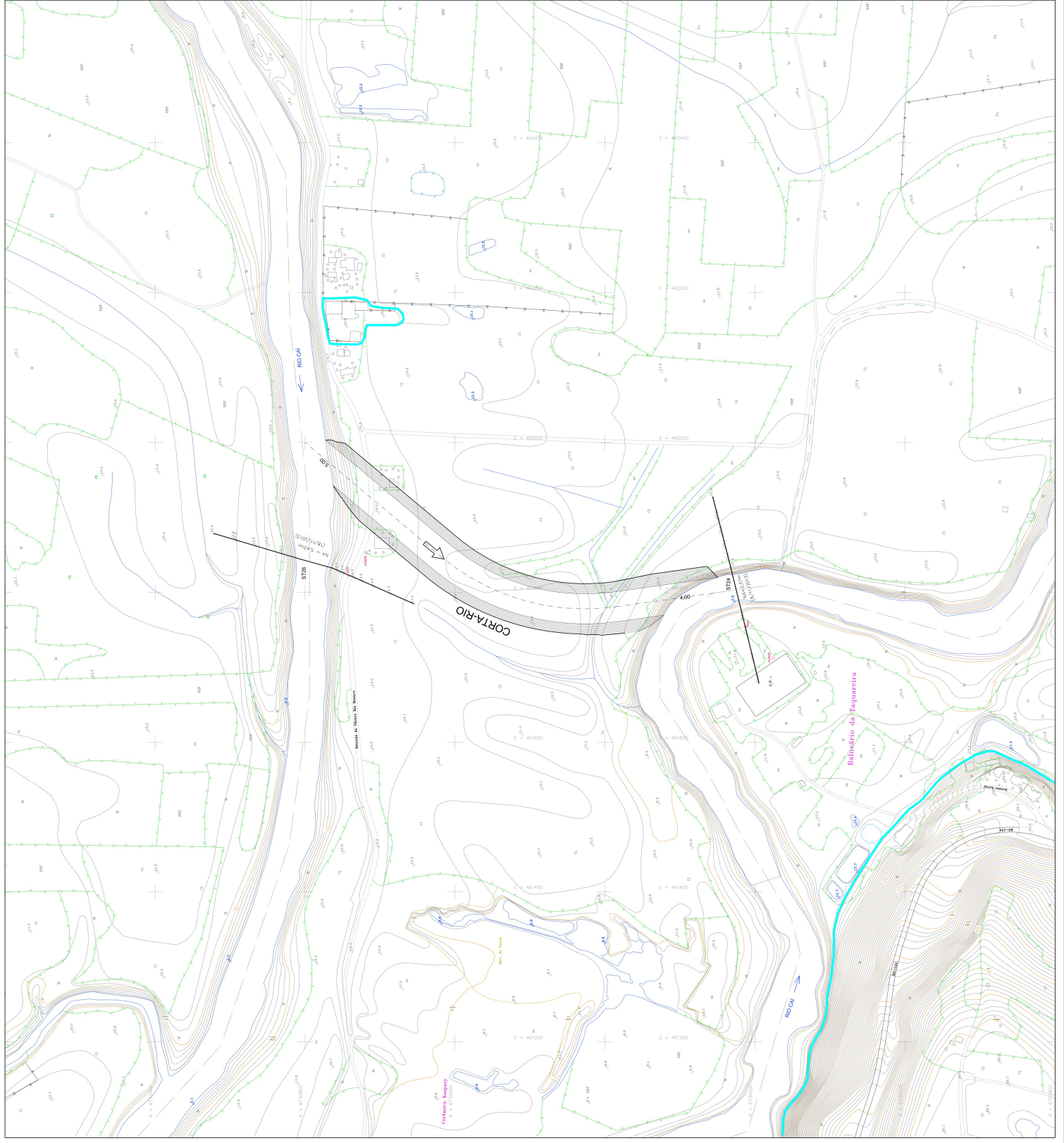
SEÇÃO TRANSVERSAL



CORTA-RIO - (Margem Esquerda)

LEGENDA:

- ETV - ESTRUTURA DE TRANSMISSÃO DE VAZIO
- CORTA-RIO
- LINHA DE ÁGUA DA CHEIA CTR. 100 ANOS (4,71%)
- LINHA DE ÁGUA NÃO INUNDA CTR. 100 ANOS



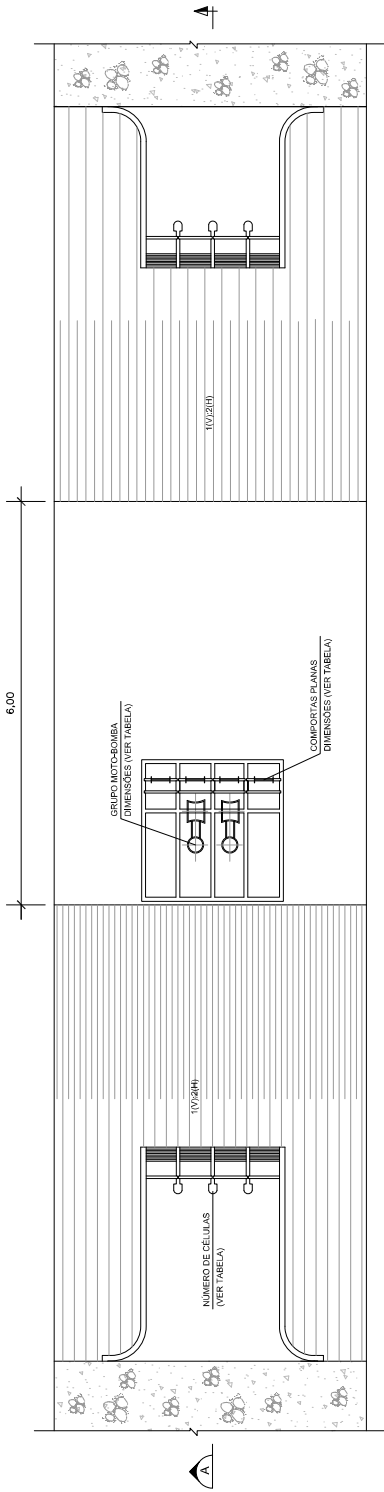
GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
 SECRETARIA DE GESTÃO PÚBLICA
 INSTITUTO DE GESTÃO DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA
 MUNICÍPIO DE HARMONIA - CORTA-RIO

TÍTULO DO PROJETO: ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS DO TRECHO BRANCO DO RIO CAI
 Nº DO PROJETO: 11.2.5001
 Nº DO LOTE: 08
 Nº DO VOLUME: 08

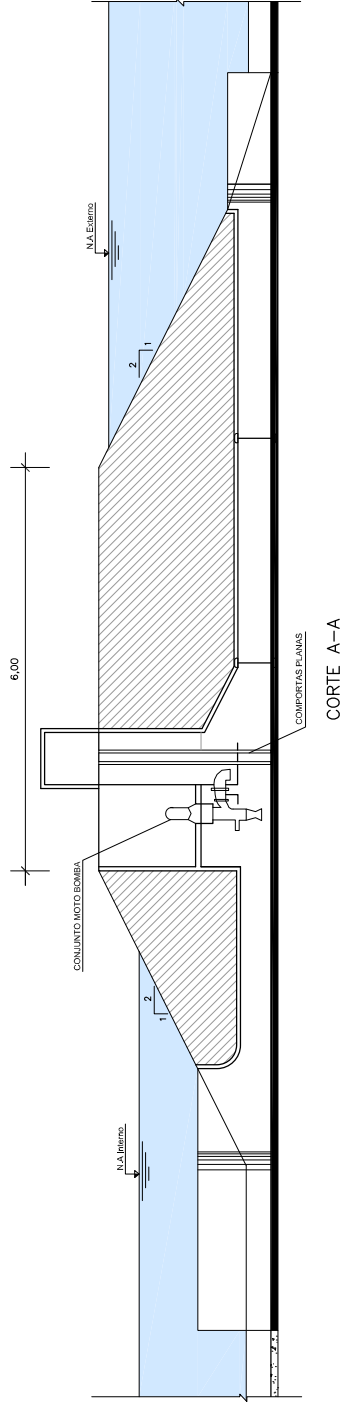
DATA DE EMISSÃO: 15/05/2023
 DATA DE ATUALIZAÇÃO: 15/05/2023
 ESCALA: A3 (1:2.500) / A4 (1:5.000)

AUTORES: [Nomes não legíveis]
 REVISORES: [Nomes não legíveis]
 APROVADO POR: [Nomes não legíveis]

EMPRESA: [Logotipo não legível]



PLANTA BAIXA



CORTE A-A

Cidade	Alternativa	ETV		Células		Comportas planas		Grupos moto-bomba	
		Quant.	Largura (m)	Quant.	Dimensões (m)x(m)	Quant.	Pot. Unit. (kW)		
Montenegro	Dique Cidade	6	3,00	6	1,7 x 1,7	6	404		
	ETV-1	8	3,00	8	1,7 x 1,7	8	564		
	ETV-2	2	3,40	2	2,9 x 2,5 (2)	-	-		
	ETV - montante	2	3,40	2	2,9 x 2,5 (2)	-	-		
São Sebastião do Cai	Dique Cortes-Rio	2	2,80	2	1,4 x 1,4	4	379		
	ETV1 - ME	2	2,80	2	1,4 x 1,4	2	173		
	ETV2 - ME	2	2,80	2	1,5 x 1,5	2	167		
	ETV3 - ME	3	2,80	3	1,5 x 1,5	3	204		
	ETV4 - ME	2	2,80	2	1,4 x 1,4	2	130		
	ETV5 - ME	2	2,80	2	1,4 x 1,4	2	108		
	ETV1 - MD	5	3,00	4	1,7 x 1,7	5	304		
Harmonia	Dique RS-124 (M.D.)	5	3,00	5	1,7 x 1,7	5	334		
	ETV2 - MD	2	2,80	2	1,5 x 1,5	2	222		
	ETV3 - MD	3	3,00	3	1,7 x 1,7	3	260		
	ETV4 - MD	2	2,80	1	1,4 x 1,4	2	117		
Pareci Novo	Dique	2	2,80	1	1,4 x 1,4	2	117		
	ETV2 - N2	1	2,40	1	1,0 x 1,0	1	143		
	ETV3 - N3	2	3,00	2	1,6 x 1,6	2	185		
Mallet-Bananal-Varzeas	Dique	2	2,80	1	1,3 x 1,3	2	111		
	ETV-2	6	3,00	6	1,85 x 1,85	6	527		

DIMENSÕES BÁSICAS DAS ESTRUTURAS DE TRANSMISSÃO DE VAZÕES

(1) Base x Altura
(2) Comporta segmento

Engielius

 SESC



MAPAS DE INUNDAÇÃO

