



Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba

RELATÓRIO FINAL – VOLUME 4
CAPACIDADE DO SISTEMA ATUAL E MEDIDAS DE CONTROLE DE CHEIAS

TOMO 4.15
MODELAGEM DAS LINHAS DE INUNDAÇÃO DA BACIA DO RIO ALTO BOQUEIRÃO

DEZEMBRO 2 002

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

SUDERHSA Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

**PROGRAMA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA
PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO RIO IGUAÇU
NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA**

RELATÓRIO FINAL - VOLUME 4

CAPACIDADE DO SISTEMA ATUAL E MEDIDAS DE CONTROLE DE CHEIAS

TOMO 4.15

MODELAGEM DAS LINHAS DE INUNDAÇÃO DA BACIA DO RIO ALTO BOQUEIRÃO

**CH2M HILL DO BRASIL SERVIÇOS DE ENGENHARIA LTDA.
DEZEMBRO DE 2002
EDIÇÃO FINAL**

RELAÇÃO DE VOLUMES

- Volume 1 SISTEMA INSTITUCIONAL
Propõe um sistema institucional para a concretização e gestão do Plano Diretor de Drenagem.
- Volume 2 POLÍTICAS E AÇÕES NÃO-ESTRUTURAIS
Apresenta a um elenco de políticas e ações para o controle do uso do solo urbano com o objetivo de promover a redução das vazões de águas pluviais e dos impactos das cheias.
- Volume 3 CAPACIDADE DO SISTEMA ATUAL E MEDIDAS DE CONTROLE DE CHEIAS - RELATÓRIO GERAL (4 tomos)
Apresenta as questões relacionadas às linhas de inundação, capacidade do sistema de macrodrenagem e medidas estruturais de controle de cheias comuns a toda área de projeto. Abrange os seguintes assuntos: metodologia, critérios e parâmetros de modelagem; caracterização do sistema; pesquisa sobre inundações; estudo da evolução da mancha urbana; programas de melhorias; análise geral de impactos ambientais e medidas mitigadoras; integração com o Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu.
- Volume 4 CAPACIDADE DO SISTEMA ATUAL E MEDIDAS DE CONTROLE DE CHEIAS - MODELAGEM DAS LINHAS DE INUNDAÇÃO (30 tomos)
Apresenta, para cada bacia de afluente do rio Iguaçu, as linhas de inundação para diversos cenários e períodos de retorno, um diagnóstico das inundações, as medidas estruturais de controle propostas, o anteprojeto dessas medidas, orçamentos estimativos e programas específicos. Apresenta também um estudo sobre os impactos das medidas de controle propostas para os afluentes, nas cheias do rio Iguaçu.
- Volume 5 PLANO DE AÇÃO PARA SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA (2 tomos)
Identifica as áreas críticas sob risco de inundação; analisa os planos de ações emergenciais existentes; propõe uma logística operacional baseada no Sistema de Monitoramento e Alerta de Cheias e no Sistema Metropolitano de Defesa Civil identificando os estados de alerta e as ações de emergência com os respectivos responsáveis.
- Volume 6 MANUAL DE DRENAGEM URBANA
Apresenta critérios para elaboração de projetos, com sua fundamentação teórica, dentro dos princípios do Plano Diretor de Drenagem. Apresenta também a regulamentação por distrito de drenagem das ações a serem implementadas.
- Volume 7 SUBSÍDIOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS (2 tomos)
Avalia os benefícios das intervenções propostas para a redução das enchentes em uma bacia piloto através da metodologia da disposição a pagar, a partir da valoração dos imóveis beneficiados.
- Volume 8 CAPACITAÇÃO TÉCNICA
Apresenta o roteiro e a análise dos resultados do curso de capacitação ministrado para técnicos da SUDERHSA, das prefeituras e das entidades responsáveis pela implantação do Plano Diretor de Drenagem.
- Volume 9 SISTEMA DE DIVULGAÇÃO E INTERAÇÃO COM OS USUÁRIOS
Desenvolve o projeto de quatro folderes, de um cartaz e de um sítio na internet para a divulgação do Plano Diretor de Drenagem e abertura de canais de comunicação com a população.
- Volume 10 SÍNTESE
Apresenta o resumo do Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Alto Iguaçu com a síntese dos trabalhos elaborados e das ações propostas.

TOMOS DO VOLUME 4

Tomos 4.1 a 4.27 CAPACIDADE DO SISTEMA ATUAL E MEDIDAS DE CONTROLE DE CHEIAS –
 MODELAGEM DAS LINHAS DE INUNDAÇÃO PARA AS BACIAS DOS
 AFLUENTES DO RIO IGUAÇU, CONFORME A RELAÇÃO ABAIXO:

Tomos	Bacia
4.1	RIO DO MOINHO
4.2	RIO AVARIÚ
4.3	ARROIO MASCATE
4.4	RIO ATUBA
4.5	RIO ITAQUI
4.6	RIO PEQUENO
4.7	RIO CAMBUÍ
4.8	RIO BELÉM
4.9	RIO BARIGUI
4.10	RIO PALMITAL
4.11	RIBEIRÃO PADILHA
4.12	RIO ITAQUI (CAMPO LARGO)
4.13	RIO DA RESSACA
4.14	RIBEIRÃO DA DIVISA
4.15	RIO ALTO BOQUEIRÃO
4.16	RIO IRAI
4.17	RIO MAURÍCIO
4.18	RIBEIRÃO PONTA GROSSA
4.19	ARROIO ESPIGÃO
4.20	ARROIO DA PRENSA
4.21	RIO PASSAÚNA
4.22	RIO DO ENGENHO
4.23	RIO DO CERNE
4.24	RIO MIRINGUAVA
4.25	RIO COTIA
4.26	RIO DA CACHOEIRA
4.27	RIO VERDE

Tomos 4.28 ANTEPROJETO HIDRÁULICO PARA AS MEDIDAS ESTRUTURAIS DE CONTROLE

Tomos 4.29 PROJETO CONCEITUAL DE URBANIZAÇÃO E PAISAGISMO PARA AS MEDIDAS
 ESTRUTURAIS DE CONTROLE

Tomos 4.30 ESTUDO DOS EFEITOS DAS MEDIDAS DE CONTROLE PROPOSTAS SOBRE O
 RIO IGUAÇU

ÍNDICE

TOMO 4.15 – RIO ALTO BOQUEIRÃO

1	APRESENTAÇÃO	1
2	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA BACIA	3
2.1	ÁREA DE ESTUDO	3
2.2	SISTEMA ATUAL DE DRENAGEM	3
2.3	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	4
2.4	USO DO SOLO	5
3	MODELAGEM HIDRODINÂMICA	6
4	CENÁRIOS CONSIDERADOS	8
5	DADOS UTILIZADOS	9
5.1	BASE CARTOGRÁFICA	9
5.2	PERFIL LONGITUDINAL	9
5.3	SEÇÕES TRANSVERSAIS	10
5.4	CONDIÇÕES PARA AS SIMULAÇÕES	11
6	RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES HIDRODINÂMICAS	12
6.1	CENÁRIOS ATUAL E TENDENCIAL	12
6.2	CENÁRIO DIRIGIDO	15
7	MEDIDAS DE CONTROLE ESTRUTURAIS PROPOSTAS	24
7.1	MEDIDAS DE CONTROLE PROPOSTAS	24

ANEXOS

ANEXO 1 - RESSALVAS
ANEXO 2 - TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO
ANEXO 3 - HIDROGRAMAS DE ENTRADA
ANEXO 4 - COTAGRAMAS
ANEXO 5 - HIDROGRAMAS DE SAÍDA
ANEXO 6 - SEÇÕES TRANSVERSAIS
ANEXO 7 - COTAS DE NÍVEIS DE ÁGUA
ANEXO 8 - DESENHOS

RELAÇÃO DE DESENHOS

Nº	Título	Escala
IL-01	Bacia do Rio Alto Boqueirão Planta Geral com a Localização da Bacia	Gráfica
I001	Bacia do Rio Alto Boqueirão Inundações Segundo Pesquisa	1:50000
C001	Bacia do Rio Alto Boqueirão Diagrama Unifilar	S/ escala
T062	Bacia do Rio Alto Boqueirão Sub-Bacias Hidrográficas	1:50000
C002	Bacia do Rio Alto Boqueirão Condições de Contorno	Gráfica
C003	Bacia do Rio Alto Boqueirão Áreas de Risco de Inundação - Articulação das Folhas	1:5.000
CA1/2 a CA2/2	Bacia do Rio Alto Boqueirão Manchas de Inundação – Cenário Atual - TR = 10 anos e TR = 25 anos	1:10.000
CT1/2 a CT2/2	Bacia do Rio Alto Boqueirão Manchas de Inundação – Cenário Tendencial - TR = 10 anos e TR = 25 anos	1:10.000
CD1/2 a CD2/2	Bacia do Rio Alto Boqueirão Manchas de Inundação – Cenário Dirigido - TR = 10 anos e TR = 25 anos	1:10.000

1 APRESENTAÇÃO

Este relatório é um dos componentes dos trabalhos referentes ao "Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Alto Iguaçu" objeto do contrato nº 04/99, firmado entre a SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná e a CH2M HILL do Brasil Serviços de Engenharia Ltda.

Este volume apresenta o estudo das áreas de risco de inundação ao longo da rede de macrodrenagem da bacia do rio Alto Boqueirão, resultado dos trabalhos de simulação de modelo matemático, conforme previsto no Terceiro Termo Aditivo do contrato acima mencionado.

As áreas de risco de inundação foram geradas a partir de modelagem matemática, sobre base cartográfica do SIGRH fornecida pela SUDERHSA, destinando-se à definição das medidas de controle de inundações a serem propostas para cada caso específico.

Como ferramenta de análise, utilizou-se o módulo hidrodinâmico HD do modelo Mike 11, desenvolvido pelo Danish Hydraulic Institute – DHI, o qual é voltado à simulação hidráulica de redes complexas de rios e canais. Foi também empregado o programa Spring, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, na preparação dos dados para a modelagem bem como na apresentação dos produtos.

Os elementos, parâmetros e dados necessários às simulações, tais como os: hidrológicos, de tipologia dos solos, de usos do solo atual e futuro, de topologia, hidráulico-fluviais, etc, foram preparados em estudos contidos em outros volumes deste Plano Diretor, os quais são citados sempre que necessário ao entendimento e à clareza dos serviços elaborados.

No Capítulo 2 - Características Principais da Bacia - são apresentadas, de forma sucinta, a descrição da bacia, a sua localização na área de estudo do Plano Diretor e citações dos principais elementos característicos da bacia que entraram na composição dos resultados, e/ou citados os volumes e capítulos do Plano Diretor onde se encontram os estudos que os definiram.

No Capítulo 3 - Modelagem Hidrológica - são apresentados os principais critérios utilizados na modelagem matemática para a determinação das linhas de inundação.

No Capítulo 4 - Cenários Considerados - descrevem-se os cenários que constituem os objetos de estudo deste relatório, formulados para a avaliação das inundações dos rios da bacia do Alto Iguaçu, mencionando-se os principais critérios adotados nas simulações, em cada caso.

São apresentados, no Capítulo 5 - Dados Básicos Utilizados - os dados que serviram de apoio para o desenvolvimento dos trabalhos, compreendendo fundamentalmente a base cartográfica, em que foram alocadas as seções transversais, tendo também sido a mesma utilizada para o traçado do perfil longitudinal do rio analisado. São, ainda, fornecidos os hidrogramas afluentes, e indicadas as condições de contorno.

No Capítulo 6 - Resultados das Simulações Hidrodinâmicas - encontram-se os produtos resultantes das simulações, consistindo em perfis longitudinais com a representação do nível de água no canal do rio, tabela com as cotas e vazões em função das estacas, cotogramas, hidrogramas de saída, desenhos das áreas de risco de inundação. São também apresentadas análises, conclusões e recomendações efetuadas com base nas configurações e localizações das

áreas de risco de inundação relativamente às áreas urbanizadas. Nesse capítulo são também propostas as medidas de controle para extinguir e/ou atenuar, quando for o caso, as inundações resultantes das simulações efetuadas.

As principais características das medidas de controle (MCs) recomendadas são apresentadas no Capítulo 7 - Medidas de Controle Estruturais Propostas - Neste capítulo são definidas as principais características hidráulicas, urbanísticas e de paisagismo das medidas propostas, bem como apresentados os seus custos estimativos de implantação.

No Anexo 1 são apresentadas algumas considerações sobre a precisão das linhas de inundação obtidas através do trabalho de modelagem. Nos demais anexos são apresentados os parâmetros e dados de entrada dos modelos e os desenhos com os resultados das simulações.

Como síntese dos resultados das simulações, e da análise e interpretação das mesmas, estão sendo propostas as seguintes medidas de controle:

- Aumento da capacidade hidráulica do rio Alto Boqueirão num trecho de 938 m (entre as estacas 1+000 e 1+938) através de alargamento e aprofundamento da calha;
- Substituição da travessia atual do rio Alto Boqueirão, sob o pátio de manobras da ferrovia da ALL (América Latina Logística), por outra com 4 tubos, com diâmetros de 3,0 m e extensão de 250 m.

Os custos estimados para a implantação destas MCs somam 2,5 milhões de reais, a preços de janeiro de 2000.

2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA BACIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O rio Alto Boqueirão é afluente do rio Iguaçu pela margem direita. A sua bacia hidrográfica, totalmente situada no município de Curitiba, abrange área de cerca de 6 km².

A localização da bacia do rio Alto Boqueirão na área de abrangência do Plano Diretor de Drenagem é mostrada no desenho IL01, e a planta geral da bacia no desenho I001.

A maior parte da área da bacia apresenta-se urbanizada, não estando ocupada apenas uma pequena parcela situada nas proximidades da foz, já na várzea do rio Iguaçu, a jusante da linha férrea, a qual cruza transversalmente a bacia do Alto Boqueirão nesta região.

Os principais elementos da área de estudo, pertinentes à bacia do rio Alto Boqueirão, e considerados nas simulações hidrológicas e hidrodinâmicas, são mostrados no Diagrama Unifilar do Sistema de Macrodrenagem, apresentado no desenho C001.

2.2 SISTEMA ATUAL DE DRENAGEM

2.2.1 Caracterização do Sistema

A caracterização da situação atual dos 2,8 km de trechos de rios da bacia do rio Alto Boqueirão é mostrada no Volume 3 – Tomo 3.1 do Relatório Final, compreendendo informações sobre os seguintes elementos:

- Traçado da rede de canais;
- Perfis longitudinais;
- Seções transversais;
- Rugosidades representadas pelo coeficiente de Manning.

2.2.2 Singularidades

Caracteriza-se por singularidade as obstruções existentes ao longo do caminhamento do rio. Estas podem ser travessias de ruas (bueiros, galerias e pontilhões), passarelas e qualquer outro obstáculo existente que dificulte a passagem da vazão afluente a um determinado ponto.

As singularidades levantadas na bacia do rio Alto Boqueirão estão localizadas nos desenhos CA1/2 a CA2/2, CT1/2 a CT2/2 e CT1/2 a CT2/2. A tabela 2.1 mostra as principais características daquelas consideradas nas simulações:

Tabela 2.1 Singularidades - Bacia do Rio Alto Boqueirão

Nº	Estaca	Tipo	Dimensões	Recobrimento
1	1+050	Bueiro Tubular	3 ϕ 0,8 m	10,00
2	2+0,50	Pontilhão	(4,0 x 2,5) m	1,20

Fonte: CH2M HILL

2.2.3 Obras e Projetos

Os levantamentos realizados junto à Prefeitura de Curitiba e órgãos estaduais mostraram que não existem projetos e programas específicos afetos à drenagem urbana para esta bacia.

2.2.4 Áreas Inundáveis

Foram identificados pontos críticos de inundação na bacia, os quais estão indicados na Planta Geral da Bacia contida no desenho I001.

Estes pontos críticos de inundação foram definidos a partir de pesquisa realizada junto à Prefeitura Municipal de Curitiba. A pesquisa e seus resultados estão detalhadamente apresentados no Volume 3 – Tomo 3.1, do Relatório Final.

2.3 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

2.3.1 Atendimento Atual

As condições atuais do atendimento (1999) da bacia do rio Alto Boqueirão pelo sistema de esgotamento sanitário são as seguintes:

- População Urbana total: 36.400 habitantes
- População atendida pelo sistema de coleta e tratamento de esgoto: 18.200 habitantes; 50 % da população urbana
- Extensão de redes coletoras: 42 km
- Número de ligações: 2470 unidades
- Estações de Tratamento de Esgotos: O esgoto coletado na bacia é conduzido, através coletores-tronco, para tratamento na ETE Belém.

2.3.2 Prognósticos para o Horizonte do Plano

De acordo com o Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu, elaborado para a SUDERHSA pela CH2M HILL (Dezembro 2000), a evolução do atendimento da população urbana da bacia do rio Alto Boqueirão pelo sistema de esgotamento sanitário no Cenário Proposto (Cenário D) até o horizonte do plano, ano 2020, incluindo as obras do programa Paranasan (2000-2005), é a mostrada na Tabela 2.2 a seguir:

Tabela 2.2 Bacia do Rio Alto Boqueirão
Programa de Atendimento pelo Sistema de Coleta e Tratamento de Esgoto

Parâmetro de Atendimento	Ano			
	2005	2010	2015	2020
População Urbana (hab)	41.430	46.100	49.850	71.825
População Atendida pelos sistemas de coleta e tratamento de esgotos (hab)	20.500	25.800	32.400	52.430
Índice de Atendimento (%)	50	56	65	73
Extensões de Redes Coletoras (km)	51	64	81	131
Número de Ligações (unidades)	2.780	4.300	5.400	8.740

Fonte: CH2M HILL

O cronograma de implantação do Plano de Despoluição prevê a extensão da rede coletora, até o ano de 2005, apenas para a manutenção do índice de atendimento de 50% da população urbana, iniciando-se efetivamente o plano de expansão na segunda etapa do programa (2006 a 2010).

2.4 USO DO SOLO

A urbanização da bacia do rio Alto Boqueirão, conforme a segmentação feita, descreve uma ocupação uniformizada da bacia. A bacia apresenta uma média populacional para o ano de 1999 de 61 hab/ha.

A área com a maior densidade populacional se localiza na porção central da bacia, delimitada pela sub-bacia A2 com densidade populacional média de 65,7 hab/ha. A sub-bacia A2 apresenta um ligeiro adensamento passando dos atuais 65,7 hab/ha para 66,3 hab/ha no anos de 2020.

Os estudos de evolução da mancha urbana, elaborados para toda a área do plano de drenagem, são mostrados no Volume 3 – Tomo 3.2 do Relatório Final.

3 MODELAGEM HIDRODINÂMICA

O conhecimento da malha hídrica a ser modelada constitui o primeiro passo a ser considerado nos trabalhos de modelagem matemática. Sua definição deve se basear em uma análise detalhada das características hidráulicas do sistema hídrico a ser simulado, de forma a adequar as características e limitações do modelo matemático adotado.

Visando subsidiar a modelagem matemática no modelo de simulação hidrodinâmico Mike 11, realizou-se preliminarmente um amplo trabalho de coleta, análise e processamento de dados, o que permitiu a composição de uma base de dados consistente e com nível de detalhamento compatível com os objetivos do Plano Diretor.

No estabelecimento da base de dados de entrada para a modelagem matemática, considerou-se o seguinte subsídio básico:

- Disponibilidade de seções transversais, de forma a contemplar toda a área a ser modelada. Neste caso, é desejável a disponibilidade de um cadastro da rede hídrica a ser simulada, com grau de precisão compatível com os objetivos do estudo. Tratando-se de eventos hidrológicos críticos de cheias, estes levantamentos deverão extrapolar a calha natural de vazão, de forma a poder retratar as inundações que podem ocorrer lateralmente;
- Os limites da modelagem devem estar localizados a uma distância suficiente das áreas onde serão implementadas ações de natureza estrutural do sistema hídrico, de forma que as alterações que possam ocorrer no escoamento não interfiram nas condições de contorno impostas; e
- Disponibilidade de informações observadas, tendo em vista os trabalhos de aferição e calibragem do modelo de simulação.

A definição do esquema topológico constitui-se basicamente na definição da malha hídrica a ser considerada no processo de modelagem. O esquema topológico representativo da malha hídrica foi estabelecido de forma a representar o comportamento hidráulico, dentro de uma dada precisão desejada. Desta forma, no processo de modelagem, os afluentes podem ser considerados através de ramificações em trechos de rios ou aplicados lateralmente.

A bacia do rio Alto Boqueirão foi dividida em 2 sub-bacias e para elas foram definidos todos os parâmetros necessários para a modelagem. No contexto da bacia hidrográfica do rio Alto Boqueirão, o sistema hídrico simulado compreenderá apenas o curso principal do rio, o que perfaz cerca de 2,8 km, cuja abrangência espacial pode ser visualizada no desenho T062.

O curso d'água do rio Alto Boqueirão foi estaqueado de jusante para montante, tendo como origem o nó correspondente à sua foz. Esta sistemática estabelece um sistema de referência que permite o posicionamento de todos os elementos considerados no processo de modelagem, tais como:

- Pontos de confluência;
- Pontos onde serão aplicadas as condições de contorno de montante e jusante;
- Pontos de aplicação das vazões laterais;

- Localização das estruturas hidráulicas.

O Volume 3 – Capacidade do Sistema Atual e Medidas de Controle de Cheias – Relatório Geral, apresenta toda a metodologia adotada referente à modelagem hidrodinâmica.

4 CENÁRIOS CONSIDERADOS

O estudo do sistema de macrodrenagem da bacia do rio Alto Boqueirão se desenvolve em três cenários:

- Cenário Atual, retratando tanto as condições atuais de impermeabilização como do sistema de macrodrenagem das bacias hidrográficas contribuintes;
- Cenário Tendencial, em que são consideradas tanto as condições futuras de impermeabilização como do sistema de macrodrenagem das bacias, em decorrência do processo de urbanização previsto para o ano 2.020; e
- Cenário Dirigido, representando a mesma mancha urbana projetada para o ano de 2.020 e a situação futura do sistema de macrodrenagem com as medidas de controle. Portanto, são justamente as medidas de controle propostas no Plano Diretor que transformam o Cenário Tendencial em Dirigido.

Na avaliação dos Cenários Atual e Tendencial da bacia do rio Alto Boqueirão, considerou-se que ao longo do período de planejamento não há alteração no sistema de macrodrenagem, uma vez que não existem obras e projetos em andamento ou previstos.

Portanto, nos Cenários Atual e Tendencial não foram contempladas a implantação de qualquer medida de controle visando a contenção e o controle de cheias.

Na bacia do rio Alto Boqueirão as condições de impermeabilização foram obtidas através de caracterização geológica dos solos e estudos demográficos e de ocupação urbana que levaram em conta a população atual e sua distribuição espacial, bem como a projeção e distribuição da população ao longo do período de planejamento, a partir da tendência de crescimento e das leis de zoneamento e uso do solo.

Os parâmetros adotados nas simulações para os cenários atual e tendencial são apresentados na Tabela 4.1 do Anexo 2. Os dados populacionais constantes desta tabela são decorrentes dos estudos de evolução e distribuição populacional apresentados do Plano Diretor de Despoluição Hídrica e adotados no Plano Diretor de Drenagem.

5 DADOS UTILIZADOS

5.1 BASE CARTOGRÁFICA

Para o desenvolvimento dos trabalhos de delimitação de áreas de risco de inundação nos trechos de macrodrenagem da bacia do Alto Iguazu, através de modelagem matemática, foi utilizada a base cartográfica, na escala 1:10.000, preparada pela SUDERHSA como elemento de seu Sistema de Informações para Gestão de Recursos Hídricos – SIRGH. Para o presente relatório, abrangendo a bacia do rio Alto Boqueirão, essa base foi complementada com cartas do programa Paranacidade, na escala 1:2.000, com curvas de nível a cada metro, elaboradas em 1996 e 1997.

Foi feita a análise e a preparação dessa base de modo a possibilitar a utilização da mesma com o modelo de simulação hidrodinâmico Mike 11. Foram gerados modelos digitais do terreno (MDT) a partir da altimetria, com a inclusão e a validação de elementos de interesse que afetam o comportamento das inundações, como as cotas das margens dos rios, caracterizando-se, dessa maneira, a topologia ribeirinha.

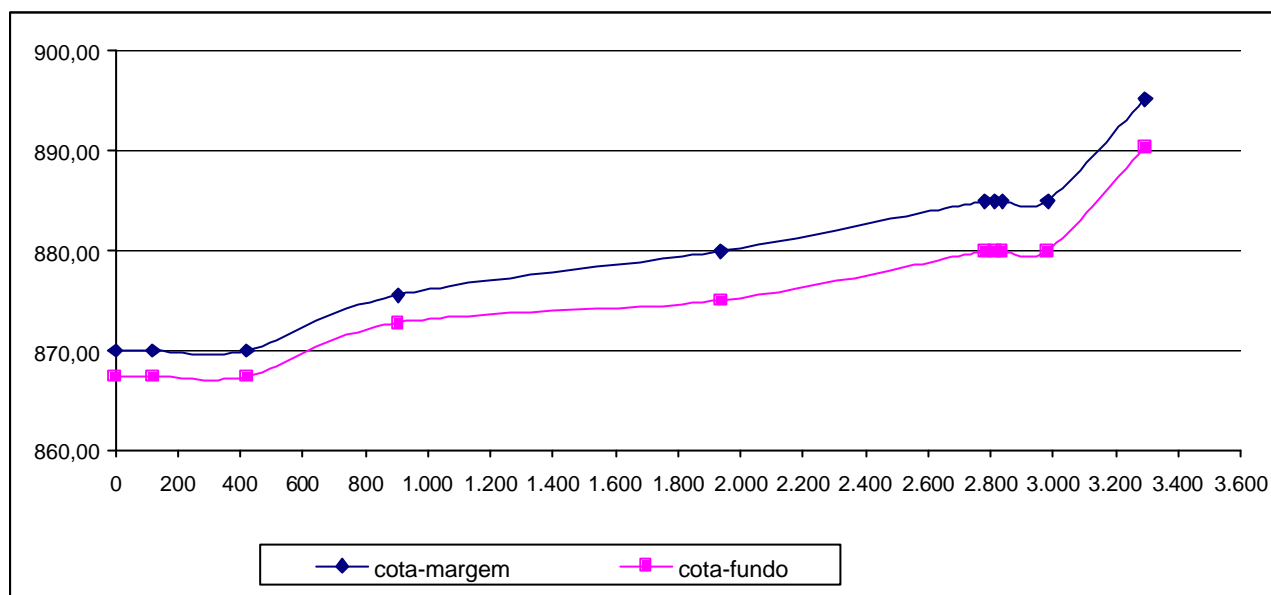
5.2 PERFIL LONGITUDINAL

A partir do traçado do curso d'água principal e a definição do trecho de macrodrenagem, procedeu-se ao estaqueamento do curso no sentido da foz para as cabeceiras. O perfil longitudinal do terreno, ao longo do trecho estaqueado, foi composto extraindo-se da base cartográfica as cotas das margens nos pontos onde o traçado do curso intercepta as curvas de nível.

O perfil longitudinal do fundo do curso d'água foi determinado a partir das cotas das margens indicadas no perfil longitudinal do terreno, descontando-se destas a profundidade média dos leitos menores (canal por onde ocorre o escoamento das águas em períodos normais, isto é, quando não há inundações) que compõem o trecho de macrodrenagem, obtendo-se, assim, as cotas de fundo do canal para os mesmos locais onde foram levantadas cotas do terreno. É apresentado, em seguida, o perfil longitudinal do rio Alto Boqueirão.

Figura 5.1

Perfil Longitudinal do Rio Alto Boqueirão



5.3 SEÇÕES TRANSVERSAIS

As seções transversais do curso de água são fundamentais para caracterizar a topologia da macrodrenagem. Cada seção transversal foi composta de duas partes: leito menor e várzea. As características geométricas das seções de leito menor foram obtidas em levantamentos de campo efetuados pela CH2M HILL. A várzea, ou fundo de vale inundável, foi caracterizada em situações de mudança de declividade, com o auxílio do modelo digital do terreno obtido da base cartográfica do SIGRH, fornecida pela SUDERHSA.

As características geométricas do leito menor de cada seção levantada têm validade para um trecho de macrodrenagem do curso de água entre a seção considerada e a primeira seção a jusante.

Em função da conformação topográfica da várzea do rio Alto Boqueirão, foram definidas 10 seções transversais e 9 tramos de macrodrenagem, de modo a caracterizar o comportamento do relevo do terreno. As seções transversais são apresentadas no Anexo 6.

Foi adotado o mesmo coeficiente de rugosidade (Manning) para as duas partes componentes da seção transversal, leito menor e várzea, sendo considerado o valor de $n = 0,040$ para todos os tramos do trecho de macrodrenagem.

5.4 CONDIÇÕES PARA SIMULAÇÕES

No desenho C002 são apresentadas as condições de contorno para o modelo hidrodinâmico, indicando-se os pontos de entrada de vazão no curso a partir dos hidrogramas gerados e abordados no item anterior. As áreas de risco de inundação foram definidas com base em dois eventos chuvosos extremos, associados respectivamente aos períodos de retorno de 10 e 25 anos.

O trecho de macrodrenagem do curso principal do rio Alto Boqueirão considerado nas simulações tem início na sua foz, no rio Iguaçu, prolongando-se por uma extensão de 2.811 m, até a estaca 2+811, onde está localizada a primeira seção transversal.

Como condição de contorno de jusante, considerou-se a cota correspondente à vazão do rio Iguaçu para o período de retorno de $TR=2$ anos, igual a 870,75.

Para geração dos hidrogramas de cheia foi utilizado o modelo IPHS1, software desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. Esse sistema permite calcular hidrogramas de cheias para bacias complexas utilizando métodos e algoritmos consagrados na literatura.

Para as operações de transformação chuva-vazão foi utilizado o método do Soil Conservation Service dos EUA, para cálculo da separação do escoamento e geração do hidrograma. Esse método combina um hidrograma unitário sintético triangular com um algoritmo de separação de escoamentos, conhecido pelo seu parâmetro CN (*curve number*).

O hidrograma unitário sintético proposto pelo SCS é definido com base no tempo de concentração da bacia, este sendo um dos parâmetros do modelo. Dessa forma, o tempo de concentração regula a forma do hidrograma e conseqüentemente a vazão de pico resultante. Dado que o tempo de concentração é função das condições de escoamento ao longo da bacia, e estas podem variar com o grau de urbanização e demais alterações antrópicas, procurou-se estimar esse parâmetro de forma compatível com os cenários estabelecidos no plano.

O CN é um parâmetro adimensional que regula a separação do escoamento, isto é: a separação do volume da precipitação que infiltra ou fica retido no terreno, do volume que escoar. A partir do conhecimento do volume infiltrado ou retido, obtém-se a precipitação efetiva disponível para escoamento superficial. Assim, o parâmetro CN é função das características do solo relacionadas com os processos de infiltração, tais como a sua permeabilidade e as condições de saturação. Este também é um parâmetro altamente influenciável pelas condições de ocupação da bacia. As impermeabilizações do solo provocadas pelo processo de urbanização diminuem as taxas de infiltração e retenção, aumentando conseqüentemente o volume de escoamento superficial.

A metodologia, critérios e parâmetros utilizados para a obtenção do parâmetro CN e cálculo dos hidrogramas são apresentados no Volume 3. Para as simulações hidrodinâmicas foram utilizadas as vazões dos hidrogramas gerados nos estudos hidrológicos, elaborados para os períodos de retorno de 10 e 25 anos. Os hidrogramas utilizados são apresentados no Anexo 3.

6 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES HIDRODINÂMICAS

Os hidrogramas, cotagramas, vazões e cotas de nível d'água gerados nas simulações são apresentados neste relatório para seções consideradas mais representativas. Os elementos completos para as demais seções podem ser encontrados nos arquivos de entrada e saída do programa MIKE 11, que estão disponíveis em meio digital.

6.1 CENÁRIOS ATUAL E TENDENCIAL

6.1.1 Perfis Longitudinais com Níveis de Água

Apresentam-se no final deste capítulo, na forma de gráficos ilustrativos, os perfis das linhas de água para o rio Alto Boqueirão, resultados das simulações do módulo hidrodinâmico HD do modelo matemático Mike 11. Esses gráficos mostram a envoltória das cotas máximas de inundação para os Cenários Atual e Tendencial, ao longo do perfil longitudinal do rio Alto Boqueirão, considerando os períodos de retorno de 10 e 25 anos. Para uma melhor comparação dos resultados estão descritos, também nesta parte, os perfis longitudinais com nível de água no Cenário Dirigido.

Através desses gráficos e da tabela 6.1, pode-se observar que a linha da envoltória das cotas máximas de inundação na bacia do rio Alto Boqueirão basicamente não se altera do Cenário Atual para o Cenário Tendencial, para ambos os períodos de retorno, devido principalmente à bacia não sofrer alterações significativas de impermeabilização de um cenário para o outro. Desta forma, as áreas de risco para os dois cenários e mesmo período de retorno apresentaram-se muito semelhantes.

Quanto ao processo de modelagem hidrodinâmica no modelo MIKE 11, numa primeira tentativa foram adotadas, como condições iniciais, as estabelecidas no arquivo de parâmetros, utilizando-se a opção "initial conditions" igual a "parameter file". Devido a instabilidade produzida com esse procedimento, alterou-se a condição inicial, passando-se a trabalhar com a opção "hot start", com o modelo partindo dos resultados da primeira simulação ("parameter file"). Este procedimento resultou na diminuição dos picos aleatórios nos resultados dos hidrogramas, permitindo resultados estáveis e confiáveis.

6.1.2 Tabela Estaca x Cota x Vazão

A seguir apresenta-se a Tabela 6.1, com os valores das cotas dos níveis máximos de água resultantes e as vazões de pico por estaca, para os Cenários Atual e Tendencial e períodos de retorno de 10 e 25 anos.

Tabela 6.1 Nível Máximo e Vazão de Pico - Rio Alto Boqueirão

Estaca	Cotas (m)				Vazões (m ³ /s)			
	Cenário Atual		Cenário Tendencial		Cenário Atual		Cenário Tendencial	
	TR=10 anos	TR=25 anos	TR=10 anos	TR=25 anos	TR=10 anos	TR=25 anos	TR=10 anos	TR=25 anos
0+903	873.176	873.281	873.193	873.298	6.901	8.470	7.108	8.742
1+050	877.669	878.274	877.773	878.359	12.723	17.018	13.548	17.933
1+500	877.669	878.275	877.773	878.360	50.454	73.014	54.794	77.140
1+938	878.209	878.908	878.325	879.026	44.135	62.768	47.110	66.202

Fonte: CH2M HILL

Comparando-se os valores das cotas obtidas para os Cenários Atual e Tendencial e os períodos de retorno de 10 e 25 anos, verifica-se que no geral, ocorreu um acréscimo quase desprezível, máximo de 0,23 cm para TR = 10 anos na estaca 2+050, nos níveis máximos de água ao longo do período de planejamento.

6.1.3 Cotogramas e Hidrogramas

Nos Anexos 4 e 5 são apresentados, respectivamente, os cotogramas e hidrogramas para 8 seções do rio Alto Boqueirão, resultantes da modelagem para os períodos de retorno de 10 e 25 anos dos Cenários Atual e Tendencial.

Através da leitura destes hidrogramas e cotogramas pode-se verificar que o comportamento hidráulico das ondas de enchentes no trecho de macrodrenagem definido permanece basicamente inalterado tanto para os cenários considerados (atual e tendencial), como para os dois tempos de recorrência analisados (TR=10 anos e TR=25 anos).

Tabela 6.2 Cotas de Extravasamento e Lâminas de Inundação – Rio Alto Boqueirão

Estaca	Cotas de Extravasamento (m)	Lâmina de Inundação (m)			
		Cenário Atual		Cenário Tendencial	
		TR=10 anos	TR=25 anos	TR=10 anos	TR=25 anos
0+903	875,38	-	-	-	-
1+050	876,03	1,64	2,24	1,74	2,33
1+500	878,04	-	0,24	-	0,32
1+938	880,00	-	-	-	-

Fonte: CH2M HILL

6.1.4 Áreas de Risco de Inundação

As áreas com risco de inundações na bacia do rio Alto Boqueirão para os Cenários Atual e Tendencial, e períodos de retorno de 10 e 25 anos são apresentadas nos desenhos CA1/2, CA2/2, CT1/2 e CT2/2.

Os desenhos apresentados foram elaborados com o auxílio de um módulo do programa Spring, desenvolvido pela CH2M HILL em colaboração com o INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, com a finalidade de representar a área de inundação a partir da envoltória de cotas máximas de nível de água. Esse módulo interpola as cotas em modelo digital de terreno (MDT), previamente gerado a partir das cartas do SIGRH fornecidas pela SUDERHSA.

A precisão da delimitação das áreas de risco depende da resolução do MDT, estando intimamente ligada com a escala de produção da cartografia utilizada como base para a criação do mesmo. Isto é, a precisão do modelo de desenho está diretamente relacionada com a escala em que a base cartográfica foi produzida. Após a interpolação, as manchas que representam as áreas de risco de inundação foram importadas para um programa CAD, gerando os desenhos com todas as informações necessárias.

Na bacia do rio Alto Boqueirão, tanto para os Cenários Atual e Tendencial como para os períodos de retorno de TR=10 anos e TR=25 anos, existem duas áreas de risco de inundação: uma entre a foz do rio Iguaçu e a travessia da ferrovia (estaca 1+000), e a segunda entre a ferrovia e a rua Prof. Edméa Neal Algovear (estaca 1+500).

A mancha de inundação para os dois períodos de retorno permanece basicamente inalterada para os dois cenários, mostrando desta forma a pouca variação da ocupação urbana, e conseqüente impermeabilização do solo, nesta bacia hidrográfica no período de planejamento.

A área inundável junto a foz no rio Iguaçu não é fonte de preocupação, uma vez que não se encontra urbanizada; já a segunda área com risco de inundação faz parte do Conjunto Habitacional Viena Hortências. As áreas mais afetadas deste conjunto são:

- Margem direita - ruas Itapejara do Oeste, Itaúna do Sul e Leopólis;
- Margem esquerda - ruas Arthur Manoel Iwersen, Prof^a Edméa Neal Algovear e Legat Pasini.

Efetivamente a travessia da ferrovia consiste em importante estrangulamento do sistema de macrodrenagem e é a causa principal das inundações ocorridas na bacia do Alto Boqueirão e que afetam o Conjunto Habitacional Viena Hortências.

Segundo informações da Prefeitura Municipal de Curitiba, colhidas da pesquisa de inundação do Plano Diretor de Drenagem, essas áreas estão realmente sujeitas às inundações, sendo a insuficiência hidráulica do rio Iguaçu e a travessia sob a via férrea as causas mais prováveis destas ocorrências.

6.1.5 Análises dos Resultados das Simulações

As áreas de risco de inundações resultantes das simulações efetuadas para os Cenários Atual e Tendencial se desenvolvem em um trecho de aproximadamente 1,5 km ao longo das margens do rio Alto Boqueirão, na parte de jusante da bacia junto a foz com o rio Iguaçu.

O trecho final, entre a foz e a ferrovia, é área ribeirinha inundável, que é ocupada naturalmente pelo rio nas épocas das chuvas, correspondentes aos tempos de recorrência estudados.

O outro trecho sujeito à inundação, entre a ferrovia e a rua Profª Edmée Neal Algouvear, já se encontra urbanizado ou com outros usos antrópicos, sendo que as ocorrências de cheias neste local causam transtornos e prejuízos a população.

A partir da modelagem realizada pode-se concluir que as inundações do trecho mais a jusante são basicamente insolúveis, pois são afetadas diretamente pelo regime de cheias do rio Iguaçu; por outro lado não requerem maior preocupação, uma vez que ocorrem em área de várzea não urbanizada.

Já as ocorrências de inundação no trecho de aproximadamente 500 metros a montante da ferrovia requerem análise mais detalhada, conforme mostram os estudos do Cenário Dirigido apresentado a seguir.

A modelagem do rio Alto Boqueirão para o Cenário Tendencial, TR=10 anos, para o qual serão propostas medidas de controle, indicou apenas na seção da estaca 1+050 uma inundação de relativa magnitude, ou seja, lâmina d'água acima da borda do leito menor atingindo aproximadamente 1,8 m. Este resultado indica que serão necessárias medidas para controlar as inundações neste ponto, e que englobam ajustes nos bueiros de travessia da ferrovia e, se necessário pequenos ajustes das seções transversais, através de alargamento destas ou eventual elevação das margens através de aterros.

6.2 CENÁRIO DIRIGIDO

6.2.1 Características do Cenário Dirigido

Os trabalhos de simulação hidrodinâmica para o Cenário Dirigido foram desenvolvidos em duas fases.

Na primeira fase de simulação foi considerada e analisada a implantação de 3 reservatórios laterais, em operação conjunta, ao longo dos trechos de macrodrenagem do rio Alto Boqueirão. Na segunda fase de simulação desconsideraram-se as proposições da primeira fase, em virtude das

medidas não reduzirem as manchas de inundação, e optou-se por melhorias hidráulicas nos trechos inundados e aumento da capacidade de escoamento da travessia sob a rede ferroviária.

Os reservatórios laterais de detenção propostos na primeira fase de simulação, e que não resultaram nas melhorias necessárias, localizavam-se junto às estacas: 2+700 (reservatório AB02A-01), 2+600 (reservatório AB02A-02) e 1+100 (reservatório AB02A-03).

Os reservatórios AB02A-01 e 02 situados no trecho de montante da macrodrenagem conseguiram reter pouca vazão, pois sua ação praticamente restringia-se à parcela de vazão correspondente a cabeceira, além de contar com baixo nível d'água e escassez de área disponível. O terceiro reservatório (AB02A-03) não trabalha para reduzir a vazão, uma vez que já está localizado dentro da área de inundação observada atualmente.

A baixa eficiência hidráulica destes reservatórios e os altos custos de desapropriação para implantação levaram ao abandono desta solução.

A solução adotada no Cenário Dirigido para o sistema de controle de cheias do trecho de macrodrenagem da bacia do Alto Boqueirão é o da segunda fase de simulações, que resultou na indicação das seguintes medidas de controle:

- MC AB01-01 - Intervenção na estrutura de drenagem de travessia da rede ferroviária, com substituição das 03 tubulações de diâmetro igual a 0,8 m, por 4 tubulações de diâmetro igual a 3,0 m, no trecho de travessia de 250 m, e aprofundamento de 1,0 m da geratriz inferior de montante, em relação às tubulações existentes;
- MC AB01-02 - Aprofundamento e alargamento do calha do canal entre as estacas 1+000 e 1+938, sendo a intervenção subdividida em 3 sub-trechos:
 - . entre as estacas 1+000 e 1+050 – aprofundamento de 1,0 m e alargamento de 1,0 m em cada margem do leito menor;
 - . entre as estacas 1+050 e 1+500 – aprofundamento de 0,5 m e alargamento de 1,0 m em cada margem do leito menor;
 - . entre as estacas 1+500 e 1+938 – acerto linear entre as seções transversais, saindo da seção alterada na estaca 1+500 e concluindo na seção original na estaca 1+938.

6.2.2 Tabelas Estaca x Cota x Vazão

A seguir apresenta-se a Tabela 63, com os valores das cotas dos níveis máximos de água resultantes e as vazões de pico por estaca, para o Cenário Dirigido e períodos de retorno de 10 e 25 anos.

**Tabela 6.3 Nível Máximo e Vazão de Pico para o Cenário Dirigido
Rio Alto Boqueirão**

Estaca	Cotas (m)		Vazões (m ³ /s)	
	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 10 anos	TR 25 anos
0+903	873.244	873.485	73.656	93.840
1+050	874,258	875,239	69,651	89,380
1+500	876,253	876,776	59,106	82,740
1+938	878,182	878,850	47,236	66,257

Fonte: CH2M HILL

Tabela 6.4 Cotas de Extravasamento Lâmina de Inundação – Arroio Mascate

Estaca	Cotas de Extravasamento (m)	Lâmina de Inundação (m)	
		Cenário Dirigido	
		TR=10 anos	TR=25 anos
0+903	875,38	-	-
1+050	876,03	-	-
1+500	878,04	-	-
1+938	880,00	-	-

Fonte: CH2M HILL

No Cenário Dirigido os níveis de água no trecho jusante, entre as estacas 0+000 e 0+904, permanecem praticamente inalterados em relação às cotas de inundação obtidas para os Cenários Atual e Tendencial. Já no trecho mais crítico, entre as estacas 0+904 e 1+938, as obras propostas no Cenário Dirigido reduzem sensivelmente os níveis máximos de água.

A modelagem apresentada neste volume mostra que, com as medidas de controle propostas no Cenário Dirigido, consegue-se eliminar a inundação que ocorria no trecho entre as estacas 0+904 e 1+938, onde, no Cenário Tendencial (TR=10 anos), a lâmina d'água alcançava 1,8 m acima do leito menor junto à estaca 1+050.

6.2.3 Cotogramas e Hidrogramas de Saída

Nos Anexos 4 e 5 são apresentados, respectivamente, os cotogramas e hidrogramas para 11 seções do rio Alto Boqueirão, resultantes da modelagem para os períodos de retorno de 10 e 25 anos do Cenário Dirigido. Através dos hidrogramas pode-se verificar a translação das ondas de enchentes no trecho de macrodrenagem definido com as medidas de controle de cheias.

6.2.4 Áreas de Risco de Inundação

As áreas com risco de inundações da bacia do rio Alto Boqueirão para o Cenário Dirigido e períodos de retorno de 10 e 25 anos são apresentadas nos desenhos CD1/2 e CD2/2.

Com a inserção das medidas de controle indicadas anteriormente, verifica-se a eliminação das inundações, para os períodos de retorno de 10 e 25 anos, no trecho entre a ferrovia e a rua Prof^a Edmée Neal Algouvear no Conjunto Habitacional Viena Hortências. Já as enchentes na região da várzea do rio Iguaçu, a jusante da ferrovia, praticamente não são afetadas com essas medidas, o que não se constitui em problema para a comunidade local conforme comentado anteriormente.

6.2.5 Conclusões

Conforme pode ser observado na Tabela 6.3, as simulações do Cenário Dirigido mostram que com a implantação das medidas de controle, principalmente a readequação da travessia sob a ferrovia (MC AB01-01), a vazão natural no final do canal do rio Alto Boqueirão, estimada em 36 m³/s (Cenário Tendencial/ TR=25 anos) crescerá para 120 m³/s (Cenário Dirigido/TR=25 anos), porém afetando muito pouco as cotas de jusante desta travessia; a maior diferença verificada ocorre na estaca 0+420 onde a cota do nível máximo passa de 870,752 (Cenário Tendencial/TR= 25 anos) para 870,763 (Cenário Dirigido/TR= 25 anos), ou seja uma diferença de 1 cm.

Já para o trecho entre as estacas 1+050 e 1+500, onde ocorriam os maiores problemas com as inundações (chegando a lâmina d'água a ultrapassar o leito menor em cerca de 1,8 m - Cenário Tendencial/TR=10 anos), a solução proposta para o Cenário Dirigido faz com que todo o escoamento ocorra dentro do novo leito menor, eliminando desta forma todas as interferências do sistema de macrodrenagem com a urbanização adjacente para os períodos de retorno de 10 e 25 anos.

Quanto às manchas de inundação no trecho de foz do rio Alto Boqueirão, deve-se prever a preservação da área entre a ferrovia e o rio Iguaçu, não permitindo que ali se instalem equipamentos urbanos sensíveis à inundações.

Recomenda-se, no entanto, que medidas não estruturais sejam implantadas visando a preservação das características naturais de permeabilidade da bacia e a não alteração do regime de escoamento das águas do escoamento superficial direto e que também atuam no sentido da recuperação, proteção e manutenção da qualidade das águas.

O aperfeiçoamento e enriquecimento de metodologias são possíveis e vastos. Porém, tendo em vista os estudos efetuados, recomenda-se, para a bacia do rio Alto Boqueirão, a configuração final com o alargamento e aprofundamento do canal no trecho entre as estacas 0+904 e 1+938 e a substituição da estrutura de drenagem de travessia sob a via férrea.

Estas soluções hidráulicas deverão diminuir consideravelmente os problemas e prejuízos das inundações ocorrentes nesta bacia, porém não se pode esquecer que os estudos aqui apresentados foram desenvolvidos com precisão compatível com nível de planejamento e os resultados encontrados estão condicionados à precisão dos dados utilizados. A implantação das obras propostas deverá ser precedida de um detalhamento dos estudos apresentados nesse trabalho, conforme recomendações apresentadas nos Volumes 3 e 6 do Plano Diretor de Drenagem.

Figura 6.1

Legenda das figuras 6.2 em diante.

As figuras a que se referem à legenda abaixo foram geradas pelo software MIKE 11, utilizado para a modelagem hidrodinâmica, o qual possui limitações para a geração de imagens. Por isso, em algumas figuras, a representação de certos itens não corresponde exatamente ao grafismo apresentado na legenda.

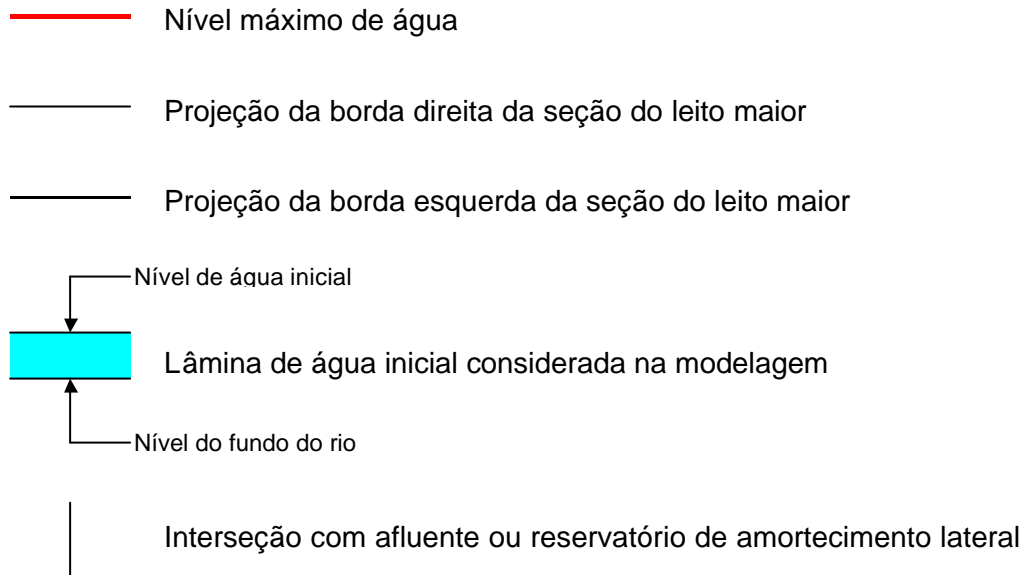


Figura 6.2

Simulação Hidrodinâmica do Rio Alto Boqueirão – Níveis Máximos na Macrodrenagem
 Cenário Atual - Tr 10 anos

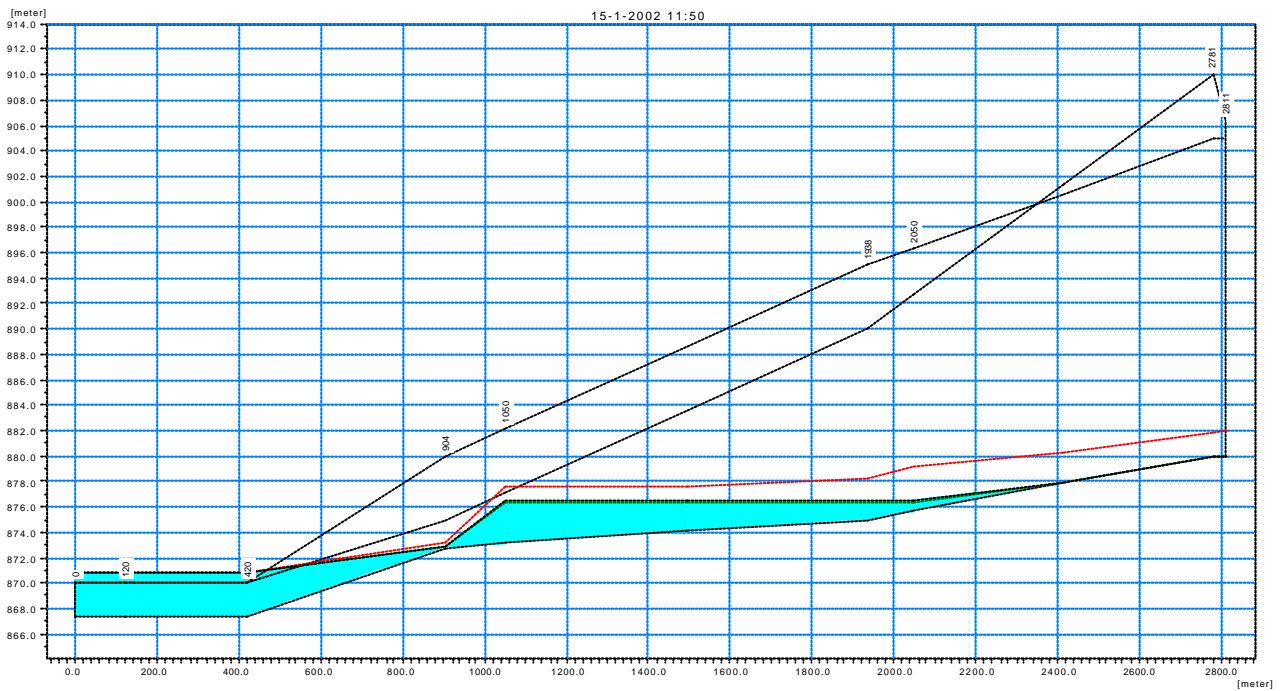


Figura 6.3

Simulação Hidrodinâmica do Rio Alto Boqueirão – Níveis Máximos na Macrodrenagem
 Cenário Tendencial - Tr 10 anos

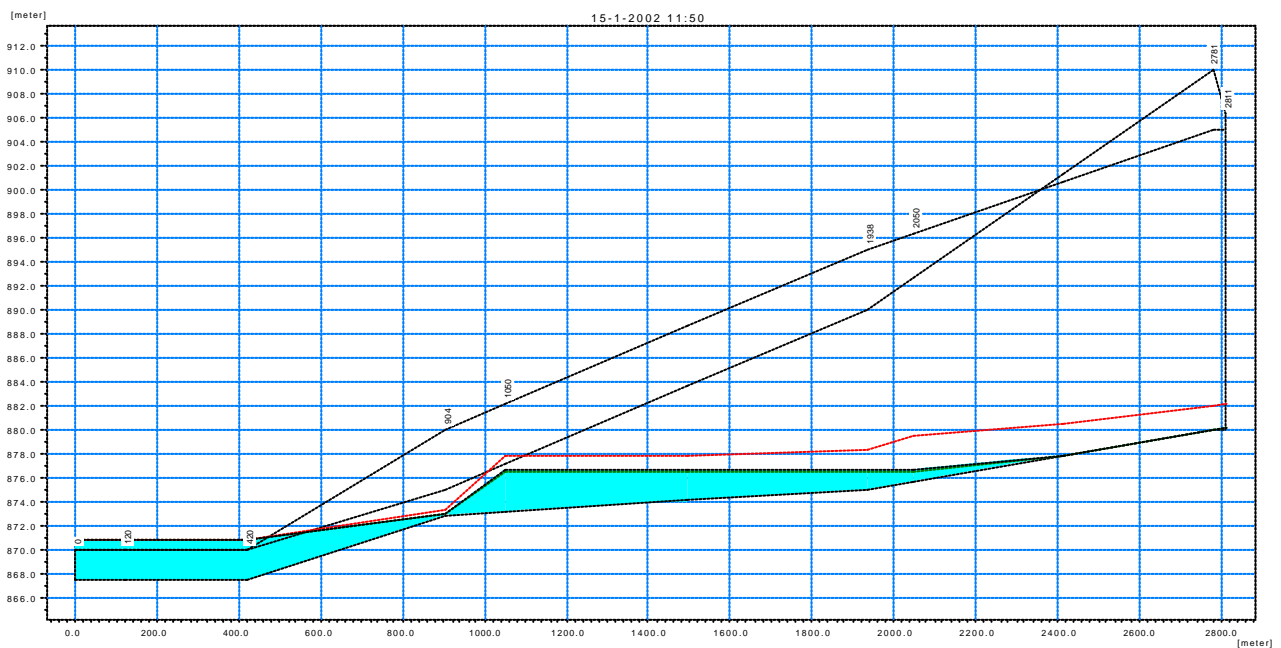


Figura 6.4

Simulação Hidrodinâmica do Rio Alto Boqueirão – Níveis Máximos na Macro drenagem
 Cenário Dirigido - Tr 10 anos

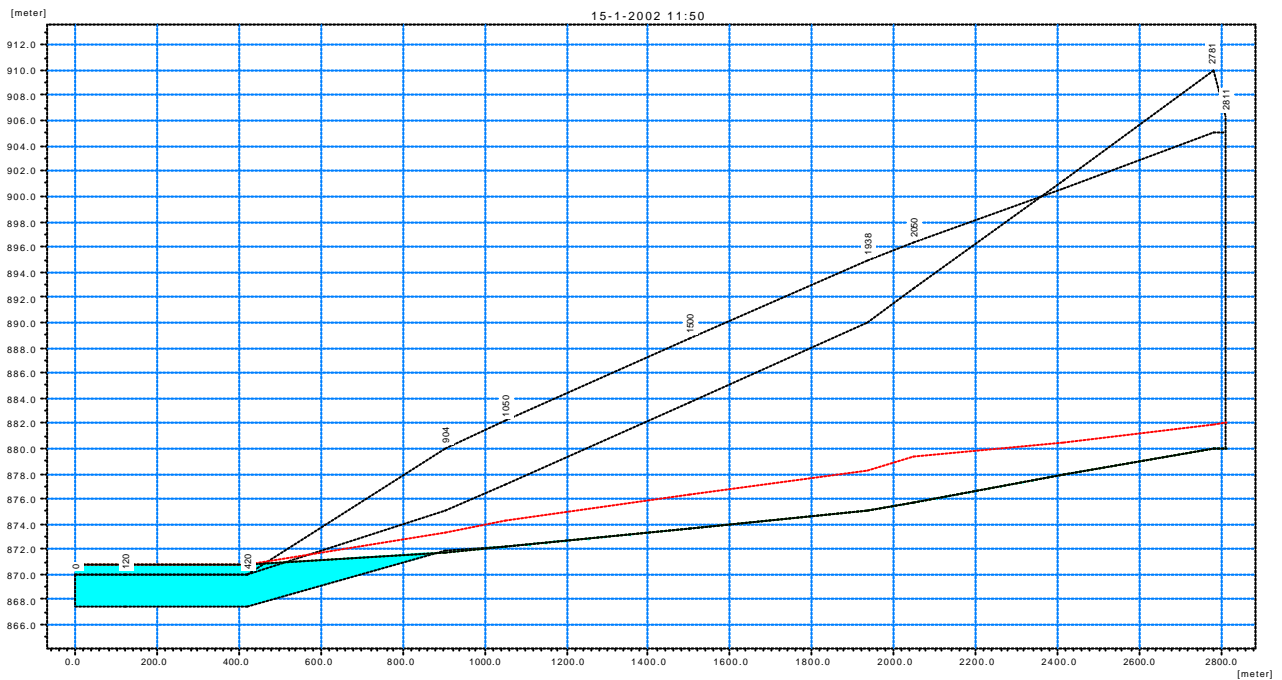


Figura 6.5

Simulação Hidrodinâmica do Rio Alto Boqueirão – Níveis Máximos na Macro drenagem
 Cenário Atual - Tr 25 anos

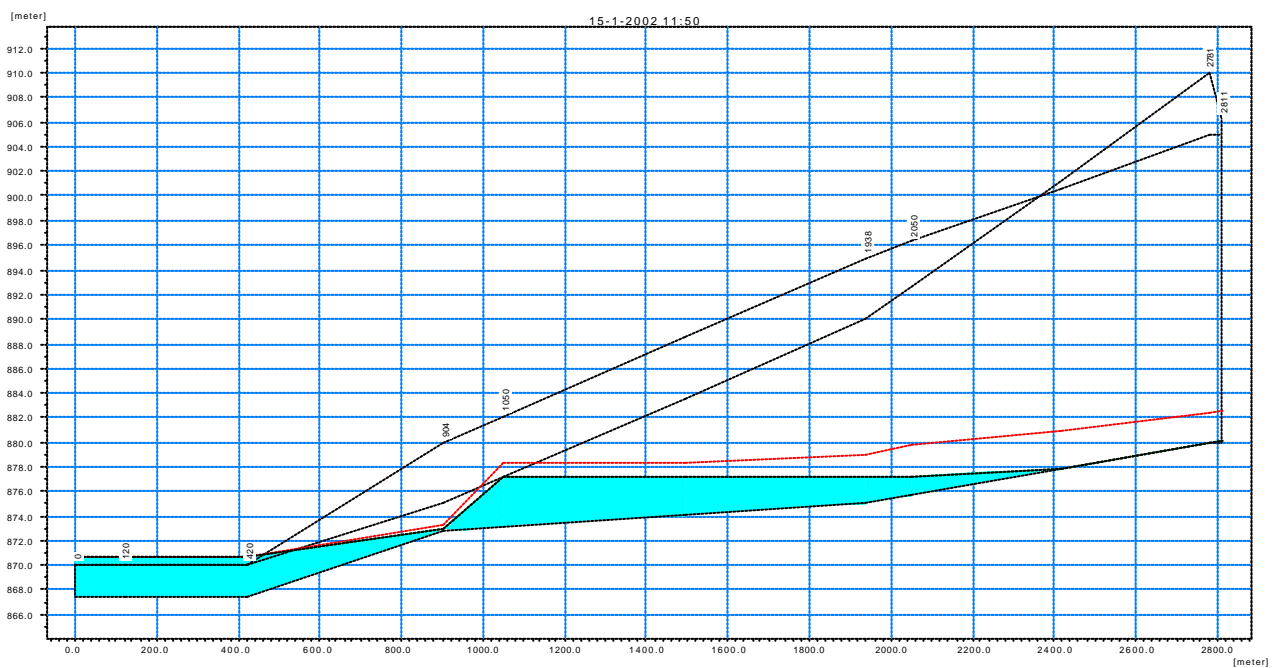


Figura 6.6

Simulação Hidrodinâmica do Rio Alto Boqueirão – Níveis Máximos na Macrodrenagem
 Cenário Tendencial - Tr 25 anos

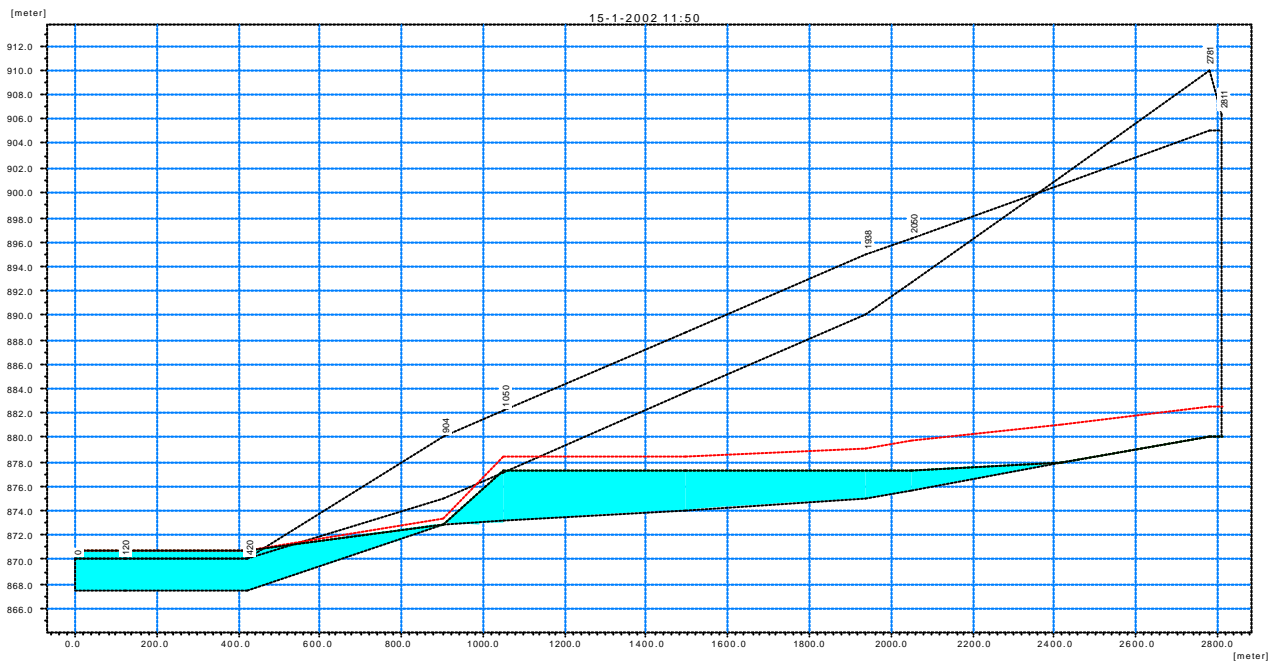
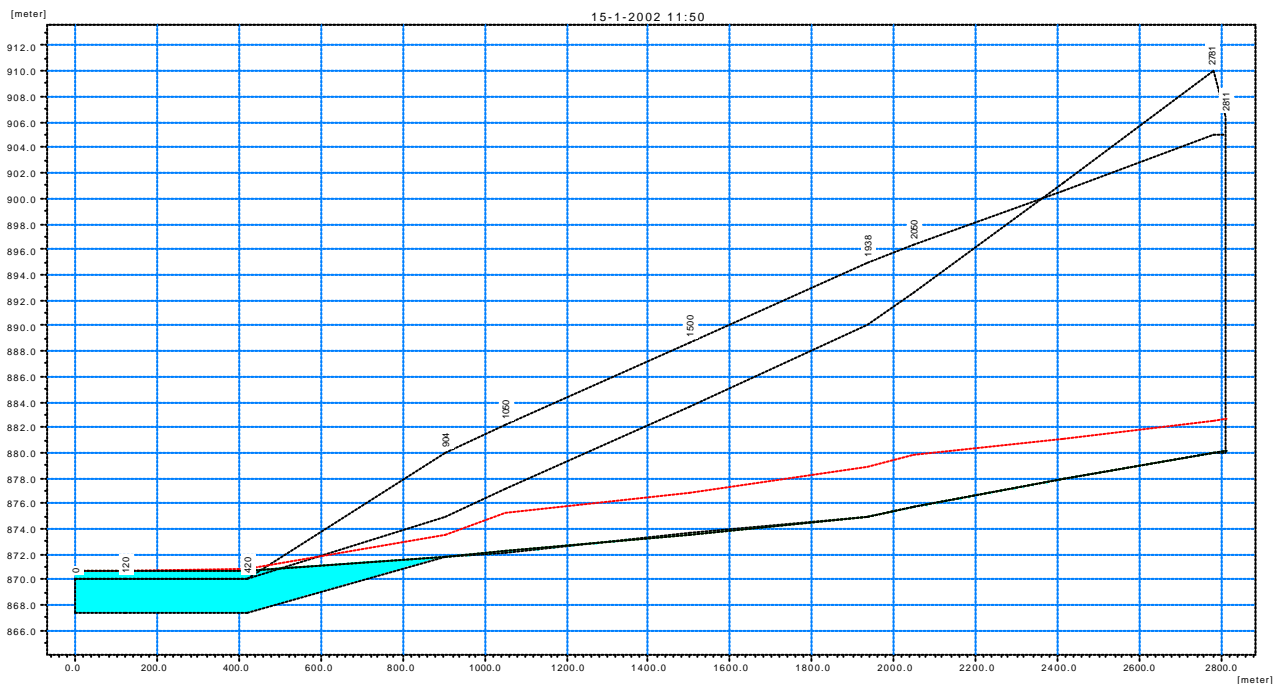


Figura 6.7

Simulação Hidrodinâmica do Rio Alto Boqueirão – Níveis Máximos na Macrodrenagem
 Cenário Dirigido - Tr 25 anos



7 MEDIDAS DE CONTROLE ESTRUTURAIS PROPOSTAS

7.1 MEDIDAS DE CONTROLE PROPOSTAS

A partir das simulações efetuadas para a determinação das áreas de risco de inundação nas margens do rio Alto Boqueirão, foram propostas duas medidas de controle: substituição da travessia sob a via férrea que cruza a bacia em sua parte de jusante, e o aumento da capacidade hidráulica do canal em um trecho com extensão de 938 m, entre as estacas 1+000 e 1+938, como descrito na tabela 6.2 e no texto do item 6.2.1 acima.

A localização das medidas de controle propostas é mostrada nos desenhos CD 1/2 a CD 2/2 contidos no Anexo 8.

O custo estimado para a implantação da totalidade das medidas propostas, a preços de jan/2000, alcança o valor de 2,5 milhões de reais.

7.1.1 Substituição da Travessia sob a Ferrovia

Verificou-se na modelagem que a travessia existente do rio Alto Boqueirão sob a ferrovia que cruza a bacia em sua parte de jusante, na estaca 1+000, constituída por um bueiro composto de 3 tubos de concreto armado, cada um com diâmetro de 0,8 m, apresentam restrições ao fluxo.

Assim, é feita a proposição de se implantar a MC AB01-01 (na estaca 1+000), substituindo a travessia existente por um bueiro constituído de 4 tubos, cada um com diâmetro de 3,0 m e comprimento de 250 m.

Sugere-se que seja adotado, para a execução deste bueiro sob a ferrovia, método não destrutivo, de modo que não haja interferência das obras com o tráfego de trens.

O custo estimado para a implantação desta travessia é de R\$ 2.262.000,00.

7.1.2 Aumento da Capacidade Hidráulica do Canal do Rio Alto Boqueirão

A MC AB01-02 propõe o aumento da capacidade do canal do rio Alto Boqueirão no trecho entre as estacas 1+000 e 1+938, no qual seriam implantadas as seguintes ações:

- Aumento da seção de vazão (alargamento e aprofundamento do canal);
- Regularização dos taludes laterais e do fundo; e
- Proteção dos taludes com grama.

A Tabela 7.1 a seguir mostra a localização e as principais características desta medida proposta.

Tabela 7.1 - Principais Características da MC Proposta para Aumento das Capacidades do Canal do rio Alto Boqueirão

Medida de Controle	Características Principais
AB01-02	Localização do trecho: entre estacas 1+000 e 1+050 Extensão: 50 m Seção Atual: base $b = 3,2$ m ; altura $h = 2,8$ m, boca $l=7,30$ m Seção Proposta: base $b = 5,20$ m; altura $h = 3,80$ m; boca $l=11,45$ m
	Localização do trecho: entre estacas 1+050 e 1+500 Extensão: 450 m Seção Atual: base $b = 3,10$ m ; altura $h = 2,80$ m, boca $l=9,20$ m Seção Proposta: base $b = 5,10$ m; altura $h = 4,40$ m; boca $l = 11,20$ m
	Localização do trecho entre estacas 1+500 e 1+938 Extensão: 438 m Seção atual: base $b=3,0$ m, altura $h = 5,0$ m, boca $l = 7,3$ m Seção Proposta: concordar linearmente, ao longo do trecho, a seção proposta para a estaca 1+500 com a seção atual na estaca 1+938

Fonte: CH2M HILL

Os custo estimado para a execução desta medida é de R\$ 259.000,00.

ANEXO 1 – RESSALVAS

ANEXO 1 – RESSALVAS

Neste item são abordadas as ressalvas ao trabalho de espacialização das áreas de risco de inundação na área do município de Curitiba. Nessa área a base cartográfica do SIGRH, utilizada no estudo das linhas de inundação, apresenta baixa densidade de informações altimétricas, gerando resultados inconsistentes.

A modelagem das linhas de inundação é feita basicamente em duas etapas. A primeira, representada no diagrama da Figura A1, consiste na obtenção das cotas de inundação com a utilização de modelo matemático. A descrição topológica do sistema, obtida da base cartográfica, é um dos dados de entrada utilizados nessa etapa.

A segunda etapa, ilustrada no diagrama da Figura A2, consiste na geração das plantas de áreas inundáveis, com a utilização de um modelo de espacialização. Nesta etapa, dentre outros, são utilizados como dados de entrada os resultados da etapa anterior e a grade altimétrica que representa a topografia do terreno.

Figura A1

Primeira etapa da modelagem matemática das linhas de inundação.

O modelo processa os dados de entrada gerando os resultados que serão utilizados na etapa posterior.

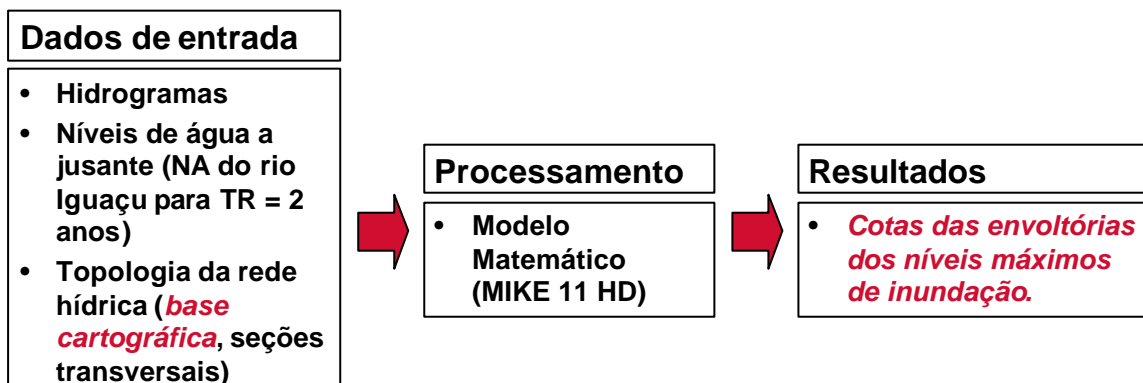
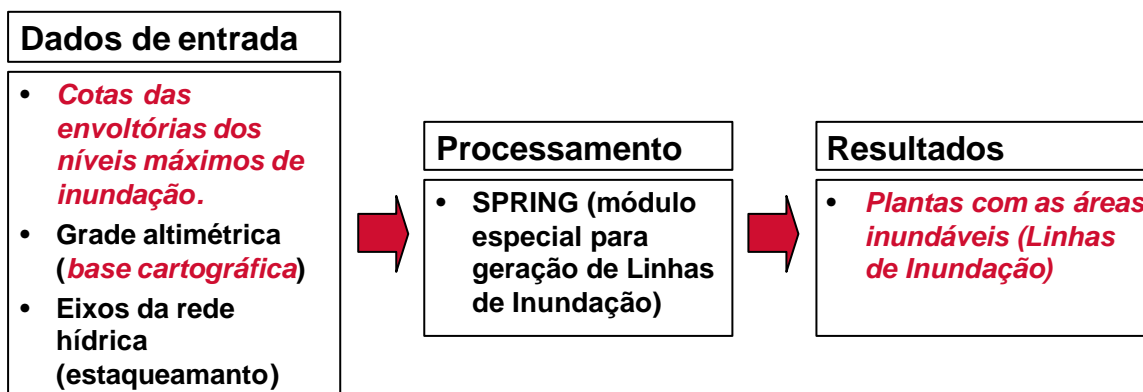


Figura A2

Segunda etapa da modelagem matemática das linhas de inundação.

O modelo processa os dados de entrada gerando as plantas com as áreas de risco de inundação.



O trabalho de modelagem consiste, portanto, basicamente na transformação dos *dados de entrada*, fornecidos aos modelos, em *resultados*. Quanto mais precisos e confiáveis esses dados, tanto mais precisos e confiáveis são os resultados.

A altimetria de Curitiba tem como origem plantas antigas do IPPUC e é representada no SIGRH somente pelas curvas de nível mestras, isto é: apenas por uma curva de nível a cada 5 m e sem cotas de pontos notáveis (como cruzamentos de vias públicas, talvegues ou pontos altos).

O modelo hidrodinâmico utilizado para o estudo da macrodrenagem tem a capacidade de simular níveis de água, com precisão maior que decímetro. Dadas essas características da base cartográfica, variações de nível menores que 5 m não são representadas de forma coerente em planta.

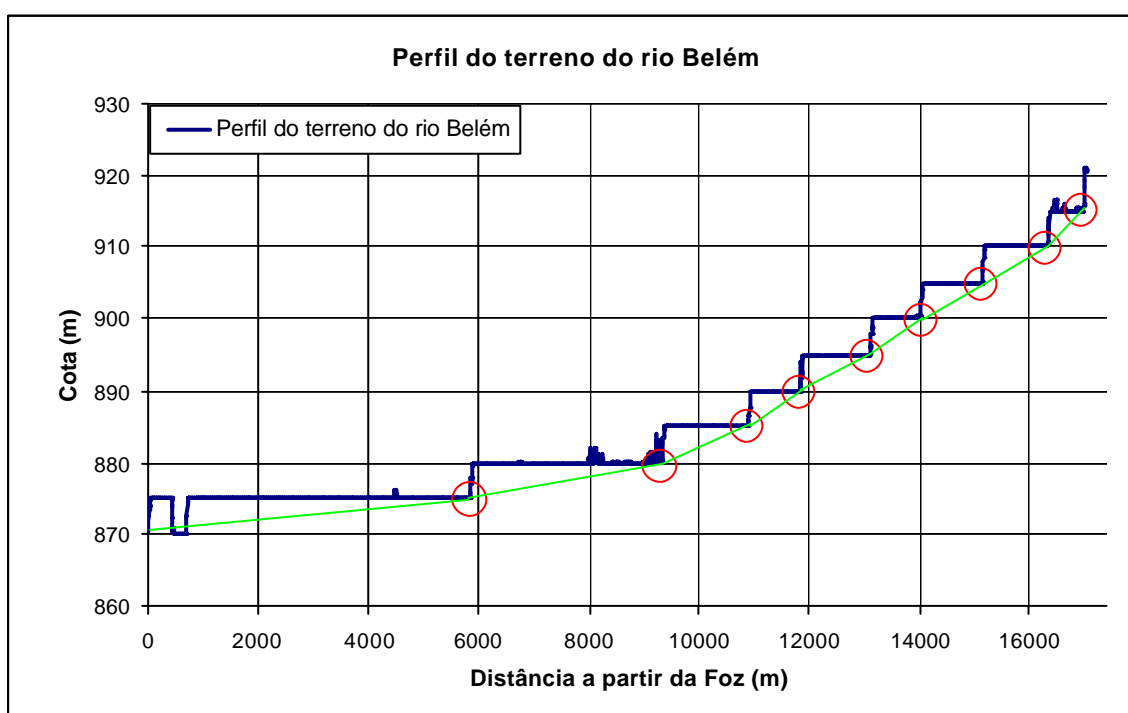
Também devido a essas características, a grade altimétrica regular do Modelo Digital do Terreno, gerada através do software Spring, não representa a topografia com exatidão. As seções transversais e perfis da macrodrenagem, obtidos a partir dessa grade, apresentam patamares horizontais, entre as curvas de nível.

A Figura A3 mostra, a título de exemplo, o perfil do terreno ao longo do eixo do rio Belém obtido por interpolação sobre a grade regular. Na figura notam-se os patamares formados ao longo do caminhamento do rio. Os pontos onde o traçado do rio cruza com as curvas de nível correspondem aos círculos vermelhos.

Figura A3

Perfil do terreno ao longo do eixo do rio Belém

O perfil representado no MDT, gerado a partir da base do SIGRH, apresenta patamares horizontais que, na escala das cartas apresentadas no Plano Diretor de Drenagem, gera distorções nas linhas de inundação.



Devido aos patamares horizontais gerados pelo modelo para representar o rio, os resultados das simulações hidrodinâmicas ficam prejudicados, uma vez que a representação apurada do perfil é fundamental para se obter resultados confiáveis.

No exemplo acima, trechos horizontais como, por exemplo, entre as distâncias 0 e 6.000 m acabam sendo interpretados, pelo modelo de espacialização das manchas de inundação, como uma espécie de lago. No modelo hidrodinâmico, devido ao patamar com declividade nula, os níveis de água calculados são maiores do que os que seriam obtidos para um perfil gradual, dificultando também a análise das áreas de risco. Nesse caso foi necessário utilizar-se de alguns artifícios para que esse tipo de problema não inviabilizasse completamente o trabalho.

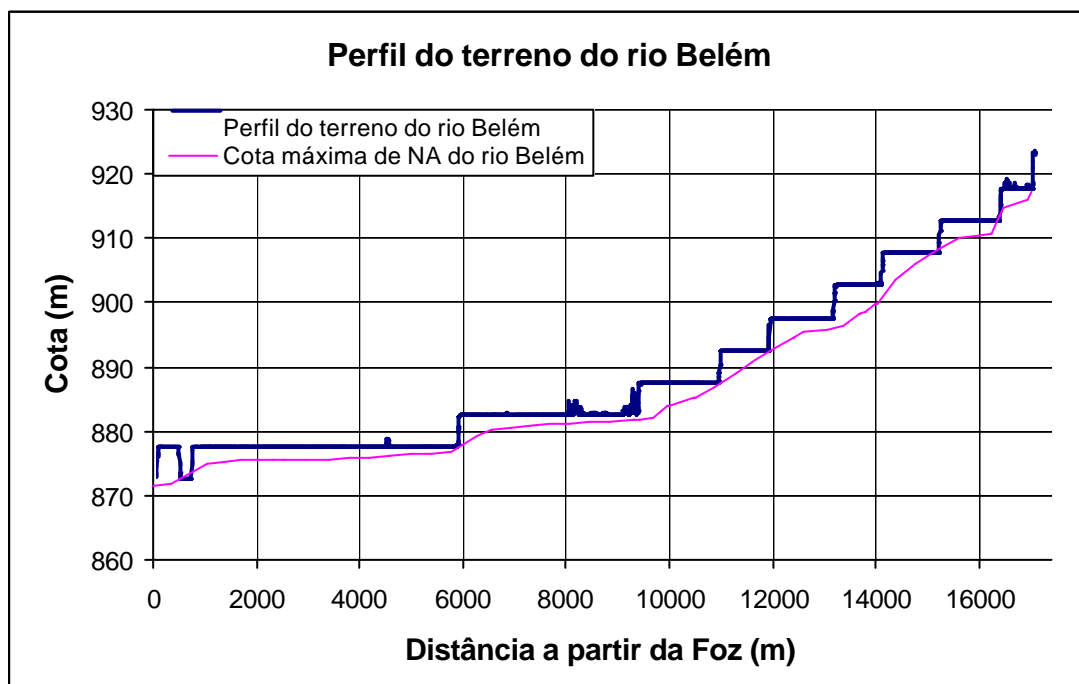
A espacialização das inundações apresenta também outros problemas devido às limitações da base cartográfica. A Figura A4 mostra como as cotas de nível de água são interpoladas sobre o MDT (Modelo Digital do Terreno).

As manchas que representam as áreas de risco são desenhadas pelo modelo nos locais onde o nível de água está acima do terreno. Como o terreno é representado por uma sucessão de degraus, estas áreas, quando transcritas para as plantas, acabam sendo truncadas, como se existisse uma série de obstáculos ao longo de seu caminhamento.

Figura A4

Perfil do terreno e da envoltória dos níveis máximos de inundação ao longo do eixo do rio Belém

As manchas de inundação são desenhadas sempre que a cota do nível de inundação é maior que a cota do terreno. Neste caso, devido aos patamares gerados no MDT, as manchas são interrompidas bruscamente a cada patamar.



As duas figuras seguintes ilustram a conformação altimétrica representada pela grade regular gerada pelo software SPRING, numa visualização em 3 dimensões, com imagens em níveis de cinza. As partes mais escuras das figuras representam cotas mais baixas e as partes mais claras representam cotas mais altas da bacia.

A primeira figura é uma vista geral da bacia e a segunda mostra, em uma escala maior, um detalhe próximo à foz, onde é possível perceber os patamares representados pelos diferentes tons de cinza.

Figura A5

Representação da conformação topográfica da bacia do Rio Belém

Os tons claros representam as cotas mais altas e os escuros, as mais baixas.

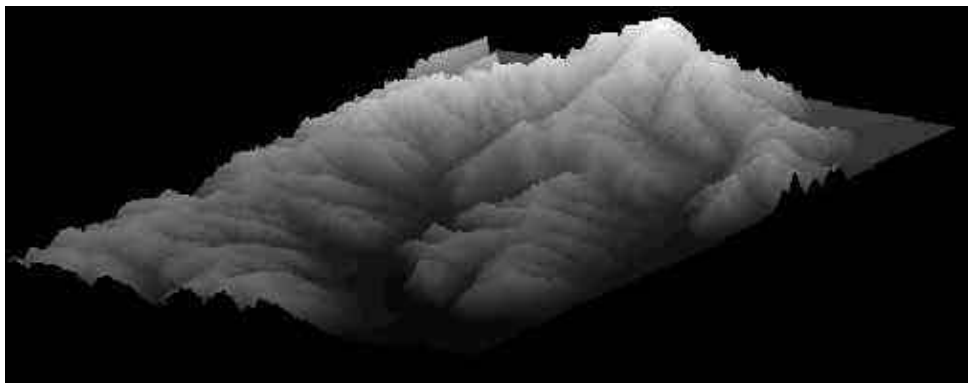
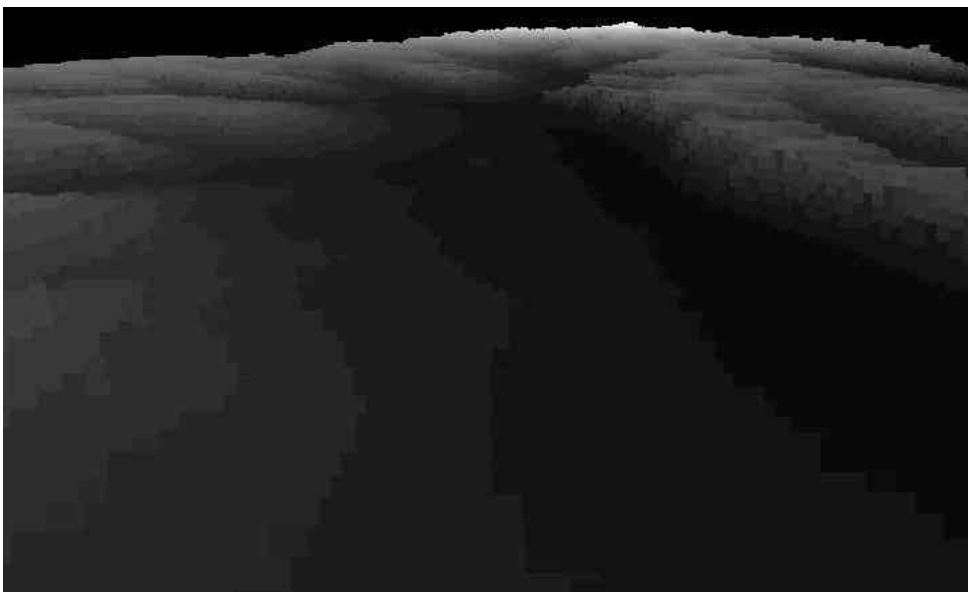


Figura A6

Representação da conformação topográfica de parte da bacia do Rio Belém

Nesta figura, que mostra um detalhe ampliado da Figura A5, é possível perceber as variações bruscas da altimetria que, nos perfis do terreno, são representadas como patamares horizontais.



Deve-se destacar que esses problemas na geração das linhas de inundação são praticamente desprezáveis nas áreas onde a base cartográfica do SIGRH foi montada a partir de outras cartas, que não as do IPPUC.

Nas áreas cobertas pelas cartas escala 1:2.000 do programa ParanaCidade, a base apresenta curvas de nível a cada metro e cotas dos pontos notáveis.

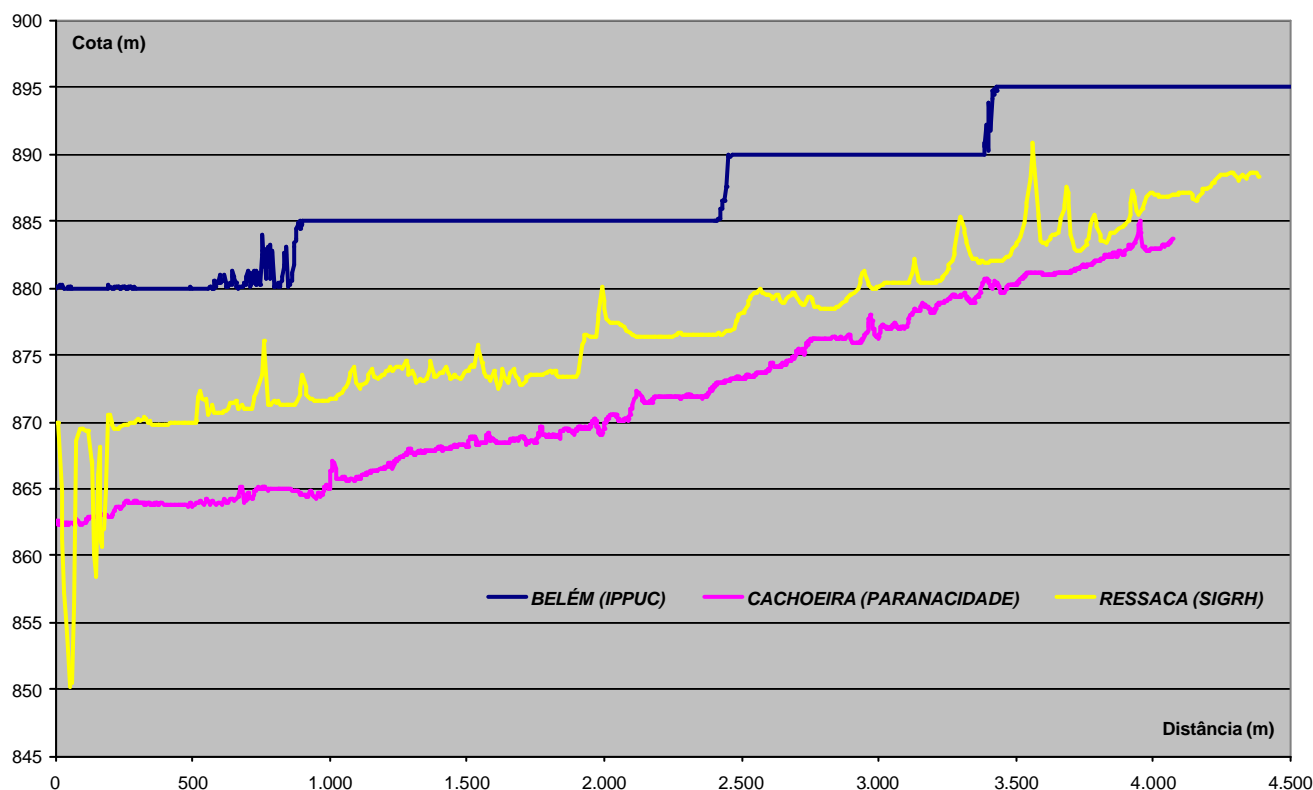
Nas áreas cobertas pela restituição elaborada recentemente pela SUDERHSA a cartografia apresenta cotas de pontos notáveis e cotas ao longo dos eixos dos rios, embora seja na escala 1:10.000 com curvas de nível a cada 5 m.

A figura A7 mostra uma comparação dos perfis longitudinais obtidos a partir das três bases cartográficas que compõem o SIGRH: trecho do rio Belém na área onde as cartas do SIGRH foram elaboradas a partir das cartas do IPPUC; trecho do rio da Cachoeira, onde as cartas do SIGRH foram elaboradas a partir das cartas escala 1:2.000 do programa ParanaCidade; trecho do rio da Ressaca onde as cartas do SIGRH foram elaboradas a partir da restituição aerofotogramétrica, escala 1:10.000 elaborada recentemente pela SUDERHSA.

Figura A7

Trechos dos perfis dos rios Belém, da Cachoeira e da Ressaca obtidos do MDT gerado a partir da base cartográfica do SIGRH.

A figura mostra os níveis de detalhes obtidos em locais da Bacia do Alto Iguaçu mapeados, na base do SIGRH, a partir de fontes diferentes.



No exemplo da figura acima notam-se as grandes variações de cotas obtidas entre duas curvas de nível para os casos do rio da Cachoeira e do rio da Ressaca. Os picos que aparecem nesses dois perfis, por exemplo, representam travessias do sistema viário. Já o perfil do rio Belém se mostra muito pobre em informações. Como a confiabilidade dos resultados é função da qualidade e precisão dos dados de entrada, é possível afirmar, pelas razões expostas, que as linhas de inundação geradas pela modelagem matemática, na área do município de Curitiba, não representam com a devida precisão as áreas de risco apresentadas no Plano Diretor de Drenagem.

Entretanto isso não invalida o trabalho realizado. Embora com precisão menor que para outras áreas, foi feito o pré-dimensionamento das medidas estruturais de controle, mesmo para as bacias cobertas por uma cartografia de precisão não apropriada, através de avaliações e recursos descritos nos relatórios. Além disso, os mesmos processos desenvolvidos no Plano Diretor de Drenagem, podem ser utilizados no futuro quando estiverem disponíveis bases cartográficas mais detalhadas.

ANEXO 2 – TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO

TABELA 4.1
 BACIA DO ALTO BOQUEIRÃO - CÁLCULO DOS TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO

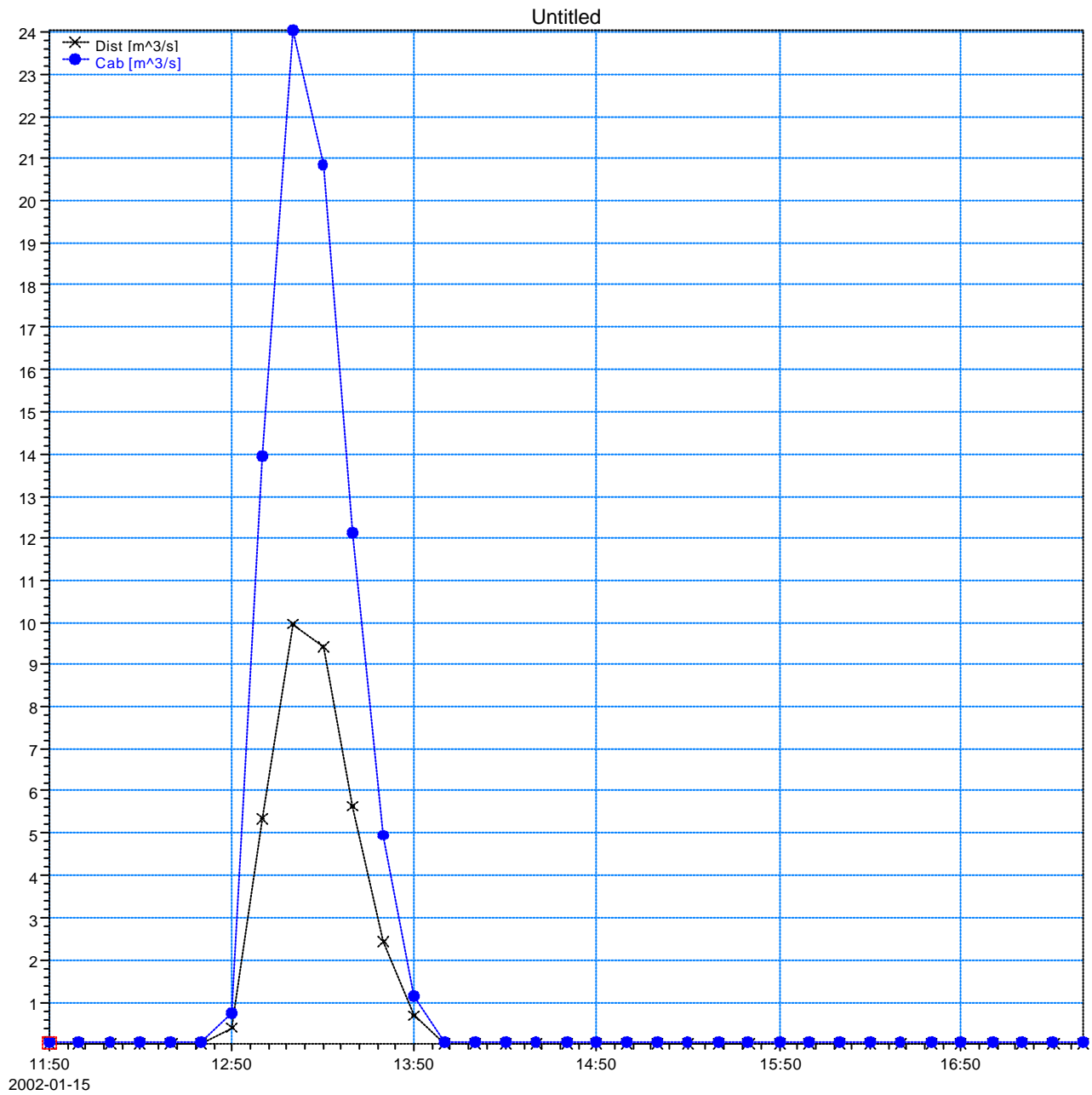
Sub-Bacia	Área (km ²)	Trecho	Velocidade Média (m/s)	L (m)	H (m)	Tempos de Concentração (h)				1999			2020			CN Atual	CN Tendencial
						Kirpich	Cinemático	Germano	Adotado	Densidade (hab/ha)	Área Imperm.		Densidade (hab/ha)	Área Imperm.			
											%	(Km ²)		%	(Km ²)		
A1	1,54	Alto Boqueirão Cabec.	sem dados	538	14	0,17	-	0,24	0,24	56,2	24,01	0,37	56,2	24,01	0,37	86,5	88,0
A2	4,43	Alto Boqueirão Dist.	sem dados	972	31	0,25	-	0,28	0,28	65,7	29,46	1,31	66,3	29,79	1,32	87,9	89,0

ANEXO 3 – HIDROGRAMAS DE ENTRADA

Rio Alto Boqueirão
Cenário Atual (TR = 10 anos)

Hidrograma: 9 —●●●

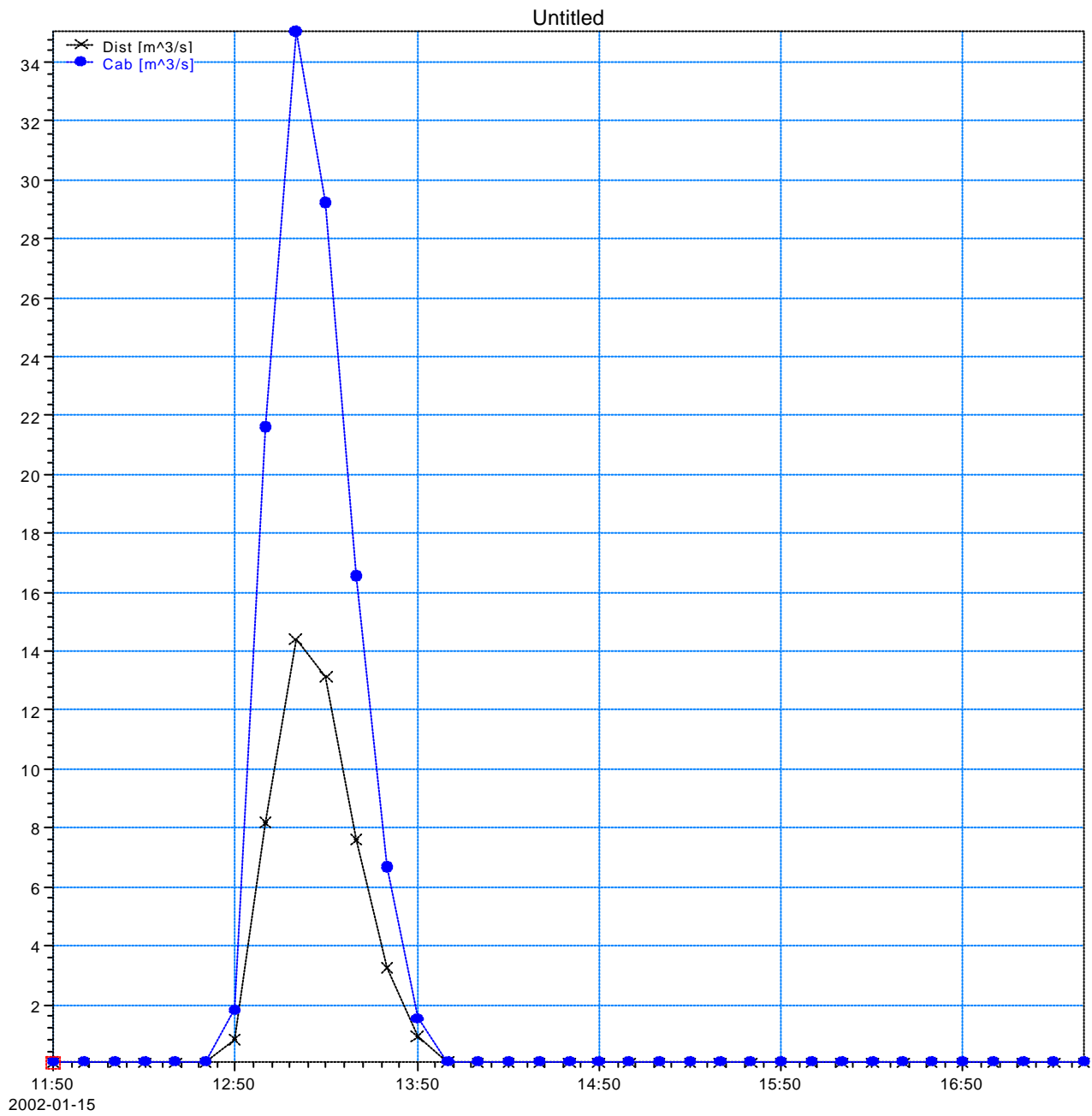
Hidrograma: 2 a 8 —x—x—x



Rio Alto Boqueirão
Cenário Atual (TR = 25 anos)

Hidrograma: 9 * * *

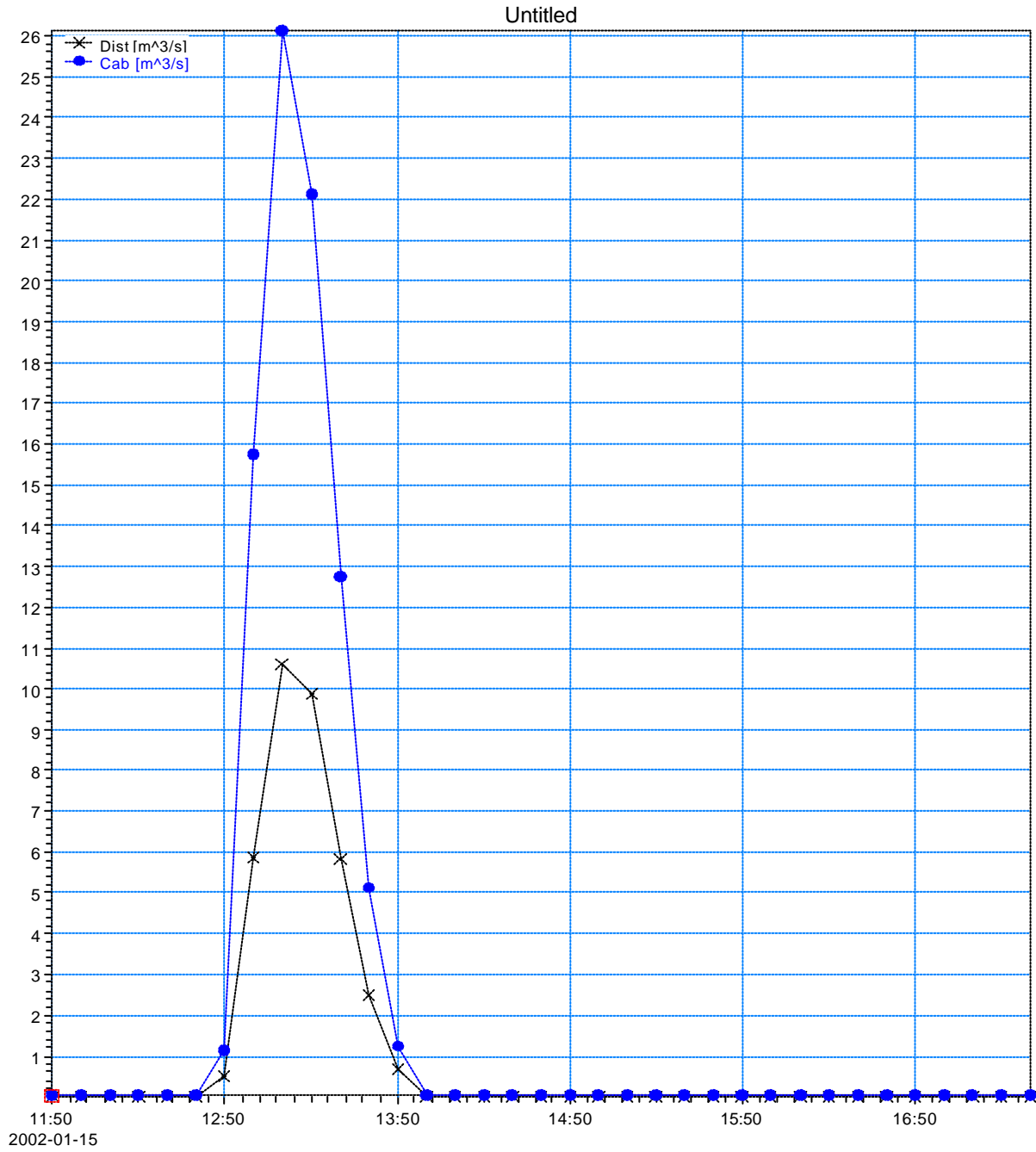
Hidrograma: 2 a 8 x x x




Rio Alto Boqueirão
Cenário Tendencial (TR = 10 anos)


Hidrograma: 9 *-*-*

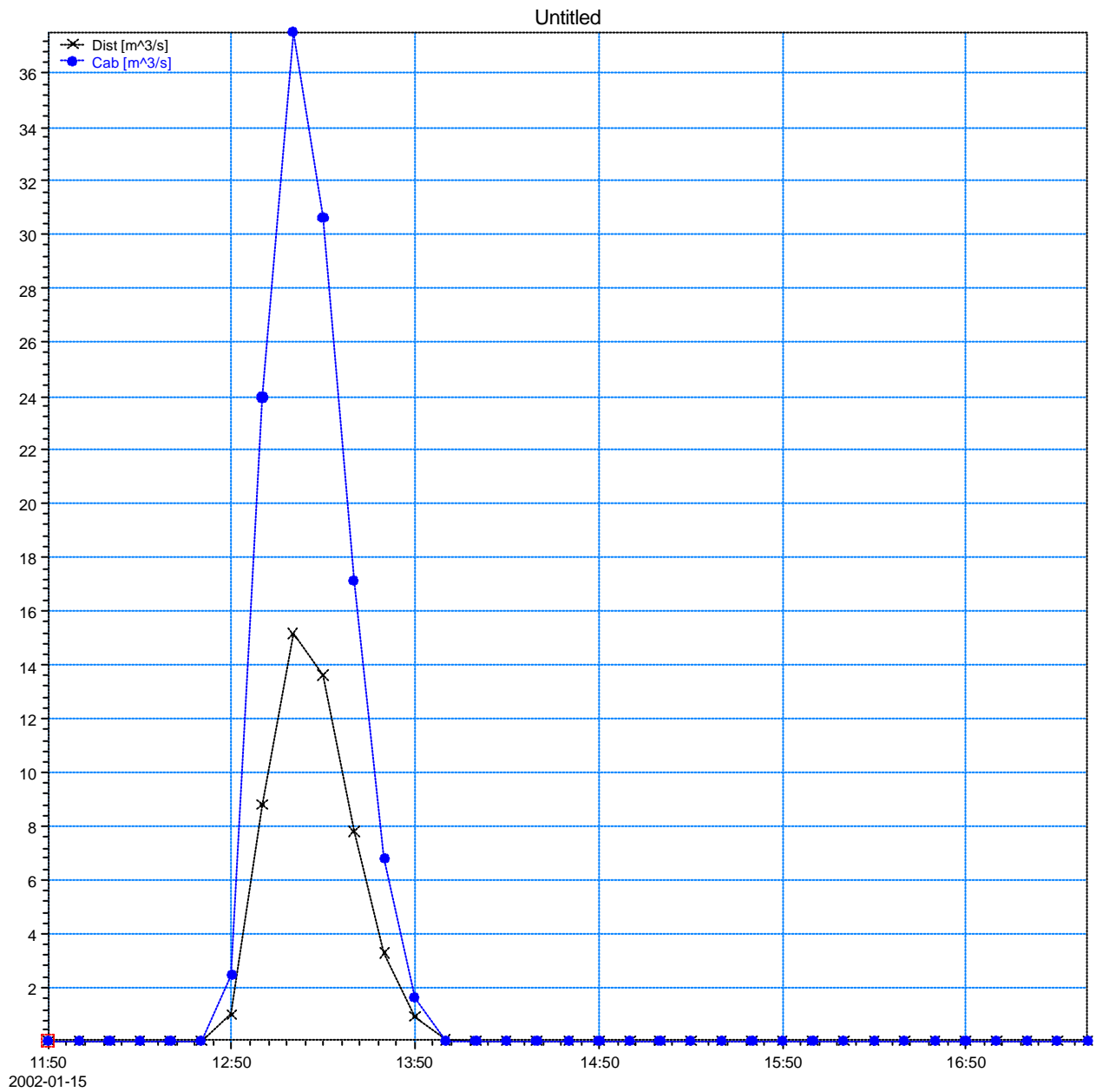
Hidrograma: 2 a 8 x-x-x



Rio Alato Boqueirão
Cenário Tendencial (TR = 25 anos)

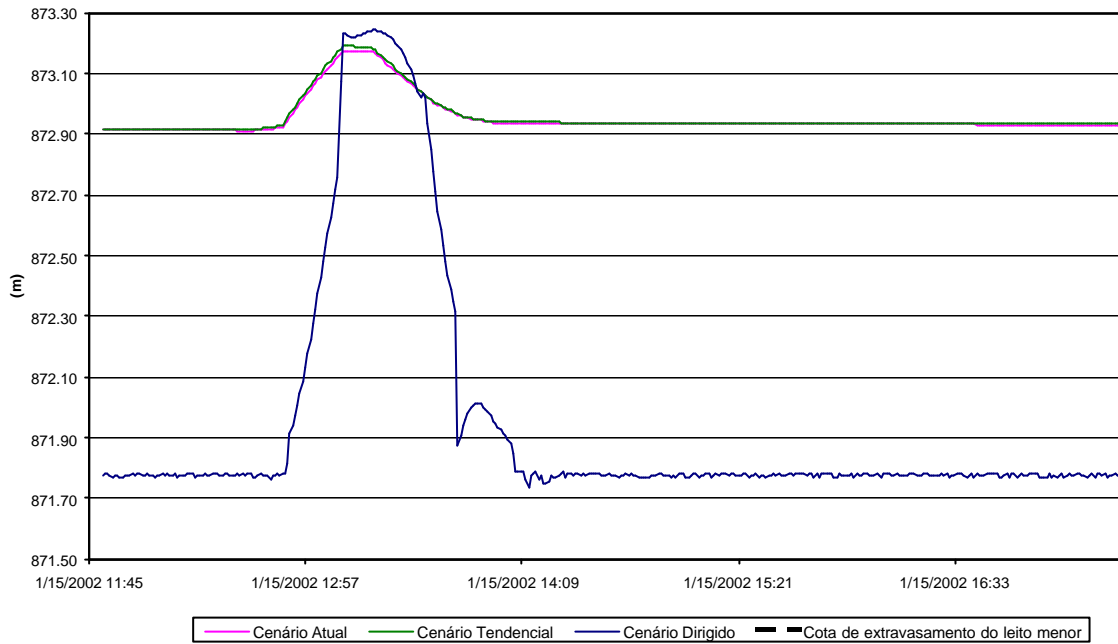
Hidrograma: 9 

Hidrograma: 2 a 8 



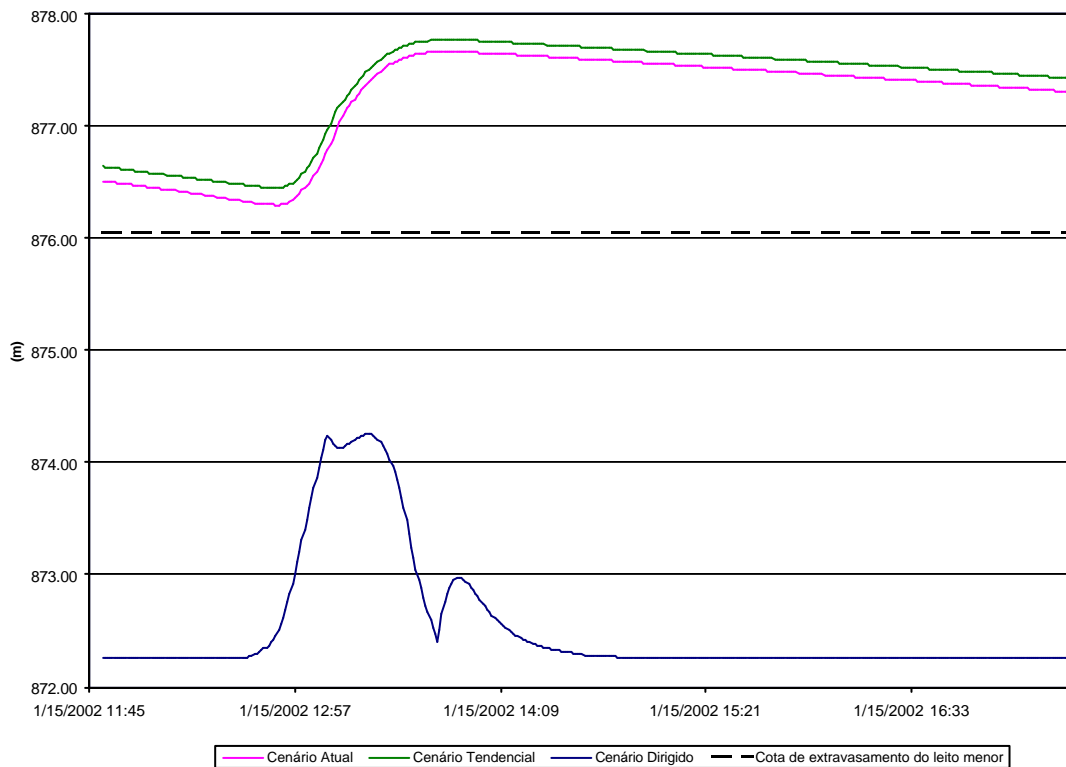
ANEXO 4 – COTAGRAMAS

Cotagrama Seção 0+903 Rio Alto Boqueirão - TR=10 anos.

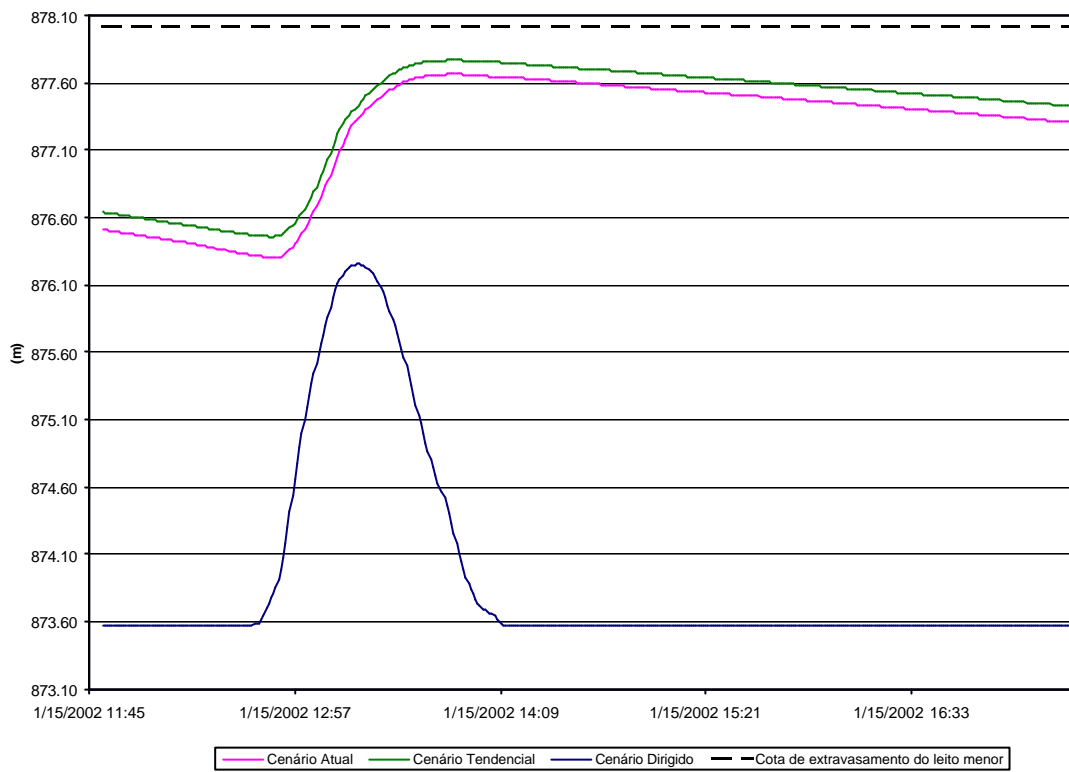


Obs.: Neste cotagrama a cota de extravasamento do leito menor de 875,38 m, não aparece pois se encontra acima da escala máxima do gráfico em todos os intervalos de tempo da simulação

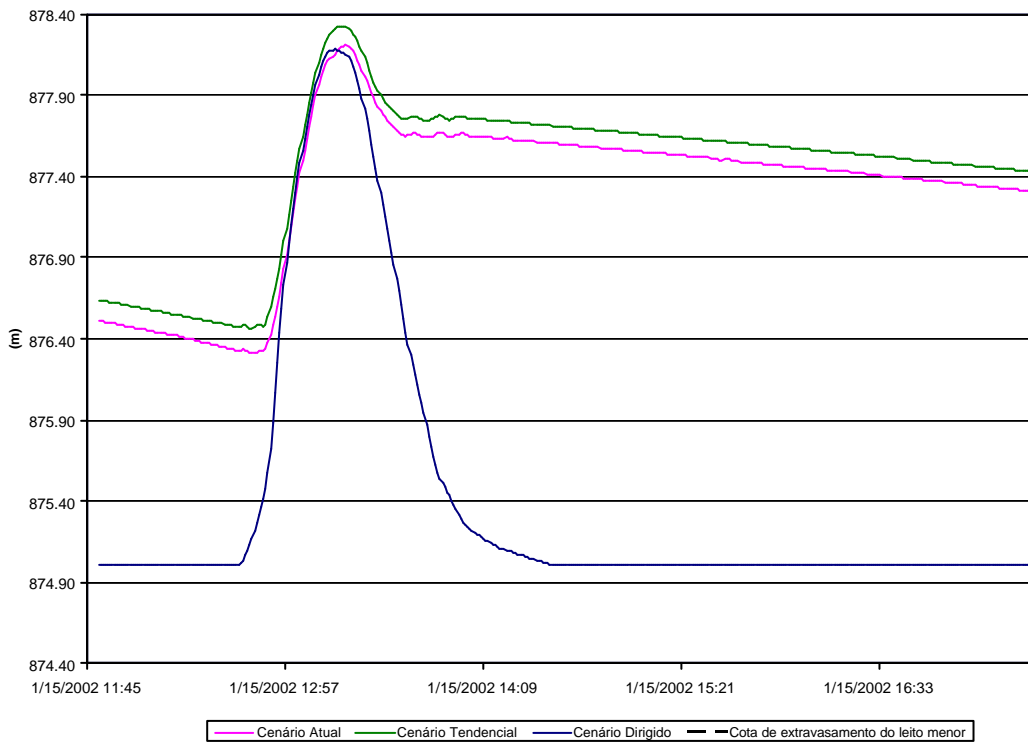
Cotagrama Seção 1+050 Rio Alto Boqueirão - TR=10 anos



Cotograma Seção 1+494
Rio Alto Boqueirão - TR=10 anos.

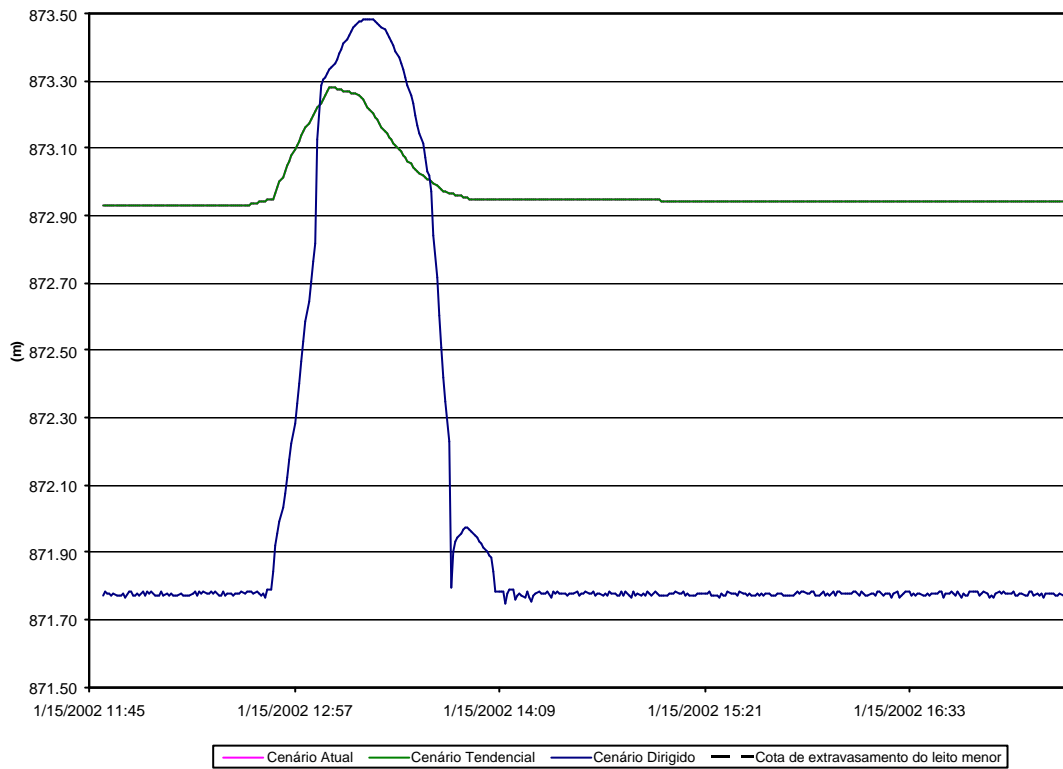


Cotograma Seção 1+938
Rio Alto Boqueirão - TR=10 anos.



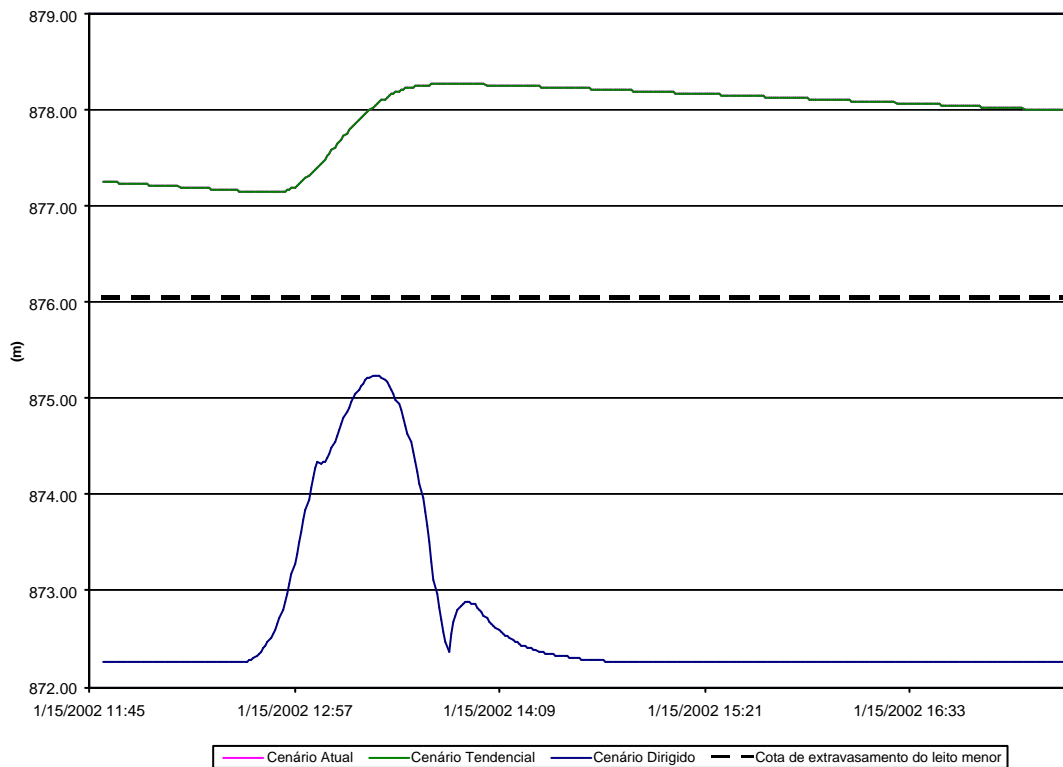
Obs.: Neste cotograma a cota de extravasamento do leito menor de 880 m, não aparece pois se encontra acima da escala máxima do gráfico em todos os intervalos de tempo da simulação.

**Cotagrama Seção 0+903
Rio Alto Boqueirão - TR=25 anos.**

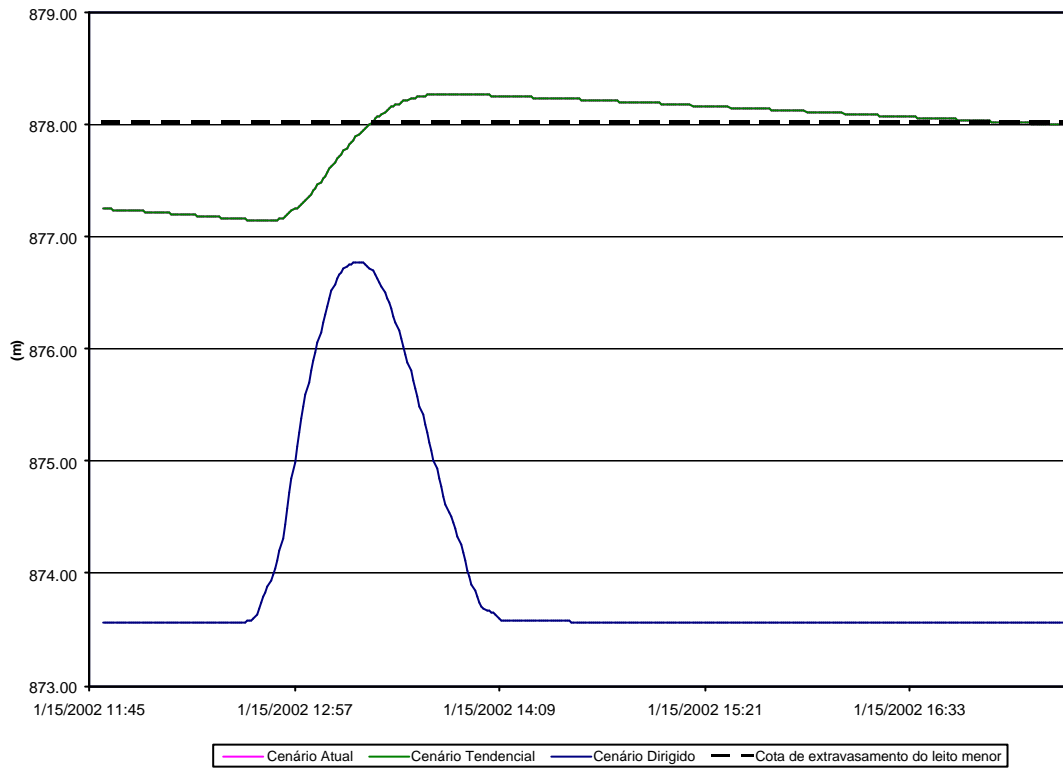


Obs.: Neste cotagrama a cota de extravasamento do leito menor de 875,38 m, não aparece pois se encontra acima da escala máxima do gráfico em todos os intervalos de tempo da simulação

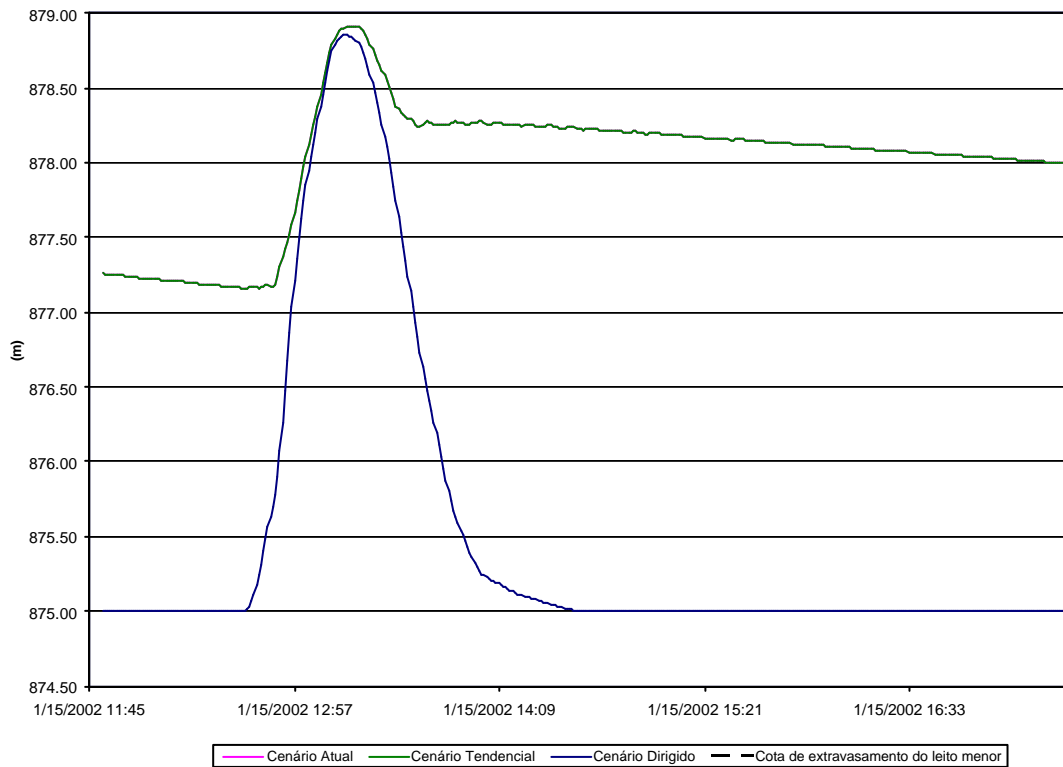
**Cotagrama Seção 1+050
Rio Alto Boqueirão - TR=25 anos**



Cotograma Seção 1+494 Rio Alto Boqueirão - TR=25 anos.



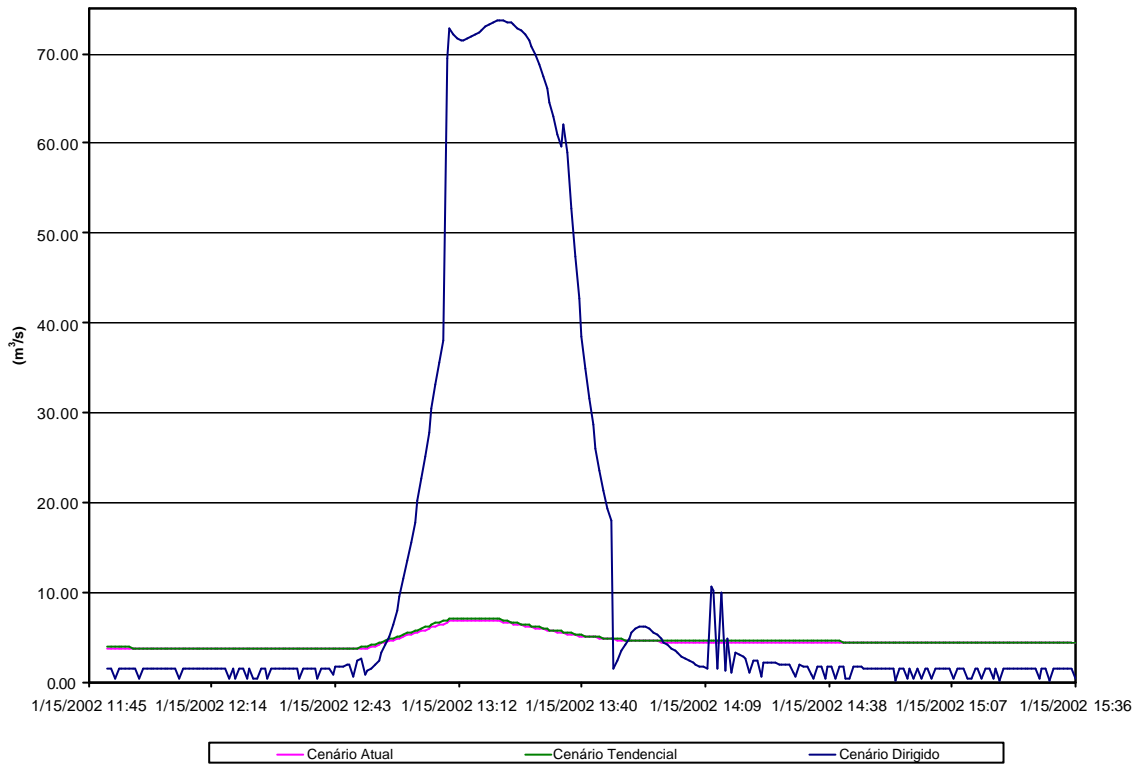
Cotograma Seção 1+938 Rio Alto Boqueirão - TR=25 anos.



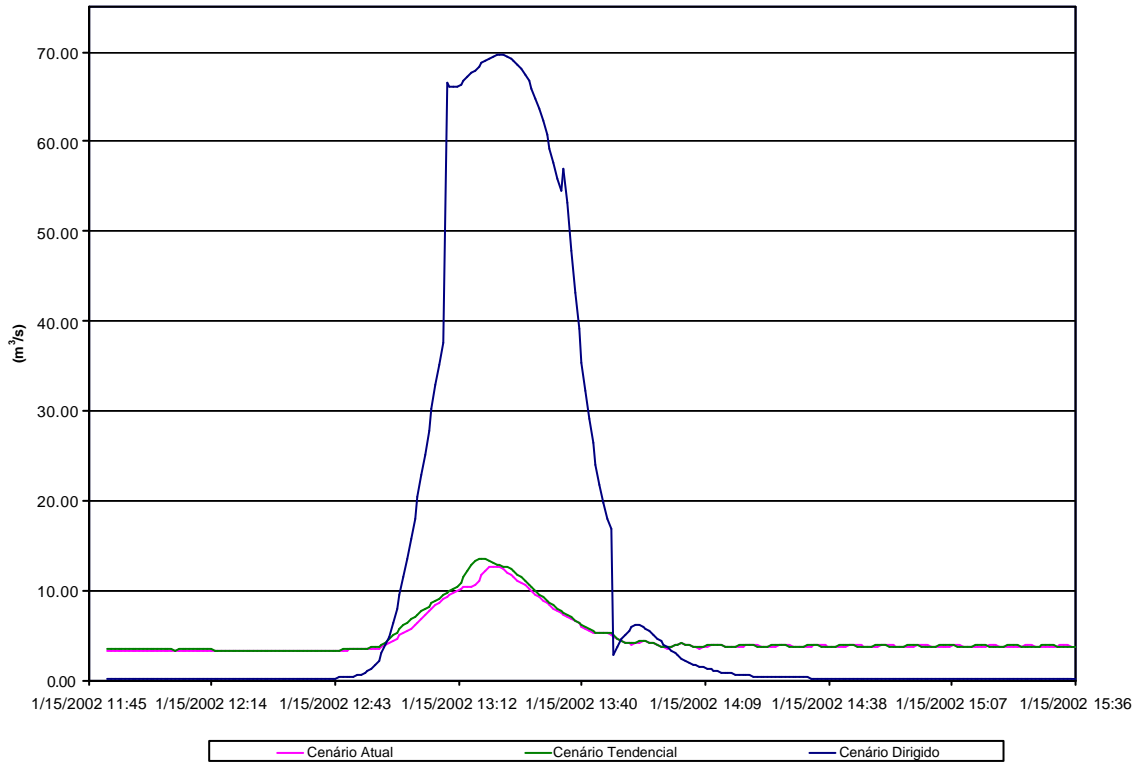
Obs.: Neste cotograma a cota de extravasamento do leito menor de 880 m, não aparece pois se encontra acima da escala máxima do gráfico em todos os intervalos de tempo da simulação.

ANEXO 5 – HIDROGRAMAS DE SAÍDA

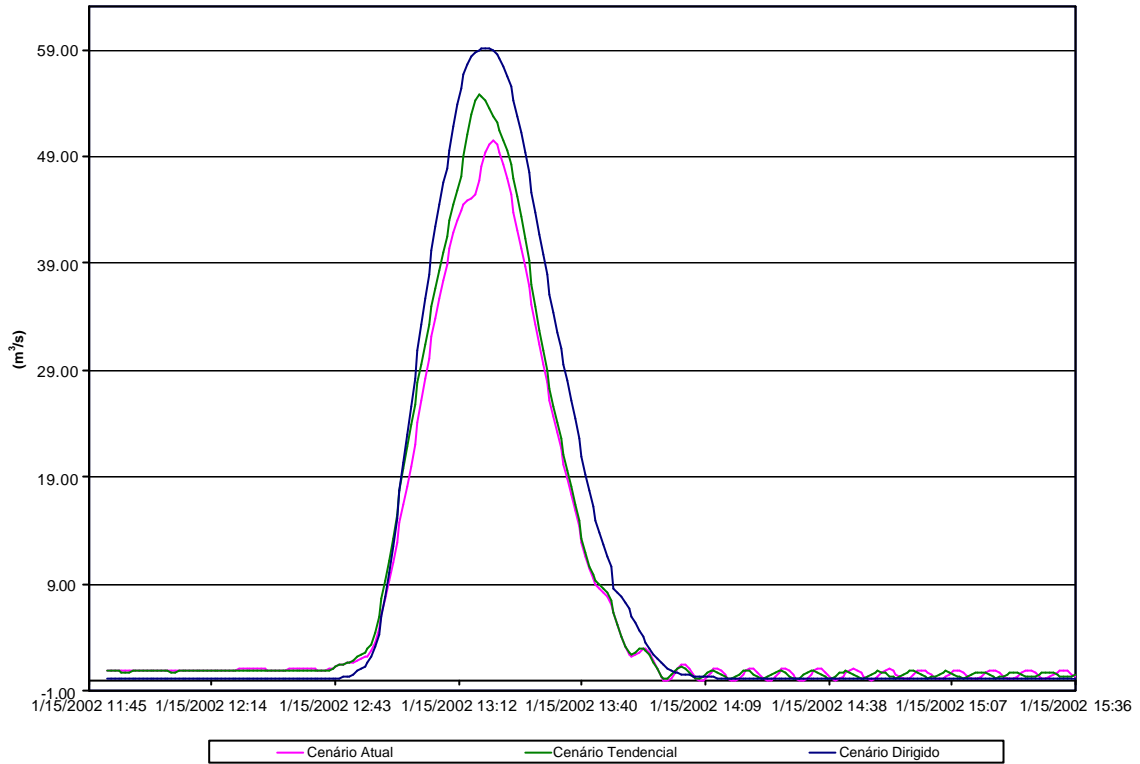
Hidrograma Seção 0+903 Rio Alto Boqueirão - TR=10 anos.



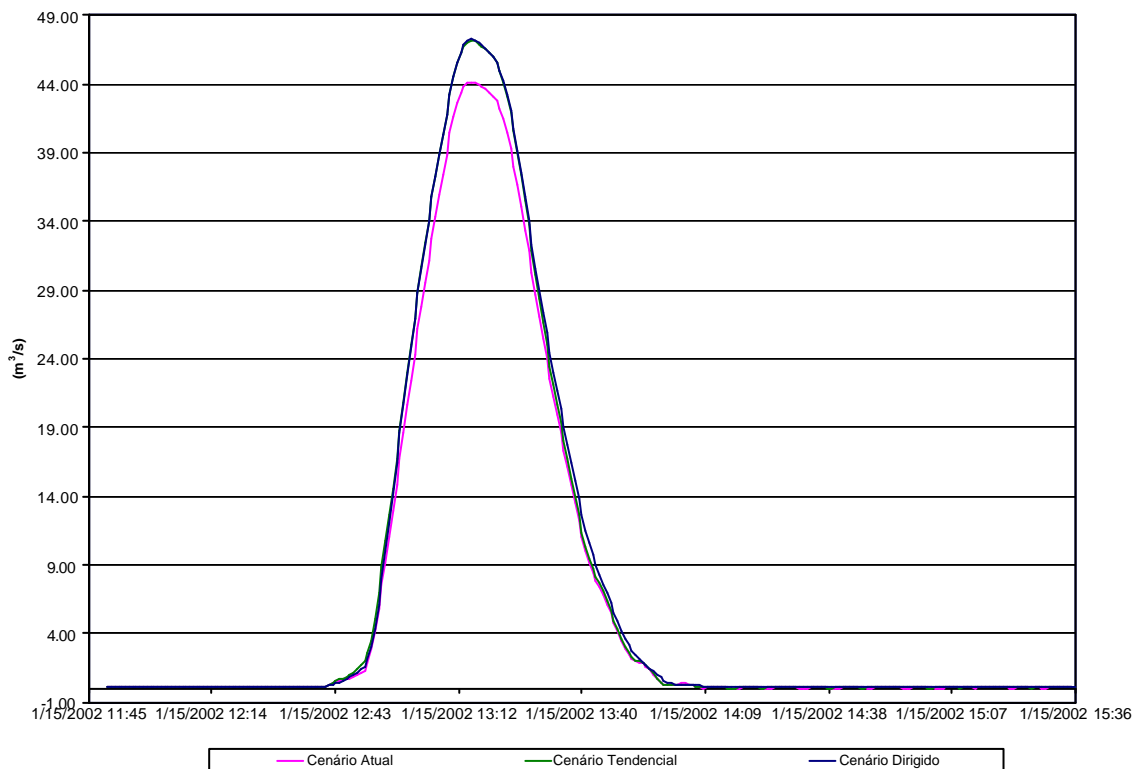
Hidrograma Seção 1+050 Rio Alto Boqueirão - TR=10 anos



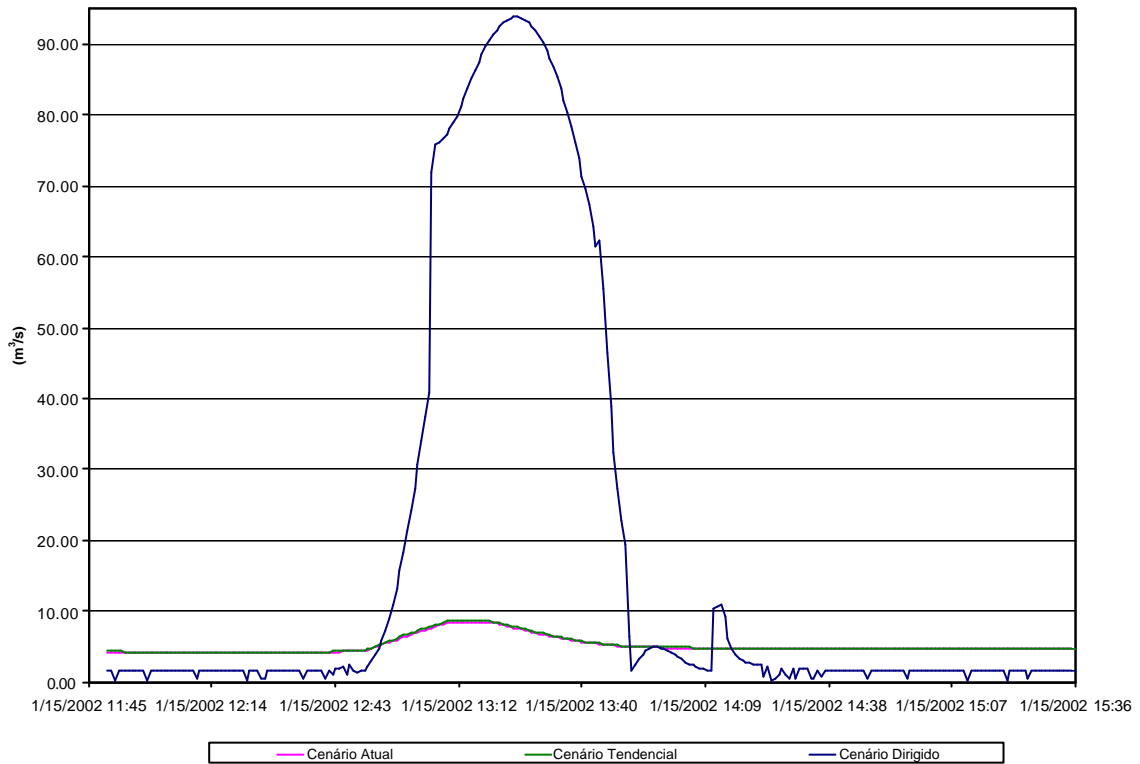
Hidrograma Seção 1+494 Rio Alto Boqueirão - TR=10 anos.



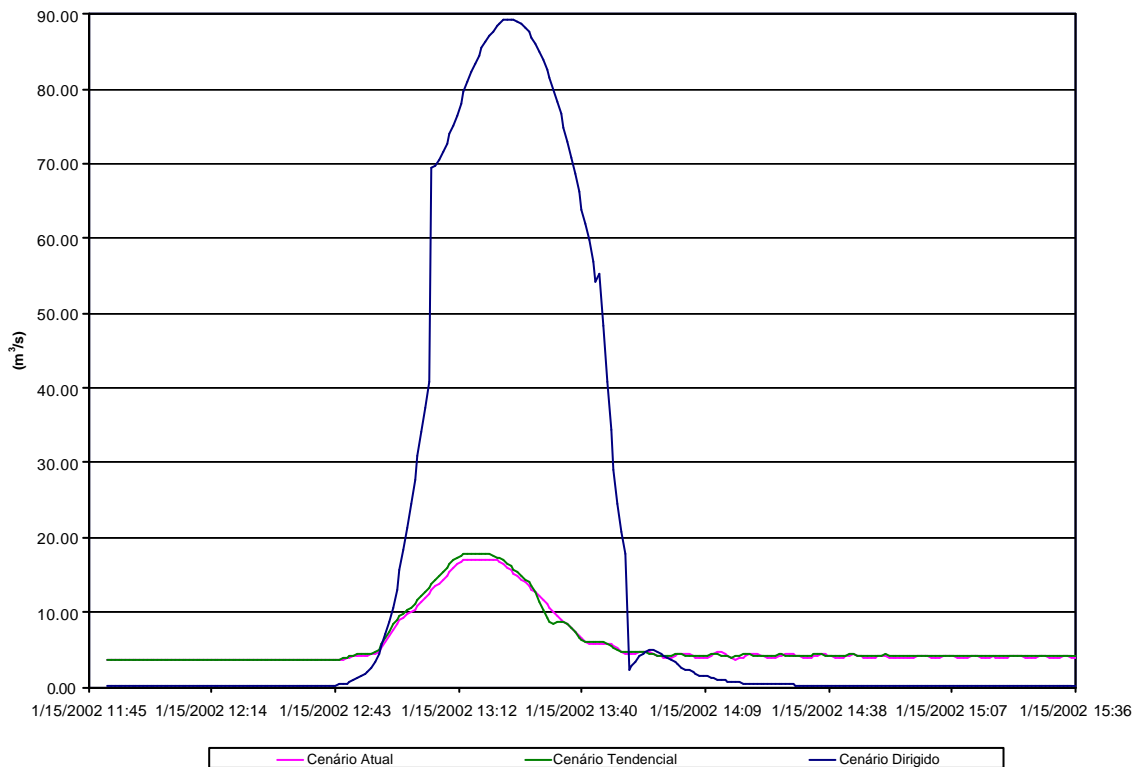
Hidrograma Seção 1+938 Rio Alto Boqueirão - TR=10 anos.



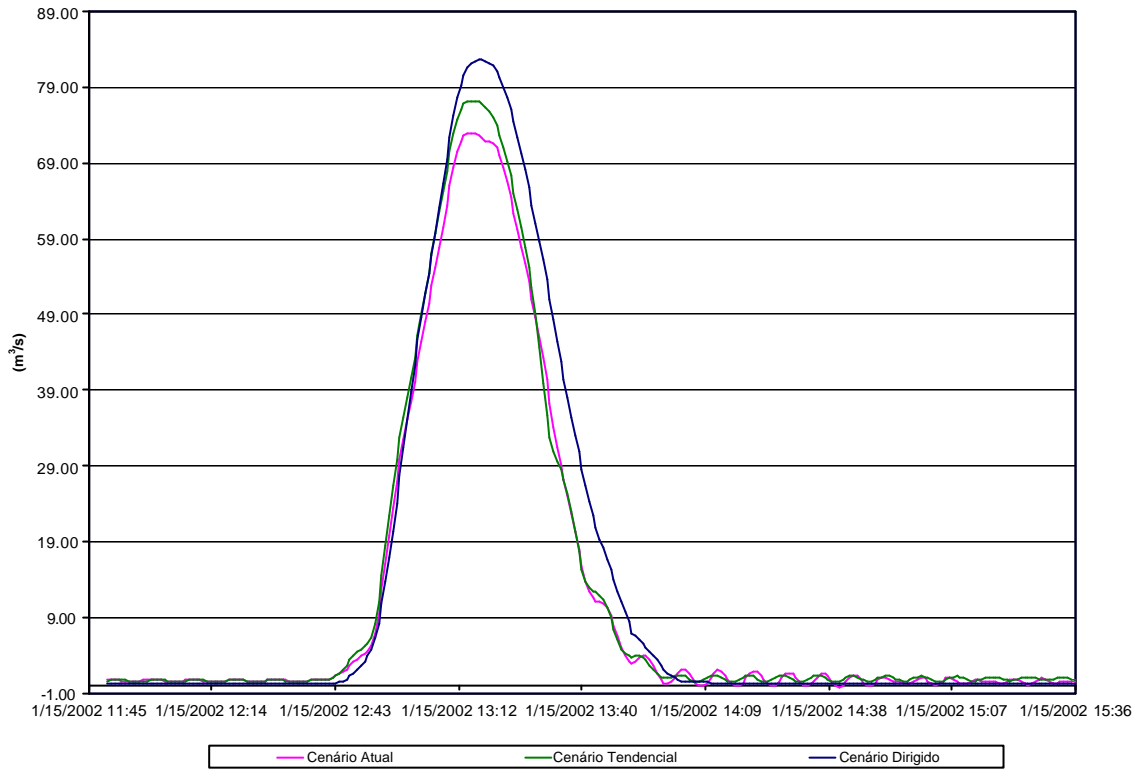
Hidrograma Seção 0+903 Rio Alto Boqueirão - TR=25 anos.



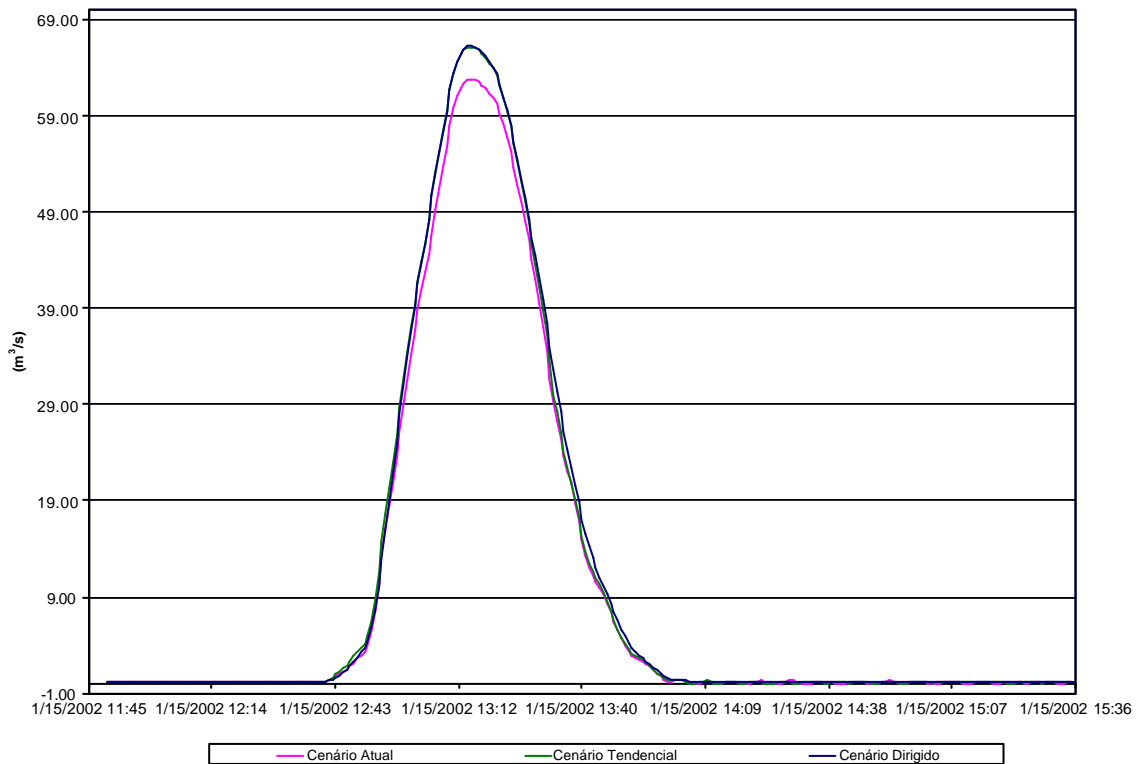
Hidrograma Seção 1+050 Rio Alto Boqueirão - TR=25 anos



Hidrograma Seção 1+494 Rio Alto Boqueirão - TR=25 anos.

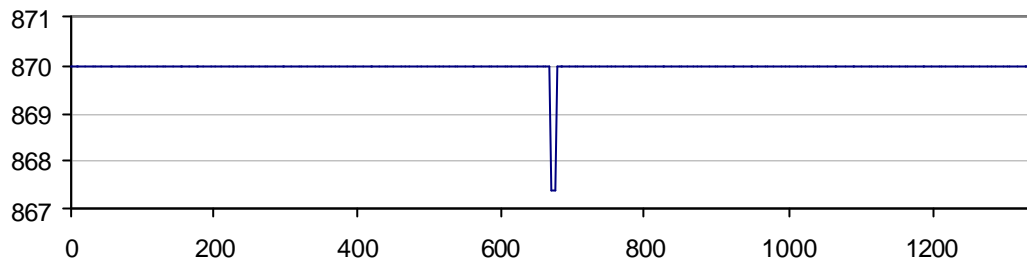


Hidrograma Seção 1+938 Rio Alto Boqueirão - TR=25 anos.

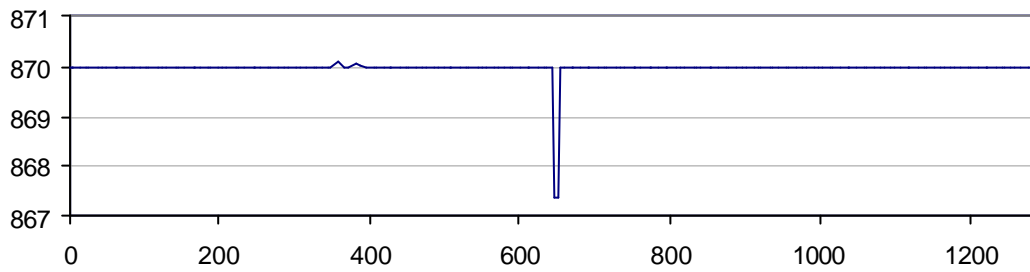


ANEXO 6 – SEÇÕES TRANSVERSAIS

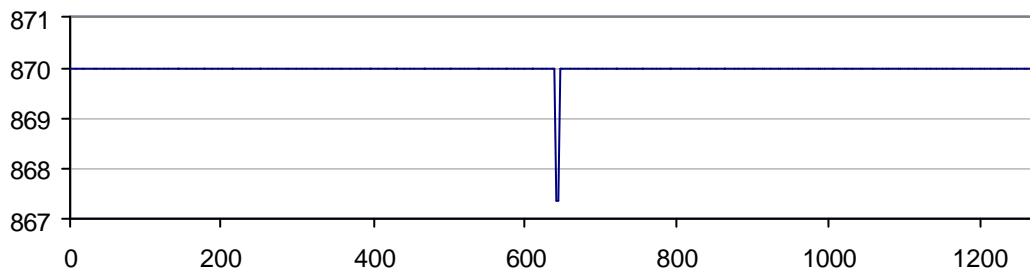
Rio Alto Boqueirão – Seção 1 – Estaca 0 + 0



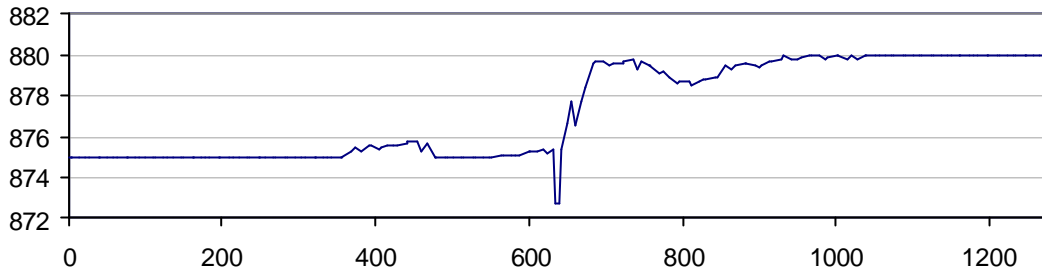
Rio Alto Boqueirão – Seção 2 – Estaca 0 + 119



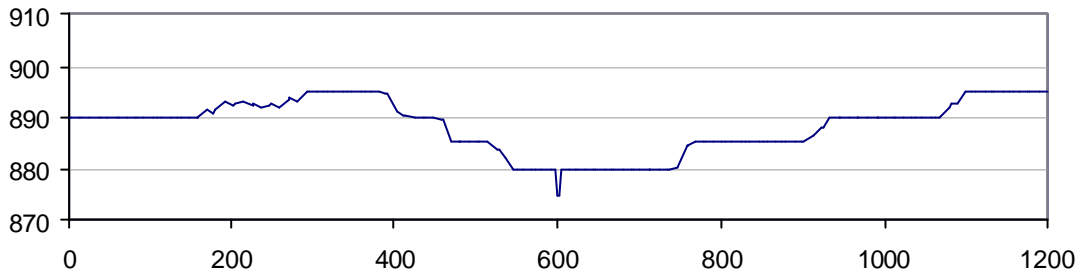
Rio Alto Boqueirão – Seção 3 – Estaca 0 + 420



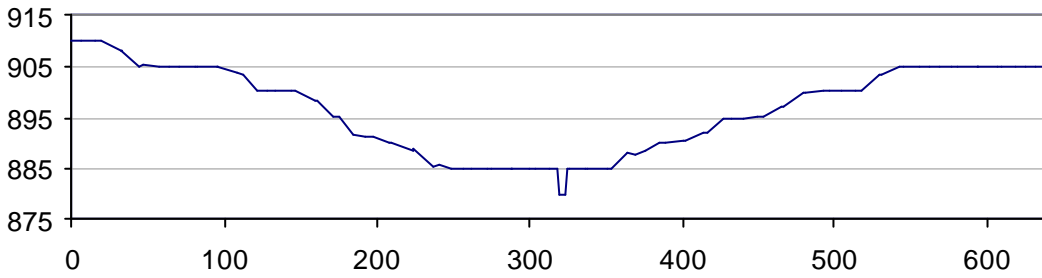
Rio Alto Boqueirão – Seção 4 – Estaca 0 + 903



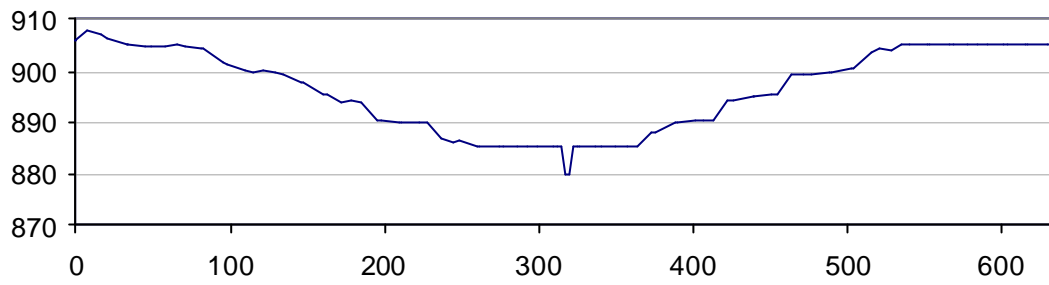
Rio Alto Boqueirão – Seção 5 – Estaca 1 + 938



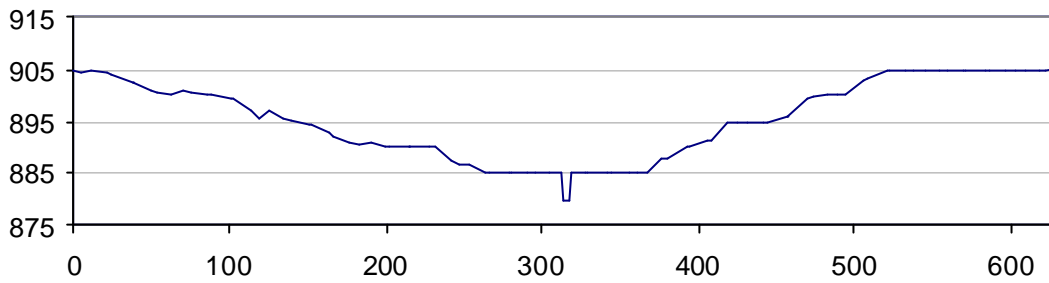
Rio Alto Boqueirão – Seção 6 – Estaca 2 + 781



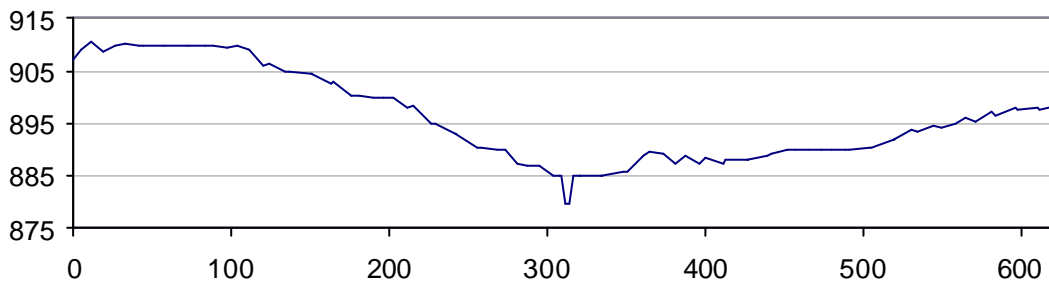
Rio Alto Boqueirão – Seção 7 – Estaca 2 + 814



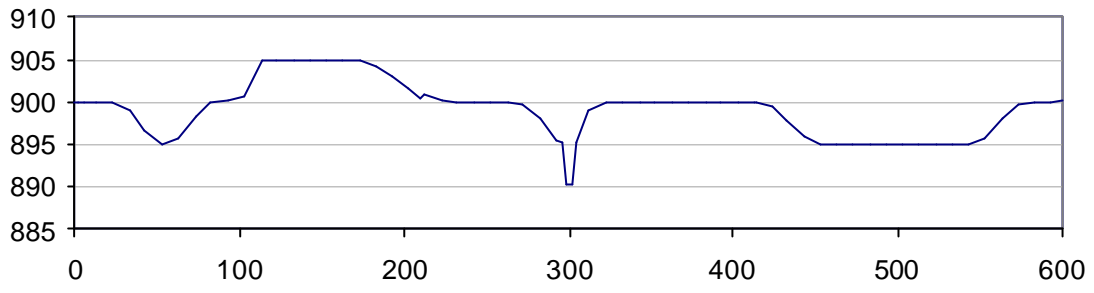
Rio Alto Boqueirão – Seção 8 – Estaca 2 + 837



Rio Alto Boqueirão – Seção 9 – Estaca 2 + 981



Rio Alto Boqueirão – Seção 10 – Estaca 3 + 293

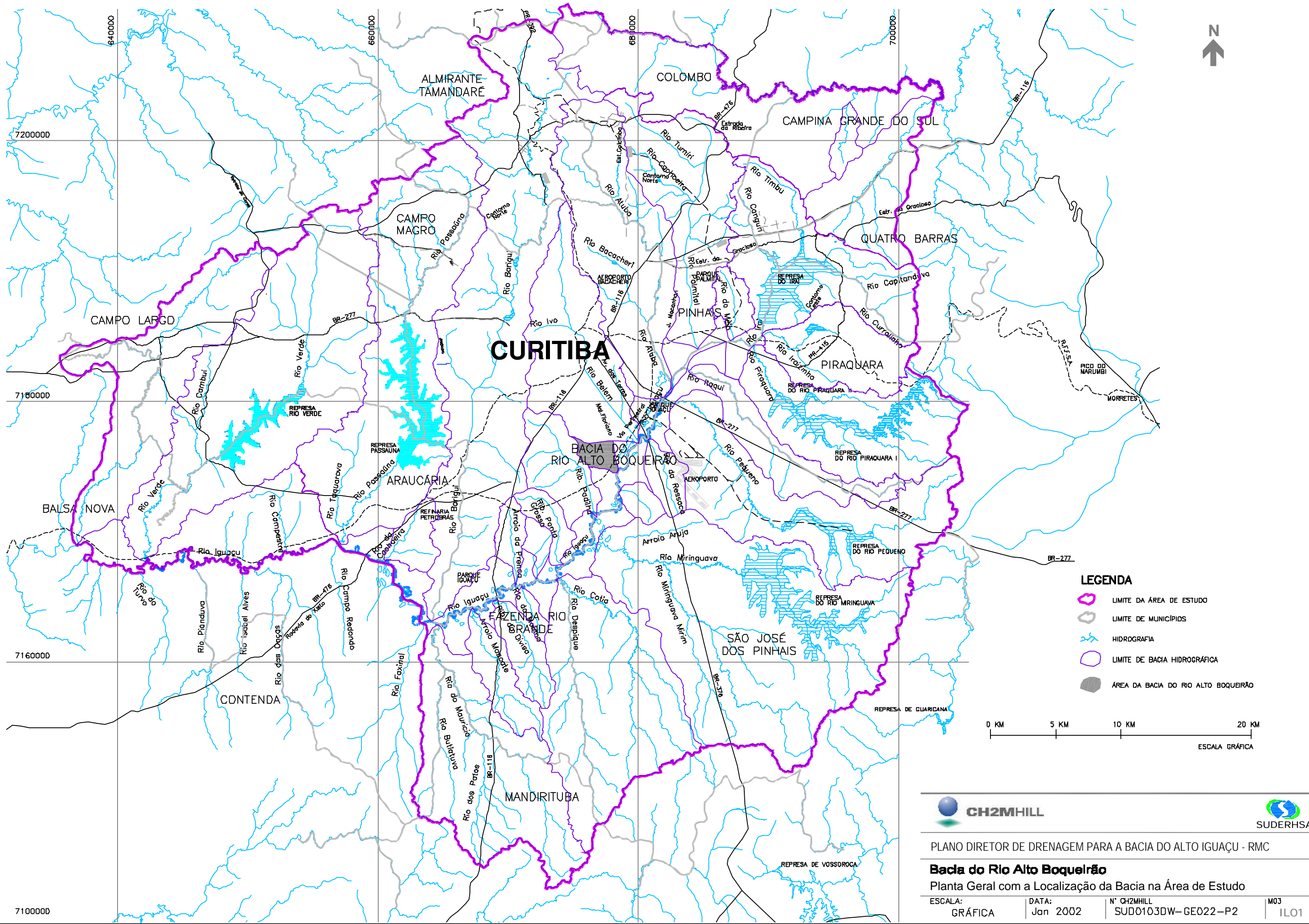


ANEXO 7 – COTAS DE NÍVEIS DE ÁGUA






**TABELA DE COTAS DE NÍVEIS MÁXIMOS DE ÁGUA SIMULADOS
BACIA DO RIO ALTO BOQUEIRÃO - CENÁRIOS ATUAL, TENDENCIAL E DIRIGIDO**

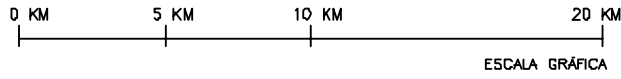
RIO	DISTÂNCIA (m)	A 10	A 25	T 10	T 25	D 10	D 25
ALTOBOQUEIRAO	0	870,75	870,75	870,75	870,75	870,75	870,75
ALTOBOQUEIRAO	120	870,75	870,75	870,75	870,75	870,76	870,76
ALTOBOQUEIRAO	420	870,75	870,75	870,75	870,75	870,76	870,77
ALTOBOQUEIRAO	500	871,15	871,17	871,15	871,17	871,17	871,21
ALTOBOQUEIRAO	904	873,18	873,28	873,19	873,30	873,24	873,49
ALTOBOQUEIRAO	1000	876,13	876,57	876,21	876,63	873,91	874,64
ALTOBOQUEIRAO	1050	877,67	878,27	877,77	878,36	874,26	875,24
ALTOBOQUEIRAO	1494	877,67	878,28	877,77	878,36	876,25	876,78
ALTOBOQUEIRAO	1500	877,68	878,28	877,78	878,37	876,25	876,78
ALTOBOQUEIRAO	1938	878,21	878,91	878,33	879,03	878,18	878,85
ALTOBOQUEIRAO	2000	878,73	879,37	878,91	879,45	878,84	879,37
ALTOBOQUEIRAO	2050	879,14	879,74	879,38	879,79	879,38	879,79
ALTOBOQUEIRAO	2416	880,28	880,96	880,44	881,06	880,44	881,06
ALTOBOQUEIRAO	2500	880,64	881,28	880,78	881,38	880,78	881,38
ALTOBOQUEIRAO	2781	881,84	882,35	881,94	882,45	881,94	882,45
ALTOBOQUEIRAO	2811	882,01	882,52	882,11	882,62	882,11	882,62

ANEXO 8 – DESENHOS



LEGENDA

-  LIMITE DA ÁREA DE ESTUDO
-  LIMITE DE MUNICÍPIOS
-  HIDROGRAFIA
-  LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
-  ÁREA DA BACIA DO RIO ALTO BOQUEIRÃO

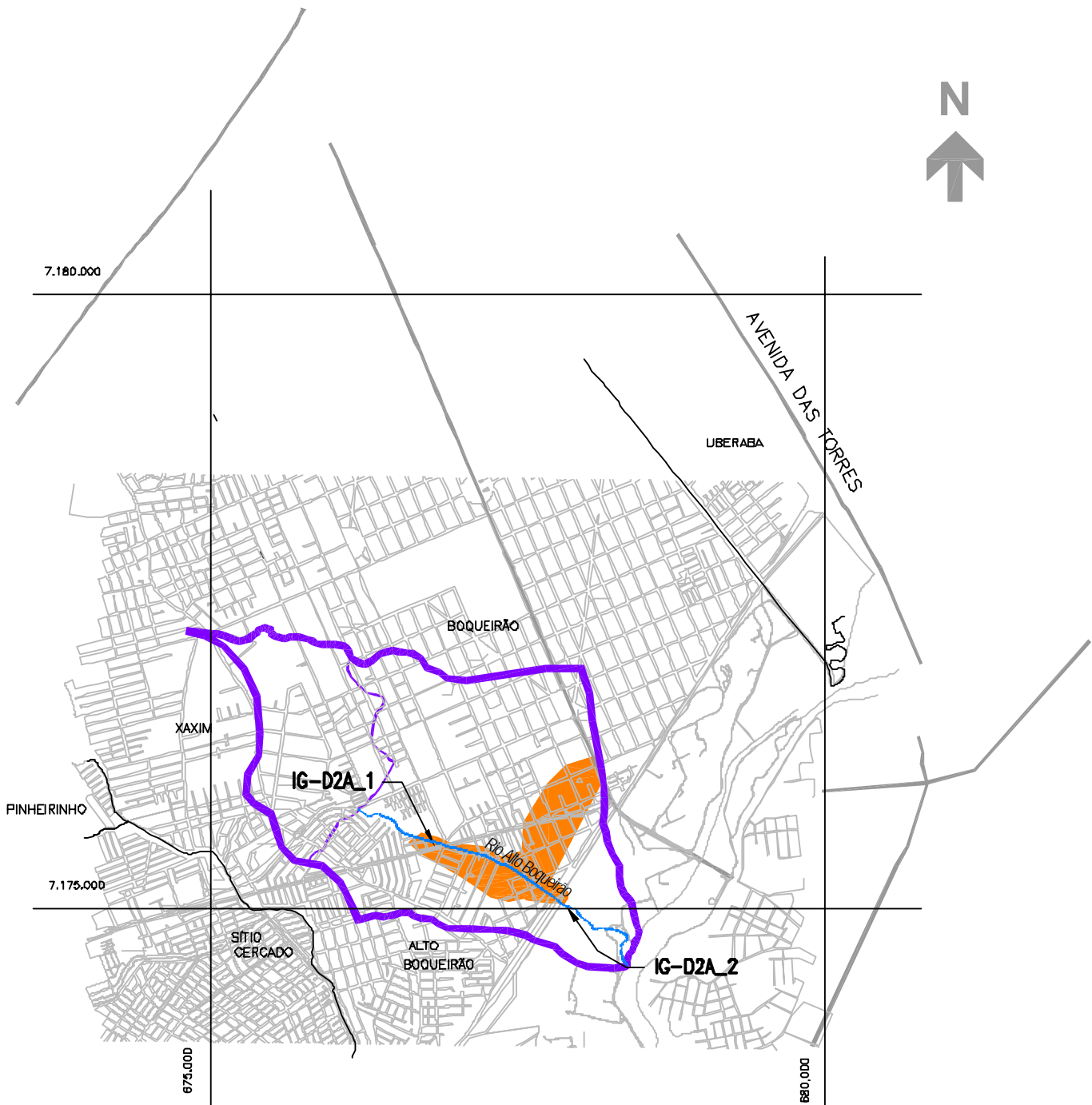






PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC

Bacia do Rio Alto Boqueirão
 Planta Geral com a Localização da Bacia na Área de Estudo

ESCALA: GRÁFICA	DATA: Jan 2002	Nº CH2MHILL SUD0103DW-GE022-P2	M03 ILO1
--------------------	-------------------	-----------------------------------	-------------

710000



-  LIMITE DA BACIA
-  PONTOS CRÍTICOS DE INUNDAÇÃO
-  SISTEMA VIÁRIO PRINCIPAL
-  LIMITES DE MUNICÍPIO

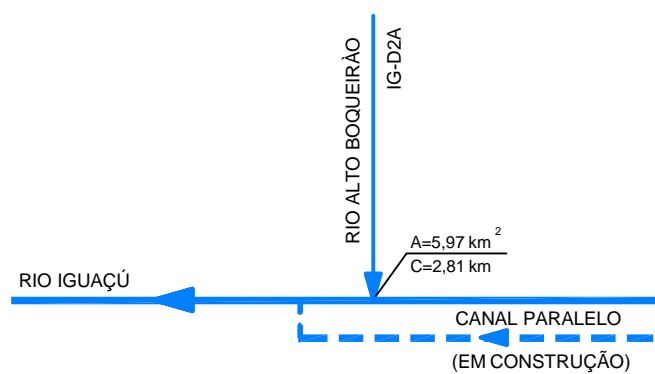


PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC

Bacia do Rio Alto Boqueirão

Planta Geral e Pontos Críticos de Inundações Segundo Pesquisa

ESCALA: 1 : 50.000	DATA: Jan 2002	Nº CH2MHILL SUD0103SV-WR028-P1	M03 1001
-----------------------	-------------------	-----------------------------------	-------------



- RIOS ESTUDADOS NO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM
PERTENCENTES À BACIA DO ALTO IGUAÇU
- - - - - CANAL PARALELO

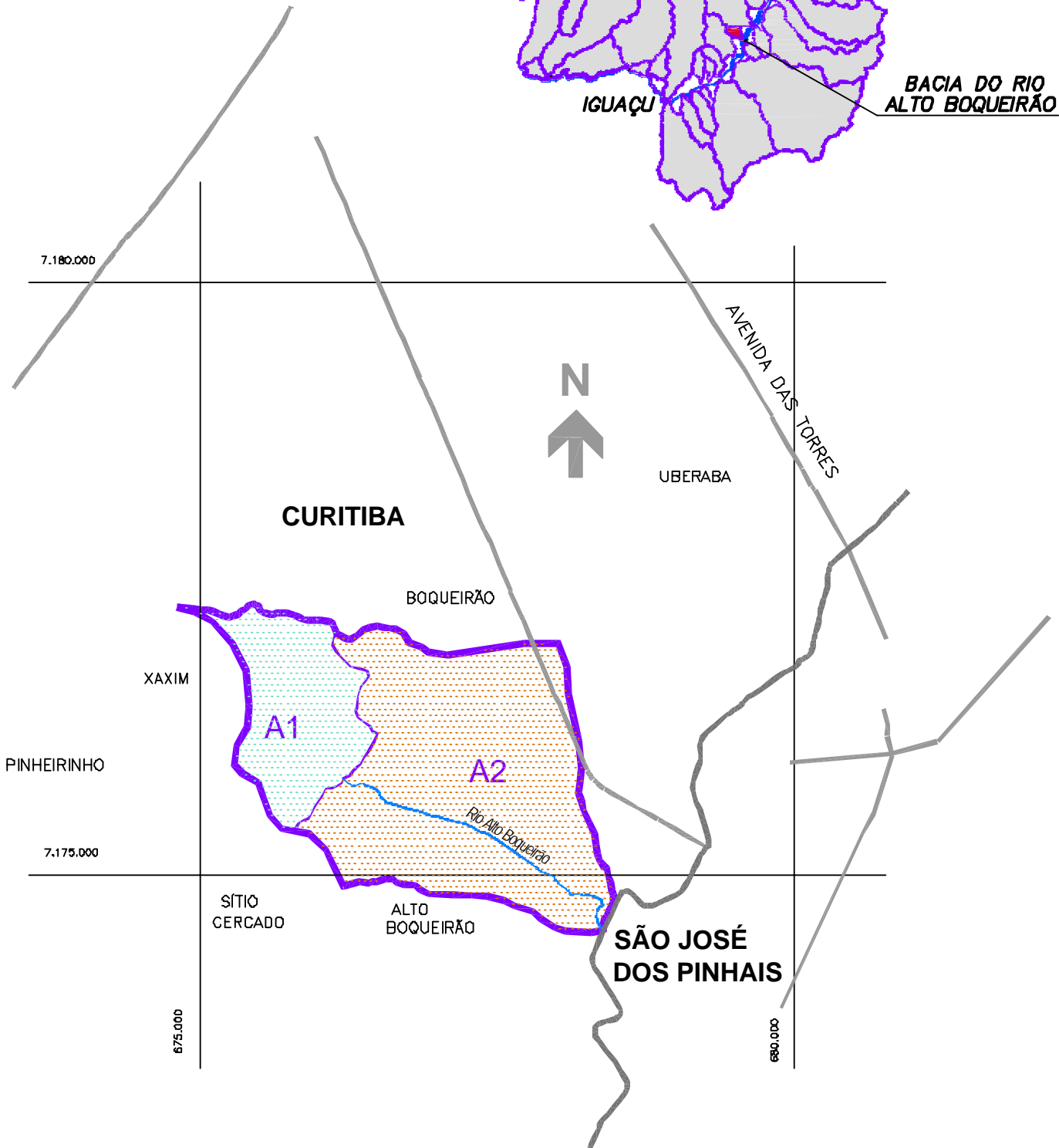


PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC

Bacia do Rio Alto Boqueirão





DIAGRAMA UNIFILAR DO SISTEMA DE MACRODRENAGEM

ESCALA: S/ESCALA	DATA: Jan 2002	Nº CH2MHILL SUD0103DW-WR232-P1	M03 CO01
---------------------	-------------------	-----------------------------------	-------------



SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

- A1 ALTO BOQUEIRÃO CABECEIRA
- A2 ALTO BOQUEIRÃO DISTRIBUIDA

-  LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
-  LIMITE DE SUB-BACIA HIDROGRÁFICA
-  LIMITE DE MUNICÍPIO
-  SISTEMA VIÁRIO



PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC

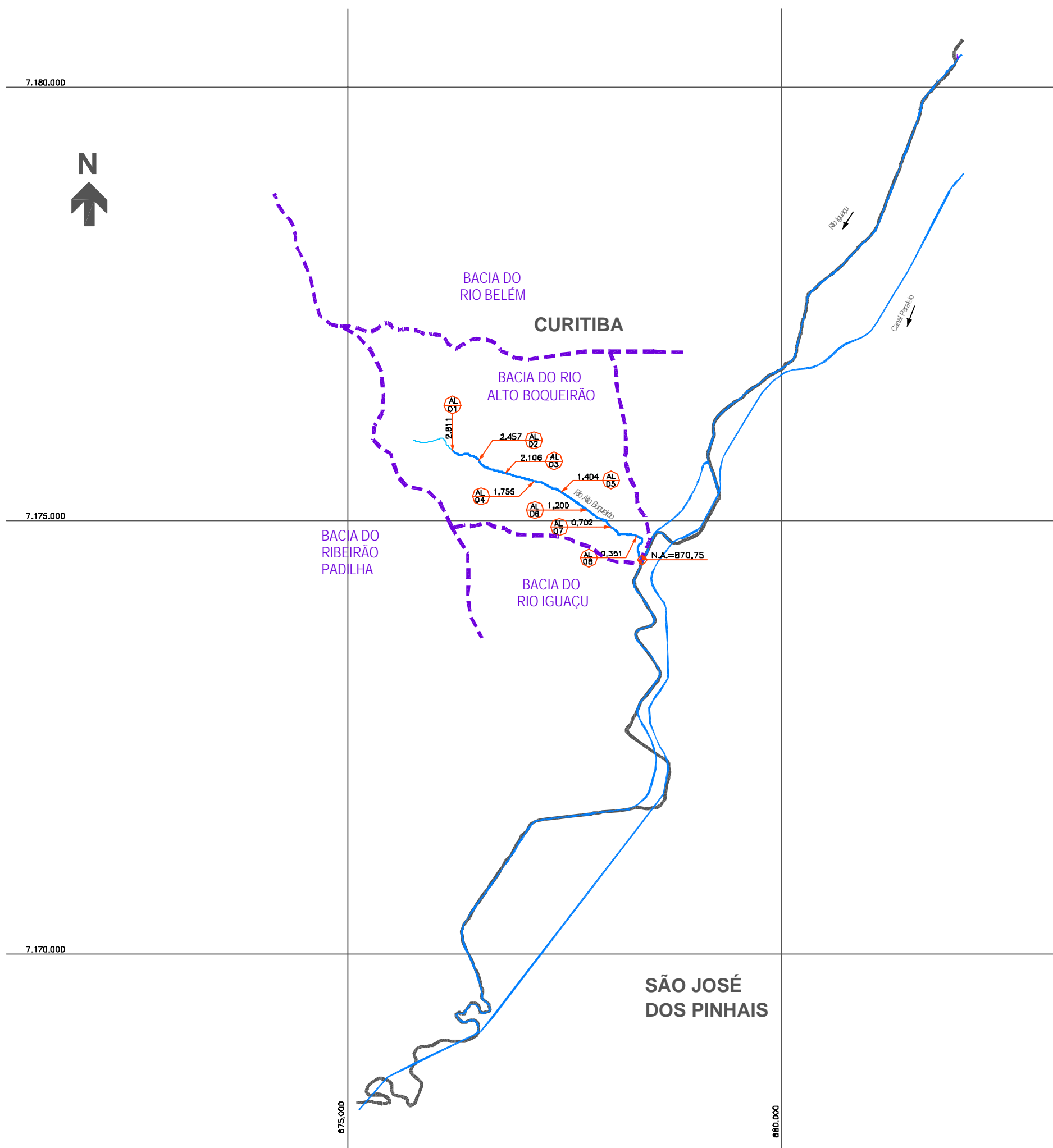
Bacia do Rio Alto Boqueirão
SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

ESCALA:
1 : 50.000

DATA:
Jan 2002

Nº CH2MHILL
SUD0103DW-WR062-P1

M03
T062

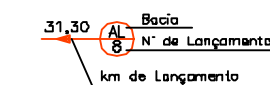


PONTOS DE ENTRADA DE VAZÃO

Nº	OPERAÇÃO HIDROLÓGICA	SUB-BACIA
AL 01	Alto Baqueirão Cabeceira	A1
AL 02	Alto Baqueirão Distribuída 1.1	A2
AL 03	Alto Baqueirão Distribuída 1.2	A2
AL 04	Alto Baqueirão Distribuída 1.3	A2
AL 05	Alto Baqueirão Distribuída 1.4	A2
AL 06	Alto Baqueirão Distribuída 1.5	A2
AL 07	Alto Baqueirão Distribuída 1.6	A2
AL 08	Alto Baqueirão Distribuída 1.7	A2

LEGENDA

- Limite de Bacia
- Trechos de Macro drenagem
- Trechos de Micro drenagem



NÍVEL DE ÁGUA NO IGUAÇU

N.A.=870,75

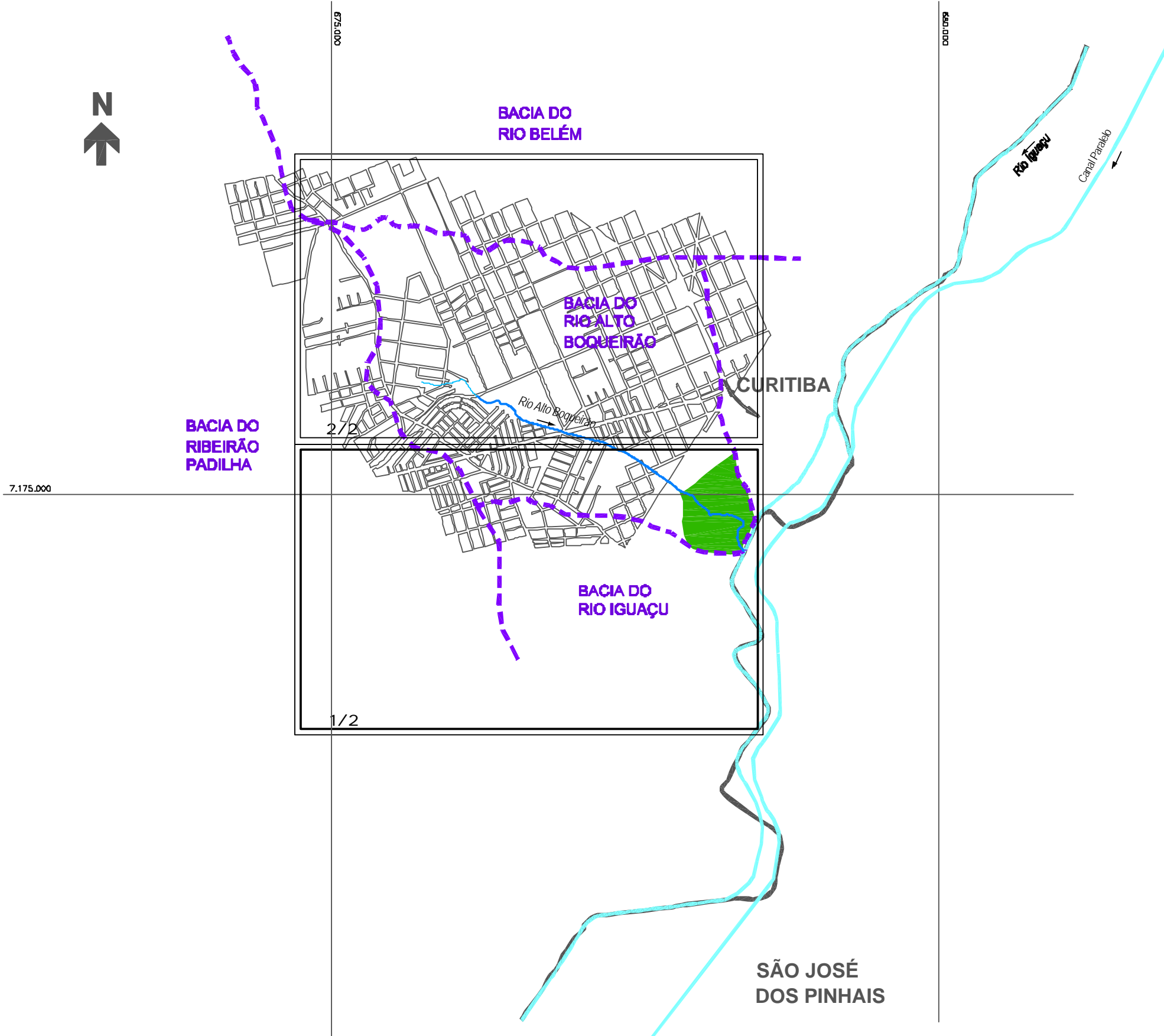


PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC







Bacia do Rio Alto Boqueirão

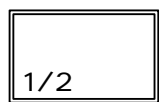
Condições de Contorno para o Modelo Hidrodinâmico

ESCALA: GRÁFICA	DATA: Jan 2002	Nº CH2MHILL SUD0103DW- WR233-P1	M03 CO02
--------------------	-------------------	------------------------------------	-------------

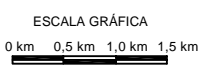


CONVENÇÃO

-  ÁREA DE RISCO DE INUNDAÇÃO PARA PERÍODO DE RETORNO DE TR = 10 ANOS
-  ÁREA DE RISCO DE INUNDAÇÃO PARA PERÍODO DE RETORNO DE TR = 25 ANOS
-  LIMITE DE MUNICÍPIO
-  LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
-  SISTEMA DE MACRODRENAGEM
-  SISTEMA DE MICRODRENAGEM



ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS 1:10.000



- NOTA:
- 1- ESTE É UM DOCUMENTO PRELIMINAR DESTINADO APENAS À ANÁLISE E COMENTÁRIOS DAS PREFEITURAS DOS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO IGUAÇU.
 - 2- AS ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO INDICADAS NESTE DESENHO, REFERE-SE AO CENÁRIO TENDENCIAL.

OBS.: PROJEÇÃO UTM
DATUM SAD69

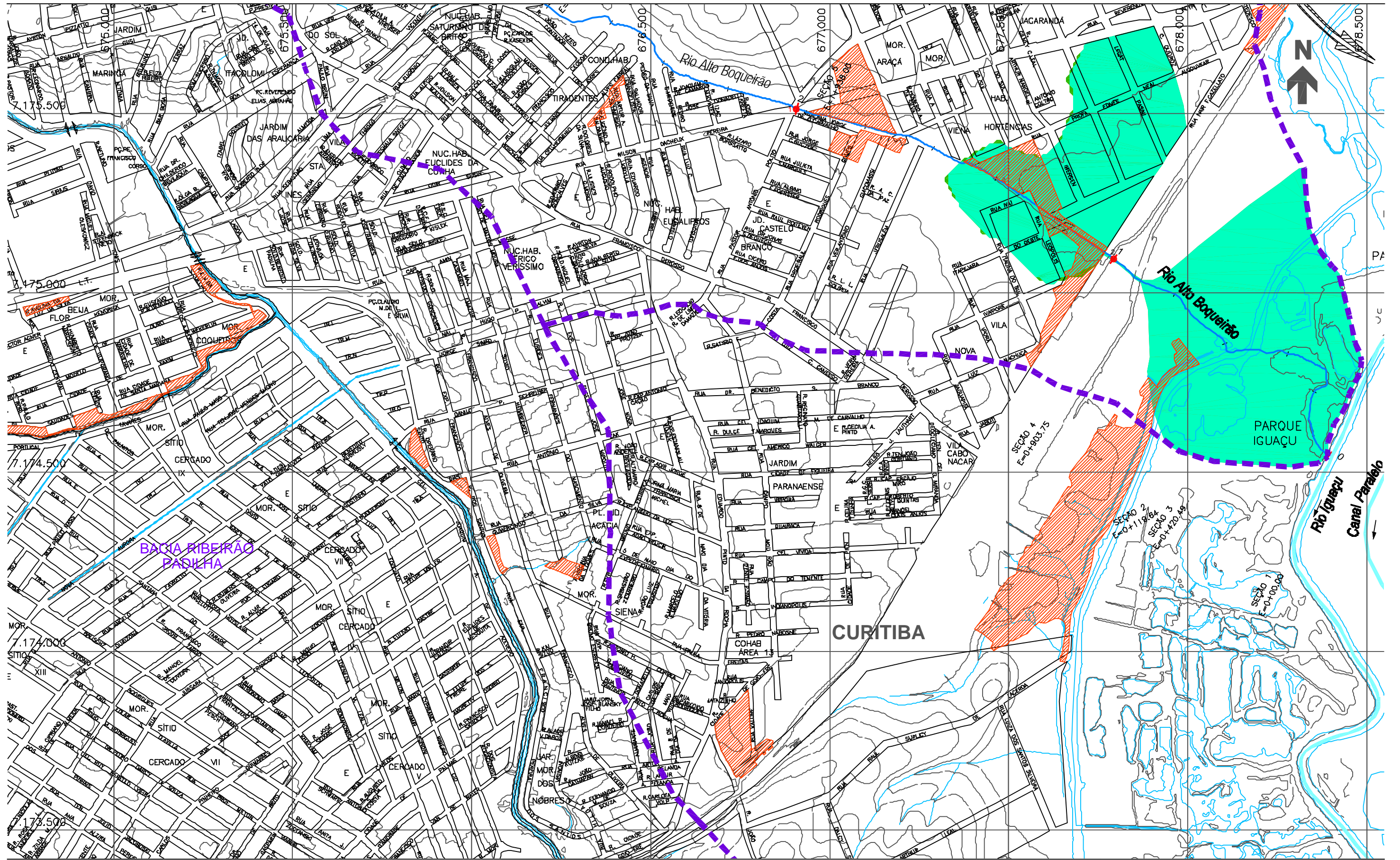


PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC

Bacia do Rio Alto Boqueirão
ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - PLANTA GERAL - ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

ESCALA: GRÁFICA	DATA: Jan. 2002	Nº CH2MHILL SUD0103DW-WR234-P1	FL. CO03
--------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------

7.170.000



NOTAS:

- 1- AS ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO AQUI APRESENTADAS FORAM GERADAS A PARTIR DE MODELAGEM MATEMÁTICA, SOBRE BASE CARTOGRÁFICA DO SIGRH FORNECIDA PELA SUDERHSA
- 2- ESTE É UM DOCUMENTO PRELIMINAR DESTINADO APENAS A ANÁLISE E COMENTÁRIOS DAS PREFEITURAS DOS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO IGUAÇU
- 3- A PRECISÃO DO MODELO DE DESENHO DAS ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO ESTÁ CONDICIONADA À PRECISÃO DE PRODUÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

-	2/2	-
-	1/2	-
-	-	-

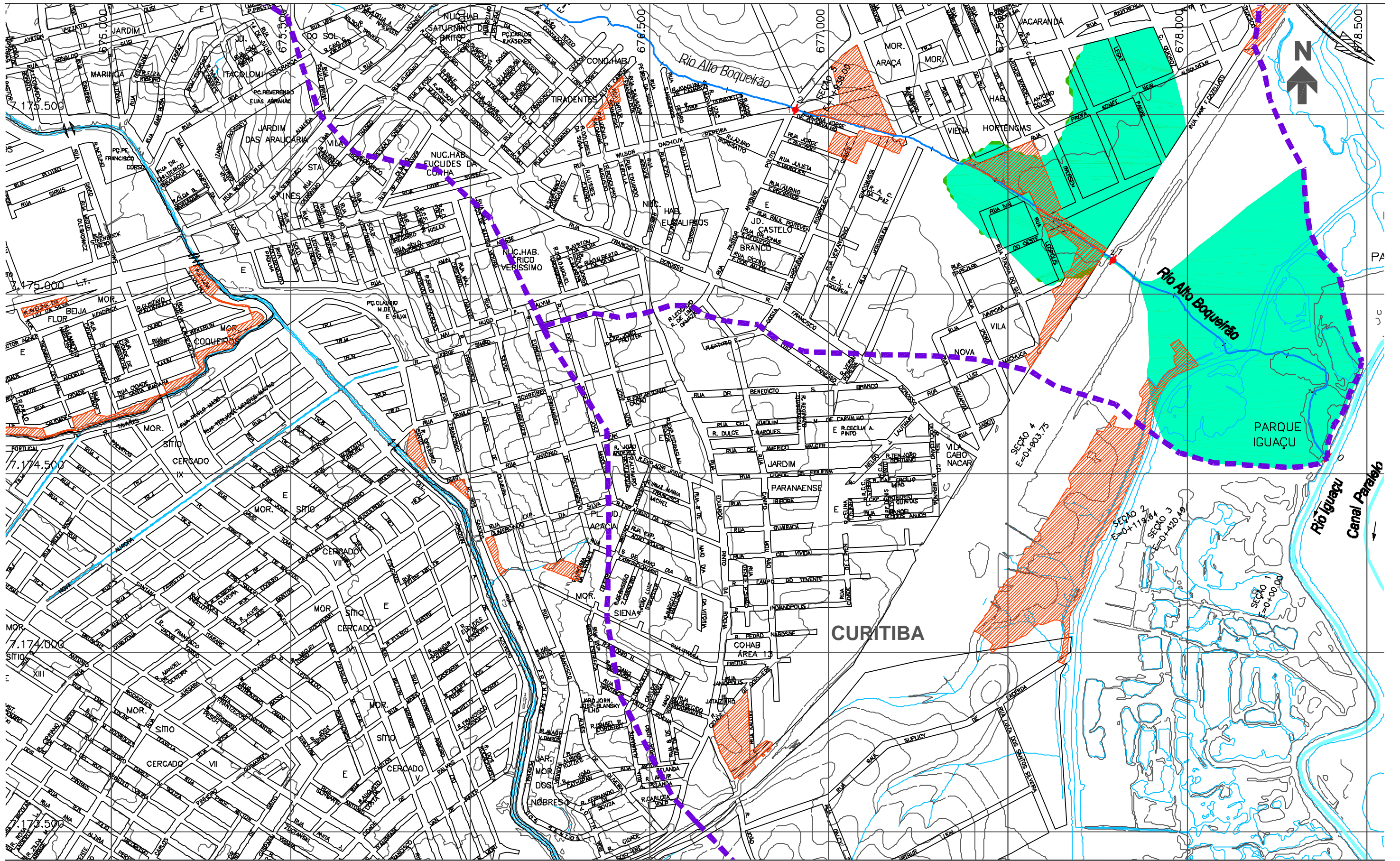
- CONVENÇÃO
- ÁREA DE RISCO DE INUNDAÇÃO PARA PERÍODO DE RETORNO DE TR = 10 ANOS
 - ÁREA DE RISCO DE INUNDAÇÃO PARA PERÍODO DE RETORNO DE TR = 25 ANOS
 - ÁREAS DE OCUPAÇÕES IRREGULARES
 - ÁREAS URBANIZADAS
 - ÁREAS DE LAGOAS
 - ESTACA
 - SISTEMA DE MACRODRENAGEM
 - SISTEMA DE MICRODRENAGEM
 - SEÇÕES TRANSVERSAIS
 - LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
 - LIMITE DE MUNICÍPIO
 - SINGULARIDADE



PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC

Bacia do Rio Alto Boqueirão
ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO ATUAL

ESCALA: 1 : 10.000 DATA: Ago 2002 N° CH2MHILL SUD0103DW-WR235-P2 M03 CA 1/2



NOTAS:

- 1- AS ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO AQUI APRESENTADAS FORAM GERADAS A PARTIR DE MODELAGEM MATEMÁTICA, SOBRE BASE CARTOGRÁFICA DO SIGRH FORNECIDA PELA SUDERHSA
- 2- ESTE É UM DOCUMENTO PRELIMINAR DESTINADO APENAS A ANÁLISE E COMENTÁRIOS DAS PREFEITURAS DOS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO IGUAÇU
- 3- A PRECISÃO DO MODELO DE DESENHO DAS ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO ESTÁ CONDICIONADA À PRECISÃO DE PRODUÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

-	2/2	-
-	1/2	-
-	-	-

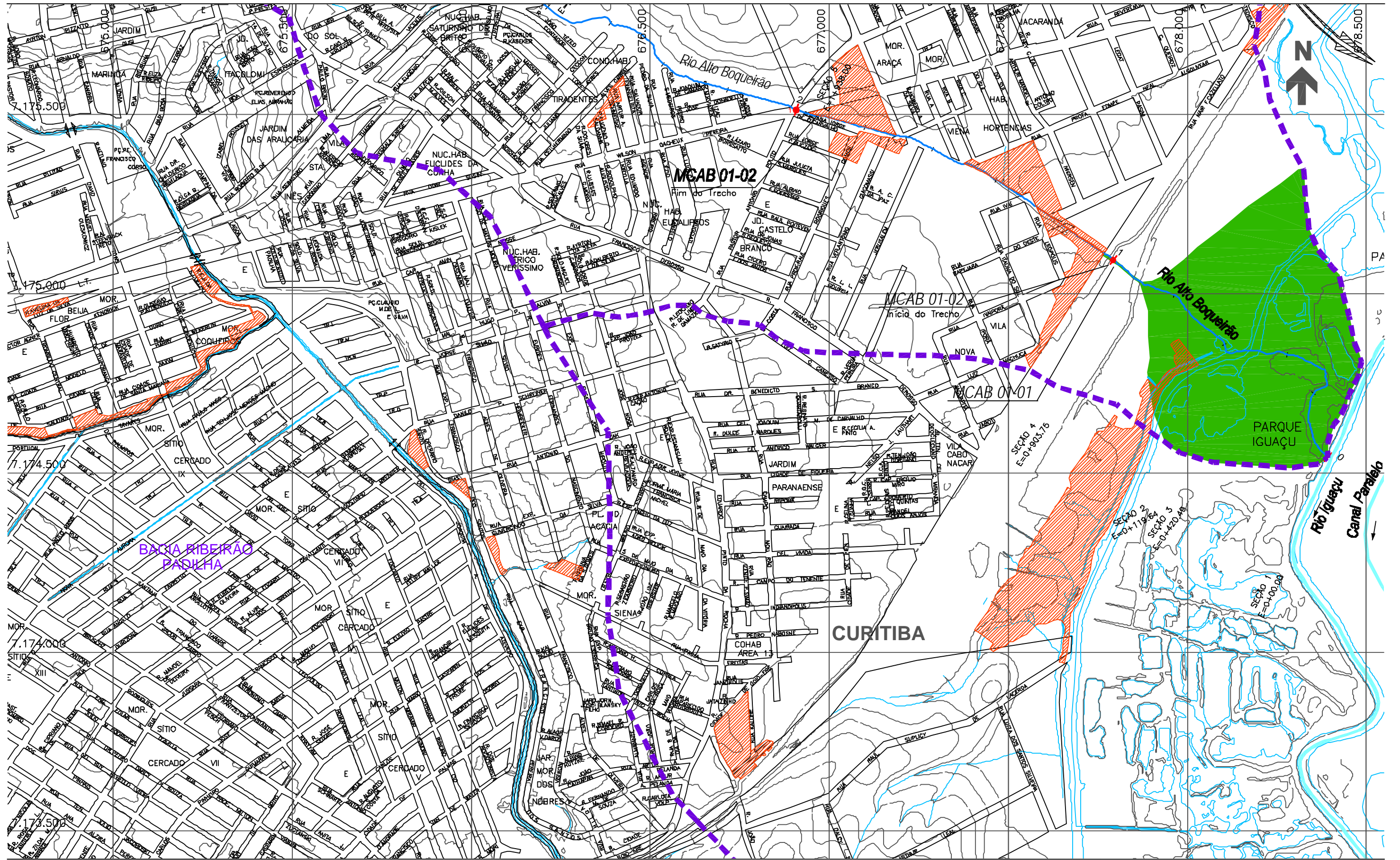
- CONVENÇÃO
- ÁREA DE RISCO DE INUNDAÇÃO PARA PERÍODO DE RETORNO DE TR = 10 ANOS
 - ÁREA DE RISCO DE INUNDAÇÃO PARA PERÍODO DE RETORNO DE TR = 25 ANOS
 - ÁREAS DE OCUPAÇÕES IRREGULARES
 - ÁREAS URBANIZADAS
 - ÁREAS DE LAGOAS
 - + ESTACA
 - SISTEMA DE MACRODRENAGEM
 - SISTEMA DE MICRODRENAGEM
 - SEÇÕES TRANSVERSAIS
 - LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
 - LIMITE DE MUNICÍPIO
 - SINGULARIDADE



PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC

Bacia do Rio Alto Boqueirão
ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO TENDENCIAL

ESCALA: 1 : 10.000 DATA: Ago 2002 N° CH2MHILL SUD0103DW-WR235-P2 M03 CT 1/2



NOTAS:

- 1 - AS ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO AQUI APRESENTADAS FORAM GERADAS A PARTIR DE MODELAGEM MATEMÁTICA, SOBRE BASE CARTOGRÁFICA DO SIGRH FORNECIDA PELA SUDERHSA
- 2 - ESTE É UM DOCUMENTO PRELIMINAR DESTINADO APENAS A ANÁLISE E COMENTÁRIOS DAS PREFEITURAS DOS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO IGUAÇU
- 3 - A PRECISÃO DO MODELO DE DESENHO DAS ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO ESTÁ CONDICIONADA À PRECISÃO DE PRODUÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

-	2/2	-
-	1/2	-
-	-	-

- CONVENÇÃO
- ÁREA DE RISCO DE INUNDAÇÃO PARA PERÍODO DE RETORNO DE TR = 10 ANOS
 - ÁREA DE RISCO DE INUNDAÇÃO PARA PERÍODO DE RETORNO DE TR = 25 ANOS
 - ÁREAS DE OCUPAÇÕES IRREGULARES
 - ÁREAS URBANIZADAS
 - ÁREAS DE LAGOAS
 - SINGULARIDADE
 - SISTEMA DE MACRODRENAGEM
 - SISTEMA DE MICRODRENAGEM
 - SEÇÕES TRANSVERSAIS
 - LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
 - LIMITE DE MUNICÍPIO
 - ESTACA



PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC

Bacia do Rio Alto Boqueirão
ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO DIRIGIDO

ESCALA: 1 : 10.000 DATA: Ago 2002 N° CH2MHILL SUD0103DW-WR235-P2 M03 CD 1/2