



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 4.22
MODELAGEM DAS LINHAS DE INUNDAÇÃO DA BACIA DO RIO DO ENGENHO

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 4.22

MODELAGEM DAS LINHAS DE INUNDAÇÃO DA BACIA DO RIO DO ENGENHO

**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 4.22 – RIO DO ENGENHO

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 HIDROLÓGICA	6
4	CENÁRIOS CONSIDERADOS	7
5	DADOS UTILIZADOS	8
5.1	BASE CARTOGRÁFICA	8
5.2	PERFIL LONGITUDINAL	8
5.3	SEÇÕES TRANSVERSAIS	9
5.4	CONDIÇÕES PARA AS SIMULAÇÕES	10
6	RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES HIDROLÓGICAS	11
6.1	CENÁRIOS ATUAL E TENDENCIAL	11
6.2	CENÁRIO DIRIGIDO	14
7	MEDIDAS DE CONTROLE ESTRUTURAIS PROPOSTAS	19
7.1	MEDIDAS DE CONTROLE PROPOSTAS	19

ANEXOS

ANEXO 1 - TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO
ANEXO 2 - HIDROGRAMAS
ANEXO 3 - SEÇÕES TRANSVERSAIS
ANEXO 4 - CÁLCULO DAS CURVAS-CHAVE
ANEXO 5 - CURVAS-CHAVE
ANEXO 6 – COTAS DE NÍVEIS DE ÁGUA
ANEXO 7 - DESENHOS

RELAÇÃO DE DESENHOS

Nº	Título	Escala
IL-01	Bacia do Rio do Engenho Planta Geral com a Localização da Bacia na Área de Estudo	Gráfica
I001	Bacia do Rio do Engenho Planta Geral e Pontos Críticos de Inundação Segundo Pesquisa	1:50000
C001	Bacia do Rio do Engenho Diagrama Unifilar do Sistema de Macrodrenagem	S/ escala
T069	Bacia do Rio do Engenho Sub-Bacias Hidrográficas	1:50000
C002	Bacia do Rio do Engenho Áreas de Risco de Inundação – Articulação das Folhas	Gráfica
CA1/3 a CA3/3	Bacia do Rio do Engenho Manchas de Inundação – Cenário Atual - TR = 10 anos e TR = 25 anos	1:10.000
CT1/3 a CT3/3	Bacia do Rio do Engenho Manchas de Inundação – Cenário Tendencial - TR = 10 anos e TR = 25 anos	1:10.000
CD1/3 a CD 3/3	Bacia do Rio do Engenho Manchas de Inundação – Cenário Dirigido - TR = 10 anos e TR = 25 anos	1:10.000
C003/1 e C003/2	Bacia do Rio do Engenho Medidas de Controle de Enchentes	1:5.000

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 do Engenho, resultado dos trabalhos de simulação de modelo matemático, conforme previsto no Terceiro Termo Aditivo do contrato acima mencionado.

As áreas de risco de inundação na bacia do rio do Engenho foram geradas a partir de modelo hidráulico-hidrológico, sobre base cartográfica escala 1:10.000 da COMEC, destinando-se à definição das medidas de controle de inundações a serem propostas para cada caso específico. A opção pelo modelo a ser utilizado - hidráulico-hidrológico ou hidrodinâmico - foi realizada a partir das características físicas de cada bacia e disponibilidade de dados, conforme justificado no Volume 3 - Capacidade do Sistema Atual e Medidas de Controle de Cheias - Relatório Geral.

Como ferramenta de análise, utilizou-se o software CABEC da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica - FCTH, o qual é voltado à determinação de hidrogramas de enchentes de redes complexas de rios e canais. Foi também empregado o programa Spring, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, na projeção das previsões sobre áreas inundáveis a partir da envoltória de cotas máximas de nível de água.

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 de hidrogramas de enchentes e 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.

No Capítulo 6 - Resultados das Simulações Hidrológicas - encontram-se os produtos resultantes das simulações, consistindo em tabela com as cotas e vazões em função das estacas, hidrogramas e 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 em relação 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 medidas de controle (MCs) recomendadas no Cenário Dirigido são apresentadas no Capítulo 7 - Medidas de Controle Estruturais Propostas. Neste capítulo são descritas as principais características hidráulicas, urbanísticas e de paisagismo das medidas propostas, bem como apresentados os seus custos estimativos de implantação.

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

- Implantação de duas lagoas de acumulação
- Substituição de nove travessias de rios sob vias públicas
- Aumento da capacidade hidráulica de um trecho de rio em uma extensão de 250 m.

O custo estimado para a implantação destas MCs, a preços de janeiro/2000, alcança o montante de 4,6 milhões de reais.

2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA BACIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O rio do Engenho é afluente pela margem direita do rio Capivari. A sua bacia hidrográfica abrange uma extensão territorial de cerca de 7 km².

Esta bacia localiza-se inteiramente dentro do município de Campina Grande do Sul e sua localização na área de abrangência do Plano Diretor de Drenagem é apresentada na planta geral da bacia no desenho IL-01.

A maior parte da bacia do rio do Engenho é de uso rural, estando localizada em sua região de cabeceira uma área urbanizada correspondente à sede do município de Campina Grande do Sul..

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

2.2 SISTEMA ATUAL DE DRENAGEM

2.2.1 Cadastro do Sistema

A caracterização da situação atual de 6 km de trechos de rios da bacia do rio do Engenho 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; e
- Rugosidades definidas 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 existe que dificulte a passagem da vazão afluente a um determinado ponto.

As singularidades levantadas na bacia do rio do Engenho estão locadas nos desenhos CA1/3 a CA3/3 e CT 1/3 a CT 3/3, e a tabela 2.1 mostra as principais características daquelas consideradas nas simulações:

Tabela 2.1 Singularidades - Bacia do Rio do Engenho

Nº	Rio	Tipo	Dimensões	Recobrimento
1	Engenho	Bueiro tubular	1 ϕ 100 cm + 1 ϕ 120 cm	110 cm
2	Engenho	Bueiro tubular	2 ϕ 120 cm	140 cm
3	Engenho	Galeria	(200 x 200) cm	30 cm
4	Engenho	Bueiro tubular	1 ϕ 200 cm	200 cm
5	Engenho	Bueiro tubular	1 ϕ 200 cm	80 cm
6	Engenho	Bueiro tubular	2 ϕ 120 cm	20 cm
7	Engenho	Bueiro tubular	2 ϕ 120 cm	100 cm
8	Engenho	Bueiro tubular	1 ϕ 120 cm	50 cm
9	Lagoão	Galeria	(200 x 200) cm	10 cm
10	Lagoão	Bueiro tubular	1 ϕ 150 cm	110 cm

Fonte: CH2M HILL

2.2.3 Obras e Projetos

Não foram identificados projetos e programas específicos de obras de drenagem para execução nesta bacia.

2.2.4 Áreas Inundáveis

As áreas urbanas inundáveis na bacia do rio do Engenho, relatadas na pesquisa realizada junto à prefeitura do município de Campina Grande do Sul, são mostradas no desenho I001.

A pesquisa e seus resultados estão detalhadamente apresentados no Volume 3 do Relatório Final.

2.3 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

A parte da cidade de Campina Grande do Sul localizada na bacia do rio do Engenho não conta com sistema público de esgotamento sanitário.

A Sanepar conta com um projeto de sistema de esgotamento sanitário para esta área, que prevê as seguintes condições de atendimento:

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

Parâmetro de Atendimento	Ano			
	2005	2010	2015	2018
População Urbana (hab)	3.299	4.052	4.978	5.632
População Atendida pelos sistemas de coleta e tratamento de esgotos (hab)	2.639	3.323	4.231	5.069
Índice de Atendimento (%)	80	82	85	90
Extensões de Redes Coletoras e interceptores(km)	11,5	13,4	15,1	17,1

Fonte: Sanepar

O sistema de esgotamento sanitário da bacia do rio do Engenho, de acordo com as proposições do projeto da Sanepar será integrado, além dos elementos acima citados, por uma ETE do tipo RALF, que deverá apresentar a capacidade de tratar, no final do plano (ano 2018), a vazão média de 6,5 l/s. A ETE descarregará o efluente tratado no rio do Engenho.

2.4 USO DO SOLO

A urbanização da bacia do rio da Ressaca, conforme a segmentação feita, descreve uma ocupação muito uniformizada da bacia, apresentando características rurais com al. A bacia apresenta uma baixa média populacional para o ano de 1999 de 6 hab/ha.

O prognóstico para o ano 2020, fim do período de planejamento, apresenta um crescimento muito baixo na bacia, mantendo as características de ocupação predominante atual.

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 HIDROLÓGICA

O conhecimento da rede de macrodrenagem constitui o primeiro passo a ser considerado nos trabalhos de modelagem matemática. Sua definição deve-se basear em uma análise detalhada do sistema hídrico a ser simulado, de forma a adequar às características e limitações do modelo matemático adotado.

Visando subsidiar a modelagem matemática no modelo de simulação hidrológico CABC, 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.

O simulador hidrológico CABC reúne, num único software, modelos de desagregação de precipitações, infiltração, escoamento superficial e geração de hidrogramas sintéticos para bacias hidrológicas complexas. No CABC, o técnico interessado em determinar hidrogramas de enchentes faz a delimitação das sub-bacias, seleciona a chuva de projeto, simula o processo de infiltração e obtém o hidrograma resultante praticamente sem trabalho manual de entrada de dados, inclusive planimetria, que também pode ser feita automaticamente.

As informações físicas para cada bacia podem ser obtidas diretamente da cartografia digital. O modelo oferece como opção para o modelo de infiltração os métodos de Horton, Green-Ampt, Índice f e Soil Conservation Service. Para o cálculo dos hidrogramas, emprega os modelos Santa Bárbara, Clark e Hidrograma Triangular do SCS.

Os hidrogramas de cheias gerados para a bacia do rio do Engenho foram calculados segundo o método do Hidrograma Triangular do SCS, gerados pela transformação da precipitação de projeto em cada sub-bacia e a propagação dos mesmos através dos canais e reservatórios, até a seção de interesse.

A bacia do rio do Engenho foi dividida em 10 sub-bacias com o objetivo de se realizar uma ampla análise nos principais pontos de interesse e para elas foram definidos todos os parâmetros necessários para a modelagem. No contexto da bacia hidrográfica do rio do Engenho, o sistema hídrico modelado compreenderá o curso principal do rio, que perfaz cerca de 5 km, e o curso do seu principal afluente, o Rio Lagoão, cuja extensão é de cerca de 1 km. A abrangência espacial desta bacia pode ser visualizada no desenho IL-01.

O curso d'água do rio do Engenho 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:

- Seções de Controle e pontos de confluência; e
- Localização das estruturas hidráulicas.

O Volume 3 – Capacidade do Sistema Atual e Medidas de Controle de Cheias – Relatório Geral, apresenta em detalhes a metodologia na modelagem hidrológica.

4 CENÁRIOS CONSIDERADOS

O estudo do sistema de macrodrenagem da bacia do rio do Engenho 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.

Portanto, nos cenários atual e tendencial foram consideradas as condições atuais da rede de macrodrenagem, não sendo contemplada a implantação de qualquer medida de controle visando a contenção e o controle de cheias.

Na bacia do rio do Engenho 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 1. 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 Iguaçu, através de modelagem matemática, foi utilizada a base cartográfica escala 1:10.000 da COMEC, uma vez que a bacia do rio do Engenho não faz parte da base preparada pela SUDERHSA como elemento de seu Sistema de Informações para Gestão de Recursos Hídricos – SIGRH.

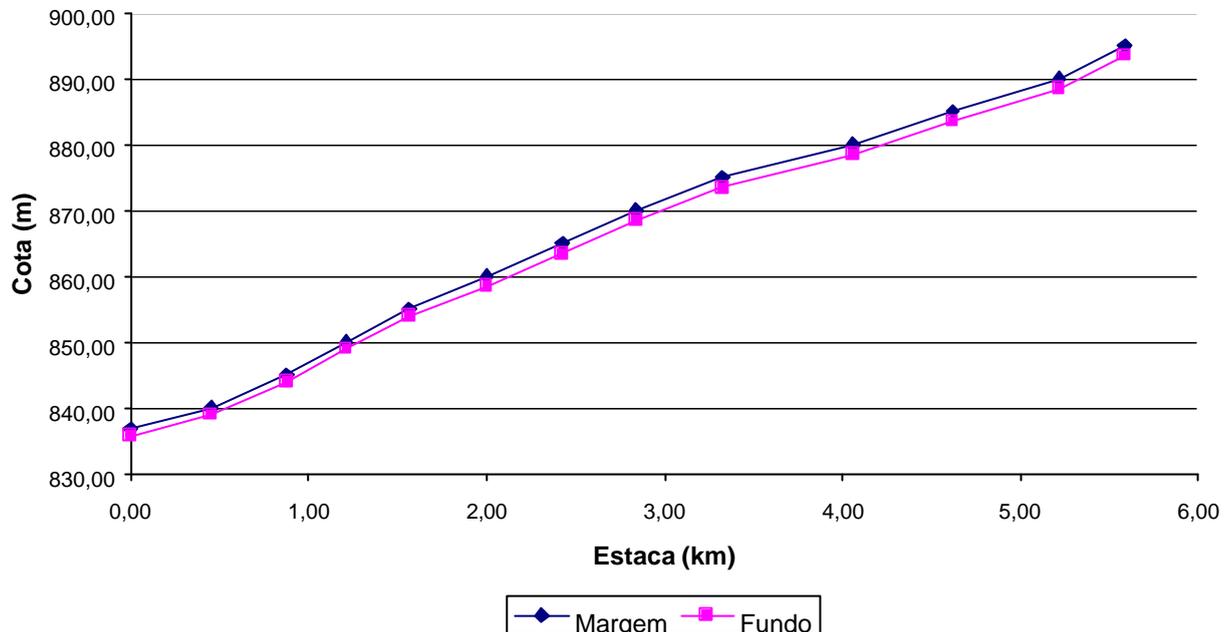
Foram gerados modelos digitais do terreno (MDT) a partir da altimetria existente nas cartas escala 1:2.000 do Paranacidade, com a inclusão e a validação de elementos de interesse que afetam o comportamento das inundações, como as cotas das margens dos rios, caracterizando-se, dessa maneira, a topologia ribeirinha.

5.2 PERFIL LONGITUDINAL

A partir do traçado do curso d'água principal e a definição do trecho de macrodrenagem, procedeu-se o 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 do Engenho.

Rio do Engenho Perfil Longitudinal



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.

As características geométricas do leito menor de cada seção levantada têm validade para um trecho de macrodrenagem do curso de água, que se inicia na estaca onde se localiza a seção, até a seção seguinte. Essa consideração é feita no sentido da cabeceira para a foz.

Em função da conformação topográfica da várzea do rio do Engenho, foram definidas 6 seções transversais e 7 tramos de macrodrenagem, de modo a caracterizar o comportamento do relevo do terreno. Estas seções transversais, resultantes da composição do leito menor com a várzea, serviram como dados para uma análise expedita da capacidade de escoamento dos trechos entre as seções de controle e, ainda, permitiram a geração das relações cota-descarga das seções transversais, possibilitando assim calcular a altura de água que corresponde a uma dada descarga. As seções transversais são apresentadas no Anexo 3 e o cálculo das curvas-chave na Tabela 5.1 no Anexo 4.

Foram adotados coeficientes de rugosidade (Manning) distintos para as duas partes componentes da seção transversal, sendo considerado entre $n = 0,028$ a $0,040$ para o leito menor e $n = 0,060$ para a várzea, nos tramos do trecho de macrodrenagem.

As travessias de ruas e obstruções localizadas não são consideradas quando da simulação hidrológica. Após a simulação, e de posse dos dados de vazão, estas estruturas são verificadas quanto à sua capacidade ou não de veicular a vazão afluente a este ponto.

5.4 CONDIÇÕES PARA AS SIMULAÇÕES

Para geração dos hidrogramas de cheia foi utilizado o software CABIC, conforme mencionado no Item 3.

Para as operações de transformação chuva-vazão foi selecionado 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, ou seja, o volume da precipitação que infiltra no terreno. A partir do conhecimento do volume infiltrado 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, 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 a geração das linhas de inundação através das alturas de água nas diversas seções selecionadas, foram utilizadas as vazões dos hidrogramas elaborados para os períodos de retorno de 10 e 25 anos. Os hidrogramas gerados são apresentados no Anexo 2.

O trecho de macrodrenagem do rio do Engenho considerado nas simulações tem início na sua foz no rio Capivari, prolongando-se por uma extensão de 5.170 m, até a estaca 5+170.

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.

6 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES HIDROLÓGICAS

As cotas de nível d'água geradas nas simulações são apresentadas neste relatório para seções localizadas dentro de trechos considerados representativos, para os quais foram definidas curvas-chave. Para se obter cotas de nível d'água em pontos intermediários, deve-se usar a curva-chave correspondente ao trecho onde se encontra o ponto desejado e, a partir da vazão calculada para o trecho, obter a cota do nível de água. No caso de trechos de seção transversal, declividade e rugosidade uniformes, as cotas podem ser obtidas por interpolação simples a partir das cotas das seções adjacentes.

6.1 CENÁRIOS ATUAL E TENDENCIAL

6.1.1 Tabelas Vazões de Pico e Nível Máximo

Os cenários sem medidas de controle retratam tanto as condições atuais do sistema de macrodrenagem das bacias como as futuras, em decorrência do processo de urbanização previsto para o ano 2.020. Com a finalidade de se verificar as condições de funcionamento da calha principal do rio do Engenho para os cenários atual e tendencial e períodos de retorno de 10 e 25 anos, a seguir apresenta-se a Tabela 6.1, com os valores dos picos de vazões naturais por seção de controle obtidas com o modelo CABG, conforme os critérios anteriormente descritos.

A tabela 6.2 apresenta os níveis máximos nas seções transversais consideradas, e a tabela 6.3 apresenta as cotas de extravasamento da calha menor nestas seções e as respectivas lâminas de inundação.

Tabela 6.1 Vazões de Pico - Rio do Engenho

Rio	Sub-bacia	Seção de Controle	Estacas	Vazões de Pico (m ³ /s)			
				Cenário Atual		Cenário Tendencial	
				TR=10 anos	TR=25 anos	TR=10 anos	TR=25 anos
Engenho	A1	2	4+850	10,70	16,96	10,70	16,96
Afluente Engenho	A2	12	4+400	8,66	14,53	8,66	14,53
Engenho	A3	5	3+250	47,75	74,62	48,41	75,42
Engenho	A4	8	2+430	44,06	69,44	44,59	70,10
Engenho	A5	9	2+220	39,55	60,79	40,03	61,37
Engenho	A6	10	1+180	38,25	59,43	38,68	59,95
Engenho	A7	11	0+0,00	35,37	55,46	35,73	55,91
Engenho	A8	3	4+400	21,51	34,65	21,61	34,76
Lagoão	B1	7	0+950	11,21	16,98	11,21	16,98
Lagoão	B2	13	0+150	17,24	26,06	17,24	26,06

Fonte: CH2M HILL

Tabela 6.2 Vazão de Pico e Nível Máximo - Rio do Engenho

Rio	Estaca	Vazões de Pico (m ³ /s)				Nível Máximo (m)			
		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
Engenho	4+915	10,70	16,96	10,70	16,96	886,7	887,0	886,7	887,0
Engenho	3+575	47,75	74,62	48,41	75,42	877,5	878,2	877,6	878,2
Engenho	2+500	44,06	69,44	44,59	70,10	867,1	867,6	867,1	867,6
Engenho	2+157	39,55	60,79	40,03	61,37	862,0	862,5	862,0	862,5
Engenho	1+000	38,25	59,43	38,68	59,95	847,7	848,0	847,7	848,0
Lagoão	0+249	17,24	26,06	17,24	26,06	878,3	878,5	878,3	878,5

Fonte: CH2M HILL

Tabela 6.3 Cotas de Extravasamento da Calha do Rio do Engenho e Lâminas de Inundação

Rio	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
Engenho	4+915	887,8	-	-	-	-
Engenho	3+575	877,3	0,2	0,9	0,3	0,9
Engenho	2+500	867,2	-	0,4	-	0,4
Engenho	2+157	862,2	-	0,3	-	0,3
Engenho	1+000	847,5	0,2	0,5	0,2	0,5
Lagoão	0+249	877,6	0,7	0,9	0,7	0,9

Fonte: CH2M HILL

6.1.2 Hidrogramas

No Anexo 2 são apresentados os hidrogramas nas seções de controle consideradas do rio do Engenho, resultantes da modelagem para os períodos de retorno de 10 e 25 anos dos cenários atual e tendencial. Através dos hidrogramas pode-se verificar a translação das ondas de enchentes nos trechos de macrodrenagem definidos.

6.1.3 Áreas de Risco de Inundação

O desenho das áreas de risco foi elaborado com o auxílio de um módulo do programa Spring, desenvolvido pelo INPE, com a finalidade de representar a área de inundação a partir da envoltória de cotas máximas de nível de água corresponde a uma dada descarga, geradas a partir das relações cota-descarga das seções transversais. Esse módulo interpola as cotas em modelo digital de terreno (MDT), previamente gerado.

A precisão do modelo de desenho 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.

As áreas com risco de inundações na bacia do rio do Engenho para os cenários atual e tendencial e períodos de retorno de 10 e 25 anos são apresentadas, respectivamente, nos desenhos CA1/3 a CA3/3 e CT1/3 a CT3/3.

As áreas de risco da bacia do rio do Engenho mostram-se praticamente idênticas nos cenários atual e tendencial devido às condições de impermeabilização desta bacia se alterarem muito pouco de um cenário para o outro.

6.1.4 Análise dos Resultados das Simulações

As áreas de risco de inundações resultantes das simulações efetuadas atingem tanto partes urbanas quanto rurais do município de Campina Grande do Sul. São as áreas ribeirinhas inundáveis que são ocupadas naturalmente pelo rio nas épocas das chuvas correspondentes aos tempos de recorrência estudados.

Na porção média da bacia do rio do Engenho, as áreas ribeirinhas possuem características urbanas e nas partes próximas às cabeceiras as previsões efetuadas, que têm como horizonte o ano 2020, indicam que a bacia não sofrerá urbanização. Observa-se que algumas áreas ribeirinhas inundáveis são usadas para habitação ou outros usos antrópicos, podendo as inundações causar transtornos e prejuízos.

Segundo a pesquisa realizada junto à prefeitura de Campina Grande do Sul, e conforme resultado da simulação, a área entre as estacas 4+480 e 4+000 realmente é sujeita a inundações. Apesar da inundação ocorrer na várzea natural do rio do Engenho, ela é relatada por haver uma invasão neste local.

Ainda em área urbana, entre as estacas 3+630 e 2+820, existe a ocorrência de inundações, podendo a lâmina d'água chegar a 30 cm para TR=10 anos. O mesmo ocorre para o rio Lagoão, logo a montante de sua afluição ao rio do Engenho, sendo a causa, para ambos os casos, a falta de capacidade do leito menor dos rios.

A jusante da confluência do rio Lagoão, a região vai se tornando rural e conseqüentemente as inundações ocorrem em áreas ribeirinhas sem ocupação, não acarretando transtornos.

A situação acima descrita e os resultados das simulações indicam, portanto, a necessidade de se implantar, no período de planejamento destes estudos, medidas estruturais de controle de enchentes na bacia do rio do Engenho para atender às restrições de descarga de sua calha.

A tabela 6.4 apresenta as capacidades das singularidades e as vazões de pico estimadas nestas seções.

Tabela 6.4 Capacidade das Singularidades e Vazões Afluentes - Rio do Engenho

Nº	Estaca	Tipo	Dimensões	Capacidade Atual (m³/s)	Vazões de Pico (m³/s)
1	2+212	Bueiro tubular	1 ϕ 100 cm + 1 ϕ 120 cm	6,60	44,59
2	2+658	Bueiro tubular	2 ϕ 120 cm	8,28	44,59
3	3+536	Galeria	(200 x 200) cm	15,98	48,41
4	3+757	Bueiro tubular	1 ϕ 200 cm	12,55	48,41
5	3+928	Bueiro tubular	1 ϕ 200 cm	12,55	48,41
6	4+090	Bueiro tubular	2 ϕ 120 cm	8,28	48,41
7	4+191	Bueiro tubular	2 ϕ 120 cm	8,28	48,41
8	4+960	Bueiro tubular	1 ϕ 120 cm	3,59	10,70
9	0+283	Galeria	(200 x 200) cm	16,90	17,24
10	0+942	Bueiro tubular	1 ϕ 150 cm	6,16	17,24

Fonte: CH2M HILL

As inundações indicadas pela modelagem em alguns tramos do rio do Engenho, no entanto, são de pequena amplitude, pois, para o cenário tendencial, TR=10 anos, para o qual serão propostas medidas de controle, a lâmina de inundação acima da borda do leito menor atinge pequena altura. Este resultado indica que medidas de ajuste das seções transversais, através do alargamento destas ou eventualmente com a elevação das margens através de aterros, poderão controlar as inundações em alguns pontos.

6.2 CENÁRIO DIRIGIDO

6.2.1 Características do Cenário Dirigido

Como medidas de controle estruturais a serem modeladas no cenário dirigido propõe-se:

- Obras de retenção/retenção visando disciplinar as águas de escoamento superficial para a condição crítica de uso do solo; e
- Locais favoráveis para a implantação de reservatórios: rio do Engenho e Rio Lagoão, ambos a montante da área urbana de Campina Grande do Sul.

Caso as simulações do Cenário Dirigido mostrem que os reservatórios não são suficientes para atender às restrições de descarga da calha do rio do Engenho, outras medidas poderão ser propostas, como: a ampliação da capacidade do leito menor, o aterramento de parte das várzeas junto às margens, adequação de singularidades existentes correspondentes a bueiros, pontilhões etc.

Os trabalhos de modelagem hidráulica-hidrológica para o cenário dirigido foram desenvolvidos, portanto, em duas fases: na primeira fase de simulação foi considerada e analisada a implantação de 2 (dois) reservatórios de retenção ao longo dos trechos de macrodrenagem do rio do Engenho e Rio Lagoão. Na segunda fase de modelagem, adicionalmente ao reservatório considerado na primeira fase, considerou-se melhorias hidráulicas no canal do Rio Lagoão em locais que ainda apresentaram áreas inundáveis.

Assim sendo, o sistema final de controle de cheias analisado para a bacia do rio do Engenho seria o seguinte, conforme principais características indicadas na Tabela 6.5, a seguir.

Tabela 6.5 Principais Características dos Reservatórios para o Cenário Dirigido Rio do Engenho

Nome	Rio	Estaca	Tipo	Volume (m ³)
EN01-01	Engenho	4+930	Central	30.000
LA01-01	Lagoão	0+910	Central	15.000

Fonte: CH2M HILL

Além destes reservatórios, foram propostas medidas estruturais para a adequação hidráulica do sistema existente, propostas na segunda fase de simulação hidráulica-hidrológica. Estas proposições envolvem o aumento da capacidade hidráulica do canal do Rio Lagoão entre as estacas 0+000 e 0+250 (MC LA01-02) e a substituição de 9 (nove) travessias existentes conforme tabela 6.6 a seguir:

Tabela 6.6 Singularidades Substituídas - Rio do Engenho

MC	Estaca	Tipo Atual	Dimensões	Tipo Proposto	Dimensões Vão x altura
EN01-02	2+212	Bueiro tubular	1 ϕ 100 cm + 1 ϕ 120 cm	Pontilhão	6 x 3 m
EN01-03	2+658	Bueiro tubular	2 ϕ 120 cm	Pontilhão	6 x 3 m
EN01-04	3+536	Galeria	(200 x 200) cm	Pontilhão	6 x 3 m
EN01-05	3+757	Bueiro tubular	1 ϕ 200 cm	Pontilhão	6 x 3 m
EN01-06	3+928	Bueiro tubular	1 ϕ 200 cm	Pontilhão	6 x 3 m
EN01-07	4+090	Bueiro tubular	2 ϕ 120 cm	Pontilhão	6 x 3 m
EN01-08	4+191	Bueiro tubular	2 ϕ 120 cm	Pontilhão	6 x 3 m
EN01-09	4+960	Bueiro tubular	1 ϕ 120 cm	Pontilhão	3 x 2 m
LA01-03	0+942	Bueiro tubular	1 ϕ 150 cm	Pontilhão	3 x 2 m

Fonte: CH2M HILL

A substituição das estruturas existentes com vãos livres insuficientes foi proposta nos casos mais evidentes, nos quais se constatou que a capacidade de vazão das travessias é muito menor que as vazões contribuintes. Já a melhoria no canal permitirá um grande alívio ao funcionamento hidráulico do mesmo, cuja capacidade é limitada.

6.2.2 Tabelas Estaca x Cota x Vazão

A seguir apresenta-se a Tabela 6.7, com os valores das vazões de pico naturais por seção de controle, considerando os reservatórios propostos, obtidas com o modelo CABO, para o cenário dirigido e períodos de retorno de 10 e 25 anos, conforme os critérios anteriormente descritos. As características dos reservatórios propostos são apresentadas na tabela 6.8. A tabela 6.9 apresenta os níveis máximos nas seções transversais consideradas e a tabela 6.10 apresenta as cotas de extravasamento da calha do rio do Engenho.

Tabela 6.7 Vazões de Pico - Bacia do Rio do Engenho

Rio	Sub-bacia	Seção de Controle	Estaca	Vazões de Pico (m³/s)	
				Cenário Dirigido	
				TR=10 anos	TR=25 anos
Engenho	A1	2	4+850	10,7/1,62*	16,96/7,33*
Afluente Engenho	A2	12	4+400	8,66	14,53
Engenho	A3	5	3+250	31,16	52,58
Engenho	A4	8	2+430	31,37	52,42
Engenho	A5	9	2+220	29,54	49,42
Engenho	A6	10	1+180	28,03	46,65
Engenho	A7	11	0+0,00	26,41	43,70
Engenho	A8	3	4+400	11,75	19,24
Lagoão	B1	7	0+950	11,21/6,44*	16,98/15,14*
Lagoão	B2	13	0+150	10,78	18,75

*Qafluente/Qefluente nos reservatórios de amortecimento

Tabela 6.8 Reservatórios Propostos com suas respectivas relações Cota x Volume x Descarga

MC	Cota (m)	Volume (m³)	Descarga (m³/s)
EN01-01	890,0	0	0
	891,0	15.000	1,1
	892,0	30.000	2,2
	893,0	45.000	38,3
LA01-01	886,0	0	0
	887,0	5.000	1,1
	888,0	10.000	2,2
	889,0	15.000	2,9
	890,0	20.000	39,0

Fonte: CH2M HILL

Tabela 6.9 Vazão de Pico e Nível Máximo - Bacia do Rio do Engenho

Rio	Estaca	Vazões de Pico (m³/s)		Cotas (m)	
		Cenário Dirigido		Cenário Dirigido	
		TR=10 anos	TR=25 anos	TR=10 anos	TR=25 anos
Engenho	4+915	1,62	7,33	886,0	886,5
Engenho	3+575	31,16	52,58	877,1	877,7
Engenho	2+500	31,37	52,42	866,8	867,3
Engenho	2+157	29,54	49,42	861,7	862,2
Engenho	1+000	28,03	46,65	847,5	847,8
Lagoão	0+249	10,78	18,75	878,1	878,3

Fonte: CH2M HILL

Tabela 6.10 Cotas de Extravasamento da Calha do Rio do Engenho e Lâmina de Inundação

Rio	Estaca	Cotas de Extravasamento (m)	Lâmina de Inundação (m)	
			Cenário Dirigido	
			TR=10 anos	TR=25 anos
Engenho	4+915	887,8	-	-
Engenho	3+575	877,3	-	0,4
Engenho	2+500	867,2	-	0,1
Engenho	2+157	862,2	-	-
Engenho	1+000	847,5	-	0,3
Lagoão	0+249	877,6	-	0,4

Fonte: CH2M HILL

6.2.3 Hidrogramas

No Anexo 2 são apresentados os hidrogramas nas seções de controle consideradas do rio do Engenho, 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.

6.2.4 Áreas de Risco de Inundação

As áreas com risco de inundações da bacia do rio do Engenho para o cenário dirigido e períodos de retorno de 10 e 25 anos são apresentadas nos desenhos CD1/3 a CD3/3.

De um modo geral, com a inserção das medidas de controle indicadas anteriormente, verifica-se a eliminação das inundações, para o período de retorno de 10 anos, em todo o trecho urbano dos rios do Engenho e Lagoão, até a confluência de ambos.

Ainda existe a ocorrência de inundações no rio do Engenho, para o período de retorno de 10 anos. Porém, estas inundações estão localizadas a jusante da área urbana de Campina Grande do Sul, não acarretando problemas.

Cabe observar que, onde foi possível propor medidas, estas causaram bom efeito na redução das enchentes. Os pontos críticos para o período de retorno de 25 anos acontecem porque a ocupação urbana se dá no leito maior do rio, cujas cotas estão sujeitas à inundação.

6.2.5 Conclusões

Conforme pode ser observado nas Tabelas 6.1 e 6.7, as simulações hidrológicas para $Tr=10$ anos mostram que a vazão natural ao longo do curso do rio do Engenho na sub-bacia A1, estimada em $10,7 \text{ m}^3/\text{s}$, teria uma redução para $1,62 \text{ m}^3/\text{s}$ com a presença do reservatório proposto EN01-01, o que mostra o bom desempenho deste reservatório. Para o Rio Lagoão, o reservatório proposto LA01-01 consegue reduzir, para $Tr=10$ anos, uma vazão de $11,21 \text{ m}^3/\text{s}$ para $6,44 \text{ m}^3/\text{s}$ na sub-bacia B1.

Conforme se observa, os dois reservatórios considerados, mais o alargamento proposto no Rio Lagoão são suficientes para solucionar os problemas de inundações na parte urbana da bacia do rio do Engenho.

Quanto às manchas de inundações que afetam as áreas na parte jusante da área urbana da bacia do rio do Engenho, esta região ainda é rural e pode-se admitir que as inundações ocorrentes neste local não acarretarão transtornos ou prejuízos que justifiquem a implantação de alguma medida estrutural de controle de enchentes.

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.

Tendo em vista os estudos efetuados, recomenda-se, para a bacia do rio do Engenho, a configuração final com 2 (dois) reservatórios, a adequação hidráulica de um trecho de canal do Rio Lagoão e a substituição de 9 (nove) travessias. É uma solução hidráulica que deverá diminuir consideravelmente os problemas e prejuízos das inundações ocorrentes nesta bacia.

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.

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 do Engenho, foram propostas as seguintes medidas de controle: duas lagoas de acumulação do tipo central, a substituição de nove travessias sob vias públicas e o aumento da capacidade hidráulica do canal em um com extensão de cerca de 0,25 km, como descrito nas tabelas 6.5 e 6.6 e no texto do item 6.2.1 acima.

A localização das medidas de controle propostas é mostrada nos desenhos CD 1/3 a CD 3/3 contidos no Anexo 7.

O custo estimado para a implantação da totalidade das medidas propostas, a preços de jan/2000, alcança o valor de 4,6 milhões de reais.

7.1.1 Anteprojeto da Lagoa de Acumulação

As principais características destas MCs são mostradas na Tabela 7.1 a seguir:

Tabela 7.1 Principais Características das Lagoas de Acumulação da Bacia do Rio do Engenho

MC Nº	Localização			Situação Fundiária	Tipologia Urbanística	Áreas (m ²)		Vazões (m ³ /s)	
	Rio	Estaca	Município			Lagoa	Total	Entrada	Saída
EN01-01	Engenho	4+930	C. G.do Sul	Particular	2	29.000	45.000	10,7	1,62
LA01-01	Lagoão	0+910	C.G. Do Sul	Particular	2	7.700	19.800	11,21	6,44

Fonte: CH2M HILL

Quanto à urbanização e paisagismo, estas lagoas estão classificadas na tipologia 2 cuja descrição é a seguinte:

- Tipologia 2 - Esta tipologia envolve locais de baixo a médio potencial para intervenção paisagística, destinada ao tratamento com cobertura vegetal, associado à alocação de equipamentos de pequeno e médio porte. Os equipamentos básicos previstos para a Tipologia 2, são os seguintes:
 - . Área de estar, playground, cancha poliesportiva, ciclovia, pista de cooper, área de alimentação e instalações sanitárias.

As plantas de localização das lagoas de acumulação propostas, mostrando as áreas utilizadas para as lagoas e para urbanização e paisagismo, com indicação esquemática dos principais componentes das estruturas hidráulicas constam dos desenhos C003/1 e C003/2 apresentados em anexo.

O custo total estimado (a preços de jan/2000) para a implantação destas duas MCs é de 4,1 milhões de reais.

A tabela 7.2 a seguir mostra os custos dos principais componentes de cada uma das lagoas.

Tabela 7.2 Estimativas de Custo das Lagoas de Acumulação - Bacia do Rio do Engenho

Lagoa de Acumulação	Custos (R\$x1000)			
	Obras Civis	Desapropriações	Urbanização e Paisagismo	Total
EN01-01	403	1.080	1.133	2.616
LA01-01	405	473	643	1.521
Custo Total				4.137

Fonte: CH2M HILL

As principais características dos elementos hidráulicos e de urbanização e paisagismo dos anteprojetos da lagoa de acumulação, assim como as estimativas de custos, constam do Volume 4 - Tomo 4.28 deste Relatório Final.

7.1.2 Substituição de Travessias Sob Vias Públicas

Observou-se na modelagem que nove travessias existentes do rio do Engenho sob vias públicas apresentam restrições ao fluxo, podendo causar inundações a montante.

Assim, é feita a proposição de se substituir estas estruturas atualmente constituídas de bueiros tubulares por pontilhões de concreto.

O custo total estimado para a implantação destas medidas de controle alcança o valor total de R\$ 440.000,00.

Os locais de implantação destas MCs, características principais e custos estimados de cada uma delas constam da Tabela 7.3 a seguir.

Tabela 7.3 Travessias sob vias públicas a serem substituídas - Bacia do Rio do Engenho

MC	Rio	Estaca	Nova Travessia	Custo (R\$)
EN01-02	Engenho	2+212	Pontilhão 6x3 m	55.000,00
EN01-03	Engenho	2+658	Pontilhão 6x3 m	55.000,00
EN01-04	Engenho	3+536	Pontilhão 6x3 m	55.000,00
EN01-05	Engenho	3+757	Pontilhão 6x3 m	55.000,00
EN01-06	Engenho	3+928	Pontilhão 6x3 m	55.000,00
EN01-07	Engenho	4+090	Pontilhão 6x3 m	55.000,00
EN01-08	Engenho	4+191	Pontilhão 6x3 m	55.000,00
EN01-09	Engenho	4+960	Pontilhão 3x2 m	27.500,00
LA01-03	Lagoão	0+942	Pontilhão 3x2 m	27.500,00
Custo Total				440.000,00

Fonte: CH2M HILL

7.1.3 Aumento da Capacidade Hidráulica do Canal do Córrego Lagoão

No cenário Dirigido é proposto o aumento da capacidade do canal do Córrego Lagoão (MC LA01-02) em um trecho de 250 m de extensão, entre as estacas 0+000 e 0+250, no qual seriam implantadas as seguintes ações:

- Aumento da seção de vazão passando da atual triangular com boca de 5m e profundidade máxima de 0,8 m, para trapezoidal com 2,5 de base, profundidade de 1,0 m e paredes com inclinação 1V:2H.
- Regularização dos taludes laterais e do fundo; e
- Proteção dos taludes com grama.

Os custo estimado para a execução desta MC é de R\$ 30.663,00.

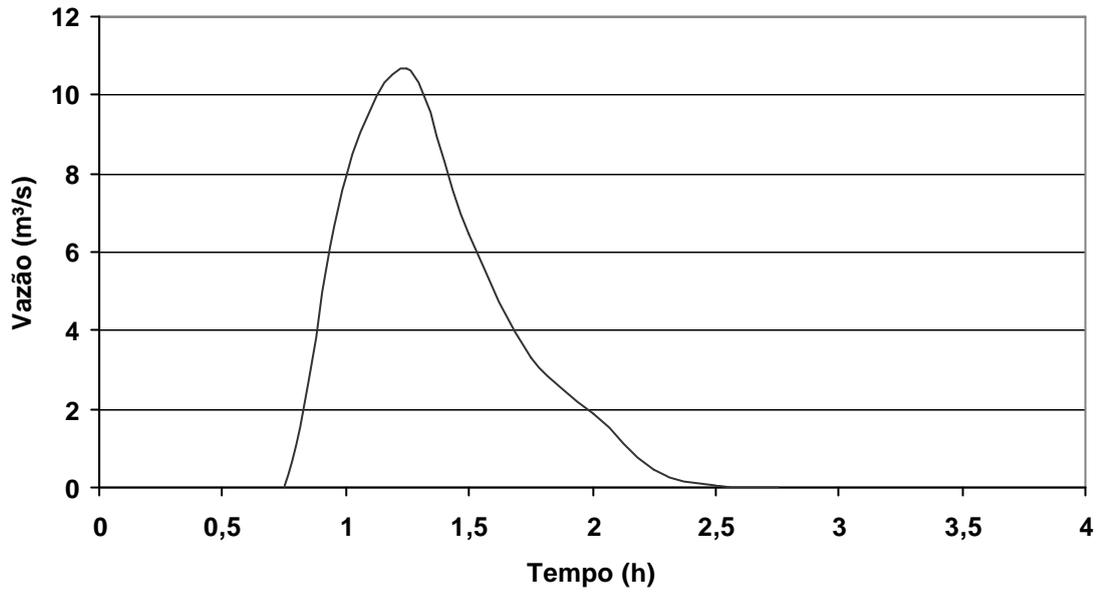
ANEXO 1 – TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO

TABELA 4.1
BACIA DO ENGENHO - CÁLCULO DOS TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO

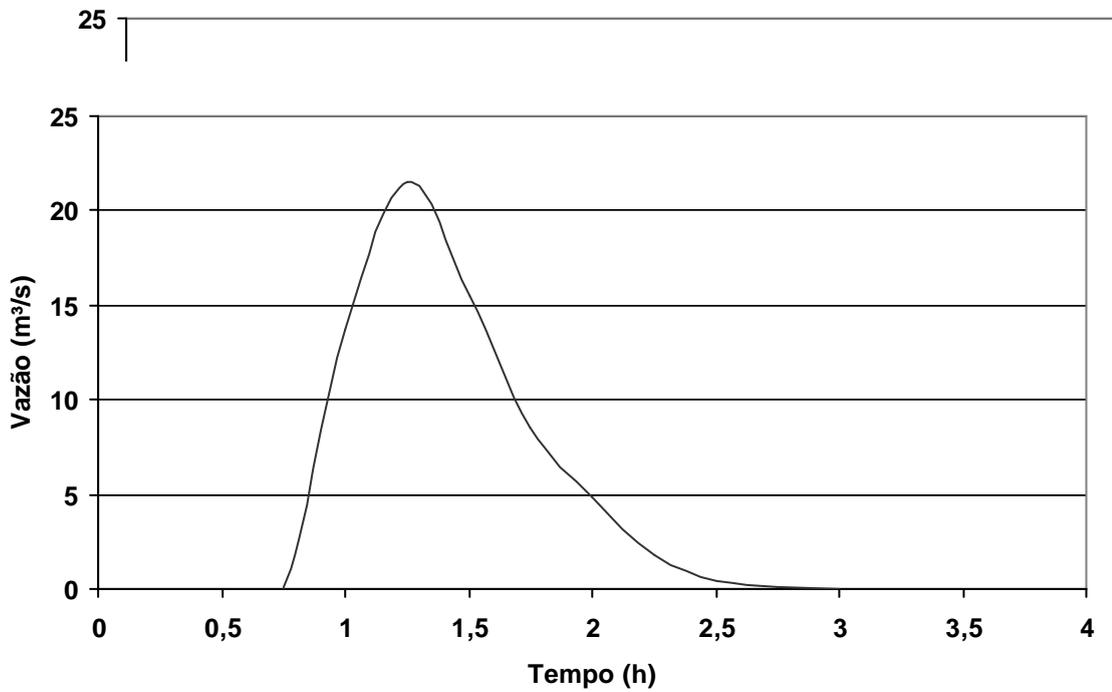
Sub-Bacia	Área (km ²)	Trecho	Velocidade Média (m/s)	L talveg (m)	L canal (m)	H (m)	Tempos de Concentração (h)				1999			2020			CN Atual	CN Tendencial
							Kirpich	Cinemático	Germano	Adotado	Densidade (hab/ha)	Área Imperm.		Densidade (hab/ha)	Área Imperm.			
												%	(Km ²)		%	(Km ²)		
A1	1,2	Engenho Cabeceira	sem dados	1.520	630	49,3	0,34	-	-	0,17	0,1	0,00	0,00	0,1	0,00	0,00	73,8	73,8
A8	0,17	Engenho Distr. 6	sem dados	477	477	7	0,19	-	-	0,19	16,7	1,52	0,00	16,7	1,52	0,00	81,4	81,4
A2	1,14	Concentrada 1	sem dados	1.398	1.398	24	0,41	-	-	0,41	4,6	0,00	0,00	4,6	0,00	0,00	74,2	74,2
A3	0,96	Engenho Distrib. 1	sem dados	1.231	1.231	7	0,57	-	-	0,57	16,5	1,41	0,01	16,7	1,52	0,01	81,4	81,6
B1	1,02	Lagoão Cabeceira	sem dados	986	876	29	0,26	-	-	0,26	1,6	0,00	0,00	1,6	0,00	0,00	77,7	77,7
B2	0,49	Lagoão Distr.	sem dados	930	930	10	0,36	-	-	0,36	14,3	0,15	0,00	14,7	0,38	0,00	80,6	80,8
A4	0,92	Engenho Distrib. 2	sem dados	905	600	24	0,25	-	-	0,25	10,9	0,00	0,00	10,9	0,00	0,00	75,0	75,0
A5	0,42	Engenho Distrib. 3	sem dados	683	436	37	0,15	-	-	0,15	2,3	0,00	0,00	2,3	0,00	0,00	72,7	72,7
A6	1,27	Engenho Distrib. 4	sem dados	1.530	931	30	0,42	-	-	0,42	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	72,4	72,4
A7	0,68	Engenho Distrib. 5	sem dados	1.167	1.167	15	0,40	-	-	0,40	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	72,4	72,4

ANEXO 2 – HIDROGRAMAS

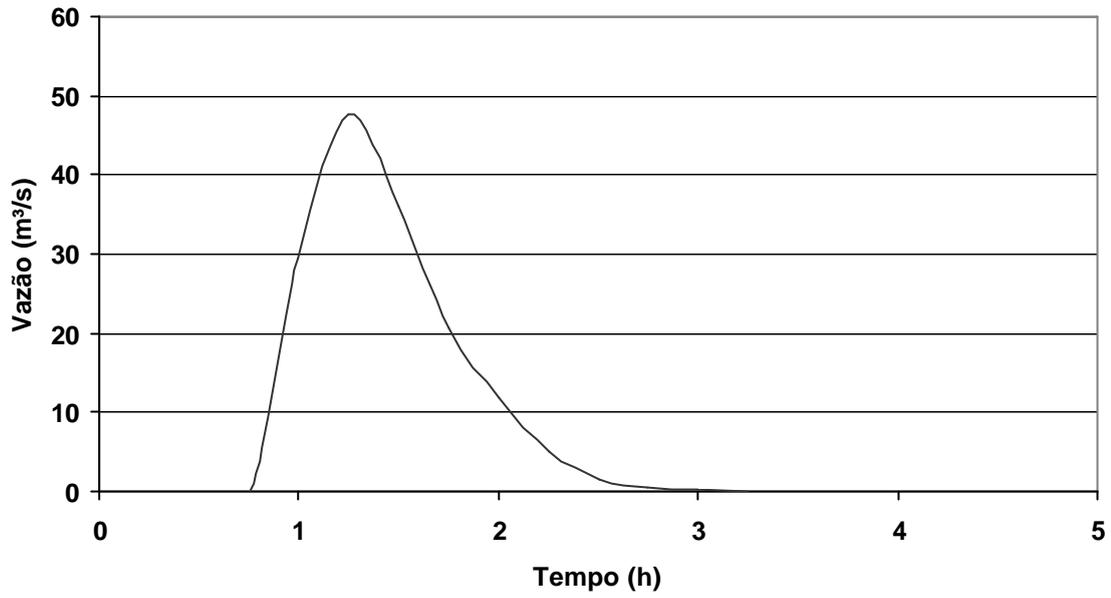
Hidrograma Seção de Controle 2
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=10anos)



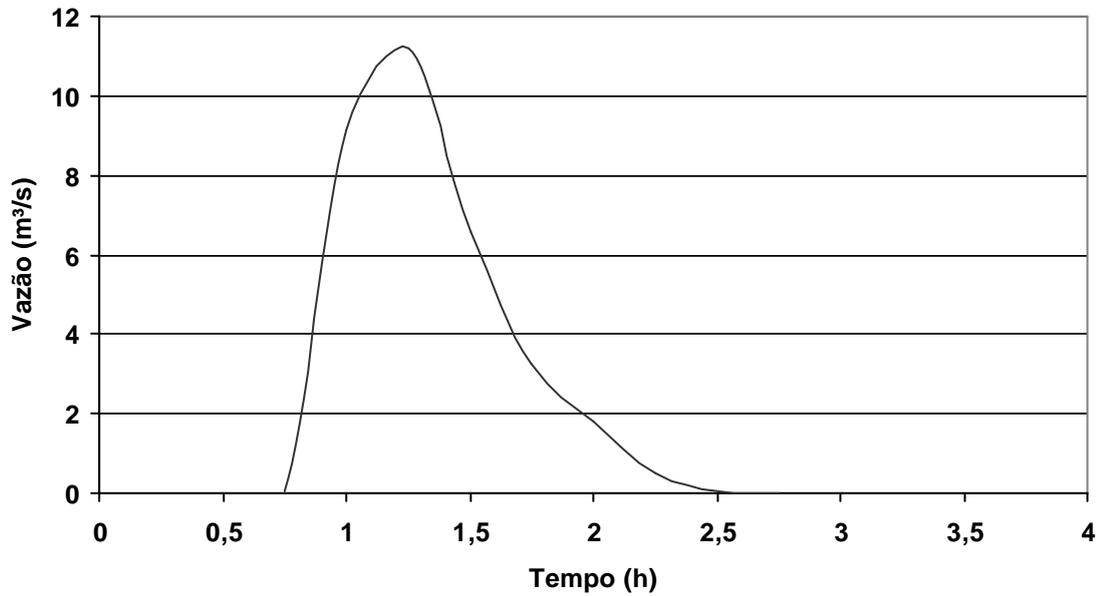
Hidrograma Seção de Controle 3
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=10anos)



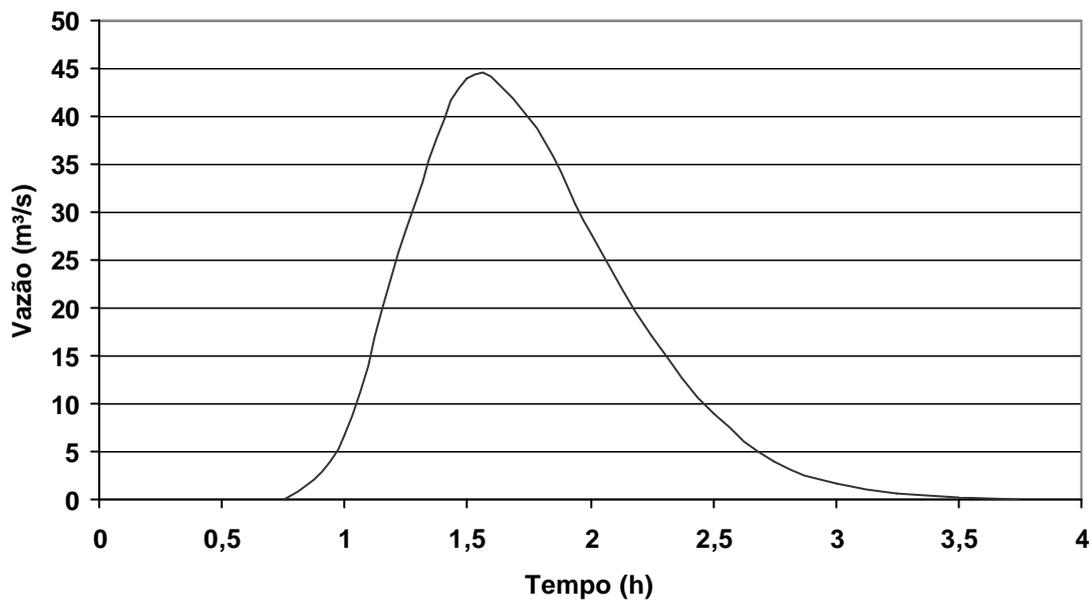
Hidrograma Seção de Controle 5
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=10anos)



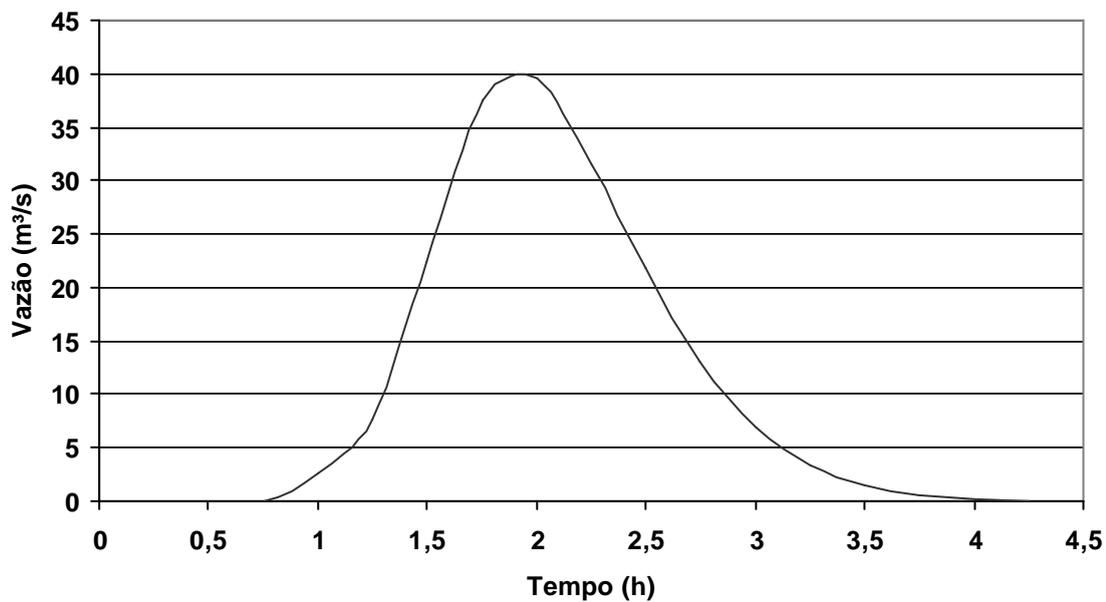
Hidrograma Seção de Controle 7
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=10anos)



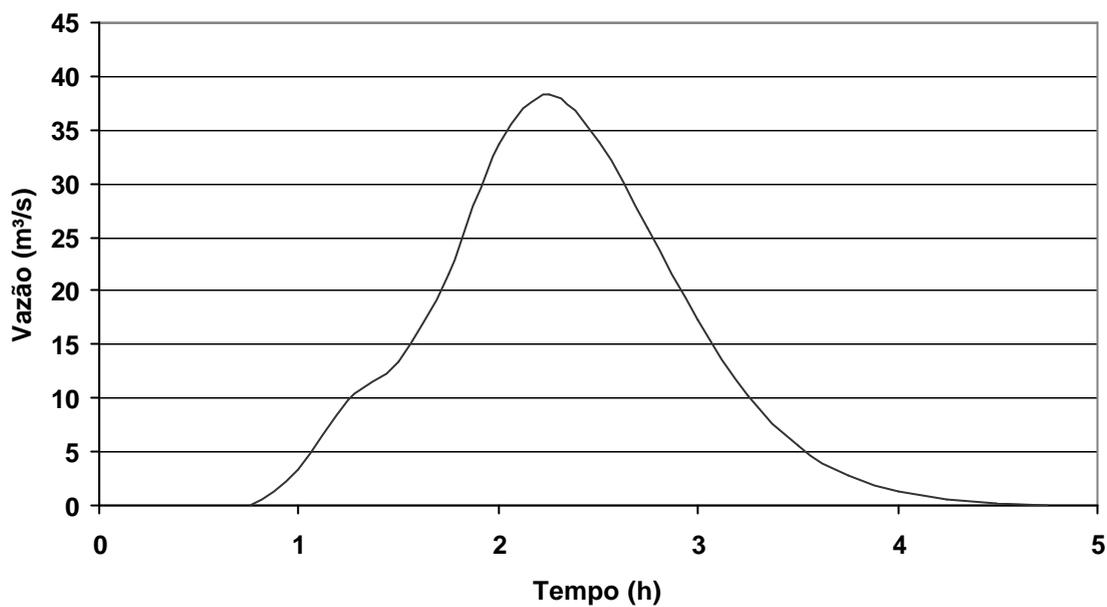
Hidrograma Seção de Controle 8
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=10anos)



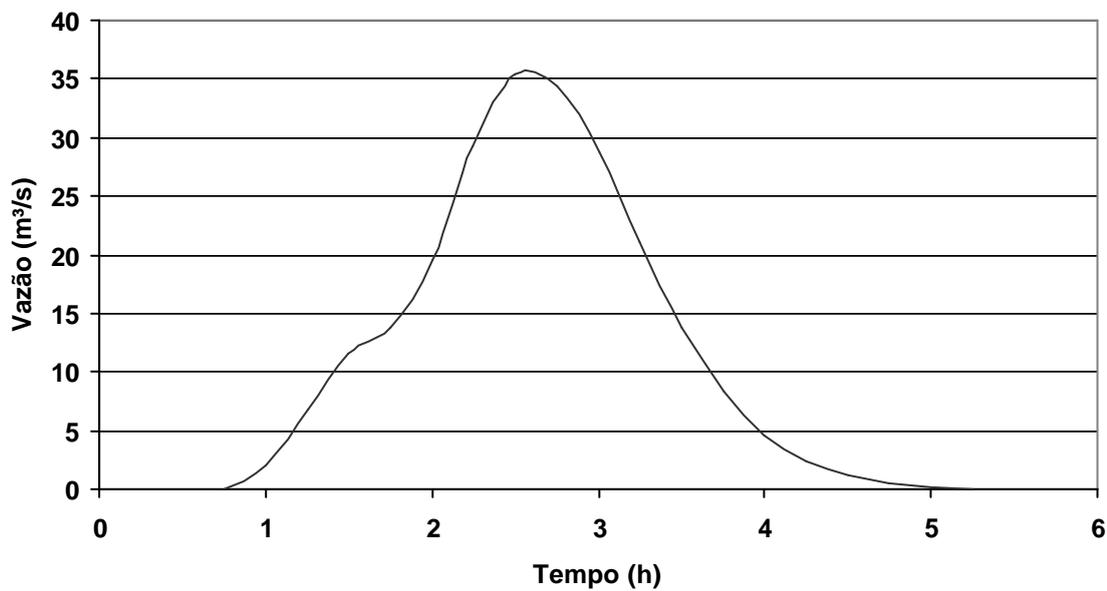
Hidrograma Seção de Controle 9
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=10anos)



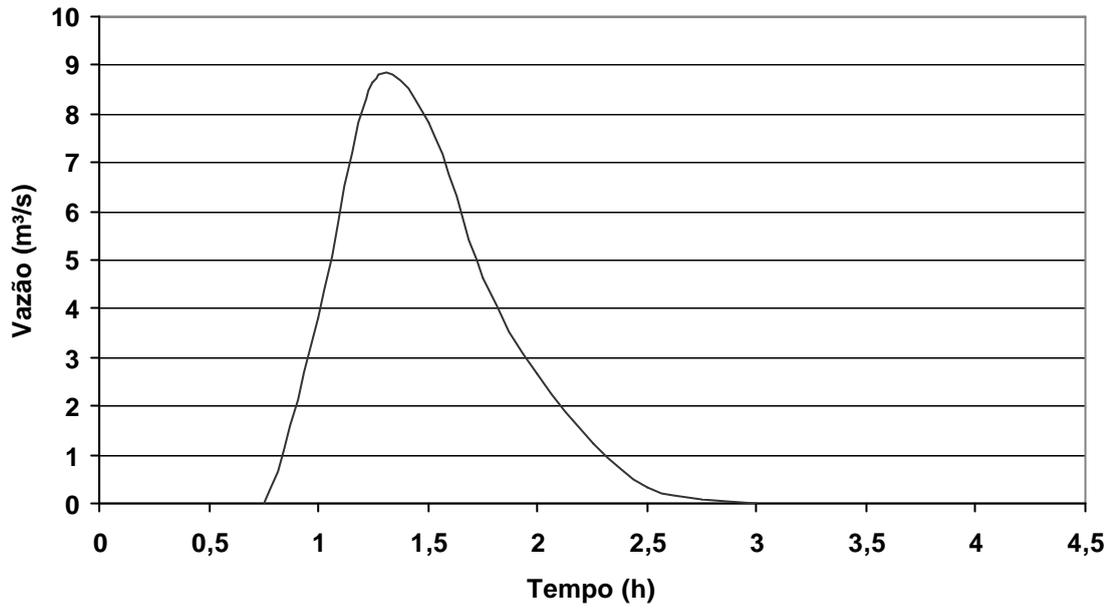
Hidrograma Seção de Controle 10
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=10anos)



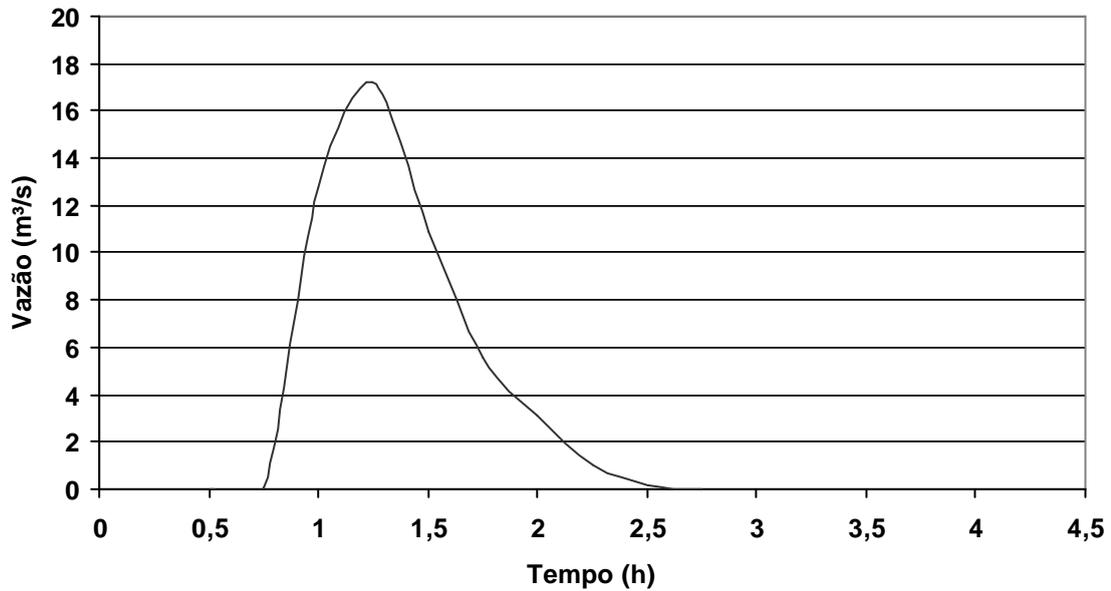
Hidrograma Seção de Controle 11
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=10anos)



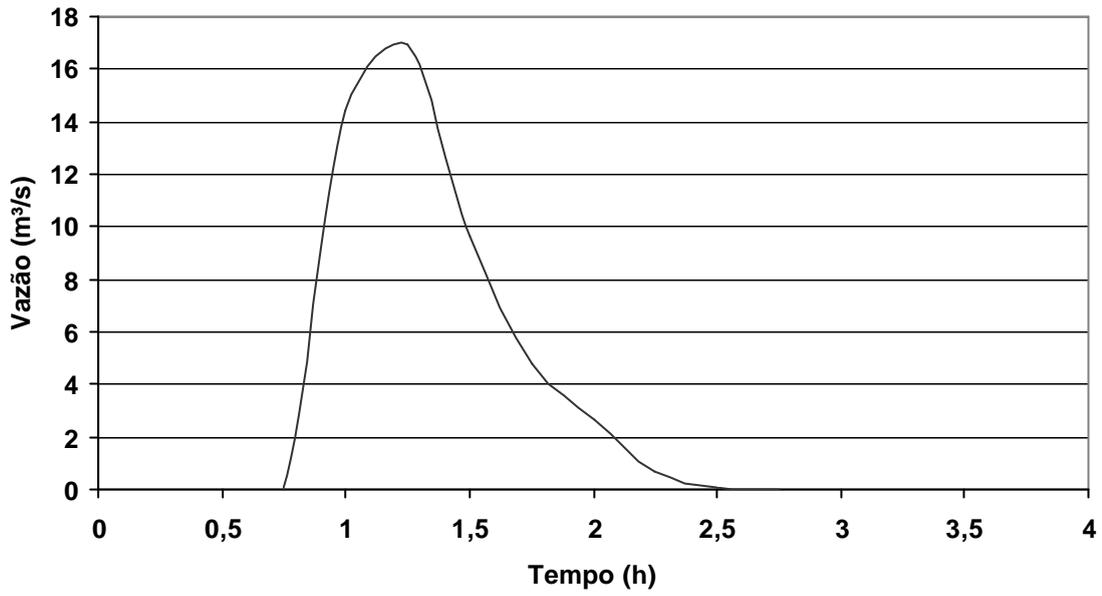
Hidrograma Seção de Controle 12
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=10anos)



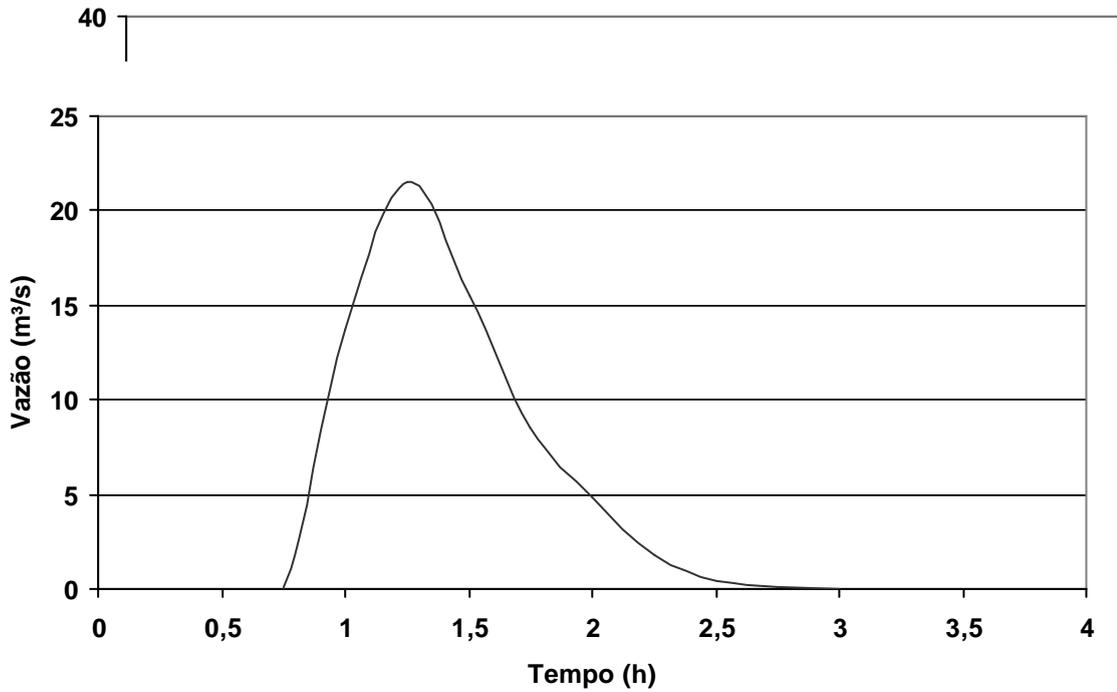
Hidrograma Seção de Controle 13
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=10anos)



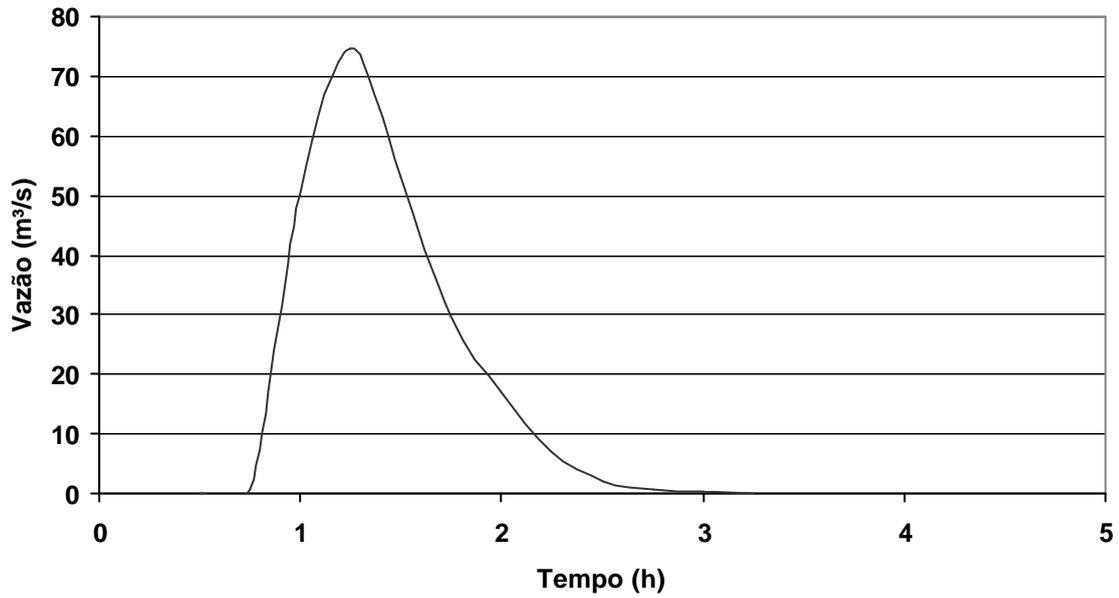
Hidrograma Seção de Controle 2
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=25anos)



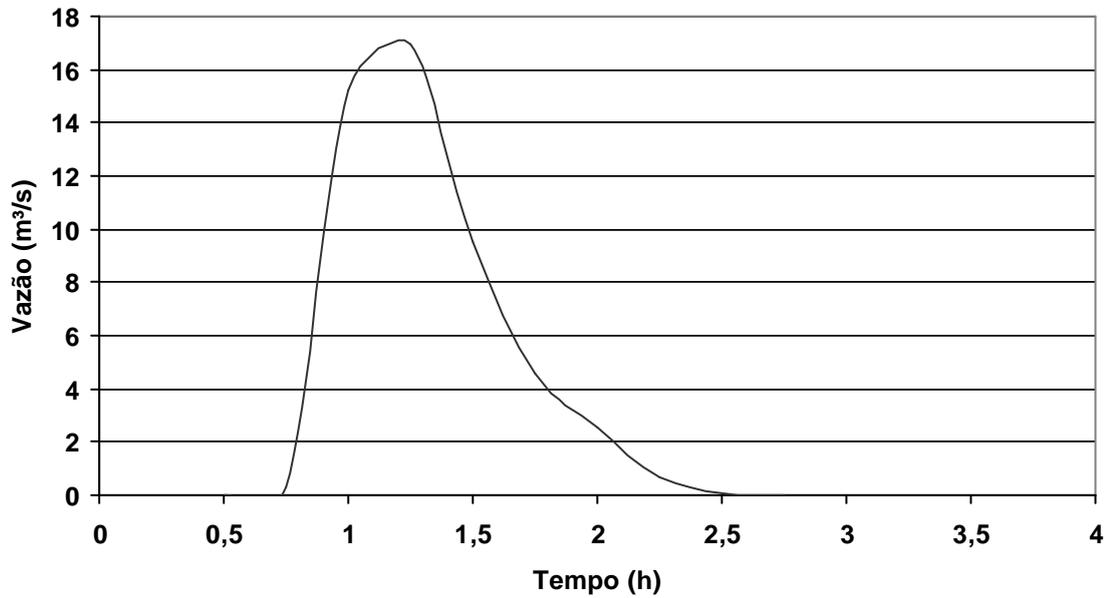
Hidrograma Seção de Controle 3
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=25anos)



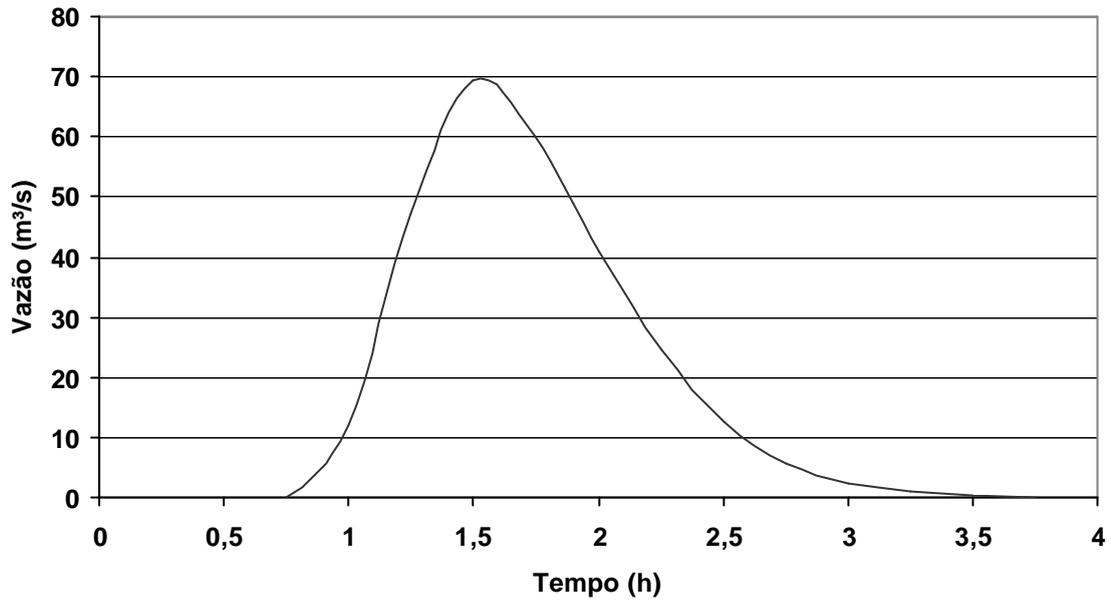
Hidrograma Seção de Controle 5
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=25anos)



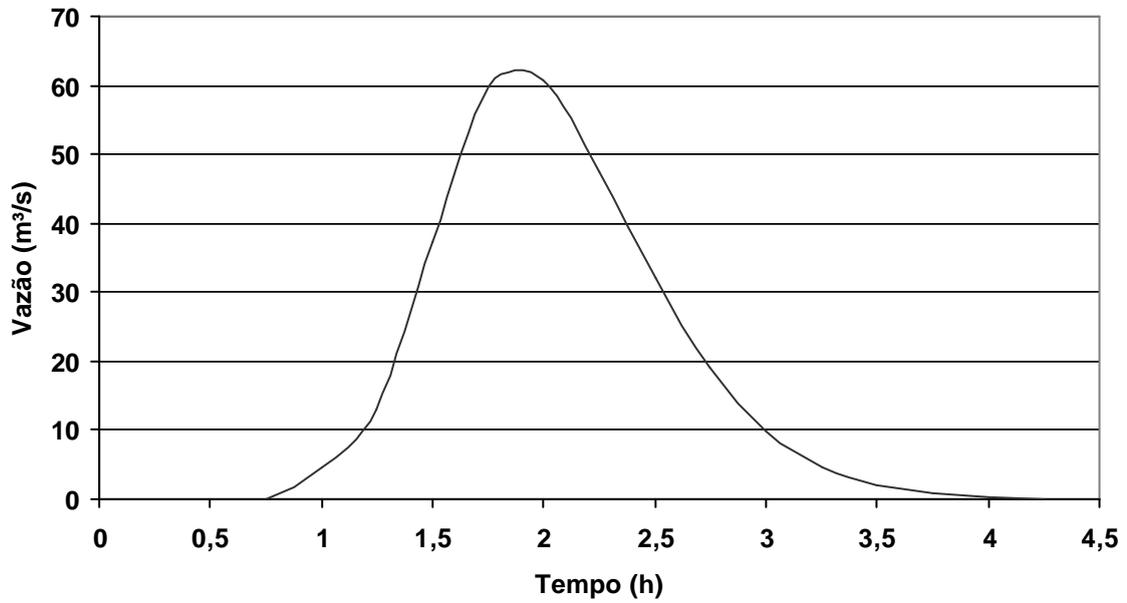
Hidrograma Seção de Controle 7
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=25anos)



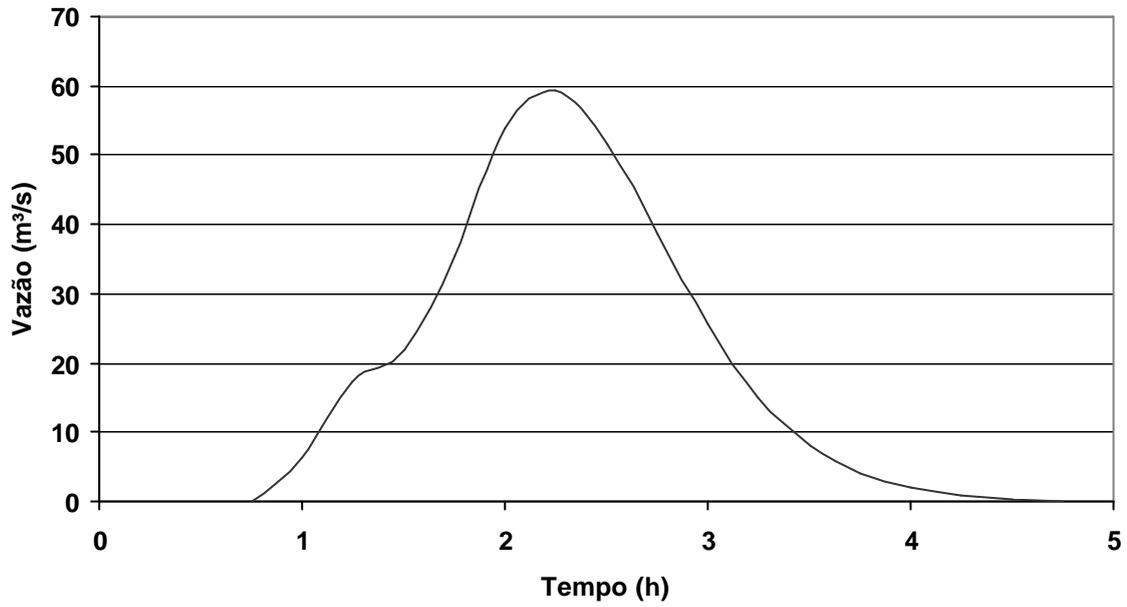
Hidrograma Seção de Controle 8
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=25anos)



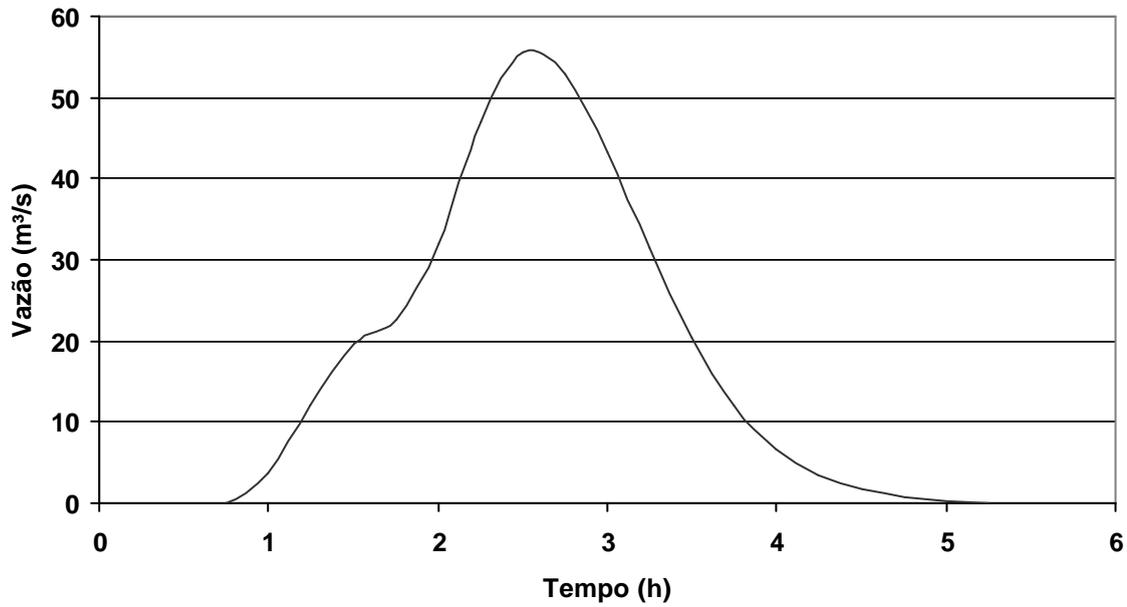
Hidrograma Seção de Controle 9
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=25anos)



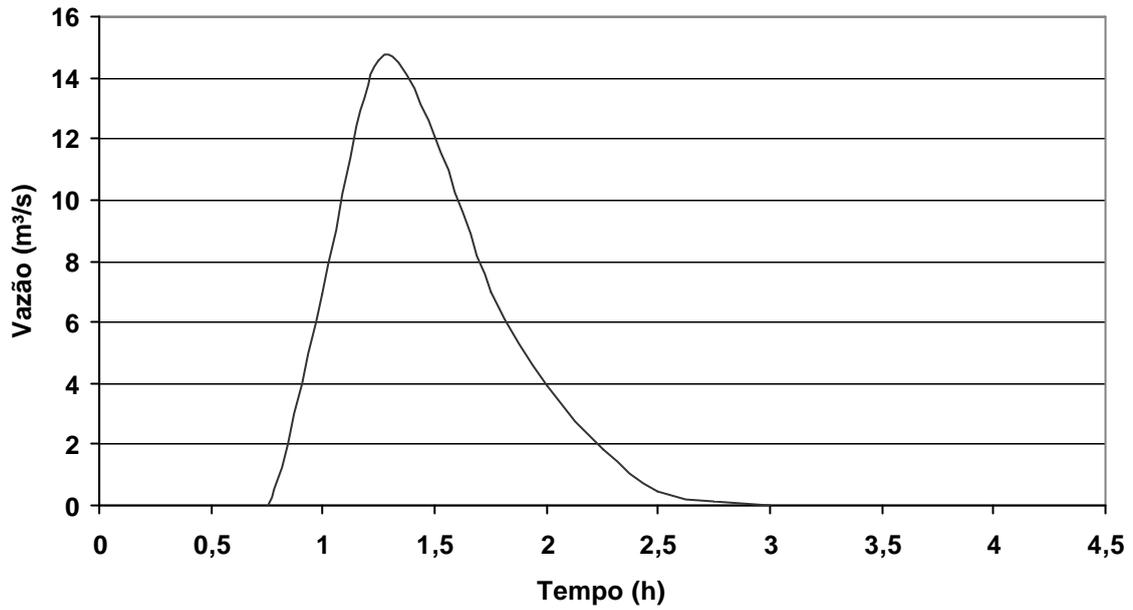
Hidrograma Seção de Controle 10
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=25anos)



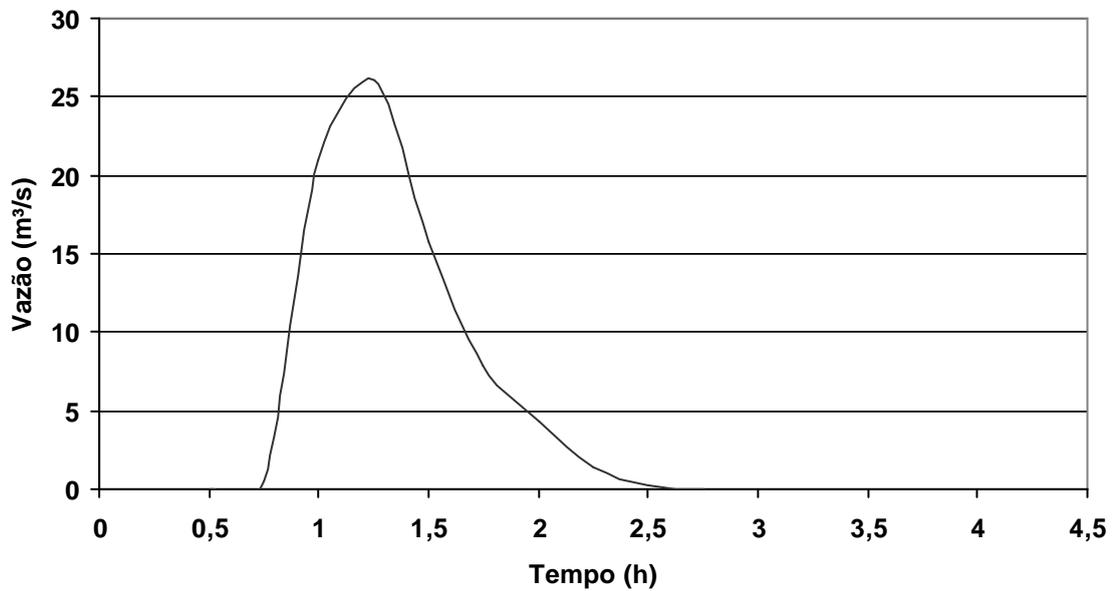
Hidrograma Seção de Controle 11
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=25anos)



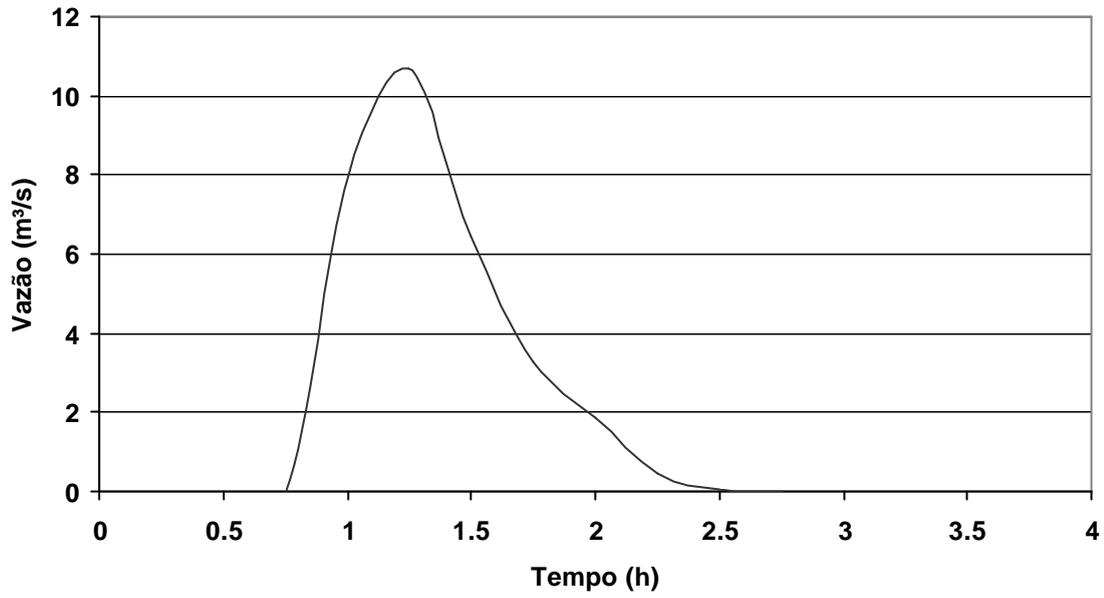
Hidrograma Seção de Controle 12
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=25anos)



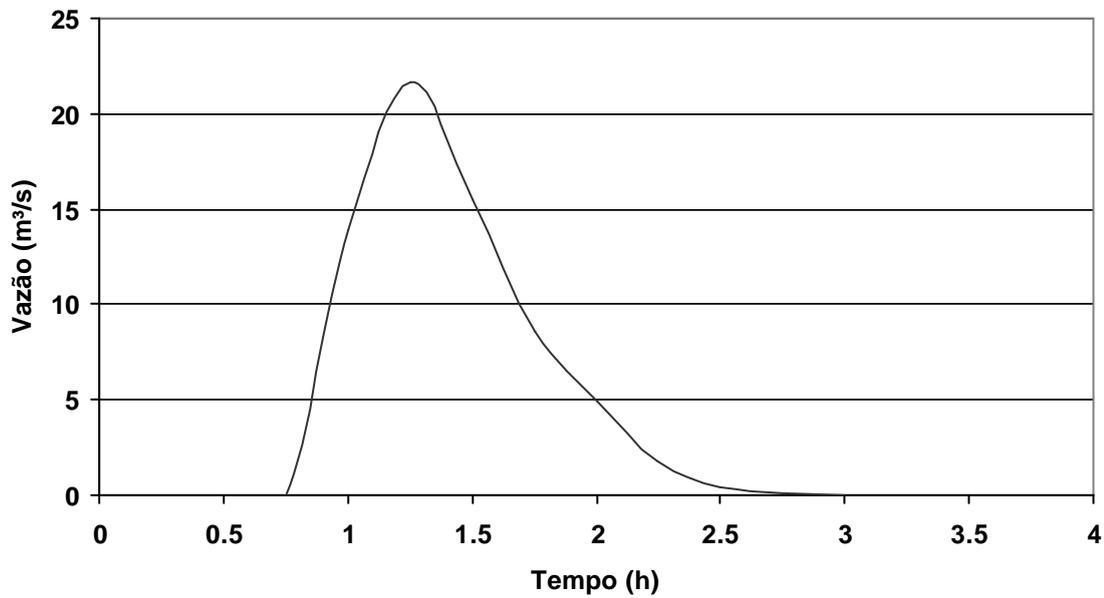
Hidrograma Seção de Controle 13
Rio do Engenho - Cenário Atual (TR=25anos)



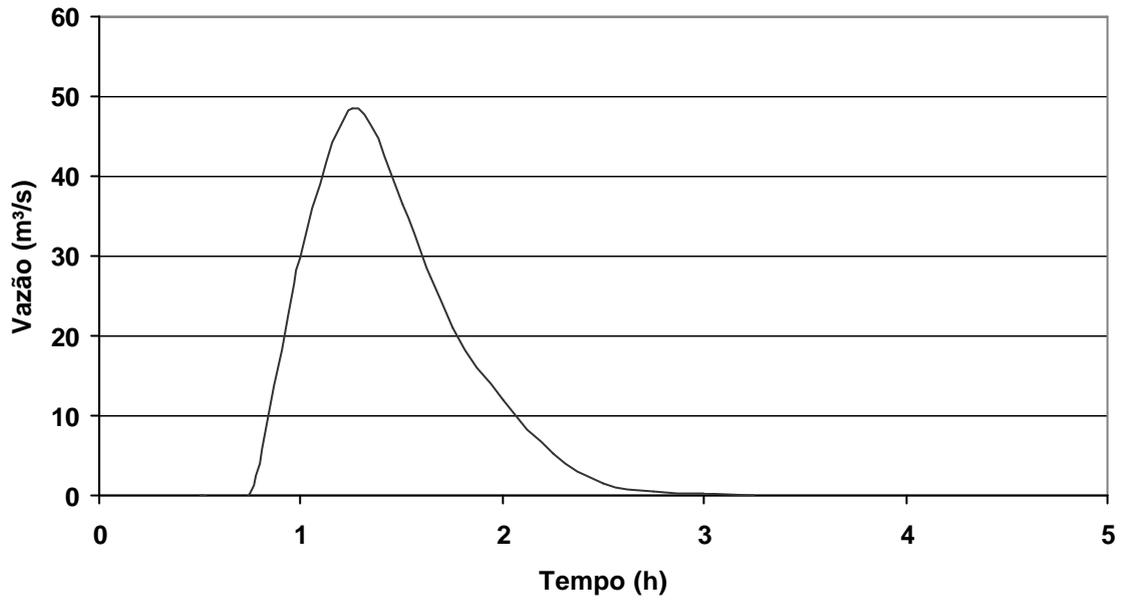
Hidrograma Seção de Controle 2
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=10anos)



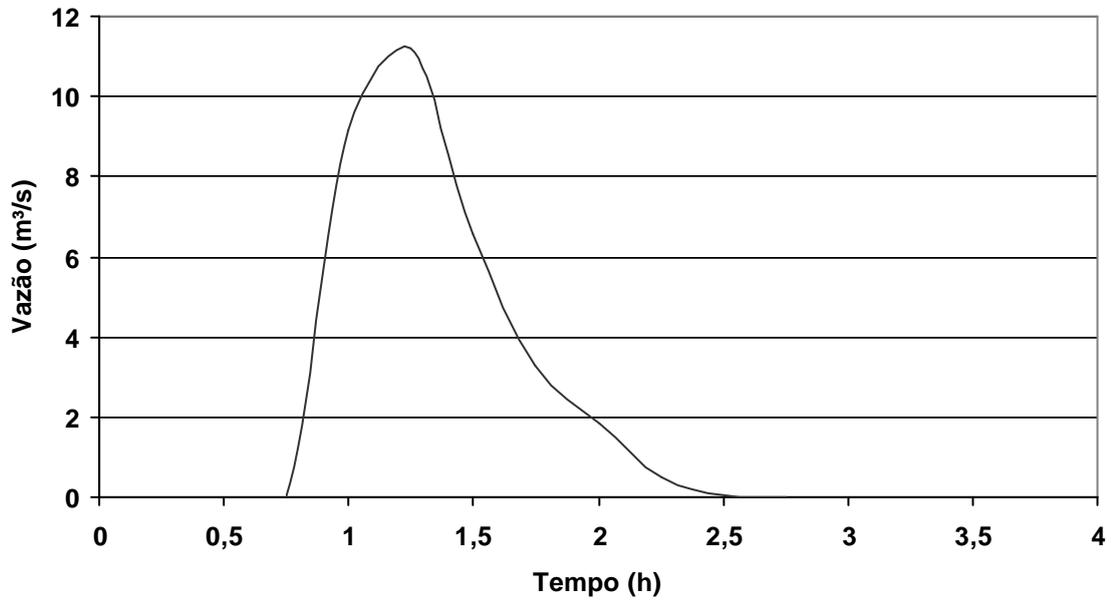
Hidrograma Seção de Controle 3
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=10anos)



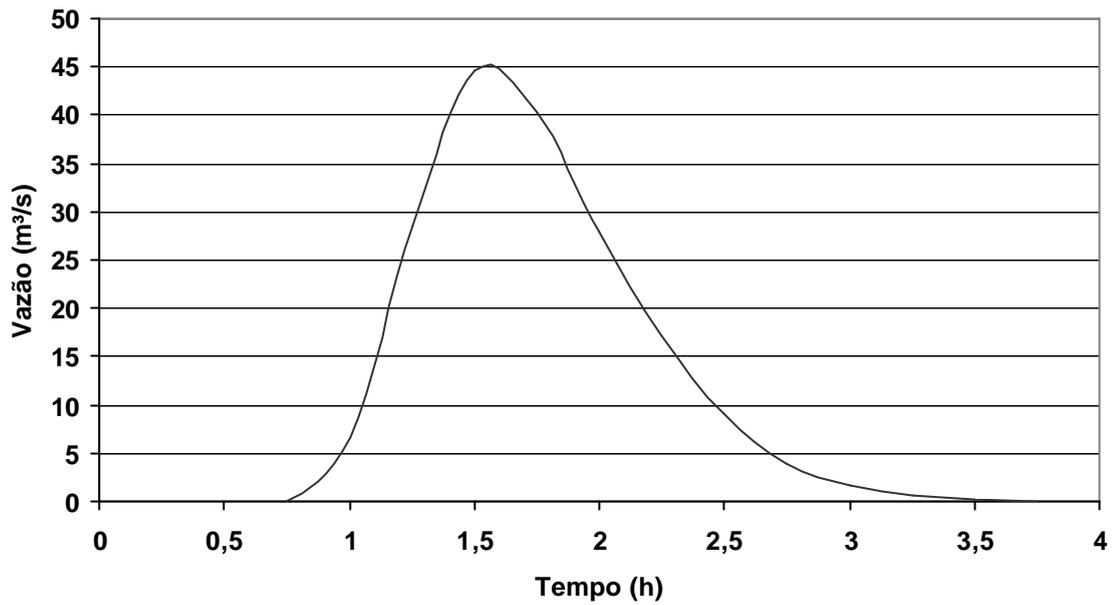
Hidrograma Seção de Controle 5
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=10anos)



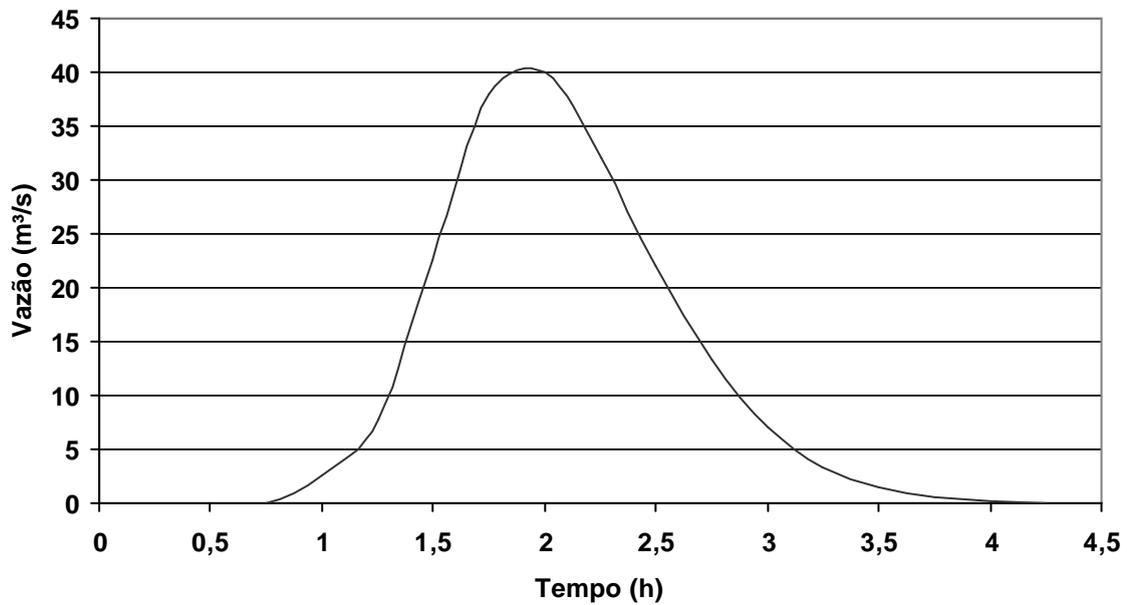
Hidrograma Seção de Controle 7
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=10anos)



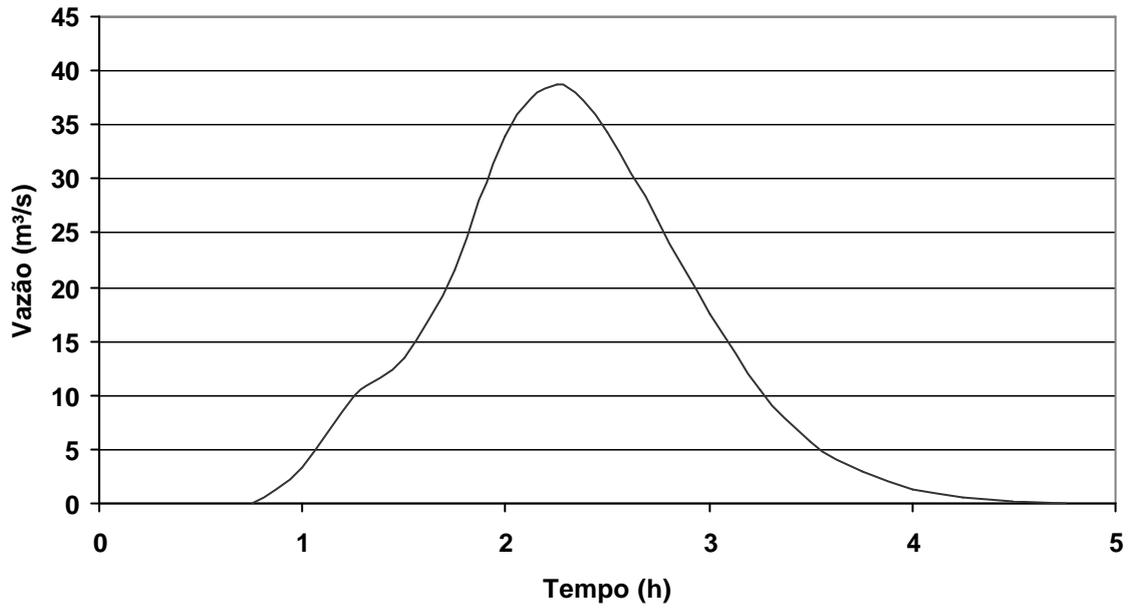
Hidrograma Seção de Controle 8
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=10anos)



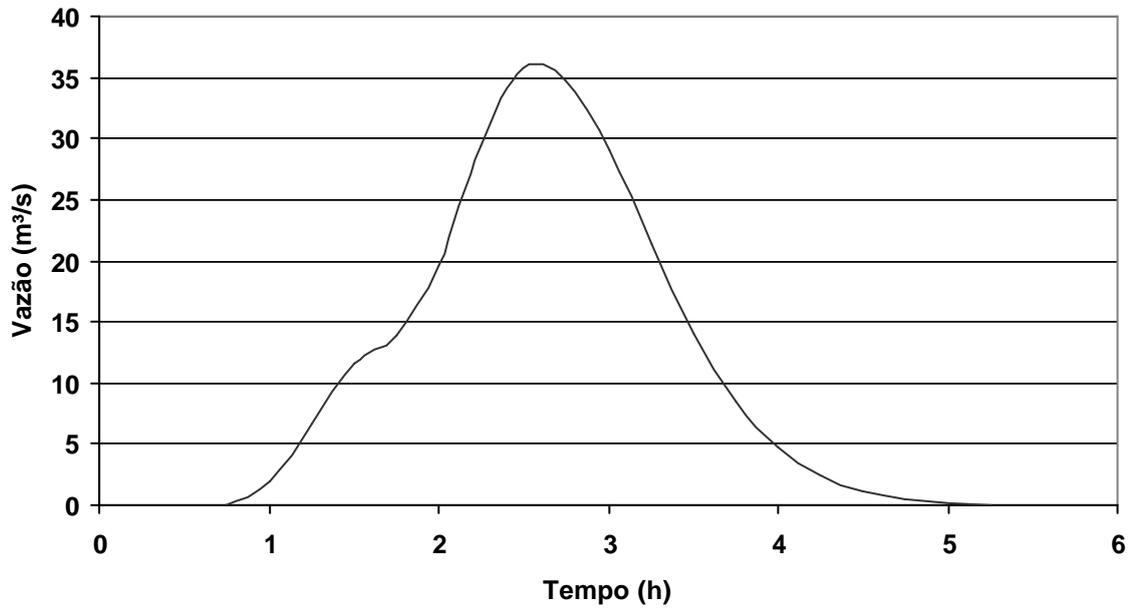
Hidrograma Seção de Controle 9
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=10anos)



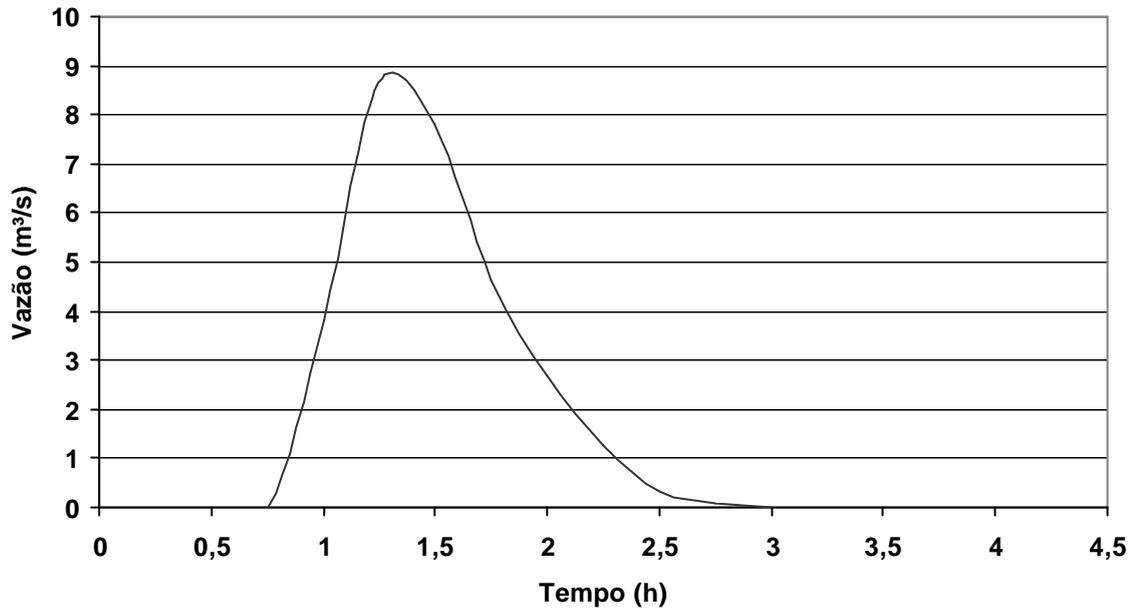
Hidrograma Seção de Controle 10
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=10anos)



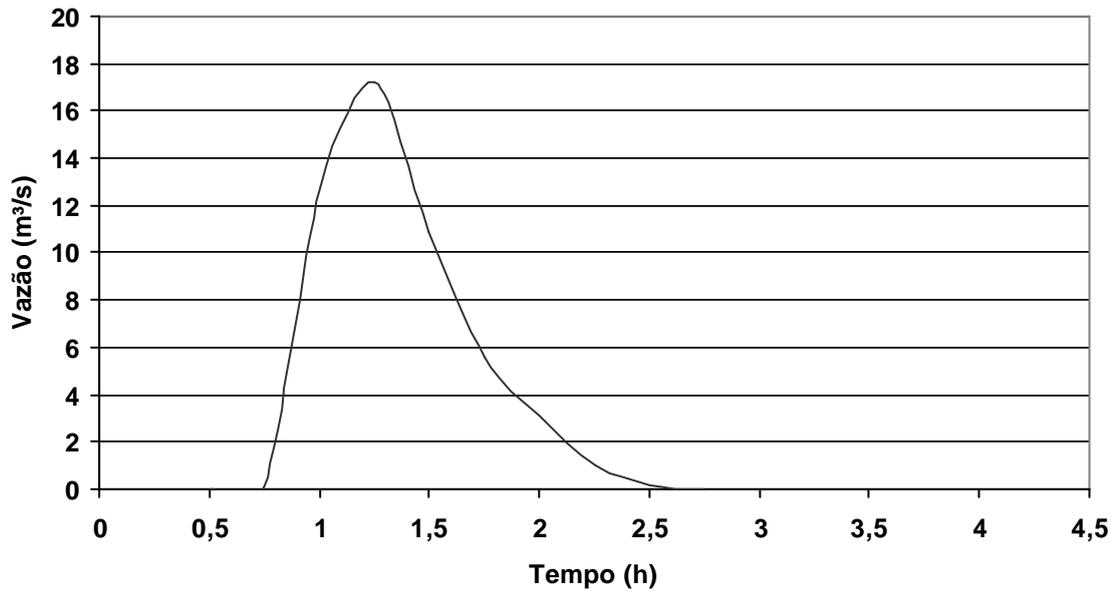
Hidrograma Seção de Controle 11
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=10anos)



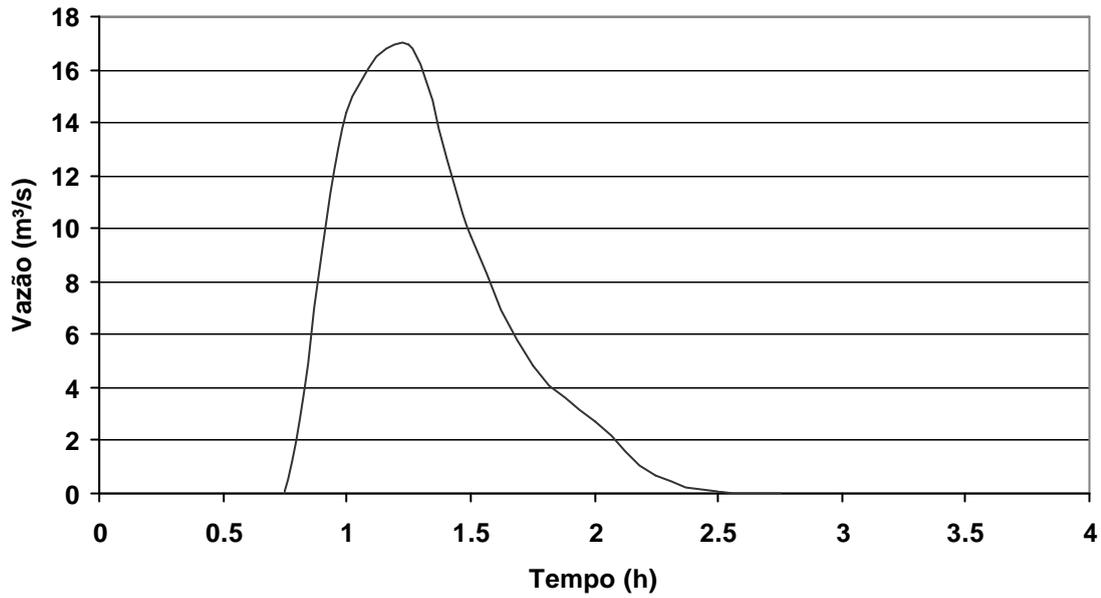
Hidrograma Seção de Controle 12
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=10anos)



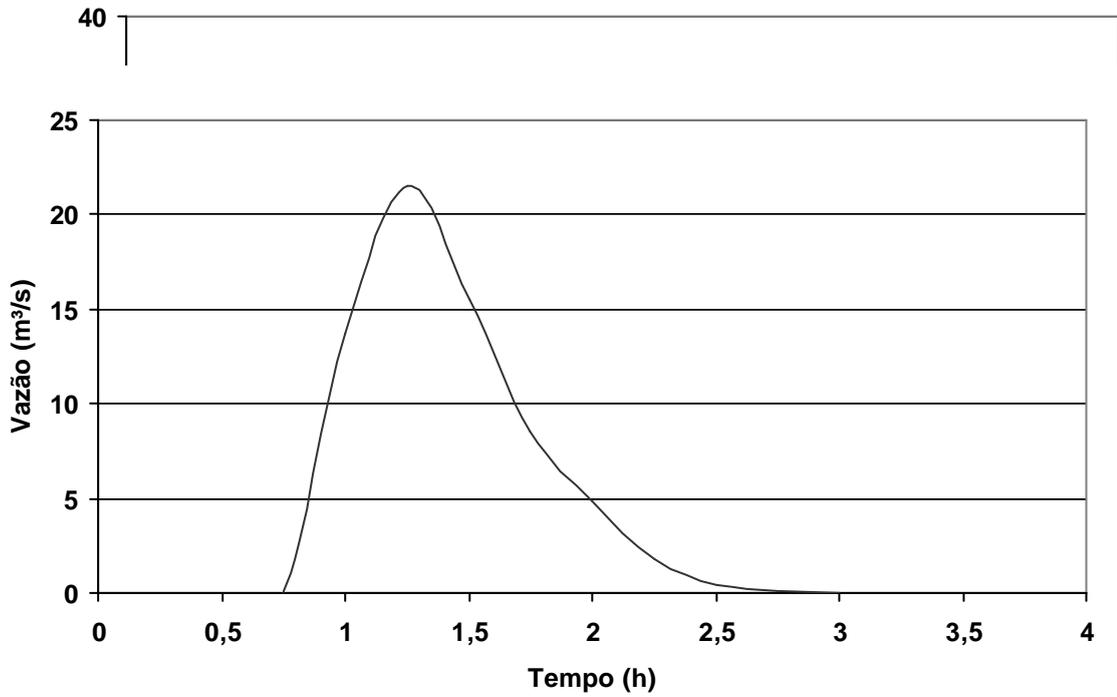
Hidrograma Seção de Controle 13
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=10anos)



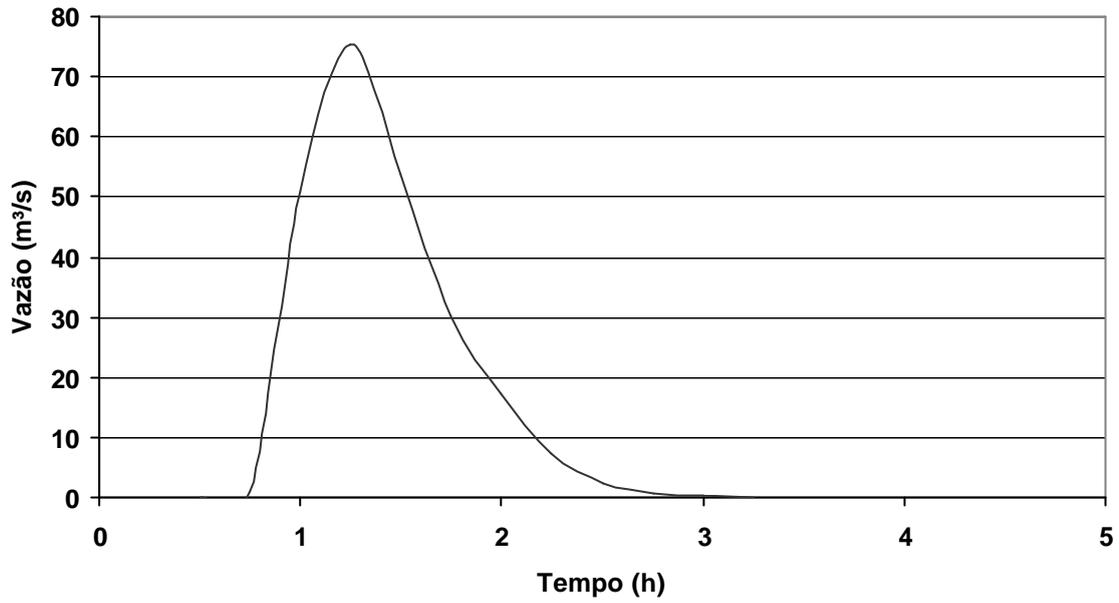
Hidrograma Seção de Controle 2
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=25anos)



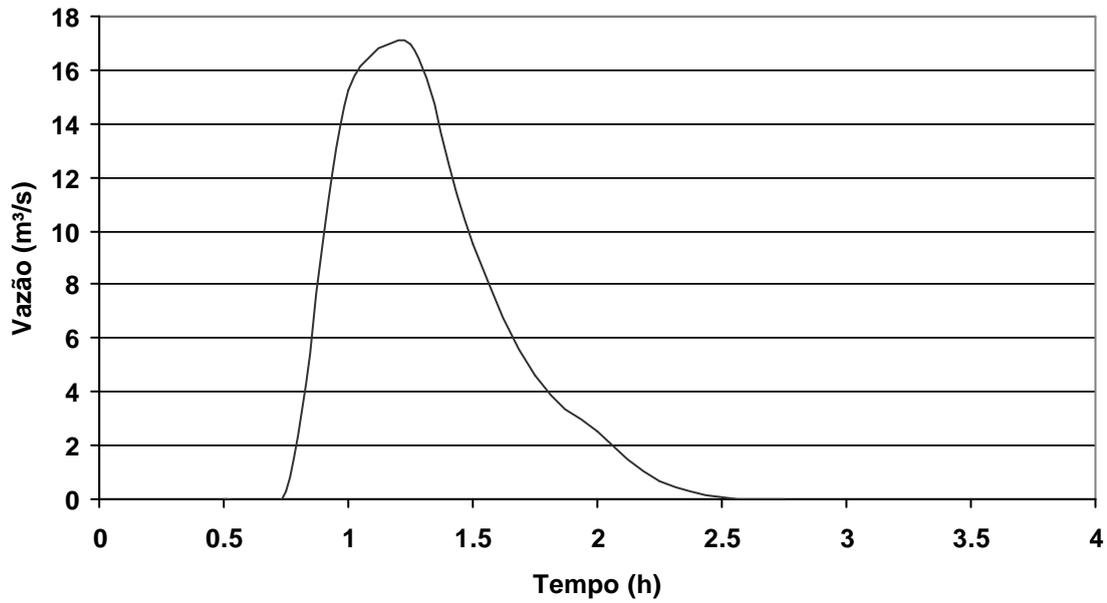
Hidrograma Seção de Controle 3
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=25anos)



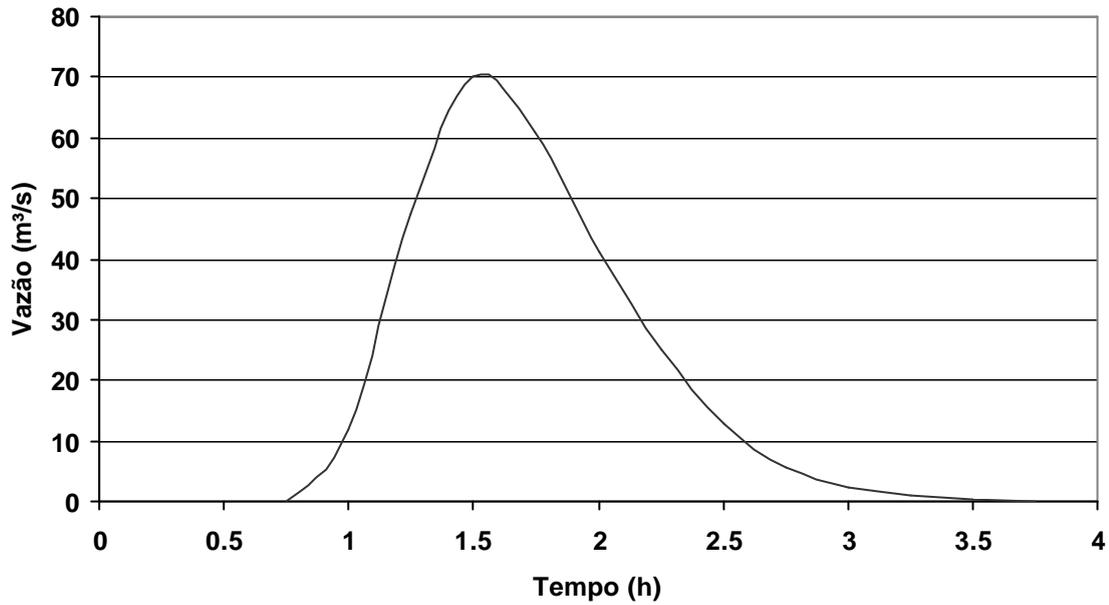
Hidrograma Seção de Controle 5
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=25anos)



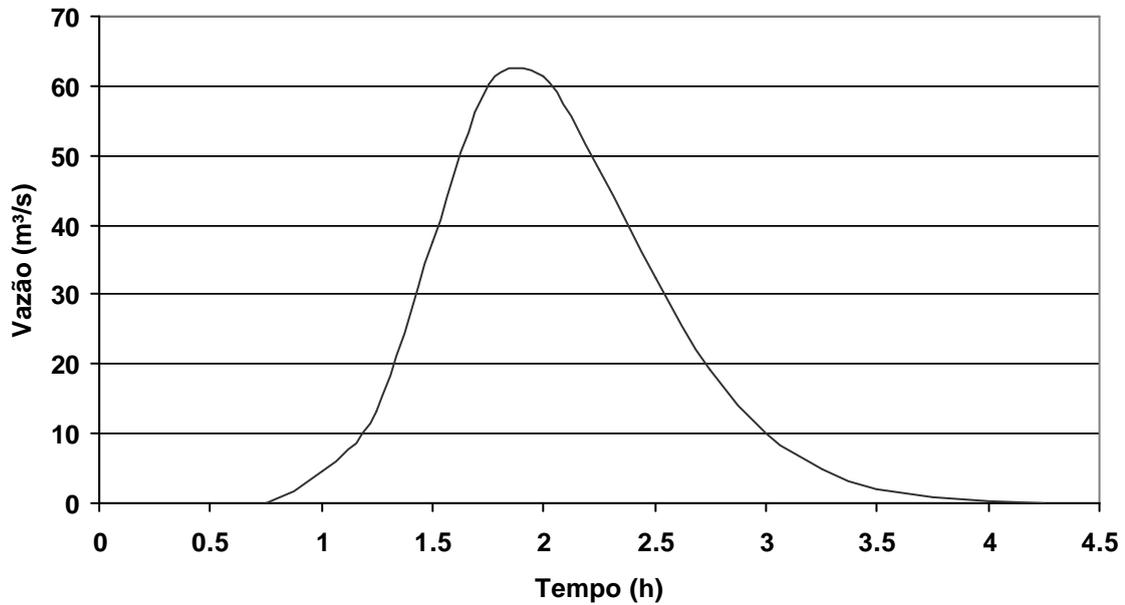
Hidrograma Seção de Controle 7
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=25anos)



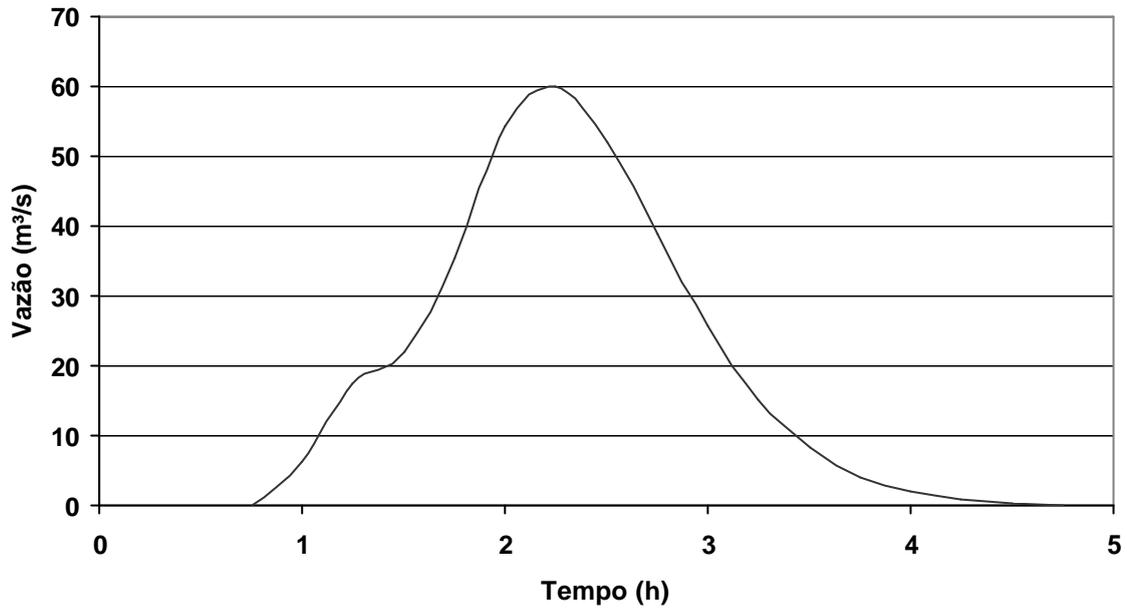
Hidrograma Seção de Controle 8
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=25anos)



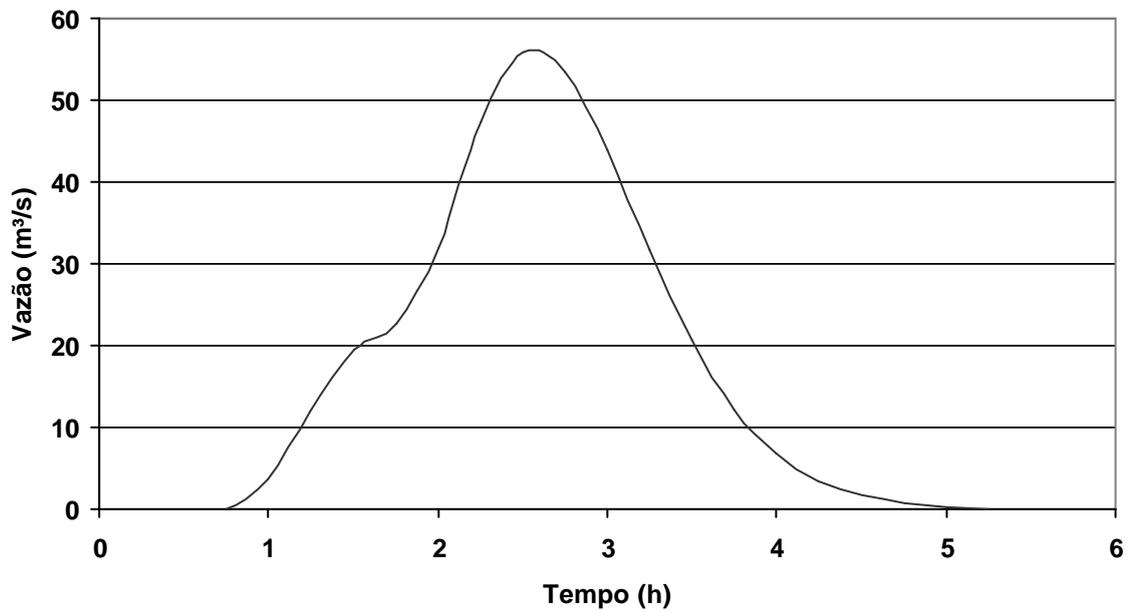
Hidrograma Seção de Controle 9
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=25anos)



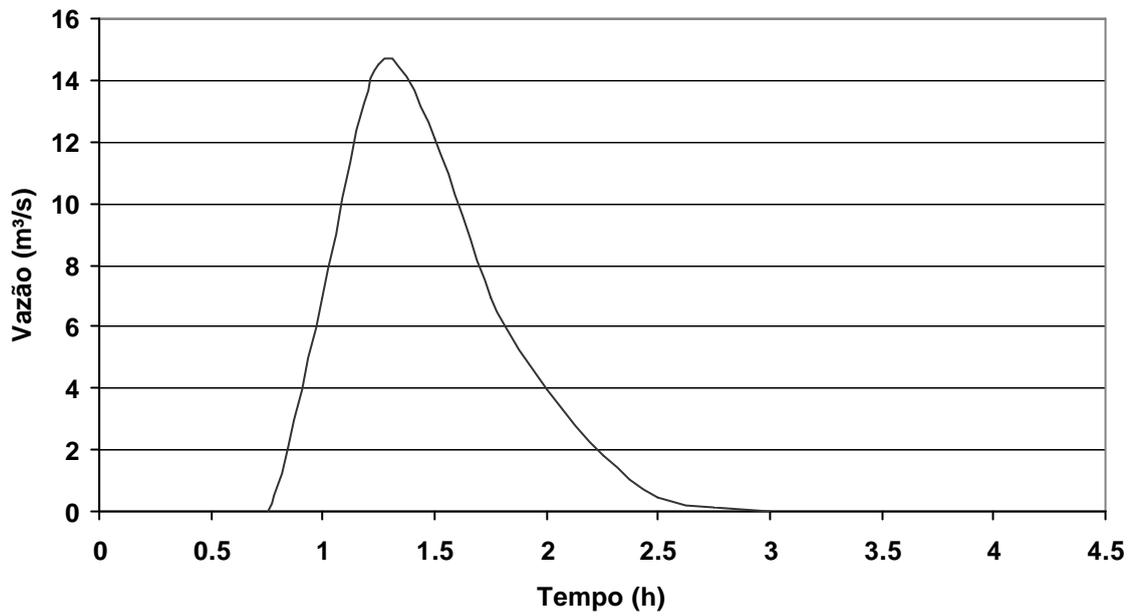
Hidrograma Seção de Controle 10
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=25anos)



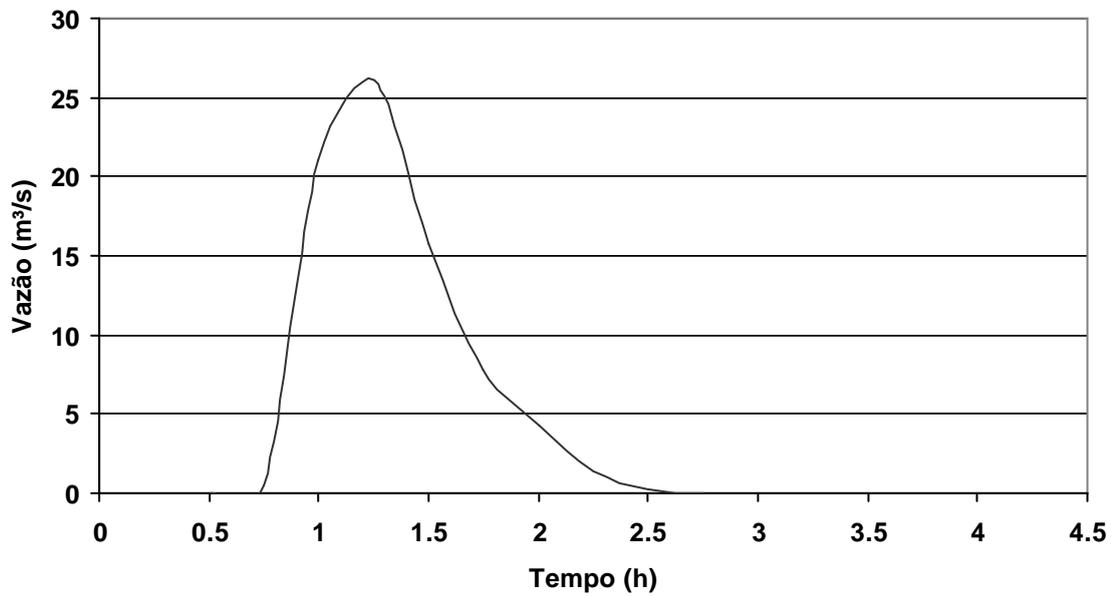
Hidrograma Seção de Controle 11
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=25anos)



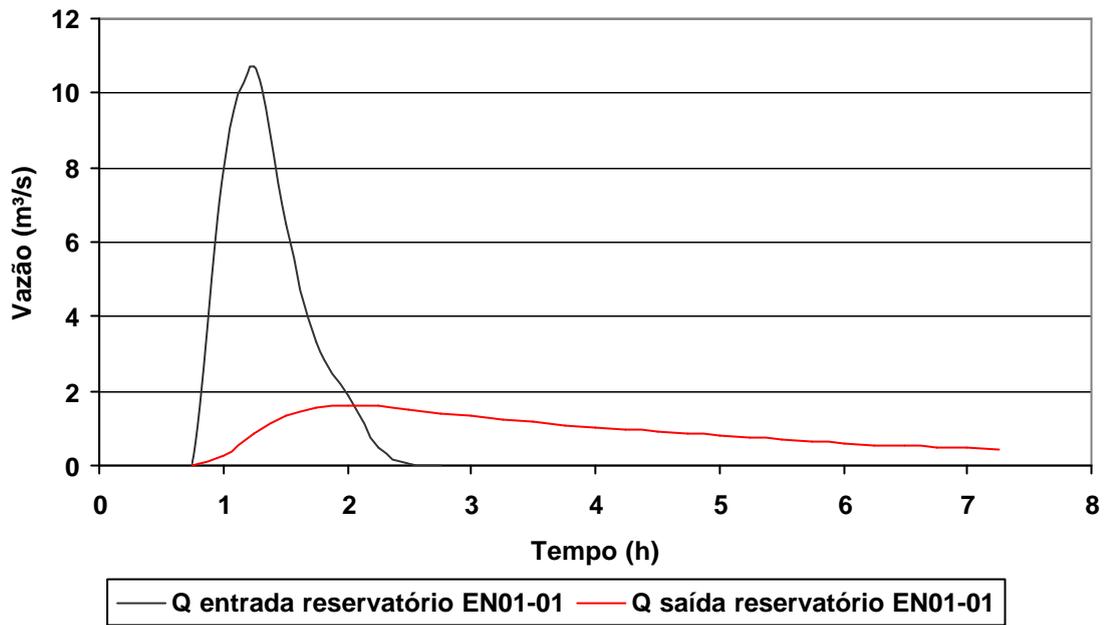
Hidrograma Seção de Controle 12
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=25anos)



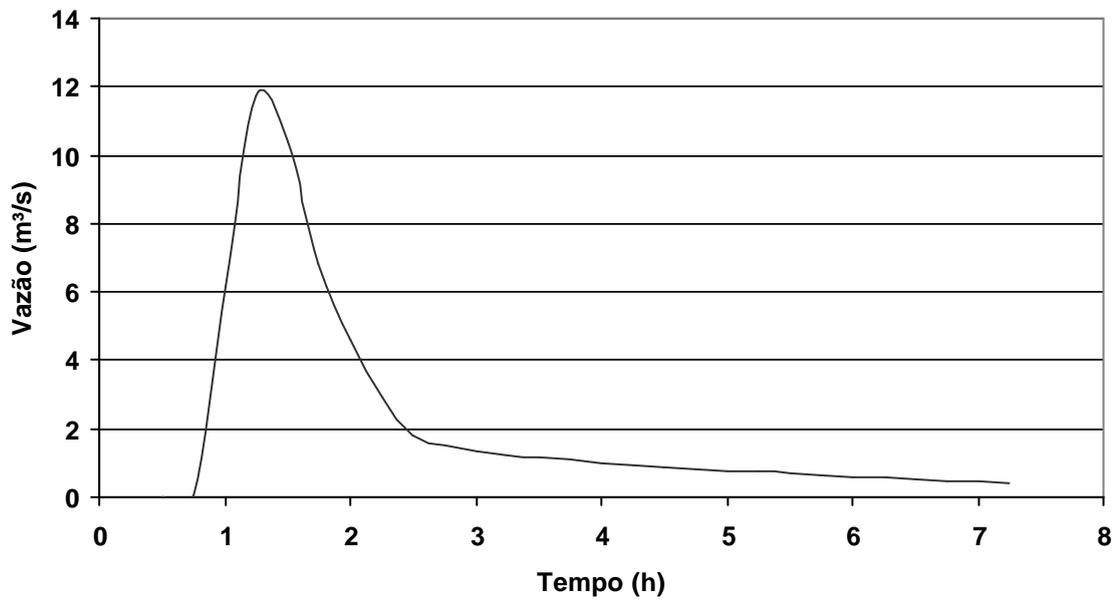
Hidrograma Seção de Controle 13
Rio do Engenho - Cenário Tendencial (TR=25anos)



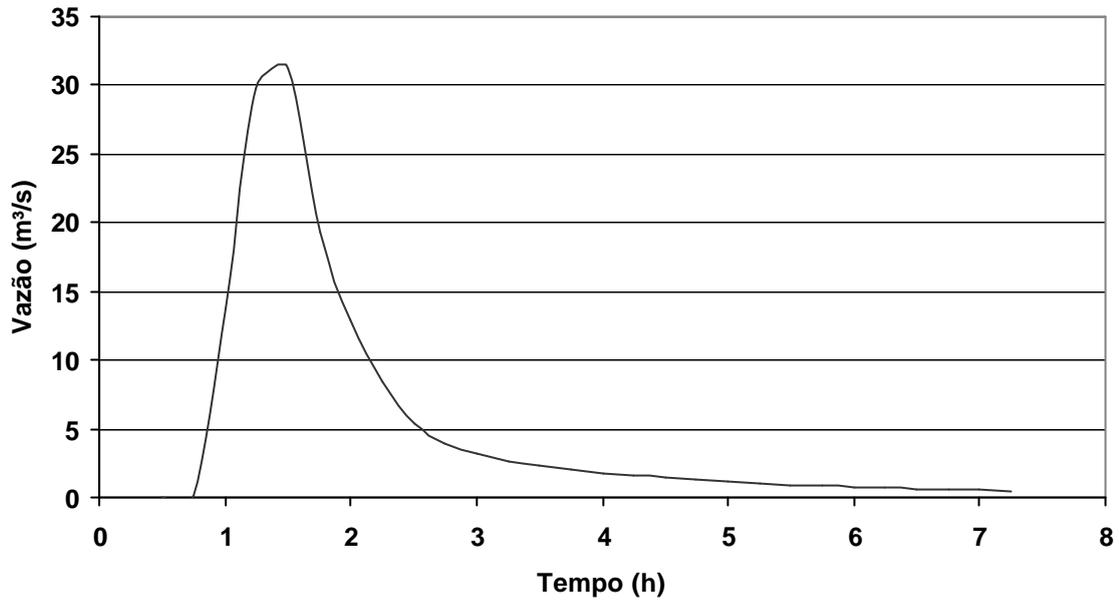
Hidrograma Seção de Controle 2
Rio do Engenho - Cenário Dirigido (TR=10anos)



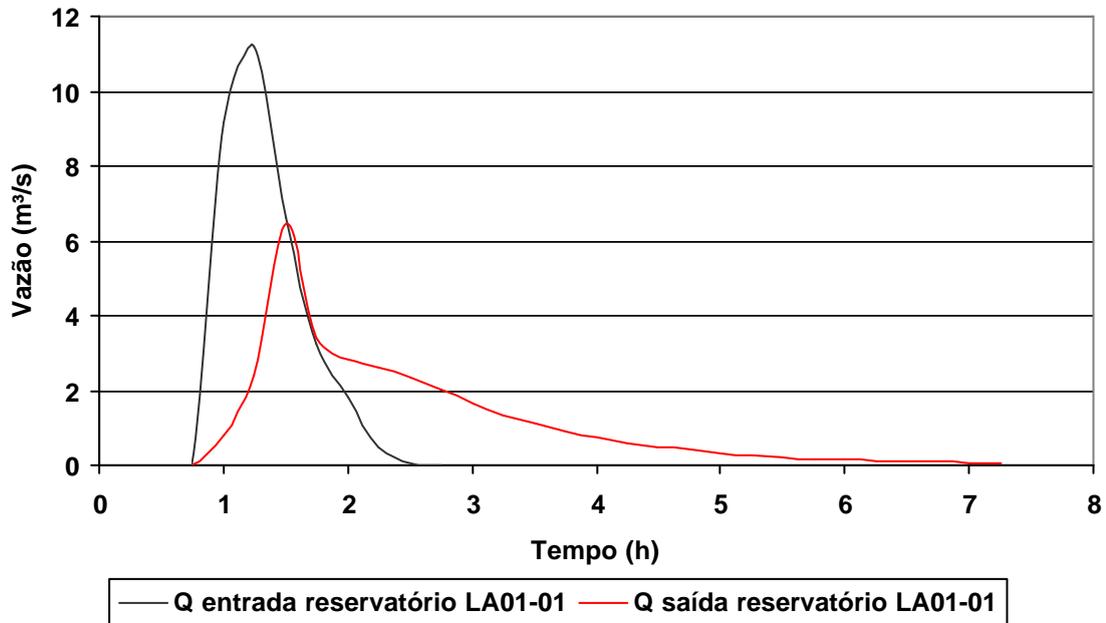
Hidrograma Seção de Controle 3
Rio do Engenho - Cenário Dirigido (TR=10anos)



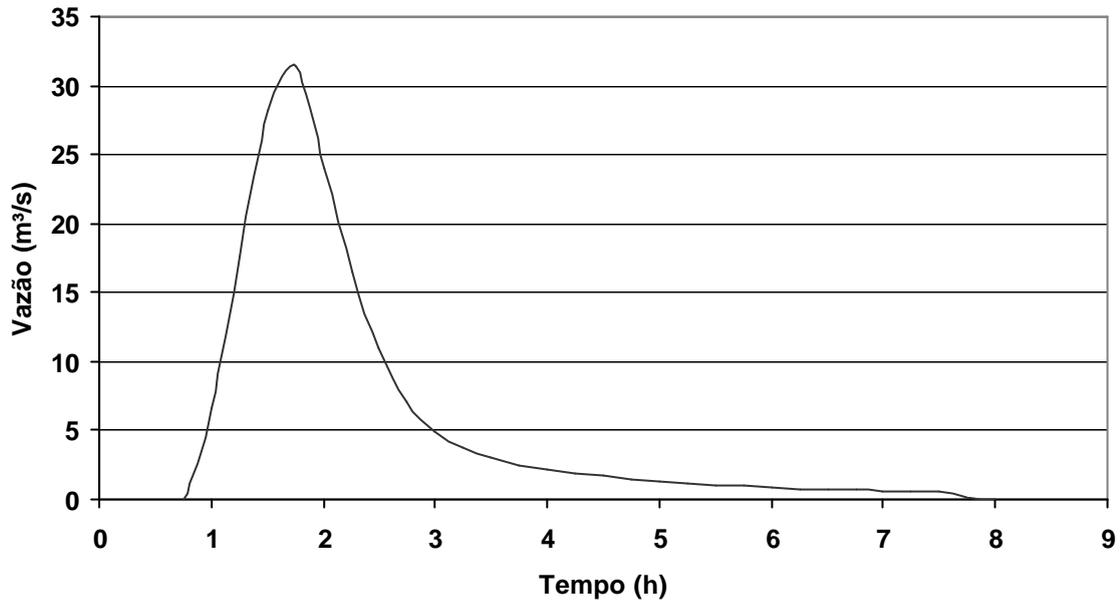
Hidrograma Seção de Controle 5
Rio do Engenho - Cenário Dirigido (TR=10anos)



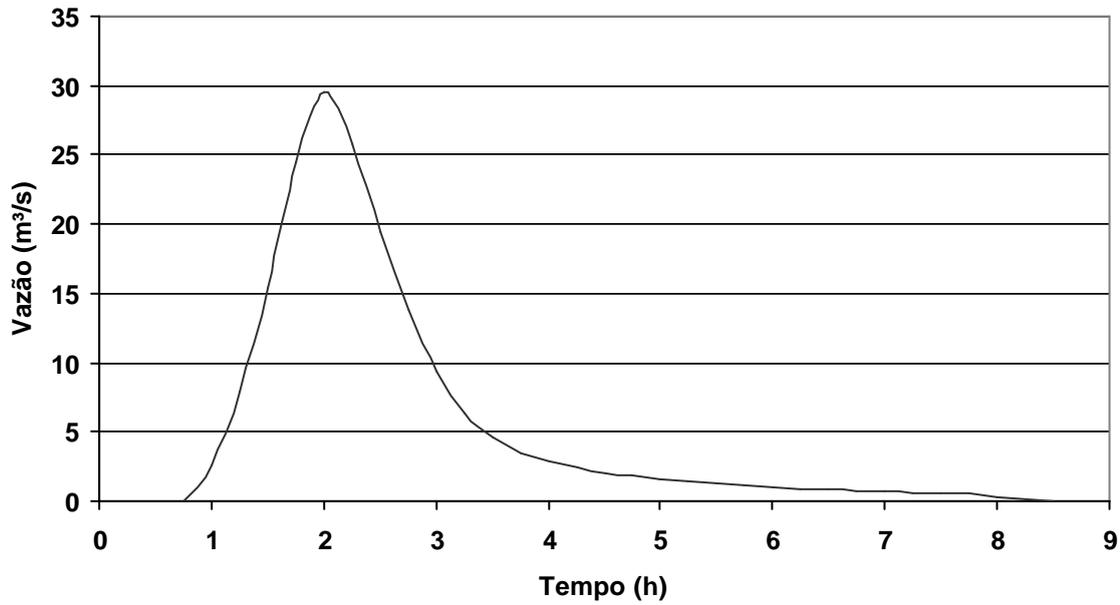
Hidrograma Seção de Controle 7
Rio do Engenho - Cenário Dirigido (TR=10anos)



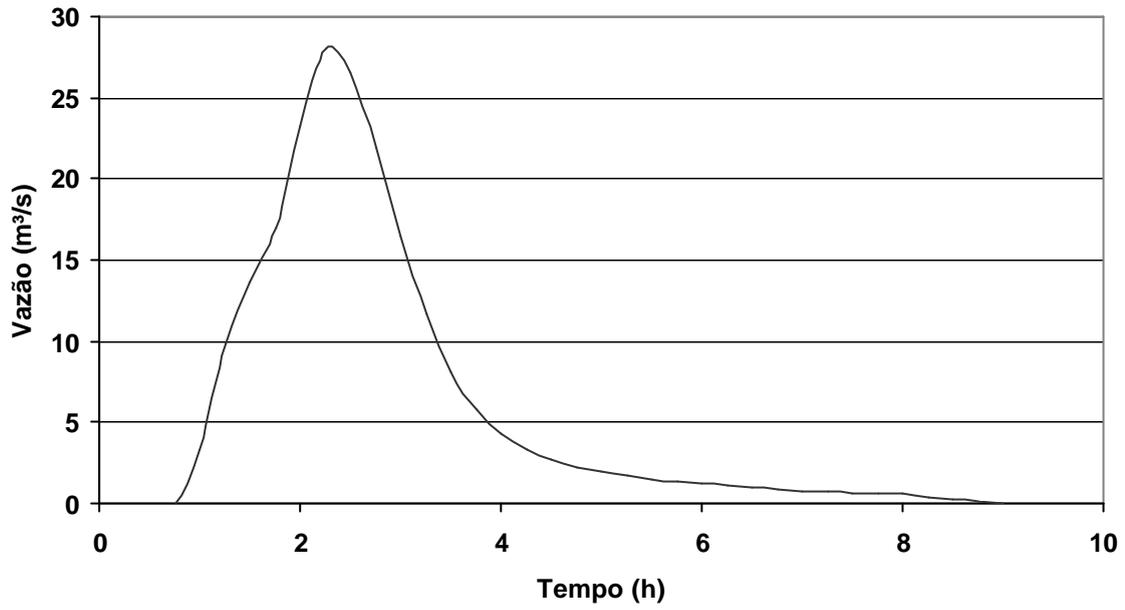
Hidrograma Seção de Controle 8
Rio do Engenho - Cenário Dirigido(TR=10anos)



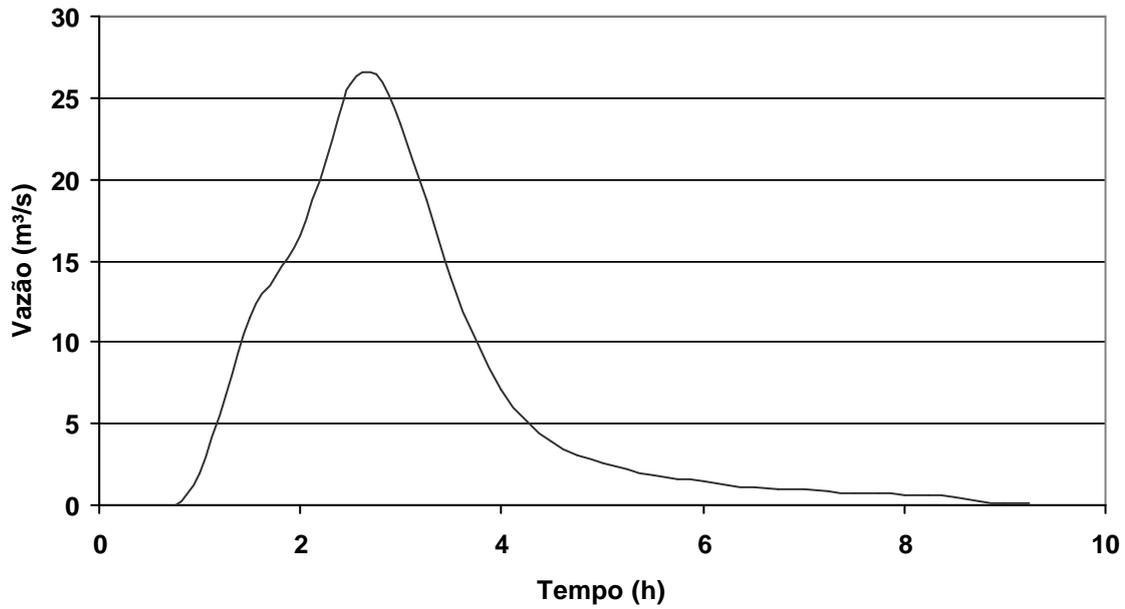
Hidrograma Seção de Controle 9
Rio do Engenho - Cenário Dirigido(TR=10anos)



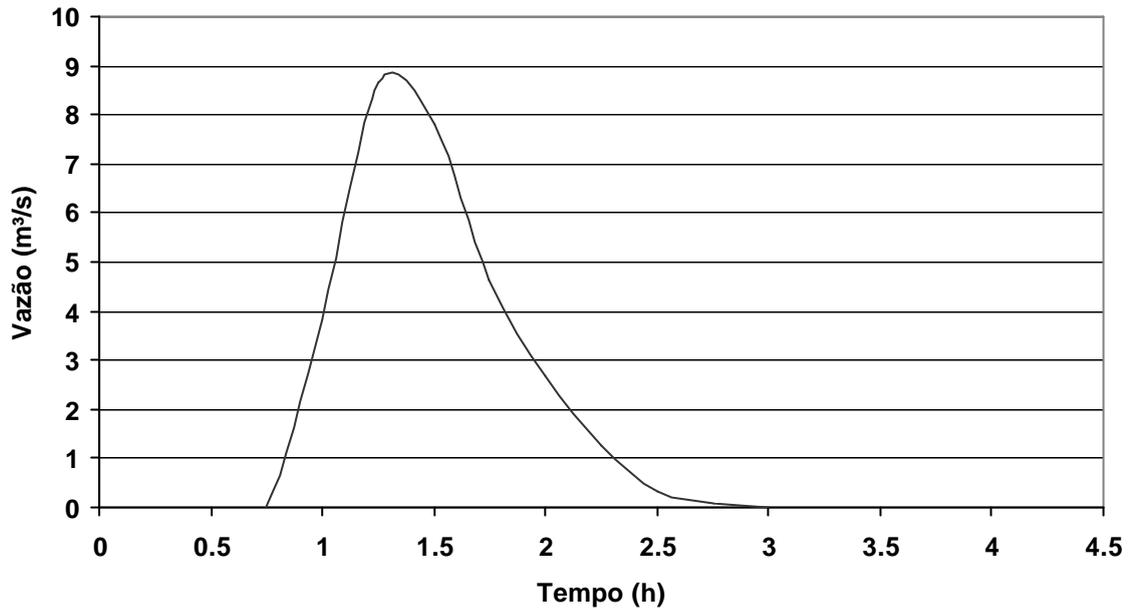
Hidrograma Seção de Controle 10
Rio do Engenho - Cenário Dirigido(TR=10anos)



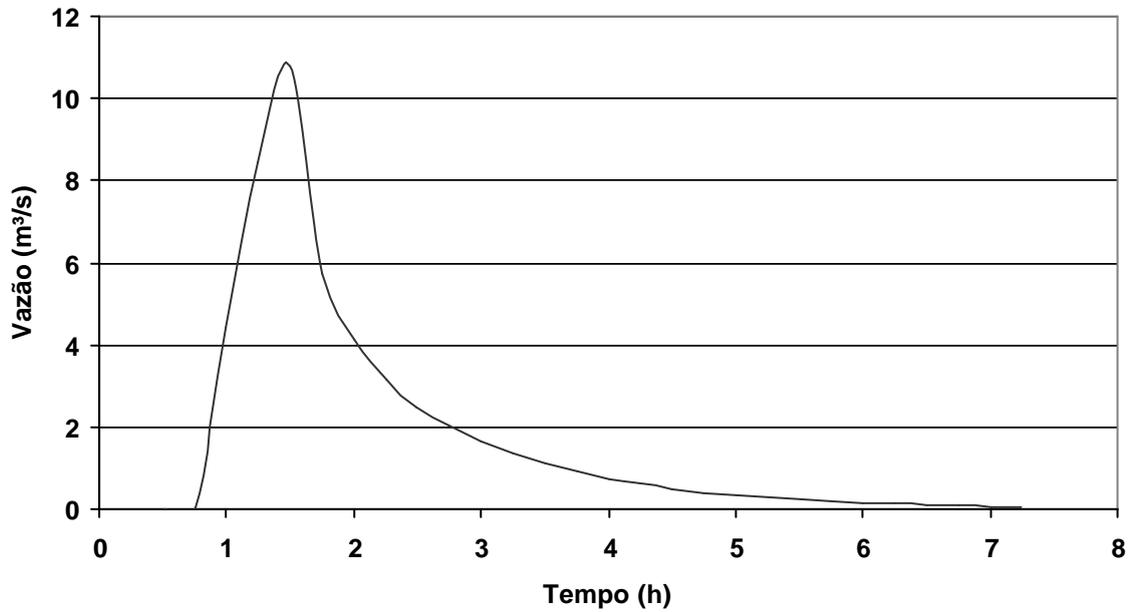
Hidrograma Seção de Controle 11
Rio do Engenho - Cenário Dirigido(TR=10anos)



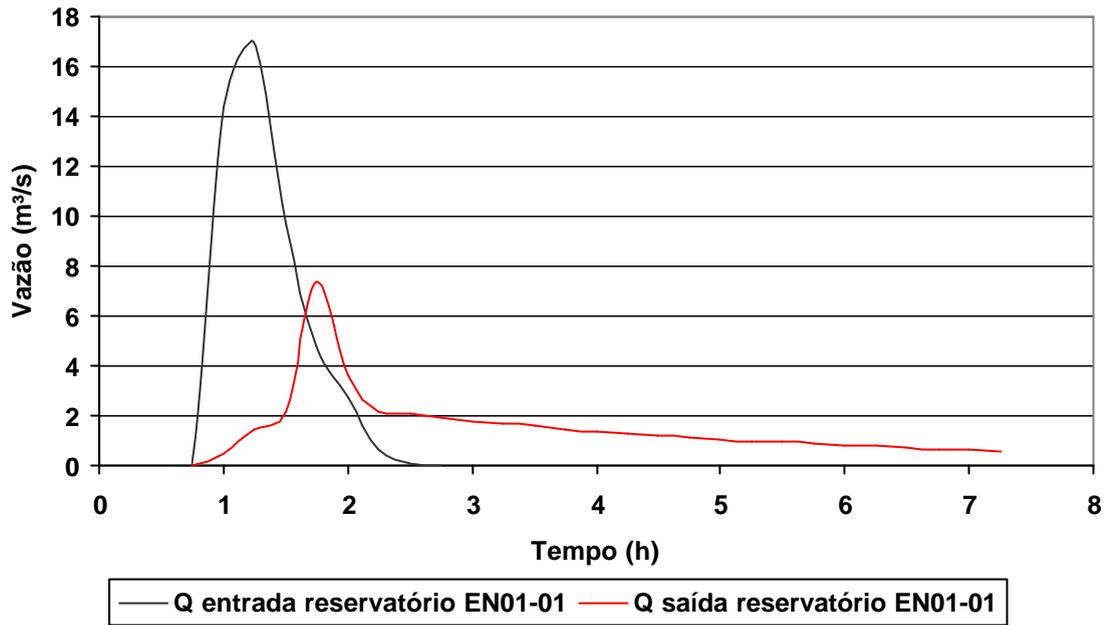
Hidrograma Seção de Controle 12
Rio do Engenho - Cenário Dirigido(TR=10anos)



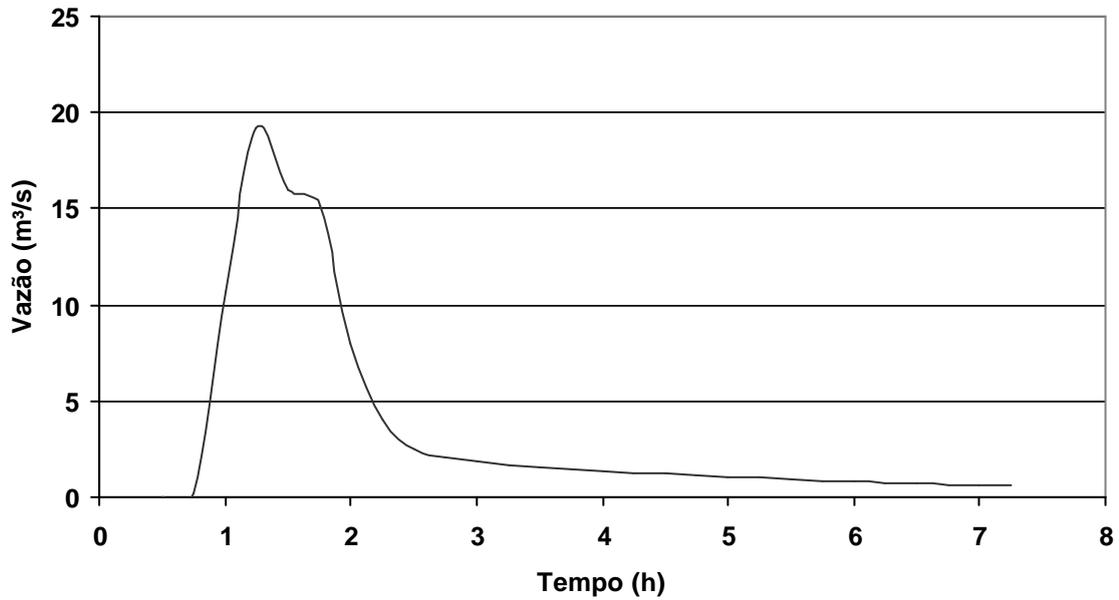
Hidrograma Seção de Controle 13
Rio do Engenho - Cenário Dirigido(TR=10anos)



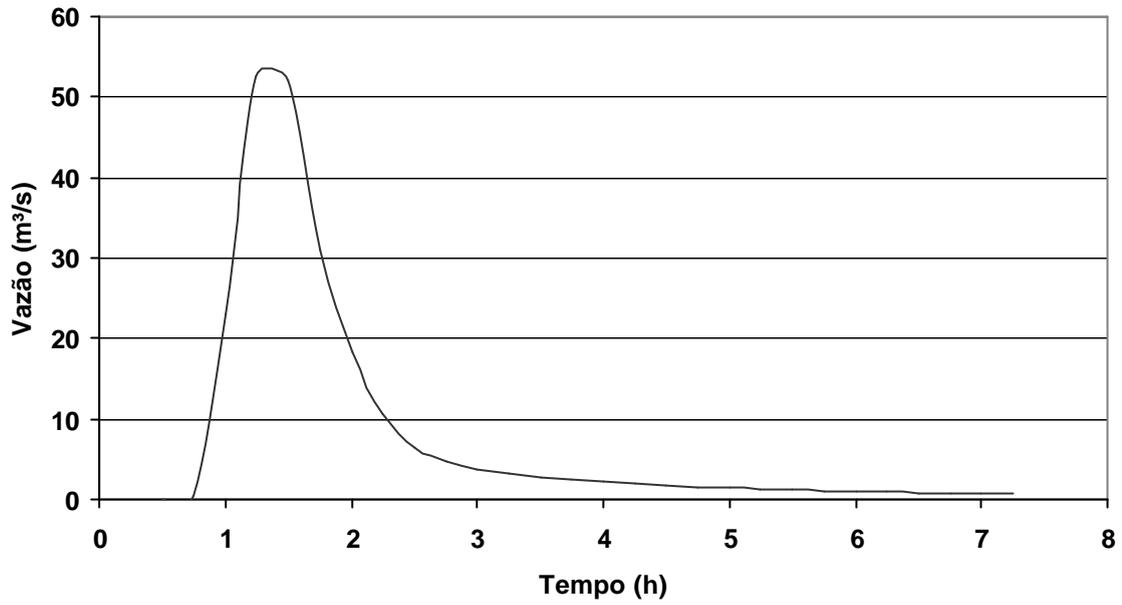
Hidrograma Seção de Controle 2
Rio do Engenho - Cenário Dirigido(TR=25anos)



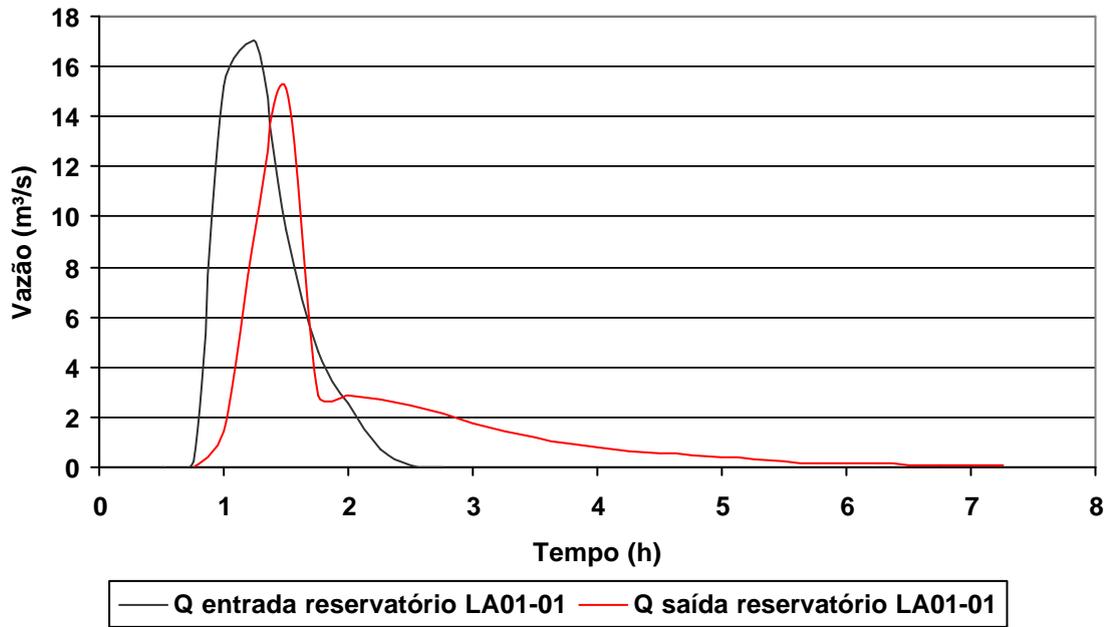
Hidrograma Seção de Controle 3
Rio do Engenho - Cenário Dirigido(TR=25anos)



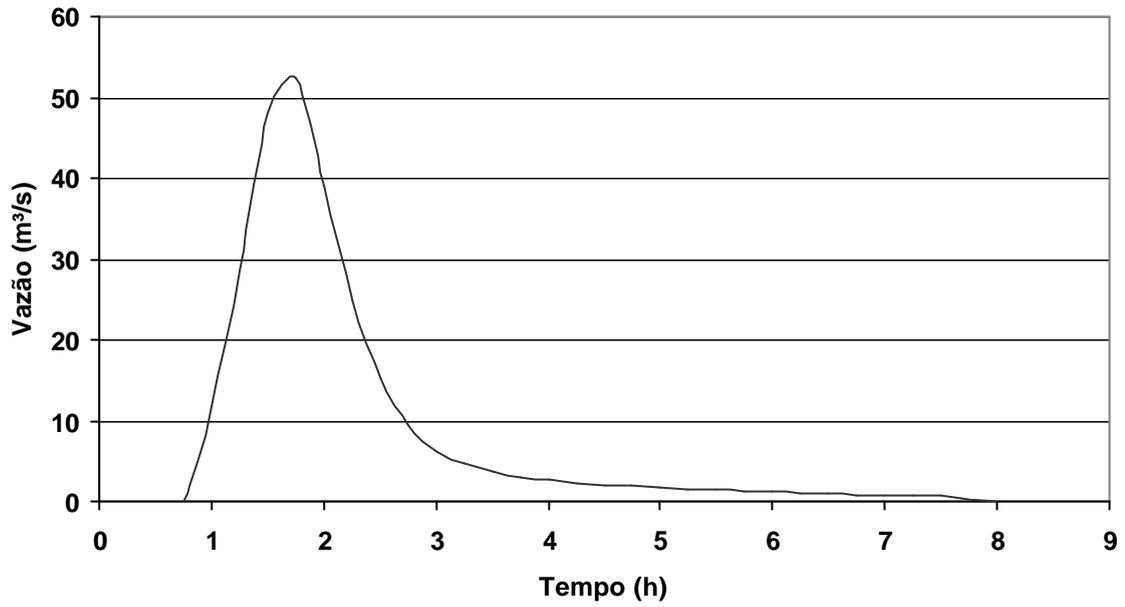
Hidrograma Seção de Controle 5
Rio do Engenho - Cenário Dirigido (TR=25anos)



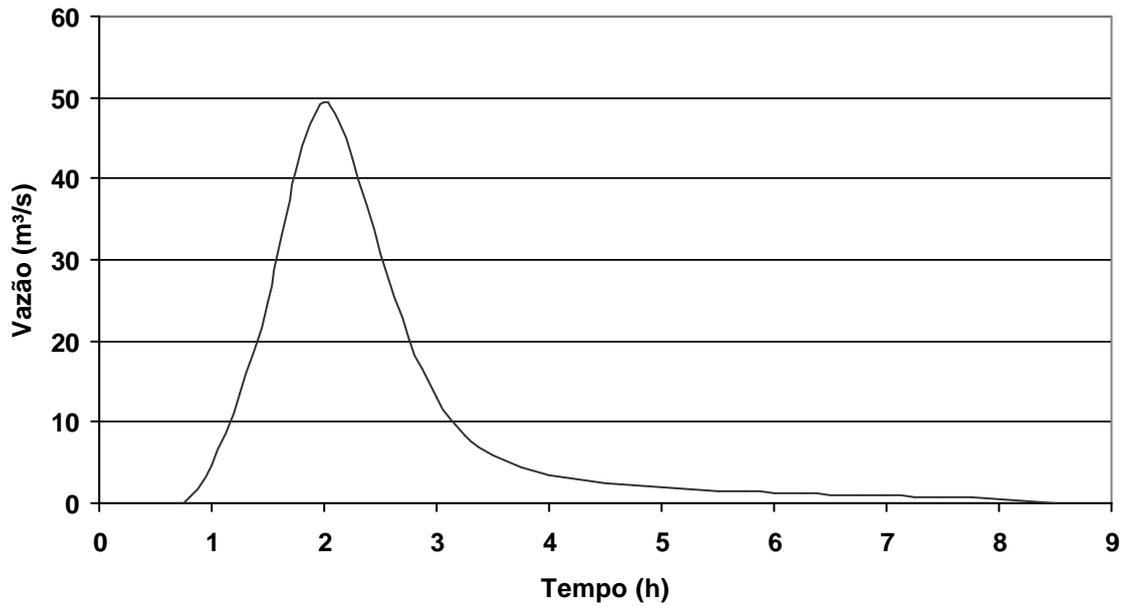
Hidrograma Seção de Controle 7
Rio do Engenho - Cenário Dirigido (TR=25anos)



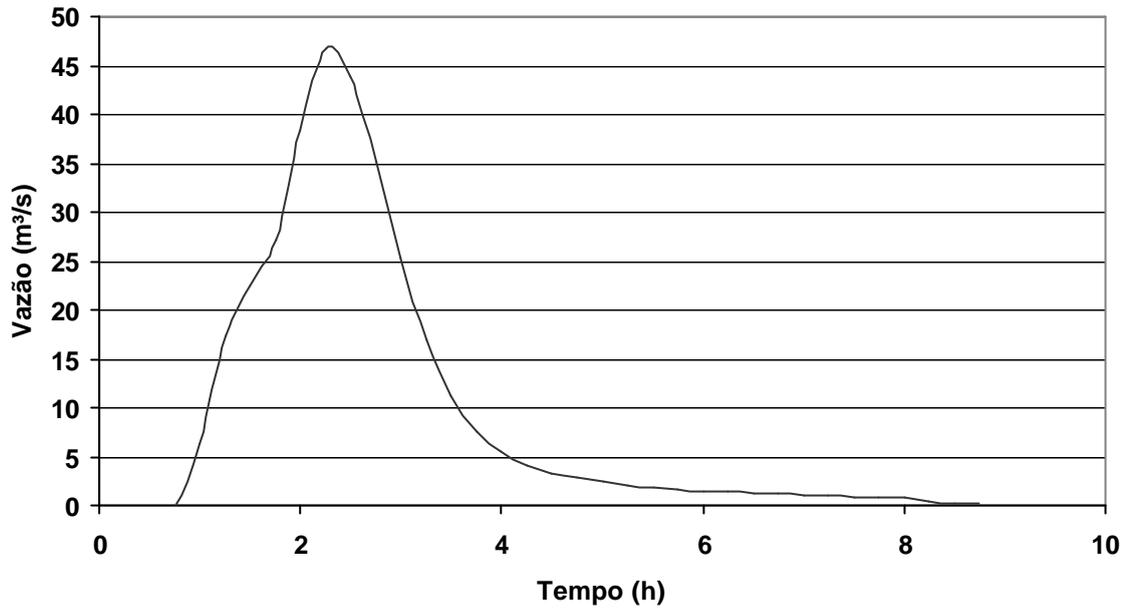
Hidrograma Seção de Controle 8
Rio do Engenho - Cenário Dirigido (TR=25anos)



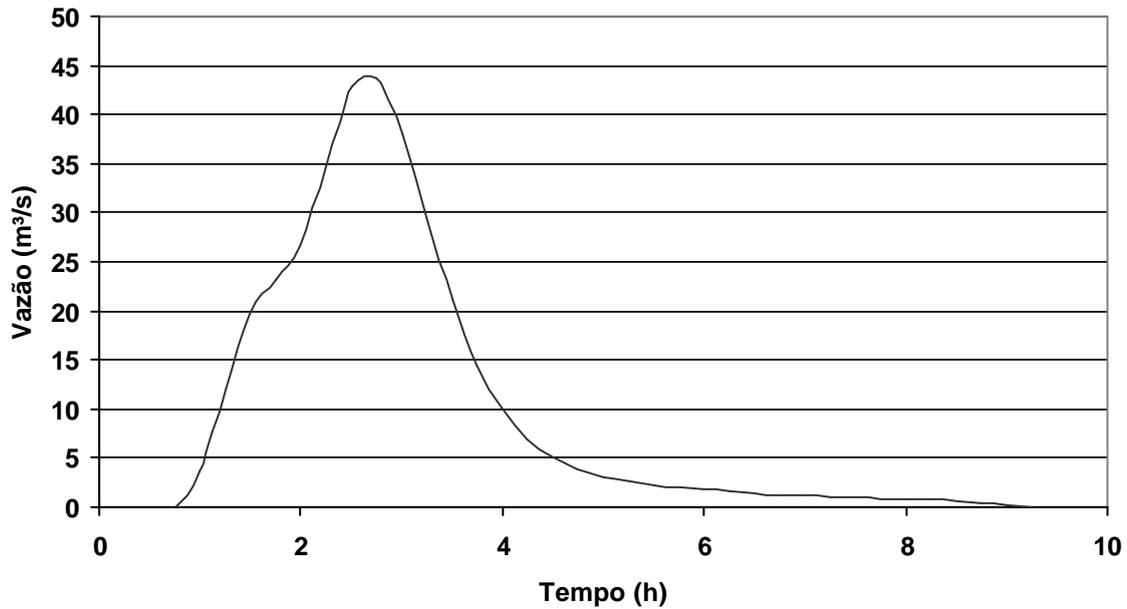
Hidrograma Seção de Controle 9
Rio do Engenho - Cenário Dirigido (TR=25anos)



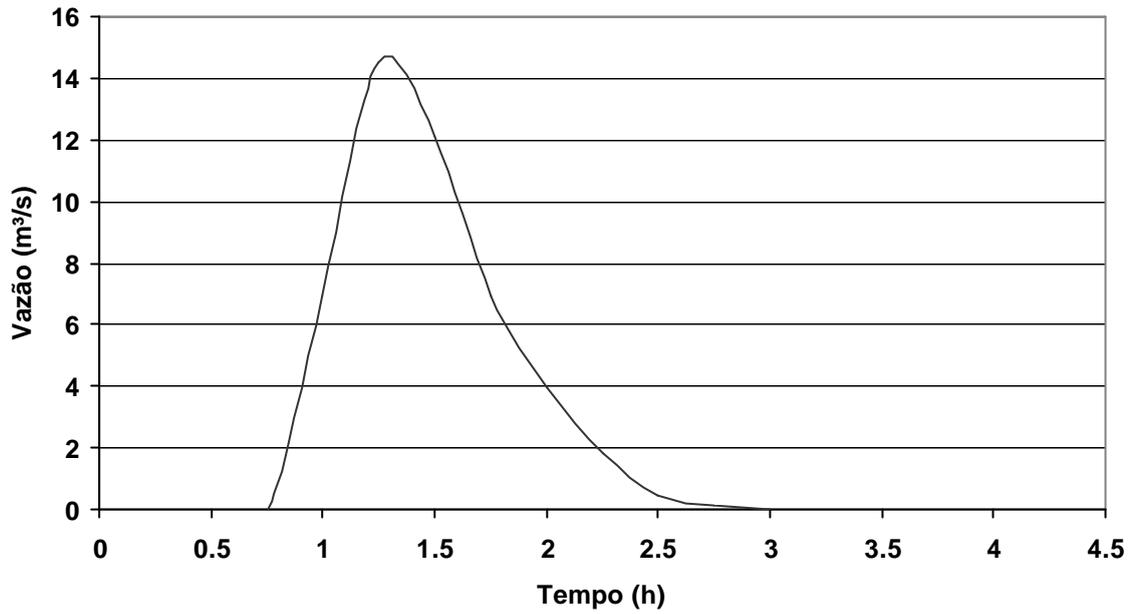
Hidrograma Seção de Controle 10
Rio do Engenho - Cenário Dirigido(TR=25anos)



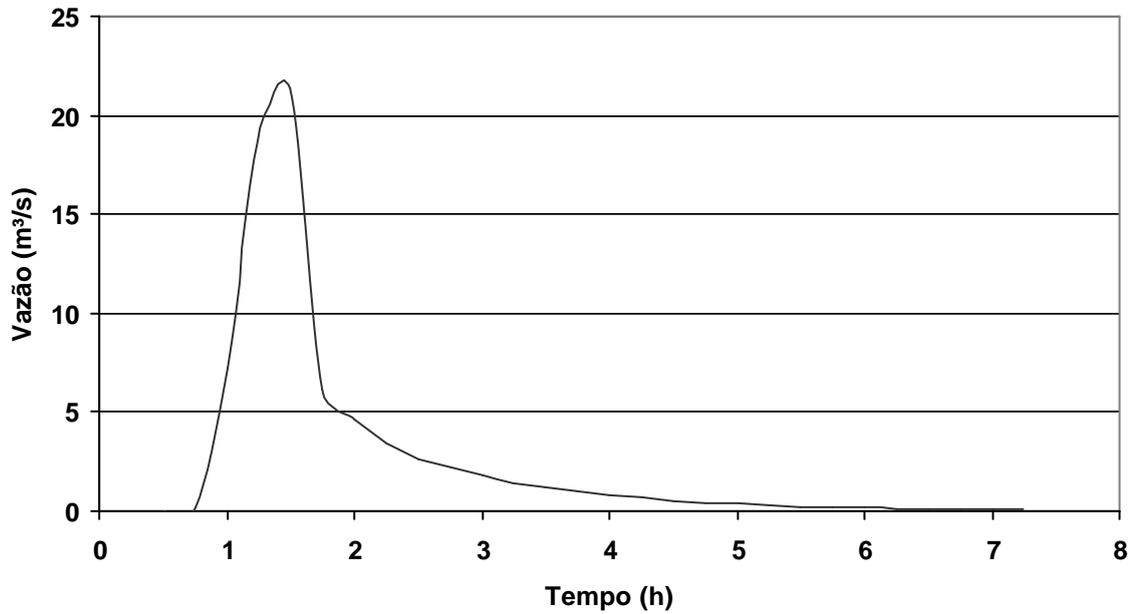
Hidrograma Seção de Controle 11
Rio do Engenho - Cenário Dirigido(TR=25anos)



Hidrograma Seção de Controle 12
Rio do Engenho - Cenário Dirigido(TR=25anos)

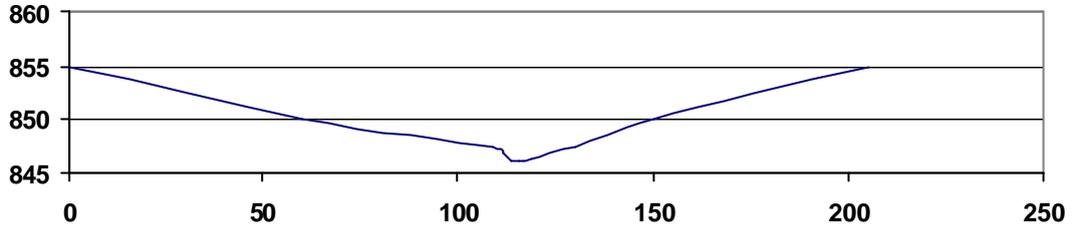


Hidrograma Seção de Controle 13
Rio do Engenho - Cenário Dirigido(TR=25anos)

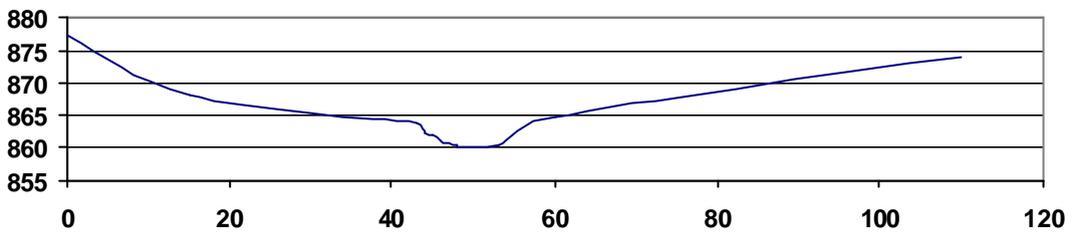


ANEXO 3 – SEÇÕES TRANSVERSAIS

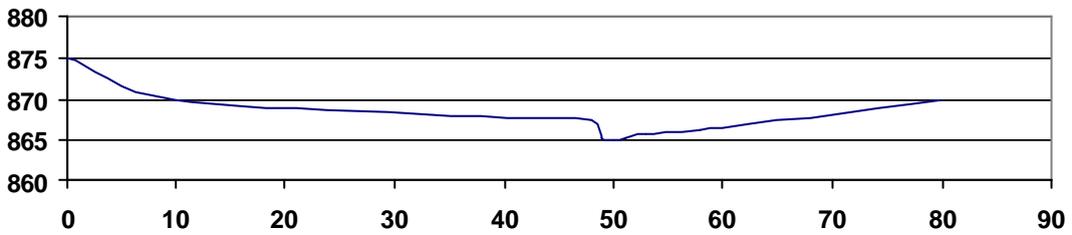
Rio do Engenho – Seção PM-D2-03A – Estaca 1 + 000



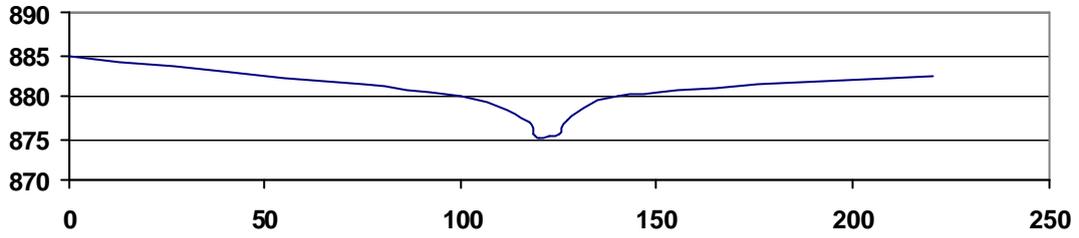
Rio do Engenho – Seção PM-D2-02B – Estaca 2 + 157



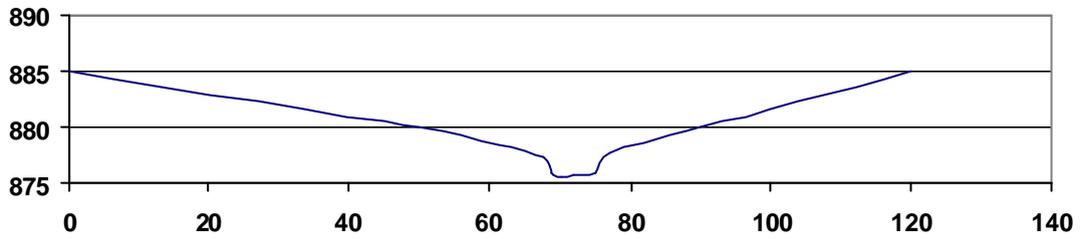
Rio do Engenho – Seção PM-D2-02A - Estaca 2 + 500



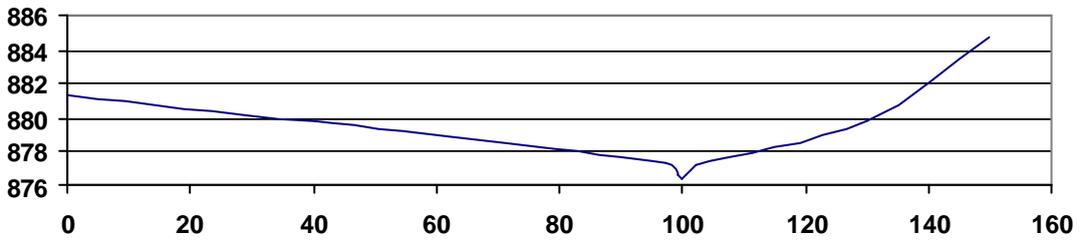
Rio do Engenho – Seção PM-D2-01B – Estaca 3 + 575



Rio do Engenho – Seção PM-D2-01A – Estaca 4 + 916



Rio Lagoão – Seção EM-D1-01 - Estaca 0 + 249



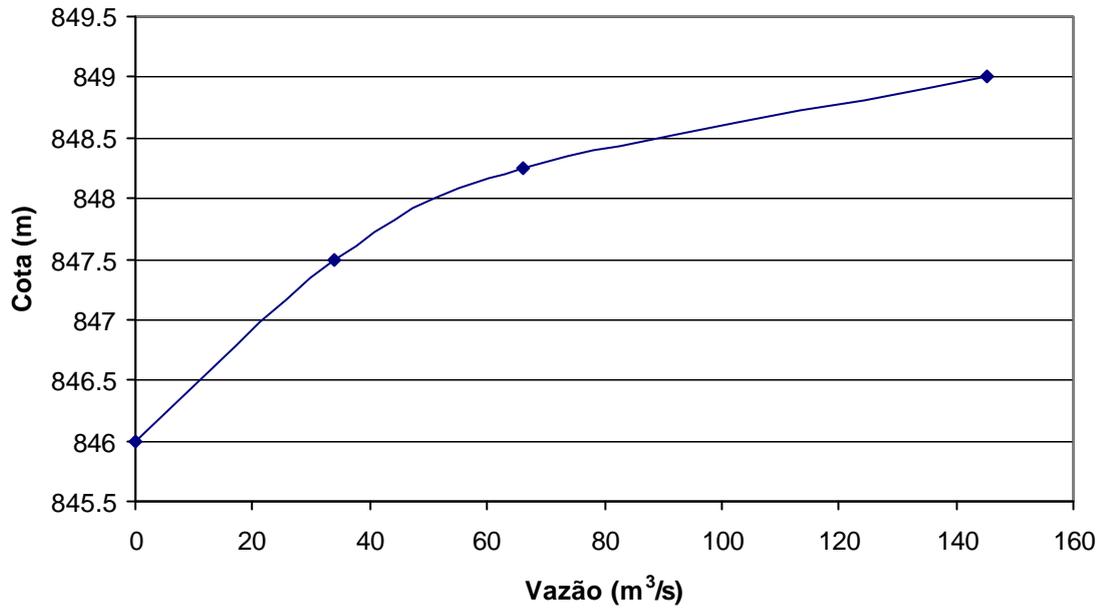
ANEXO 4 – CÁLCULO DAS CURVAS-CHAVE

TABELA 5.1
BACIA DO ENGENHO - CÁLCULO DAS CURVAS-CHAVE

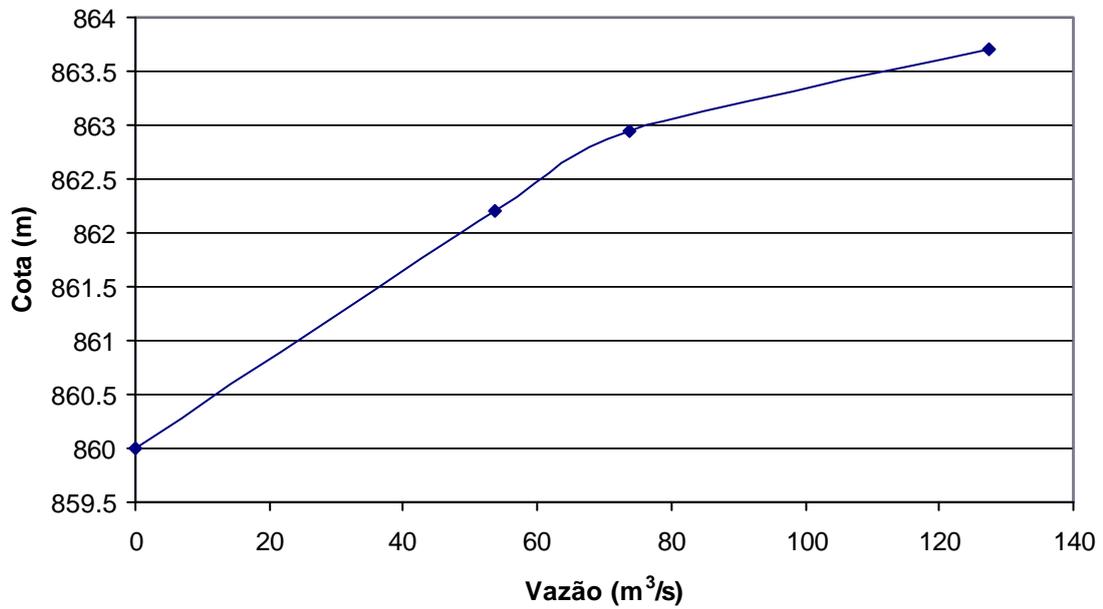
Sub-Bacia	Estaca	Trecho	Cota (m)	Area Molhada (m ²)	Perímetro Molhado (m)	RH (m)	n	i _{médio} (m/m)	v (m/s)	Q (m ³ /s)
A7	1+000	Engenho Cont. 5	846	0	0	0	-	-	0	0
			847,50	12,1000	15,6200	0,77465	0,035	0,0135	2,80	33,88
			848,25	28,9700	30,7500	0,94211	0,049	0,0135	2,28	66,12
			849,00	57,1000	45,8700	1,24482	0,053	0,0135	2,54	145,31
A6	2+157	Engenho Cont. 4	860,00	0	0	0	-	-	0	0
			862,20	15,8700	13,4600	1,17905	0,035	0,0113	3,39	53,79
			862,95	28,0800	22,5700	1,24413	0,047	0,0113	2,63	73,89
			863,70	46,9600	31,6800	1,48232	0,051	0,0113	2,72	127,50
A5	2+500	Engenho Cont. 3	865,00	0	0	0	-	-	0	0
			867,20	17,8500	17,2400	1,03538	0,035	0,0113	3,11	55,49
			867,95	35,1300	31,8500	1,10298	0,048	0,0113	2,36	82,87
			868,70	63,3100	46,4600	1,36268	0,052	0,0113	2,51	158,64
A3	3+575	Engenho Cont. 1	875,2	0	0	0	-	-	0	0
			877,30	16,0200	13,2900	1,20542	0,035	0,0068	2,67	42,75
			878,00	27,8000	21,2600	1,30762	0,046	0,0068	2,14	59,60
			878,7	45,4700	29,2700	1,55347	0,050	0,0068	2,20	100,16
A8	4+916	Engenho Distrib. 6	885,7	0	0	0	-	-	0	0
			887,80	16,1100	13,7200	1,1742	0,035	0,0085	2,93	47,23
			888,55	28,8400	23,2200	1,24203	0,047	0,0085	2,27	65,55
			889,3	48,6700	32,9200	1,47843	0,051	0,0085	2,34	113,98
B2	0+249	Lagoão Cont. 1	876,5	0	0	0	-	-	0	0
			877,60	2,7700	7,5600	0,3664	0,035	0,0076	1,28	3,53
			878,10	10,7300	24,8200	0,43231	0,054	0,0076	0,93	9,97
			878,6	27,3000	42,0900	0,64861	0,056	0,0076	1,16	31,66

ANEXO 5 – CURVAS-CHAVE

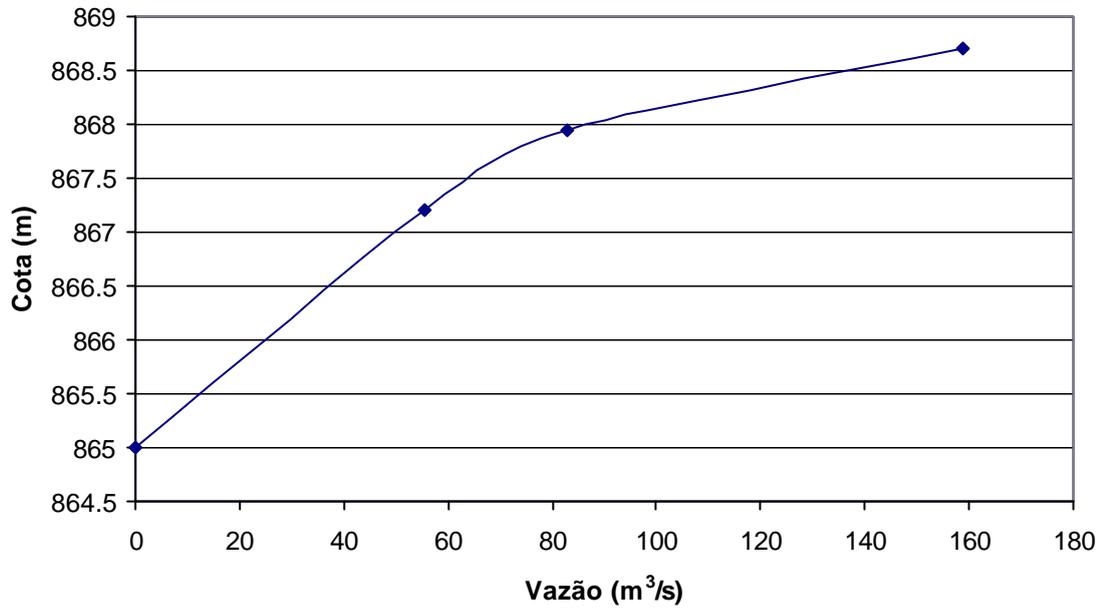
Curva-Chave de A7
Rio do Engenho – Estaca 1 + 000.



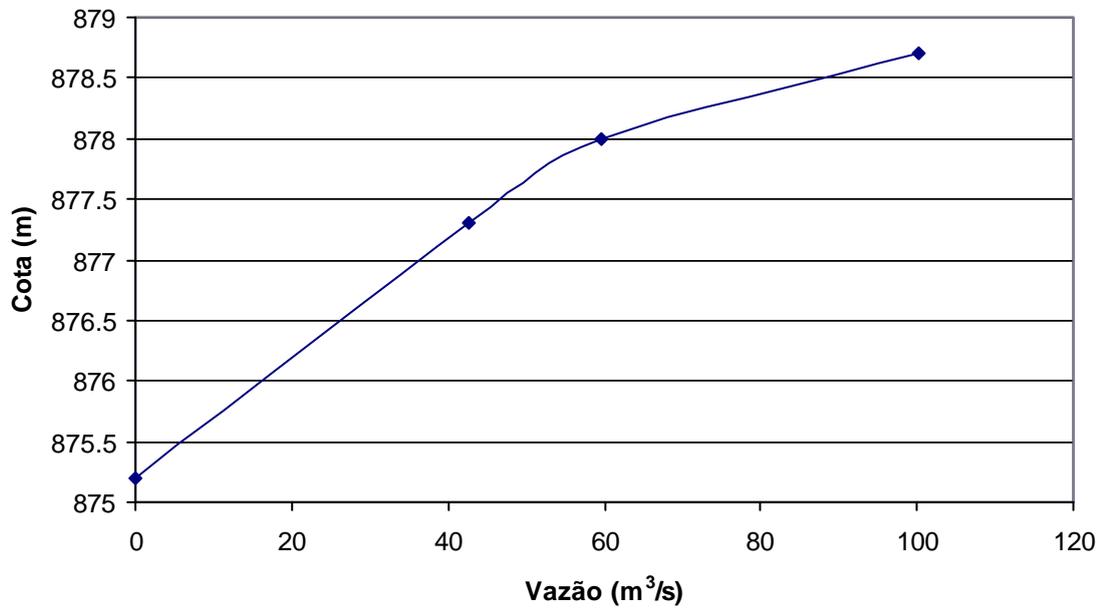
Curva-Chave de A6
Rio do Engenho – Estaca 2 + 157.



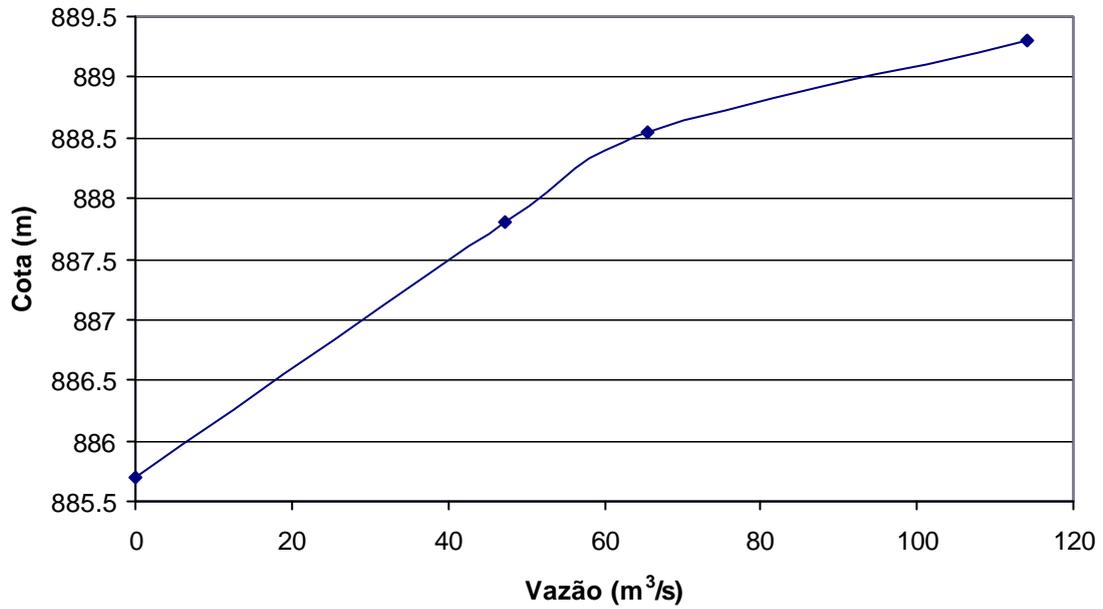
Curva-Chave de A5
Rio do Engenho – Estaca 2 + 500.



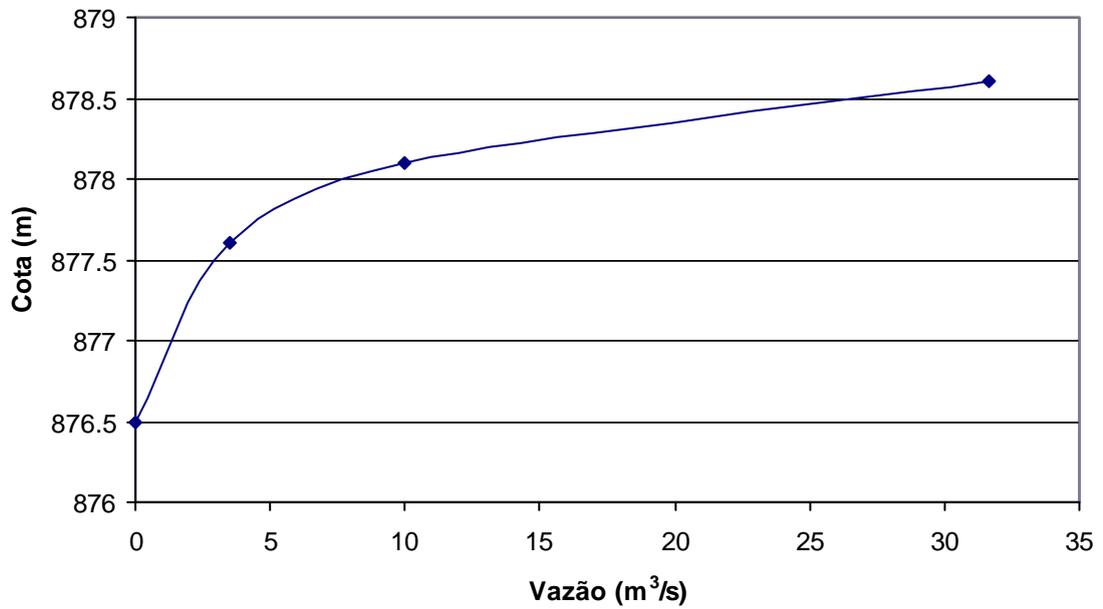
Curva-Chave de A3
Rio do Engenho – Estaca 3 + 575.



Curva-Chave de A8
Rio do Engenho – Estaca 4 + 916.



Curva-Chave de B2
Rio do Lagoão – Estaca 0 + 249.

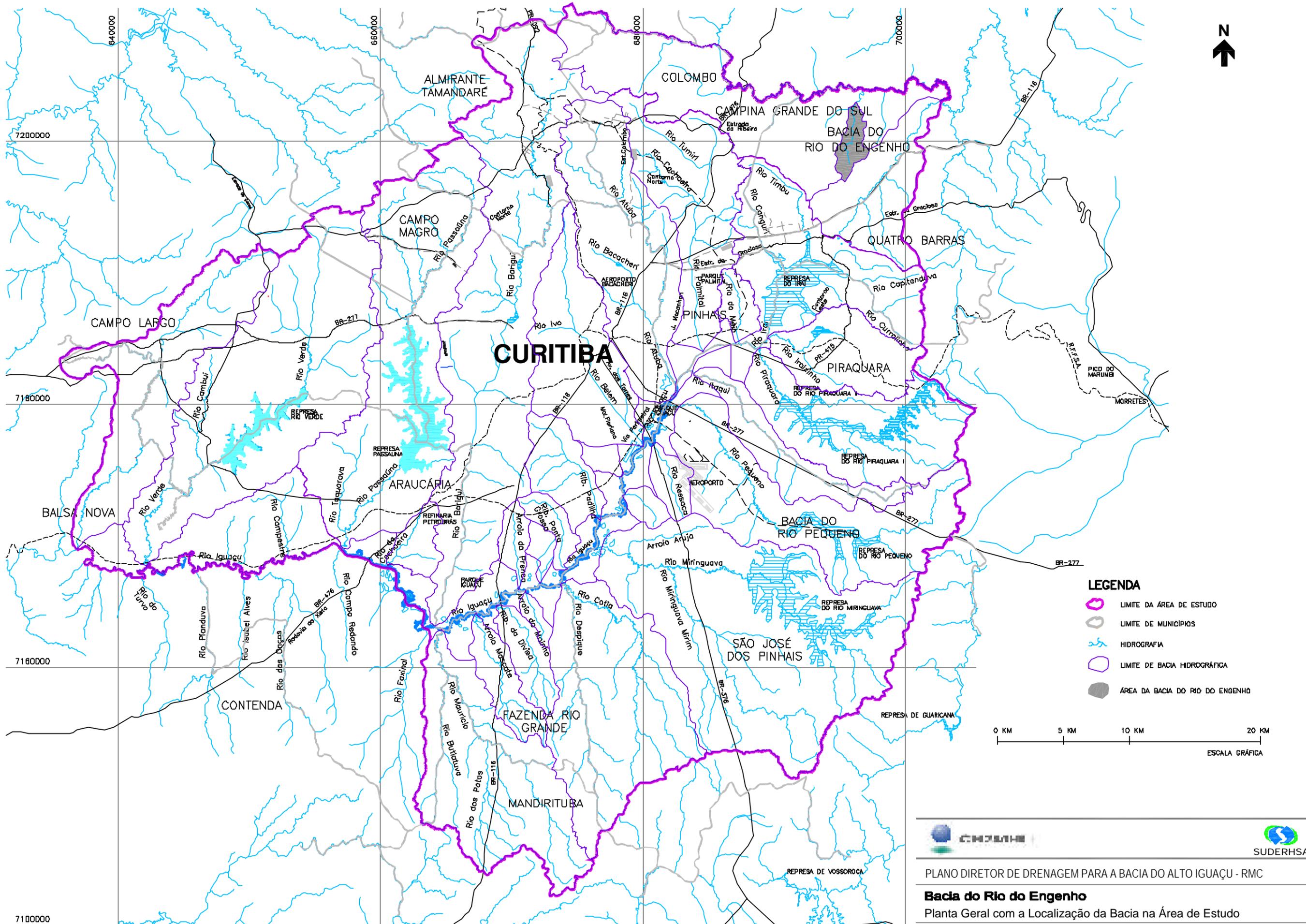


ANEXO 6 – COTAS DE NÍVEIS DE ÁGUA

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

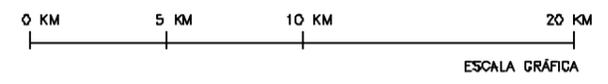
RIO	DISTÂNCIA (m)	A 10	A 25	T 10	T 25	D 10	D 25
ENGENHO	0	877,4	878,1	877,3	878,0	877,0	877,0
ENGENHO	500	877,5	878,2	877,5	878,2	877,0	877,7
ENGENHO	695	0,0	878,2	877,6	878,2	877,1	886,5
ENGENHO	1000	879,6	880,2	879,7	880,2	879,1	877,5
ENGENHO	1500	883,1	883,5	883,1	883,5	882,5	879,7
ENGENHO	2000	886,5	886,8	886,5	886,8	885,9	883,0
ENGENHO	2024	0,0	887,0	886,7	887,0	886,0	886,3
LAGOAO	0	878,1	878,4	878,2	878,4	878,0	878,0
LAGOAO	249	878,3	878,5	878,3	878,5	878,1	878,3

ANEXO 7 – DESENHOS



LEGENDA

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

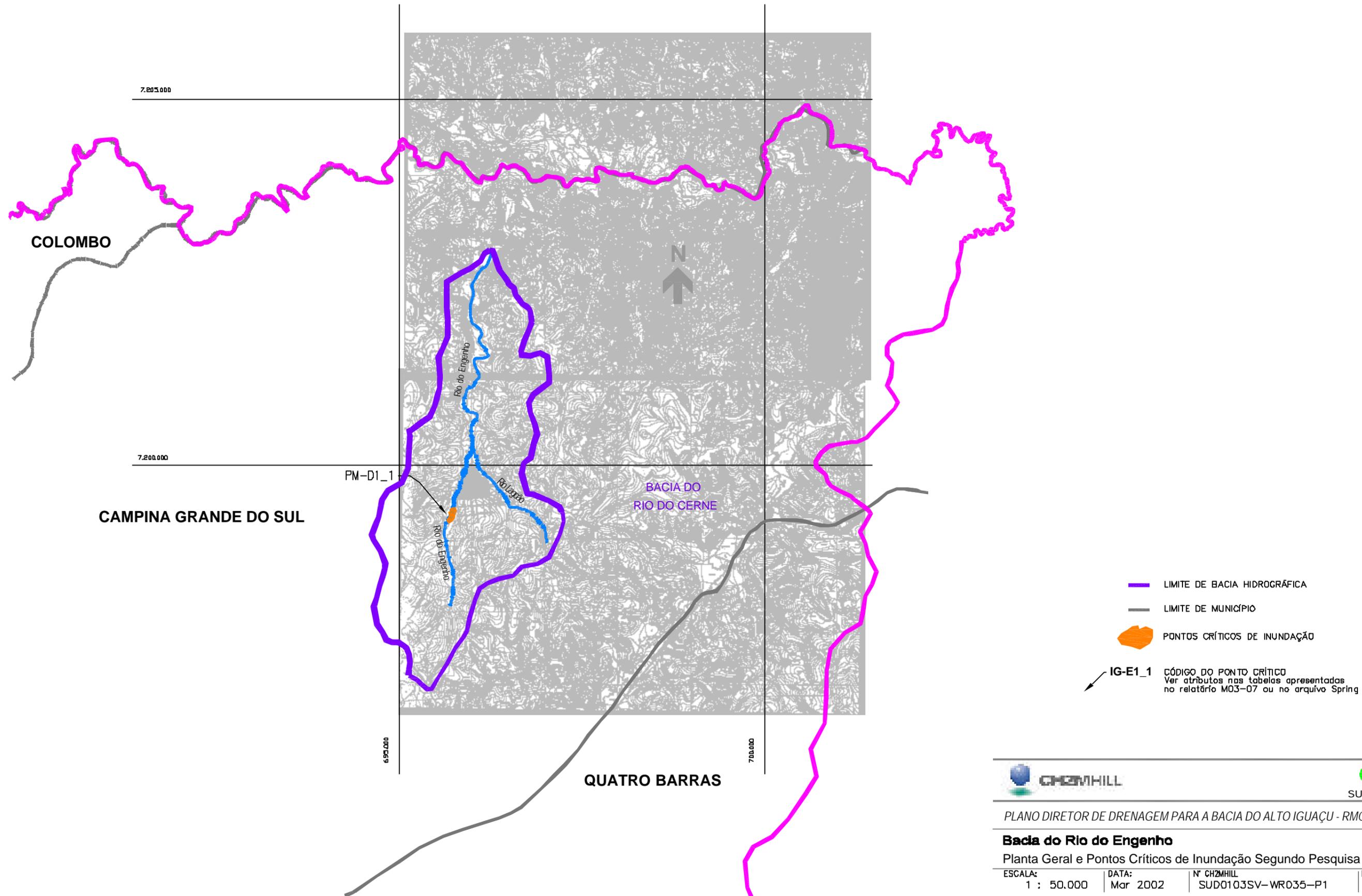


PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC

Bacia do Rio do Engenho

Planta Geral com a Localização da Bacia na Área de Estudo

ESCALA: GRÁFICA	DATA: MAR 2002	Nº CH2MHILL SUD0103DW-GE021-P1	M03 ILO1
--------------------	-------------------	-----------------------------------	-------------

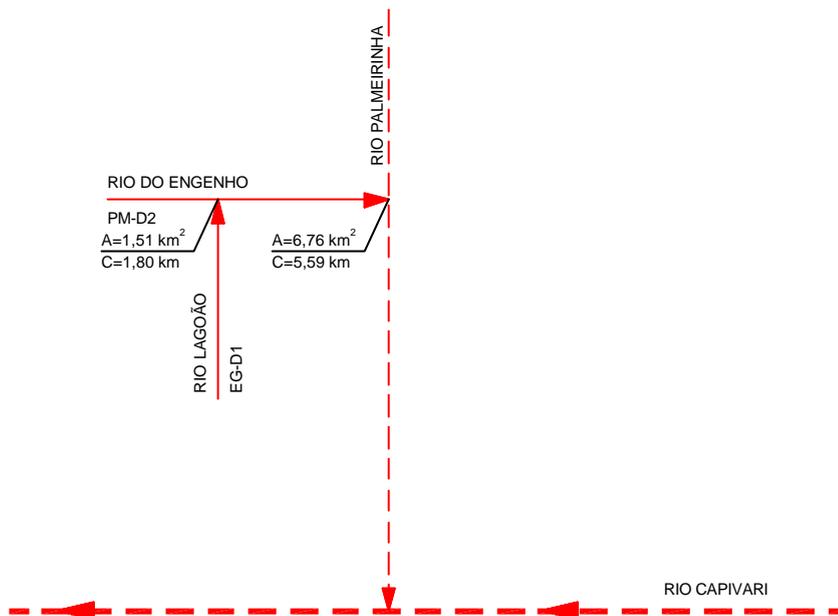


PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC

Bacia do Rio do Engenho

Planta Geral e Pontos Críticos de Inundação Segundo Pesquisa

ESCALA: 1 : 50.000	DATA: Mar 2002	Nº CH2MHILL SUD0103SV-WR035-P1	M03 1001
-----------------------	-------------------	-----------------------------------	-------------



— RIOS ESTUDADOS NO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM
PERTENCENTES À BACIA DO RIO CAPIVARI

- - - - - OUTROS TRECHOS DA BACIA DO CAPIVARI

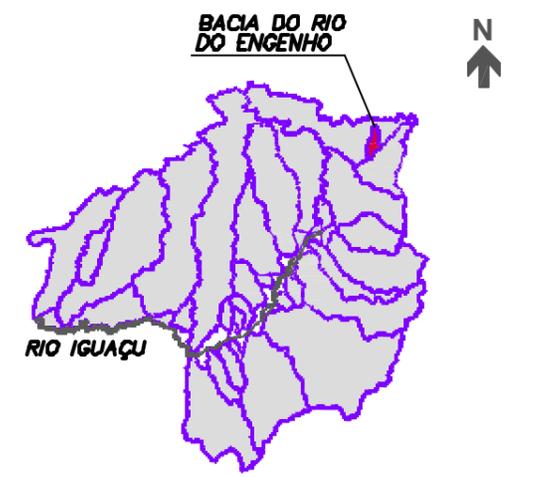
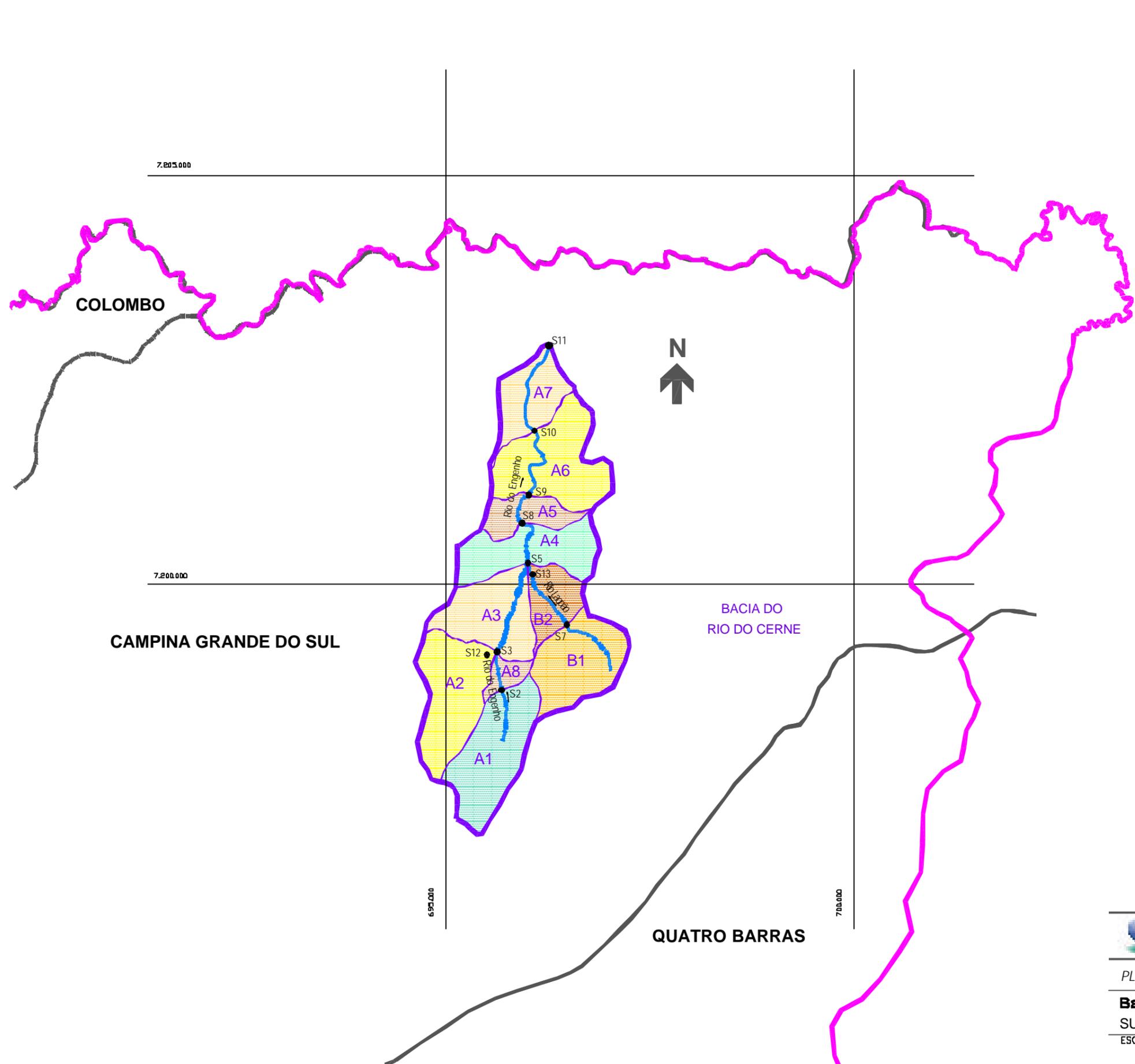


PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC

Bacia do Rio do Engenho

DIAGRAMA UNIFILAR DO SISTEMA DE MACRODRENAGEM

ESCALA: S/ESCALA	DATA: Ago 2002	Nº CH2MHILL SUD0103DW-WR267-P2	Nº3 C001
---------------------	-------------------	-----------------------------------	-------------



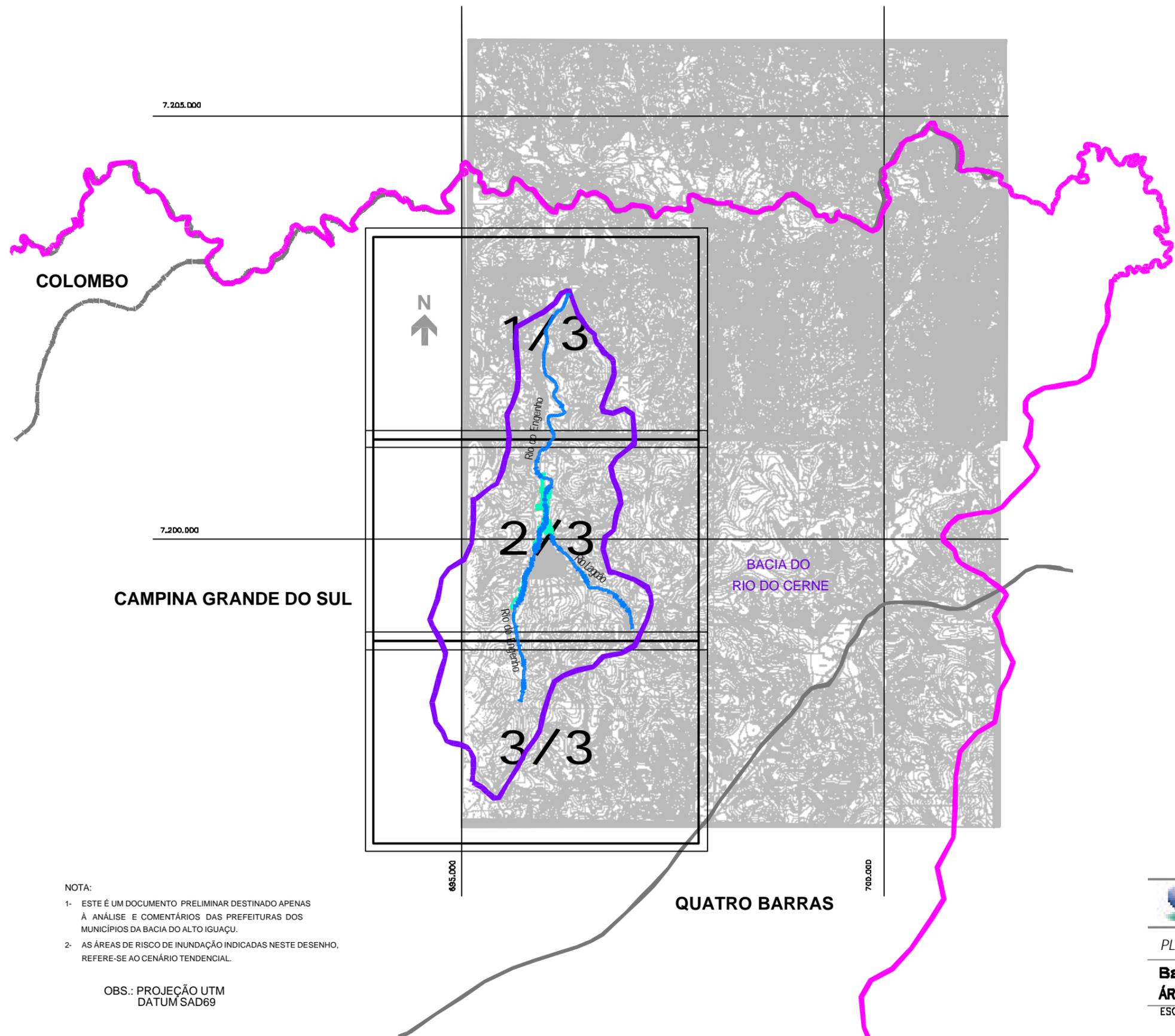
- SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS - BACIA DO RIO DO ENGENHO
- A1 ENGENHO CABECEIRA
 - A2 CONCENTRADA 1
 - A3 ENGENHO DISTRIBUÍDA 1
 - A4 ENGENHO DISTRIBUÍDA 2
 - A5 ENGENHO DISTRIBUÍDA 3
 - A6 ENGENHO DISTRIBUÍDA 4
 - A7 ENGENHO DISTRIBUÍDA 5
 - A8 ENGENHO DISTRIBUÍDA 6
 - B1 LAGOÃO CABECEIRA
 - B2 LAGOÃO DISTRIBUÍDA
-
- S2 SEÇÃO DE CONTROLE
 - LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
 - LIMITE DE SUB-BACIA HIDROGRÁFICA



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

Bacia do Rio do Engenho
SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

ESCALA: 1 : 50.000	DATA: Mar 2002	Nº CH2MHILL SUD0103MP-WR069-P1	M03 T069
-----------------------	-------------------	-----------------------------------	-------------



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

1/3 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.

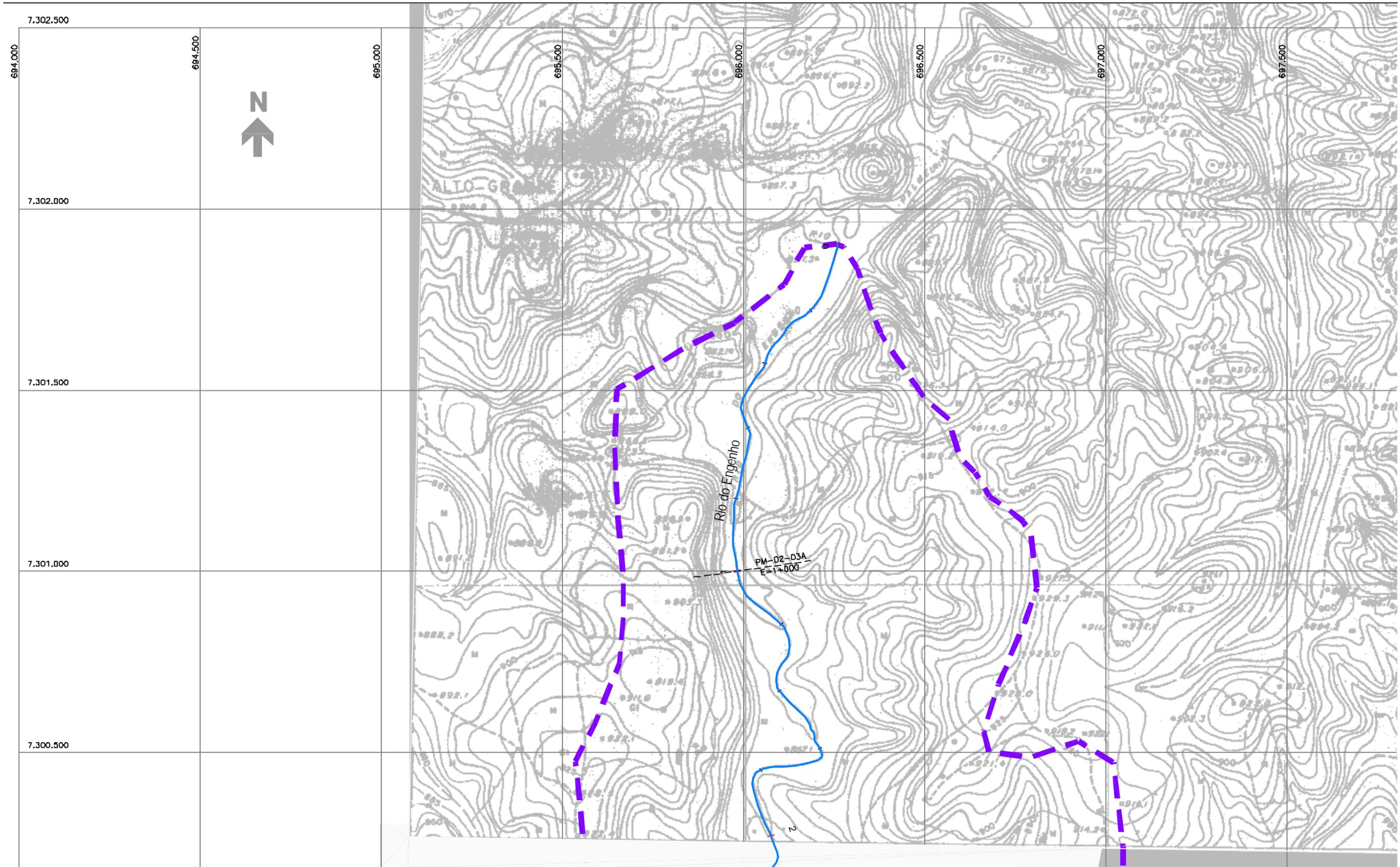
OBS.: PROJEÇÃO UTM
 DATUM SAD69



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

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

ESCALA: 1 : 50.000	DATA: Mar 2002	Nº CH2MHILL SUD0103DW-WR269-P1	M03 C002
-----------------------	-------------------	-----------------------------------	-------------



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

OBS.: PROJEÇÃO UTM
DATUM SAD69

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

-	-	-
-	1/3	-
-	2/3	-

- 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 do Engenho
ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO ATUAL

ESCALA: 1 : 10.000	DATA: Ago 2002	Nº CH2MHILL SUD0103DW-WR270-P2
		M03 CA 1/3

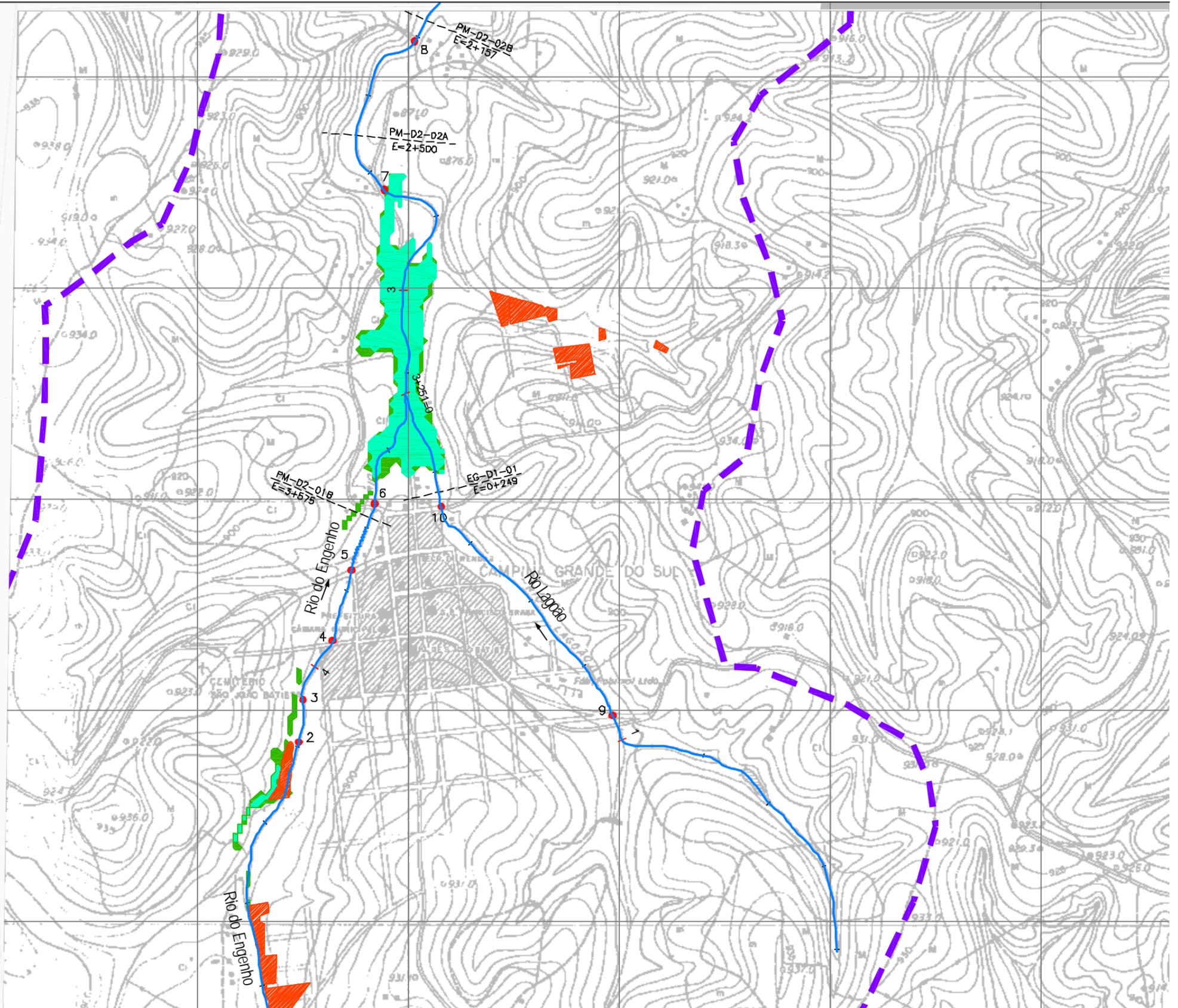
7.300.000

7.200.500

7.200.000

7.190.500

7.190.000



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 A PRECISÃO DE PRODUÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

OBS.: PROJEÇÃO UTM
DATUM SAD69

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

-	1/3	-
-	2/3	-
-	3/3	-

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

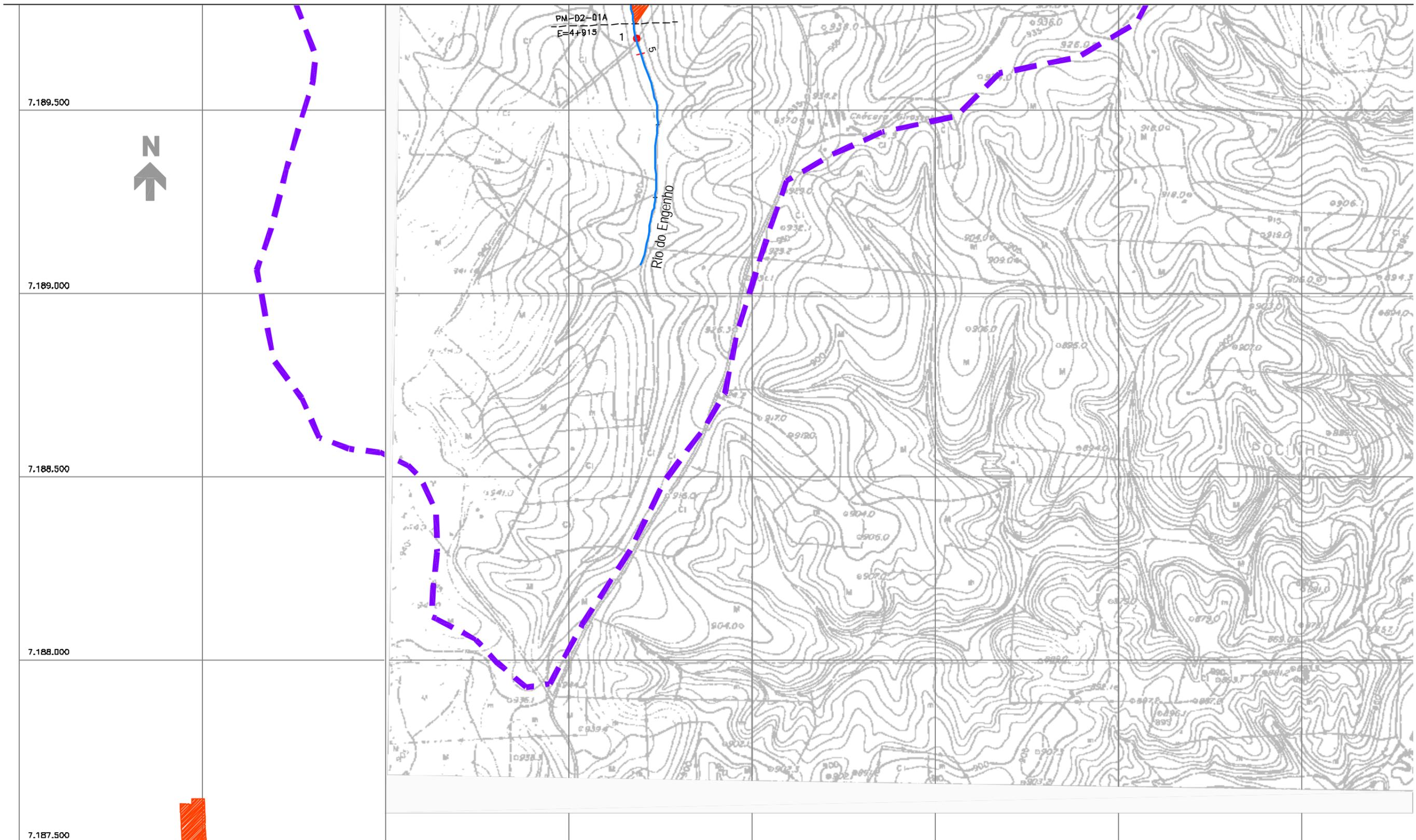
- ESTACA
- SISTEMA DE MACRODRENAGEM
- SISTEMA DE MICRODRENAGEM
- SEÇÕES TRANSVERSAIS
- LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
- LIMITE DE MUNICÍPIO
- SINGULARIDADE



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

Bacia do Rio do Engenho
ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO ATUAL

ESCALA: 1 : 10.000	DATA: Ago 2002	Nº CHEMILL SUD0103DW-WR270-P2	M03 CA 2/3
-----------------------	-------------------	----------------------------------	---------------



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 A PRECISÃO DE PRODUÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

OBS.: PROJEÇÃO UTM
DATUM SAD69

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

-	2/3	-
-	3/3	-
-	-	-

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

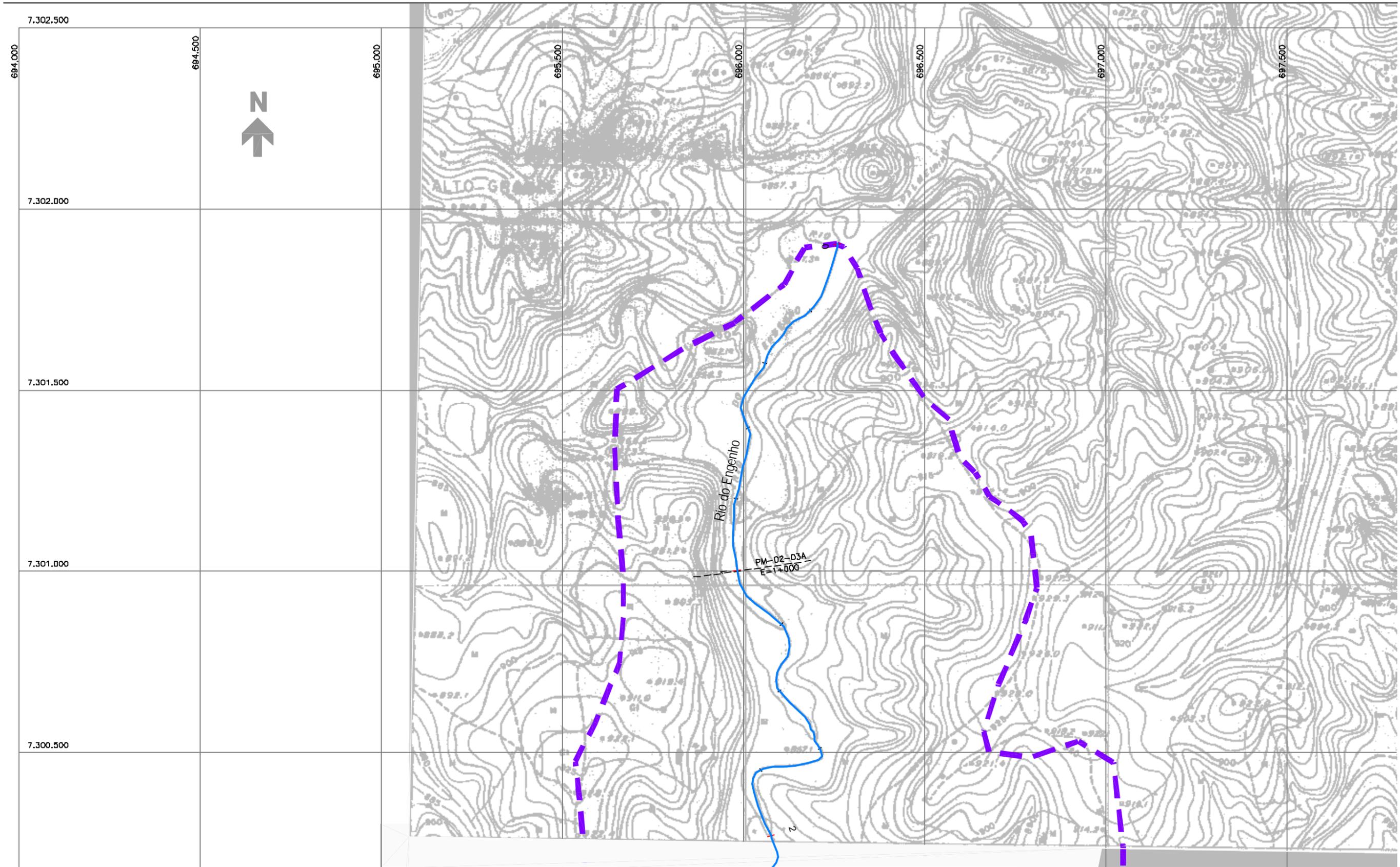
- ESTACA
- SISTEMA DE MACRODRENAGEM
- SISTEMA DE MICRODRENAGEM
- SEÇÕES TRANSVERSAIS
- LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
- LIMITE DE MUNICÍPIO
- SINGULARIDADE



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

Bacia do Rio do Engenho
ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO ATUAL

ESCALA: 1 : 10.000 DATA: Ago 2002 N° CHEMILL SUD0103DW-WR270-P2 M03 CA 3/3



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

OBS.: PROJEÇÃO UTM
DATUM SAD69

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

-	-	-
-	1/3	-
-	2/3	-

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 do Engenho
ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO TENDENCIAL

ESCALA: 1 : 10.000 DATA: Ago 2002 N° CH2MHILL SUD0103DW-WR270-P2 M03 CT 1/3

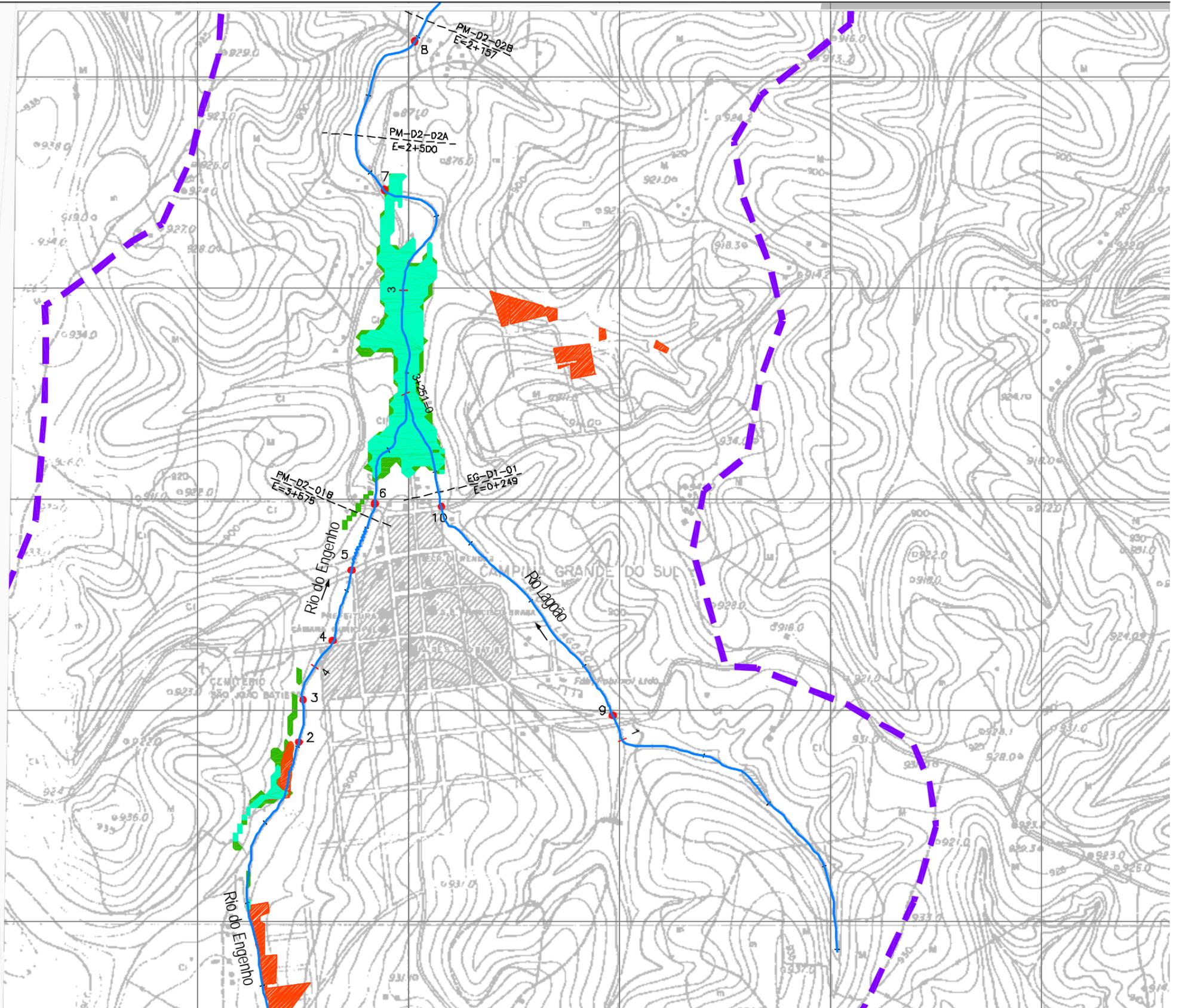
7.300.000

7.200.500

7.200.000

7.190.500

7.190.000



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 A PRECISÃO DE PRODUÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

OBS.: PROJEÇÃO UTM
DATUM SAD69

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

-	1/3	-
-	2/3	-
-	3/3	-

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

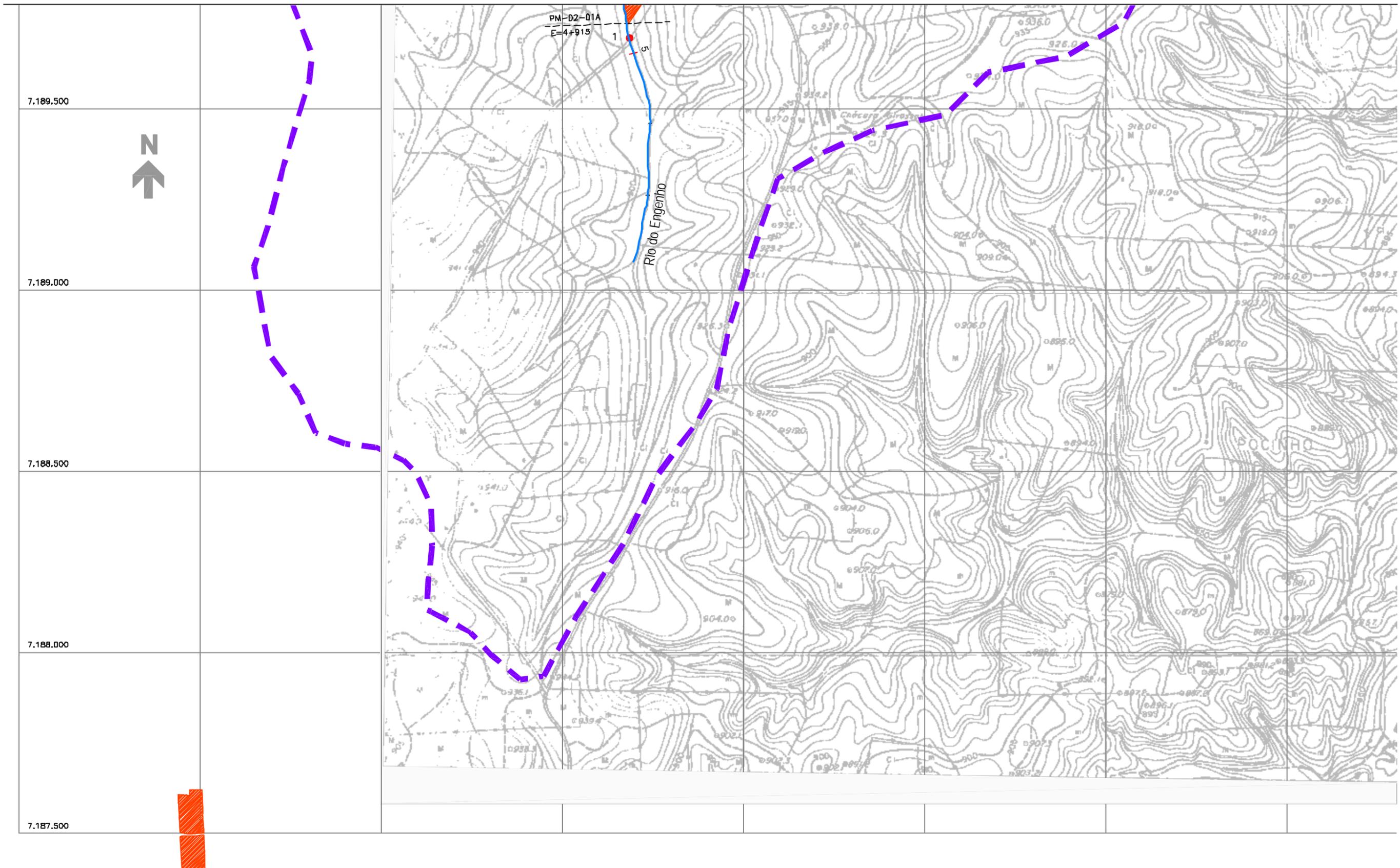
- ESTACA
- SISTEMA DE MACRODRENAGEM
- SISTEMA DE MICRODRENAGEM
- SEÇÕES TRANSVERSAIS
- LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
- LIMITE DE MUNICÍPIO
- SINGULARIDADE



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

Bacia do Rio do Engenho
ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO TENDENCIAL

ESCALA: 1 : 10.000	DATA: Ago 2002	Nº CHEMHILL SUD0103DW-WR270-P2	M03 CT 2/3
-----------------------	-------------------	-----------------------------------	---------------



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 A PRECISÃO DE PRODUÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

OBS.: PROJEÇÃO UTM
DATUM SAD69

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

-	2/3	-
-	3/3	-
-	-	-

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

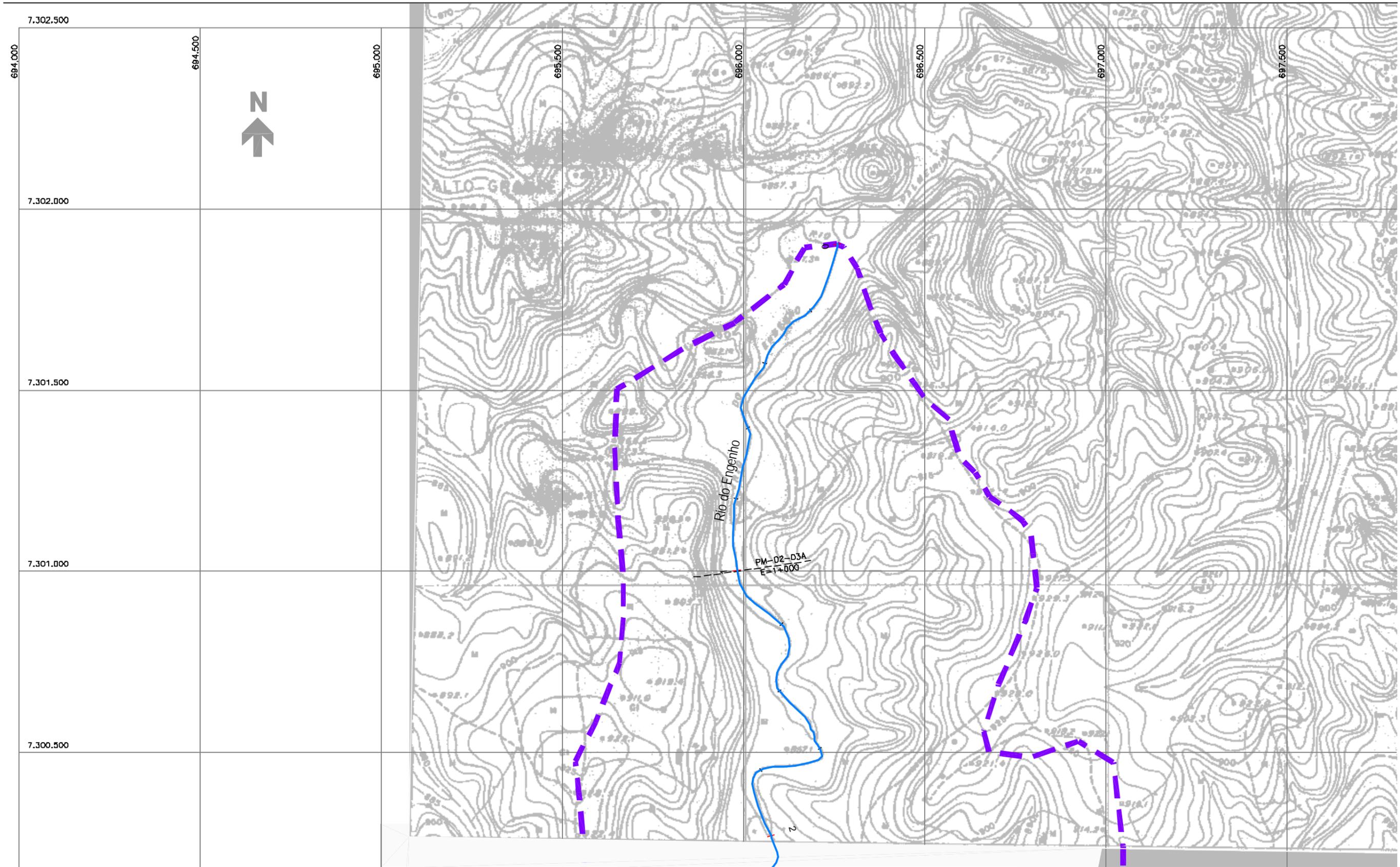
- ESTACA
- SISTEMA DE MACRODRENAGEM
- SISTEMA DE MICRODRENAGEM
- SEÇÕES TRANSVERSAIS
- LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
- LIMITE DE MUNICÍPIO
- SINGULARIDADE



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

Bacia do Rio do Engenho
ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO TENDENCIAL

ESCALA: 1 : 10.000 DATA: Ago 2002 Nº CH2MHILL: SUD0103DW-WR270-P2 M03 CT 3/3



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

OBS.: PROJEÇÃO UTM
DATUM SAD69

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

-	-	-
-	1/3	-
-	2/3	-

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 do Engenho
ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO DIRIGIDO

ESCALA: 1 : 10.000	DATA: Ago 2002	Nº CH2MHILL SUD0103DW-WR270-P2	M03 CD 1/3
-----------------------	-------------------	-----------------------------------	---------------

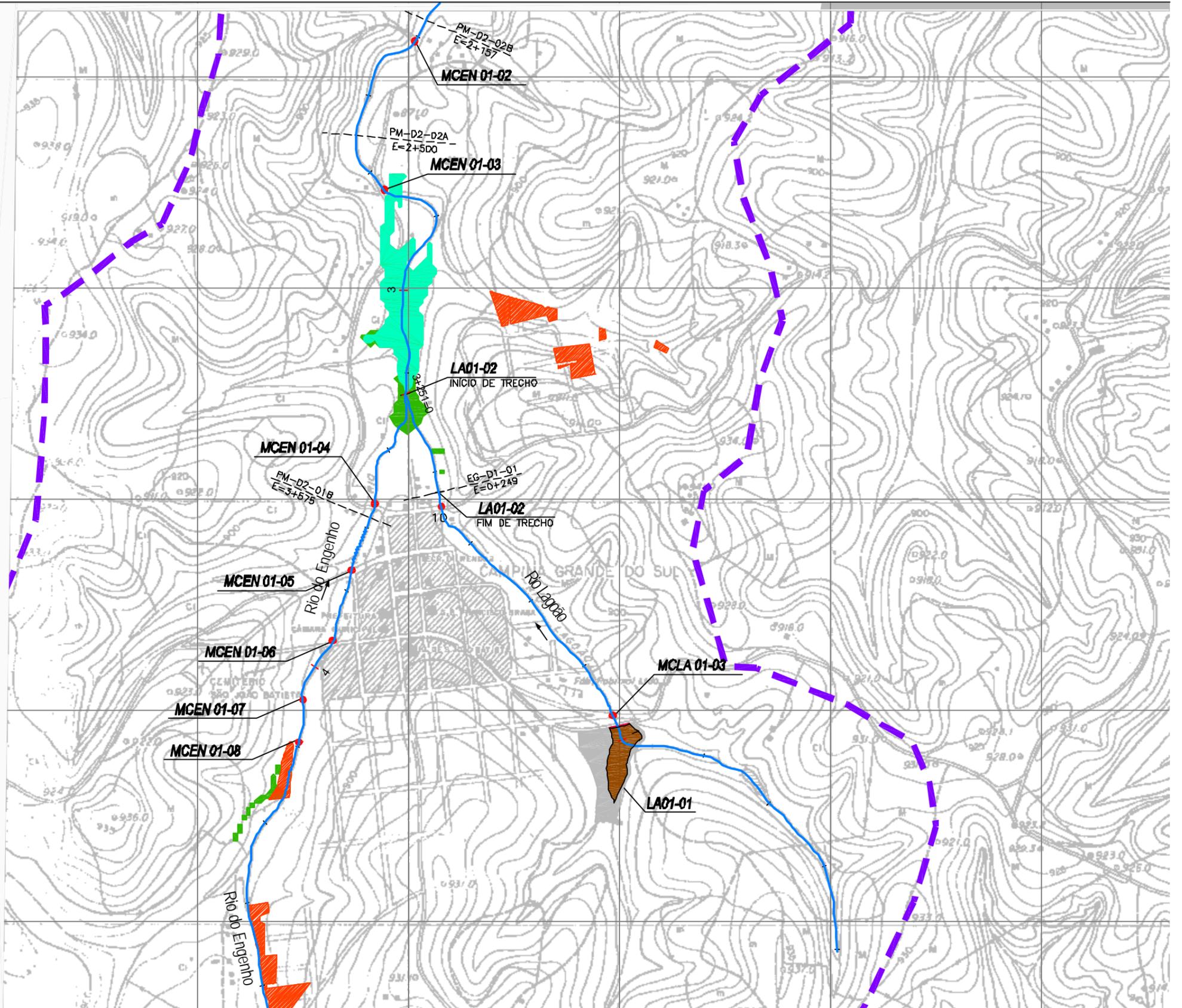
7.300.000

7.200.500

7.200.000

7.190.500

7.190.000



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

OBS.: PROJEÇÃO UTM
DATUM SAD69

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

-	1/3	-
-	2/3	-
-	3/3	-

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

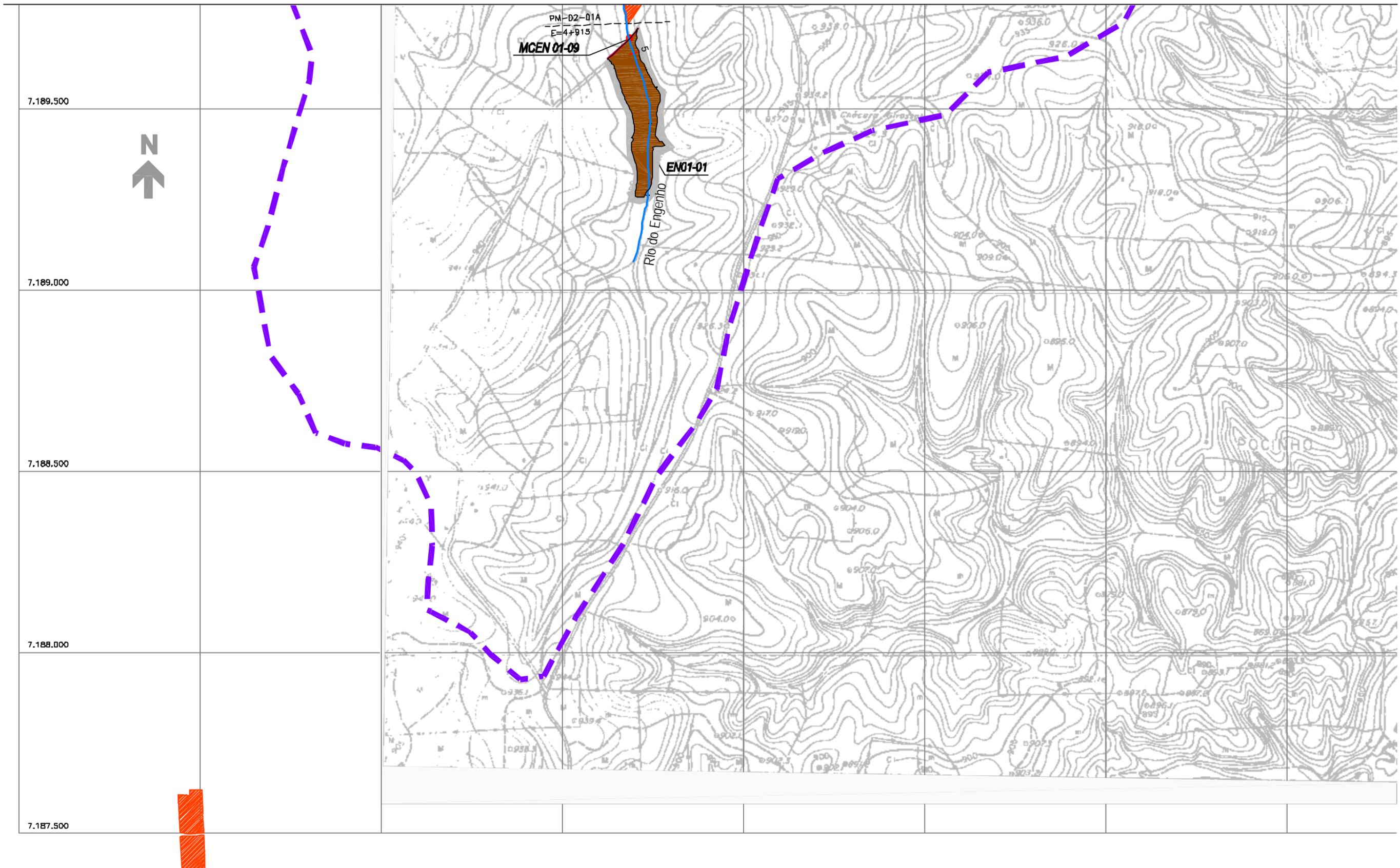
- 1 ESTACA
- SISTEMA DE MACRODRENAGEM
- SISTEMA DE MICRODRENAGEM
- SEÇÕES TRANSVERSAIS
- LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
- LIMITE DE MUNICÍPIO
- SINGULARIDADE



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

Bacia do Rio do Engenho
ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO DIRIGIDO

ESCALA: 1 : 10.000	DATA: Ago 2002	Nº CHEMILL SUD0103DW-WR270-P2	M03 CD 2/3
-----------------------	-------------------	----------------------------------	---------------



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 A PRECISÃO DE PRODUÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

OBS.: PROJEÇÃO UTM
DATUM SAD69

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

-	2/3	-
-	3/3	-
-	-	-

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

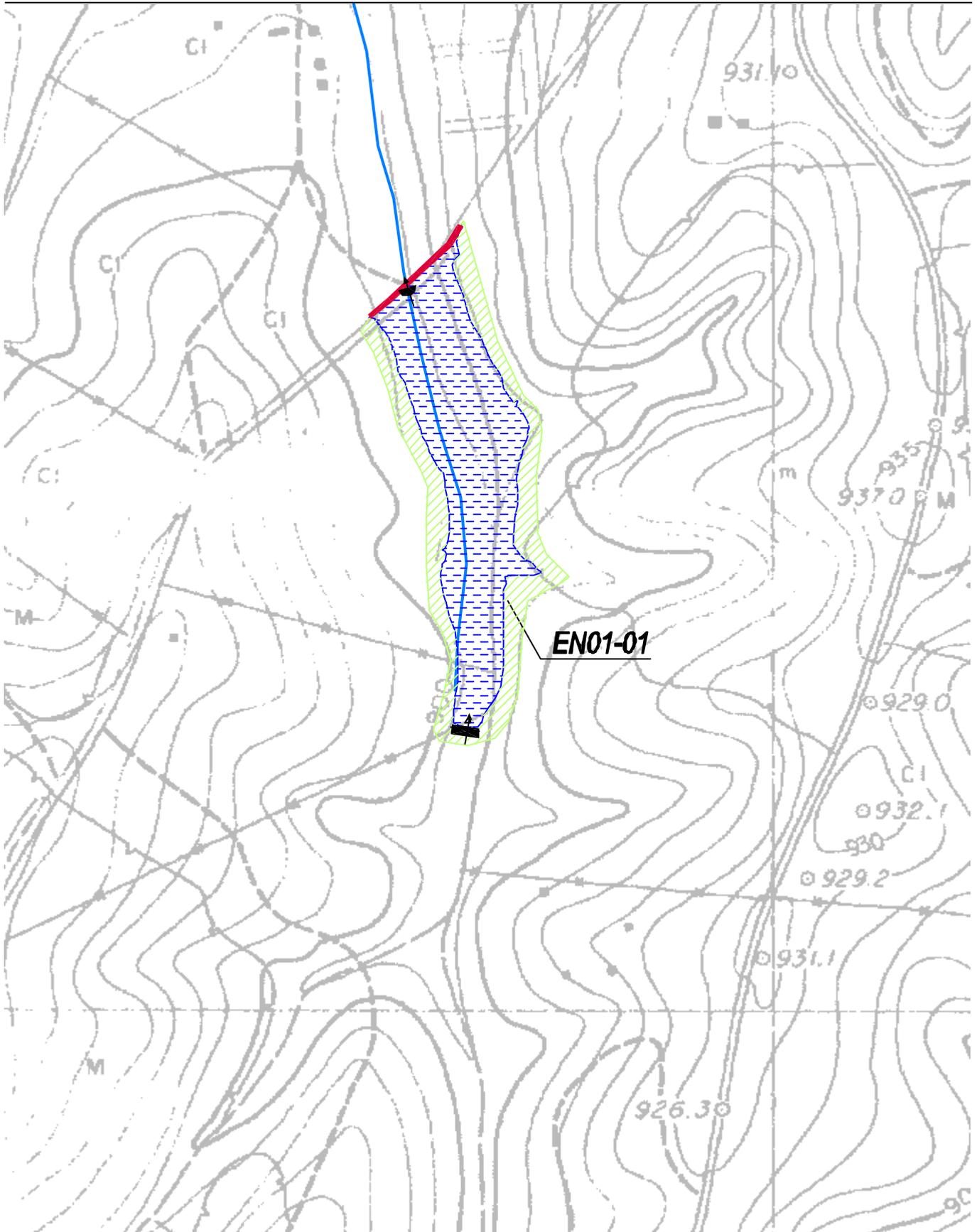
- ESTACA
- SISTEMA DE MACRODRENAGEM
- SISTEMA DE MICRODRENAGEM
- SEÇÕES TRANSVERSAIS
- LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
- LIMITE DE MUNICÍPIO
- SINGULARIDADE



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

Bacia do Rio do Engenho
ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO DIRIGIDO

ESCALA: 1 : 10.000 DATA: Ago 2002 N° CHEMILL SUD0103DW-WR270-P2 M03 CD 3/3



CONVENÇÃO

-  Limite da Lagoa de Acumulação
-  Unidade de Entrada
-  Unidade de Saída
-  Área Urbanizada
-  Área da Lagoa



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

Medidas de Controle de Enchentes - Bacia do Rio do Engenho

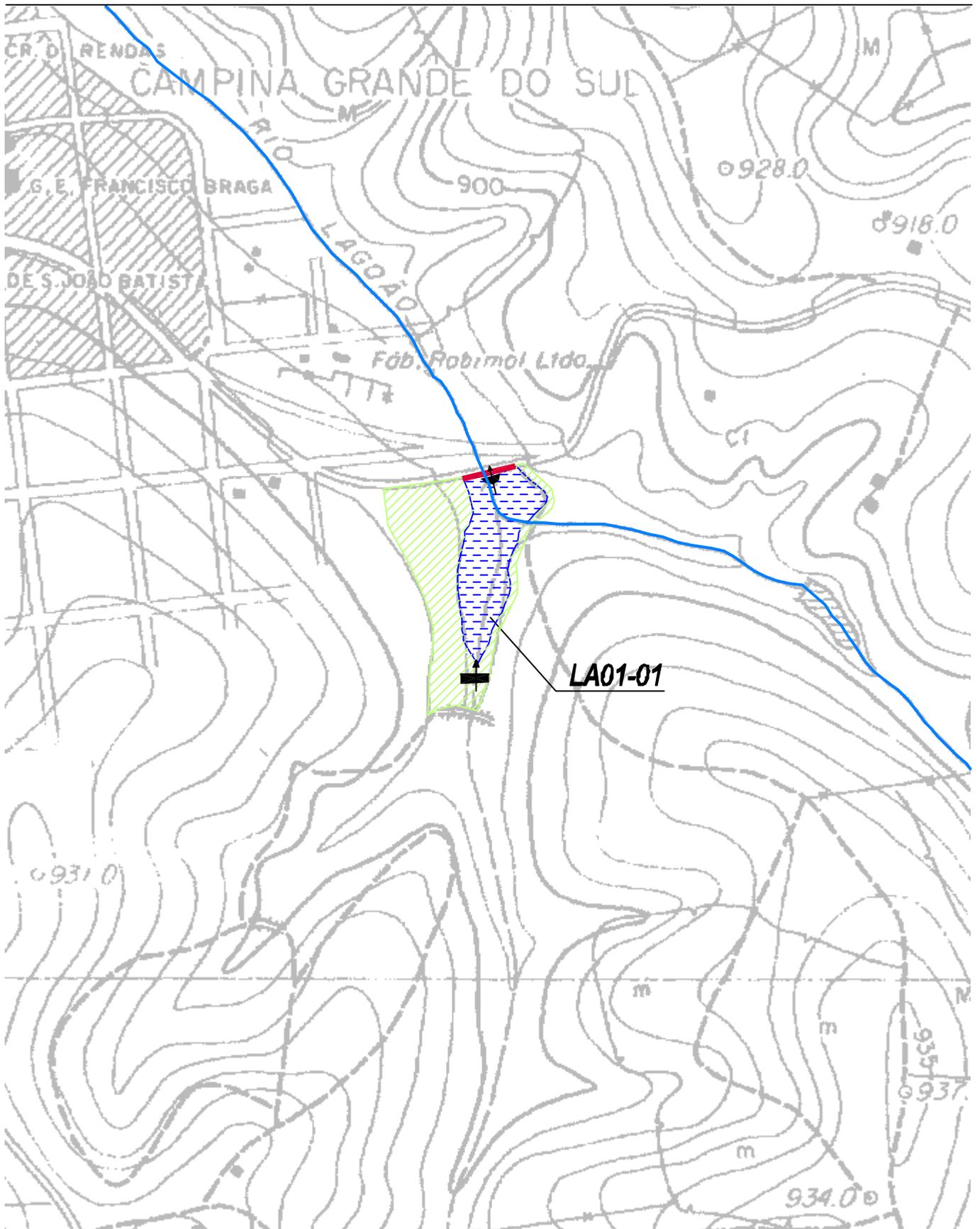
MCEN 01-01 - Lagoa de Acumulação Central

ESCALA:
1 : 5.000

DATA:
Mar 2002

Nº CH2MHILL
SUD0103DW-WR271-P1

FL.
C003/1



CONVENÇÃO

-  Limite da Lagoa de Acumulação
-  Barragem
-  Unidade de Entrada
-  Unidade de Saída
-  Área Urbanizada
-  Área da Lagoa



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

Medidas de Controle de Enchentes - Bacia do Rio do Engenho

MCLA 01-01 - Lagoa de Acumulação Lateral

ESCALA:
1 : 5.000

DATA:
Mar 2002

Nº CH2MHILL
SUD0103DW-WR271-P1

FL.
C003/2