

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA
MODELAGEM HIDRÁULICA UNIDIMENSIONAL
E BIDIMENSIONAL NA SIMULAÇÃO DE
EVENTOS DE INUNDAÇÃO EM COLATINA/ES

Marlon Marques Coutinho

Belo Horizonte

2015

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA MODELAGEM
HIDRÁULICA UNIDIMENSIONAL E BIDIMENSIONAL
NA SIMULAÇÃO DE EVENTOS DE INUNDAÇÃO EM
COLATINA/ES**

Marlon Marques Coutinho

Marlon Marques Coutinho

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA MODELAGEM
HIDRÁULICA UNIDIMENSIONAL E BIDIMENSIONAL
NA SIMULAÇÃO DE EVENTOS DE INUNDAÇÃO EM
COLATINA/ES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Recursos Hídricos - Mestrado

Linha de pesquisa: Modelagem Física e Matemática em Hidráulica

Orientador: Prof. Dr. Eber José de Andrade Pinto

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG

2015

C871a Coutinho, Marlon Marques.
Avaliação do desempenho da modelagem hidráulica unidimensional e bidimensional na simulação de eventos de inundação em Colatina / ES [manuscrito] / Marlon Marques Coutinho – 2015.
x, 245 f.: il.

Orientador: Eber José de Andrade Pinto.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Anexos: f. 123-245.

Bibliografia: f. 120-122.

1. Engenharia sanitária- Teses. 2. Recursos hídricos - Desenvolvimento - Teses. 3. Inundações - Teses. I. Pinto, Eber José de Andrade. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 628(043)



FOLHA DE APROVAÇÃO

Avaliação do Desempenho da Modelagem Hidráulica Unidimensional e Bidimensional na Simulação de Eventos de Inundação em Colatina / ES

MARLON MARQUES COUTINHO

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Senhores:

Prof. ÉBER JOSÉ DE ANDRADE PINTO

Prof. ROBERTO CÉZAR DE ALMEIDA MONTE -Mor

Profª MÂRCIA MÂRIA LARA PINTO COELHO

Prof. MÁRCIO BENEDITO BAPTISTA

Prof. LUIZ RAFAEL PALMIER

Aprovada pelo Colegiado do PG SMARH

Versão Final aprovada por

Profª. Juliana Calábria de Araújo
Coordenadora

Prof. Éber José de Andrade Pinto
Orientador

Belo Horizonte, 30 de abril de 2015.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pai nosso, razão de minha existência.

À minha querida esposa Dânea e meu filho Rafael, que tudo representam para mim, obrigado pela paciência e incentivo ao longo dessa jornada para que esta Pós Graduação fosse concluída.

Aos meus pais Jayme e Maria, e meus irmãos Ramon e Raquel, por fazerem parte da minha vida e por acreditarem em minha capacidade de superação.

Ao meu orientador Éber José de Andrade Pinto (UFMG), que além de orientador da dissertação é colega de trabalho na CPRM, pela oportunidade única de aprendizado na área de recursos hídricos; agradeço pela ajuda, empenho e disponibilidade em todas as etapas da pesquisa.

Aos amigos da CPRM de BH, em especial à Elizabeth Guelman Davis, pelo incentivo nesta jornada, Breno Guerreiro da Motta, Fernando Silva Rego e Márcio de Oliveira Cândido, pelas valiosas ideias e suporte para conclusão desta dissertação.

Ao Serviço Geológico do Brasil - CPRM, através da Superintendência de Belo Horizonte, pela disponibilização das informações, produto de muito empenho da equipe técnica da CPRM e fundamental para esta dissertação.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG, pelos conhecimentos transmitidos. Em especial aos Professores Márcio Benedito Baptista, Luiz Rafael Palmier, Márcia Maria Lara Pinto Coelho, Priscilla Macedo Moura, Mário Cicareli Pinheiro, Wilson dos Santos Fernandes e Nilo de Oliveira Nascimento, com os quais cursei disciplinas da pós-graduação.

RESUMO

Esta dissertação apresenta a avaliação do desempenho de modelos hidráulicos 1D e 1D/2D na definição das manchas de inundação na cidade de Colatina-ES. Foram utilizados os modelos HEC-RAS 1D e HEC-RAS 2D 5.0. Os modelos foram avaliados considerando a capacidade de melhor representar os hidrogramas observados por meio de uma função critério e a extensão da área inundada através da medida de desempenho F proposta por Horritt & Bates (2002). Os hidrogramas e as manchas empregados nesta análise são referentes às inundações de 19 e 24 de dezembro de 2013. Antes de avaliar os modelos hidráulicos, foi realizada uma análise de sensibilidade da medida F para verificar se a inclusão da área da superfície da calha do rio na comparação das manchas simuladas e observadas induz a resultados melhores. Outro aspecto avaliado foi a influência da calibração do conjunto de parâmetros dos modelos hidráulicos com eventos de baixa magnitude sobre a capacidade de representar os eventos de maior magnitude. Também foram verificadas as consequências da utilização de células de tamanhos maiores na malha computacional de volumes finitos 2D sobre o tempo de processamento, a precisão de representação dos hidrogramas e dos cotogramas observados e a extensão das manchas de inundação.

Constatou-se que a medida F é sensível ao uso da calha do rio, ou seja, pode mascarar os resultados indicando perfeita sobreposição das manchas observadas e simuladas. No caso do modelo 2D, não se observou perda de precisão dos dados hidrométricos na calha principal do rio nas simulações com células maiores. Recomenda-se a calibração inicial dos modelos 2D utilizando células maiores e na etapa precedente realizar a calibração da planície de inundação com células computacionais menores. Os resultados confirmam que os modelos HEC-RAS, 1D e 1D/2D, no caso de Colatina, podem ser calibrados com dados hidrométricos de eventos de maior frequência e serem utilizados para simular a extensão da inundação com eventos de maior magnitude. Assim, foi efetuada a simulação da grande cheia de Fev/1979. Não foram verificadas diferenças significativas nos resultados dos desempenhos dos modelos HEC-RAS 1D e HEC-RAS 2D 5.0 Beta na definição das manchas de inundações em Colatina. A vantagem do modelo HEC-RAS 1D em relação ao 1D/2D é a simplicidade de construção do modelo topológico, que facilita a convergência da simulação. A principal vantagem do HEC-RAS 2D 5.0 foram as possibilidades de detalhamento das informações, tanto no aspecto de comportamento do escoamento na planície de inundação, como das informações das variáveis (velocidade e profundidade) nas regiões de interesse.

ABSTRACT

The HEC-RAS 1D and HEC-RAS 2D 5.0 flood hydraulics models are tested in Colatina-ES. Models simulations of hydrometric data are compared with observed hydrometric data. Model predictions of inundation extent are compared with inundated area using the measure of fit F proposed by Horritt & Bates (2002). The hydrographs and flood extent used in this analysis are related to floods of 19 and 24 December 2013. Before evaluating the hydraulic models, a sensitivity analysis of the measure of fit F was performed to verify whether the inclusion of the surface area of the riverbed in the comparison of the simulated and observed flood extent induces better results. Another aspect evaluated was whether a parameter set calibrated against data from an event with a certain magnitude will be valid for a more extreme event. Also been verified the effects of the use of larger sized cells in 2D model on the computational processing time, the accuracy of representation of hydrograms and inundation observeds.

It was found that the measure of fit F is sensitive to the use of the river channel, in other words, can mask the results indicating good superposition of the observed and simulated inundation areas. In the case of the 2D model, there was no loss of accuracy of hydrometric data in the main channel of the river in the simulations with larger cells. The results confirm that the HEC-RAS models, 1D and 1D / 2D, in Colatina, may be calibrated with most frequent hydrometric data and used to simulate a more extreme event. Thus, are performed the simulation of Feb/1979 great flood. No significant differences were found in the results of the performance of HEC-RAS 1D and HEC-RAS 2D 5.0 models in their ability to predict inundation extent in Colatina.

The advantage of HEC-RAS 1D model over 1D / 2D is the simplicity of construction of the topological model, which facilitates the convergence of simulation. The main advantage of HEC-RAS 5.0 2D was to obtain information of the variables (velocity and depth) in the regions of interest.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	IX
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	4
2.1 OBJETIVO GERAL	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	5
3.1 ESCOAMENTO EM RIOS.....	5
3.2 MODELOS DE ESCOAMENTOS EM RIOS.....	5
3.3 EQUAÇÕES GOVERNANTES.....	6
3.3.1 <i>Equação da continuidade</i>	6
3.3.2 <i>Equação do momento</i>	6
3.3.3 <i>Modelos hidrodinâmicos</i>	8
3.3.4 <i>Modelo de difusão</i>	8
3.4 ESCOAMENTO NA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO.....	9
3.4.1 <i>Modelo de inundação do tipo bacia de armazenamento</i>	10
3.4.2 <i>Modelo de inundação do tipo seção composta</i>	11
3.4.3 <i>Modelo de inundação do tipo células de armazenamento</i>	13
3.5 PRINCIPAIS FATORES QUE AFETAM A ESTABILIDADE E A PRECISÃO DOS MODELOS HIDRÁULICOS	17
3.6 MODELAGEM HIDRÁULICA DE RIOS COM PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO	19
3.6.1 <i>Escoamento unidimensional (1D)</i>	20
3.6.2 <i>Escoamento bidimensional (2D)</i>	20
3.6.3 <i>Modelos hidráulicos integrados 1D/2D</i>	21
3.6.4 <i>Estudos comparativos entre modelos 1D e 2D</i>	23
3.7 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DA SIMULAÇÃO HIDRÁULICA	24
3.8 INTRODUÇÃO AO SOFTWARE HEC-RAS	27
4 MATERIAL E MÉTODOS	39
4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	40
4.1.1 <i>Cheia de fevereiro de 1979</i>	42
4.1.2 <i>Cheia de dezembro de 2013</i>	44
4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS	47
4.2.1 <i>Locação e levantamento topobatimétrico das seções transversais e monitoramento dos níveis do rio Doce</i>	48
4.2.2 <i>Modelo topográfico</i>	51
4.2.3 <i>Seções transversais para simulação 1D</i>	53
4.2.4 <i>Seções transversais para simulação 1D/2D</i>	54
4.2.5 <i>Representação topológica do modelo 1D</i>	55
4.2.6 <i>Representação topológica do modelo 1D/2D</i>	57
4.2.7 <i>Análise de frequência dos dados</i>	58
4.2.8 <i>Mapeamento das manchas de inundação dos eventos de 2013</i>	59
4.3 CONDIÇÕES INICIAIS E DE CONTORNO	60
4.4 CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DOS MODELOS HIDRÁULICOS	62
4.5 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DOS MODELOS TENDO COMO REFERÊNCIA AS MANCHAS DE INUNDAÇÃO ..	67
4.6 MAPAS DE INUNDAÇÃO.....	68
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
5.1 CURVA-CHAVE.....	69
5.2 ANÁLISE DE FREQUÊNCIA	74
5.3 MAPEAMENTO DAS MANCHAS DE INUNDAÇÃO DE DEZEMBRO DE 2013	78
5.4 CONDIÇÕES INICIAIS E DE CONTORNO	78
5.5 CALIBRAÇÃO DOS MODELOS	83

5.6	VALIDAÇÃO DOS MODELOS.....	89
5.7	INFLUÊNCIA DO USO DE DIFERENTES RESOLUÇÕES DE CÉLULAS DE ESCOAMENTO 2D E DIFERENTES INTERVALOS DE CÁLCULOS COMPUTACIONAIS NA SIMULAÇÃO DE INUNDAÇÃO EM COLATINA	95
5.8	COMPARAÇÃO DOS MODELOS NA SIMULAÇÃO DA CHEIA DE 2013 – DADOS HIDROMÉTRICOS	102
5.9	AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS MODELOS NA SIMULAÇÃO DA CHEIA DE 2013 UTILIZANDO A MEDIDA F	107
5.10	SIMULAÇÃO DA CHEIA DE 1979.....	110
5.11	MAPAS DE INUNDAÇÃO.....	112
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	115
	REFERÊNCIAS	120
	ANEXO I – MANCHAS SIMULADAS E OBSERVADAS DAS SIMULAÇÕES COM OS MODELOS 1D E 1D/2D	123
	ANEXO II – MANCHAS DE INUNDAÇÃO OBTIDAS DAS SIMULAÇÕES COM HEC-RAS 2D 5.0 BETA DOS EVENTOS ESTUDADOS.....	128
	ANEXO III – MAPAS DAS PROFUNDIDADES DAS MANCHAS DE INUNDAÇÃO OBTIDAS DAS SIMULAÇÕES COM HEC-RAS 2D 5.0 BETA DOS EVENTOS ESTUDADOS.....	138
	ANEXO IV – FICHA DE INSPEÇÃO DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA – NIVELAMENTO DA MARCA DE CHEIA DE 1979.....	144
	ANEXO V – SEÇÕES TRANSVERSAIS DO RIO DOCE EM COLATINA UTILIZADAS NO MODELO HIDRÁULICO.....	146
	ANEXO VI – HIDROGRAMAS DOS ANOS HIDROLÓGICOS 1978/1979, 2008/2009, 2011/2012 E 2013/2014.....	203

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Representação do modelo de inundação para bacia.....	11
Figura 3.2 - Representação do modelo de seção composta.....	13
Figura 3.3 - Representação do modelo de armazenamento baseado em raster com aproximações de fluxos 2D proposto inicialmente por Bates & De Roo (2000).....	14
Figura 3.4 - Representação dos modelos com células de fluxos 2D estruturadas ou não estruturadas.....	17
Figura 3.5 - Cotograma de Manaus/AM.....	26
Figura 3.6 - Esquema de quatro pontos.....	28
Figura 3.7 - Distribuição de velocidade em seções batimétricas típica.....	30
Figura 3.8 - Subdivisão da seção transversal para o cálculo da condutância.....	31
Figura 3.9 - Definição da declividade da margem para composição do cálculo da rugosidade do canal principal.....	32
Figura 3.10 - Propriedade da malha computacional.....	36
Figura 4.1 - Fluxograma das etapas metodológicas.....	39
Figura 4.2 - Localização de Colatina/ES.....	40
Figura 4.3 - Imagem parcial de Colatina de 2003.....	41
Figura 4.4 - Imagem parcial de Colatina de 2014.....	41
Figura 4.5 - Perfil transversal da estação Colatina 56994500.....	42
Figura 4.6 - Enchente de 1979 em Colatina.....	43
Figura 4.7 - Séries de cotas horárias da estação 56994510 em Dezembro de 2013.....	45
Figura 4.8 - Situação das margens do rio Santa Maria após a cheia do dia 19-12-2013 e após a cheia do dia 24-12-2013, respectivamente.....	45
Figura 4.9 - Situação das residências localizadas às margens do rio Santa Maria após a cheia do dia 19-12-2013 e após a cheia do dia 24-12-2013, respectivamente.....	46
Figura 4.10 - Cheia do dia 24-12-2013.....	46
Figura 4.11 - Avenida Getúlio Vargas inundada pela cheia do dia 24-12-2013.....	47
Figura 4.12 - Localização das seções batimétricas levantadas na calha do rio Doce.....	49
Figura 4.13 - Localização das seções batimétricas levantadas na calha do rio Pancas.....	50
Figura 4.14 - Localização das seções batimétricas levantadas na calha do rio Santa Maria.....	50
Figura 4.15 - Informações disponíveis para obtenção do modelo digital de terreno de Colatina.....	51
Figura 4.16 - Representação do MDT de Colatina.....	52
Figura 4.17 - Representação do MDT considerando as construções de Colatina.....	53
Figura 4.18 - Representação da seção transversal para a simulação 1D.....	54
Figura 4.19 - Representação da seção transversal para a simulação 1D/2D.....	55
Figura 4.20 - Representação do modelo topológico 1D.....	56
Figura 4.21 - Representação do modelo topológico 1D/2D.....	58
Figura 4.22 - Nivelamento da marca de cheia na seção nº 100 do rio Doce e de marca de cheia dentro da área urbana, respectivamente.....	60
Figura 4.23 - Croqui de localização das seções transversais utilizadas para a entrada das condições de contorno.....	61
Figura 4.24 - Processamento preliminar interrompido em função da instabilidade numérica.....	65
Figura 5.1 - Medição de cheia em Colatina.....	69
Figura 5.2 - Curvas-chave existentes no banco de dados institucional da ANA referente à estação Colatina (56994500) do período de 01/1939 a 07/1976.....	71
Figura 5.3 - Curvas-chave revisadas para o período de 06/1983 a 03/2012.....	71
Figura 5.4 - Curva-chave desenvolvida para estação Colatina CBO, código 56994510.....	73

Figura 5.5 - Papel de Probabilidade Log-Normal(ML) da série de máximos anuais do rio Doce em Colatina.....	75
Figura 5.6 - Manchas de inundação observadas em Colatina da cheia de 2013.....	78
Figura 5.7 - Relação funcional entre as seções transversais 600 e 1500.....	80
Figura 5.8 - Curva-chave da seção transversal 1500.....	80
Figura 5.9 - Perfis da linha d'água no trecho do rio Doce em Colatina.....	81
Figura 5.10 - Hidrogramas médios diários dos rios Doce e Pancas.....	82
Figura 5.11 - Cotas simuladas na calibração e observadas na seção 600, modelo 1D.....	88
Figura 5.12 - Cotas simuladas na calibração e observadas na seção 100, modelo 1D.....	88
Figura 5.13 - Cotas simuladas na calibração e observadas na seção 600, modelo 1D/2D.....	89
Figura 5.14 - Cotas simuladas na calibração e observadas na seção 100, no modelo 1D/2D.....	89
Figura 5.15 - Resultados das simulações 1D com diferentes intervalos de cálculo.....	91
Figura 5.16 - Resultados das simulações 1D/2D com diferentes intervalos de cálculo.....	91
Figura 5.17 - Cotas simuladas na validação e observadas na seção 600, no modelo 1D.....	93
Figura 5.18 - Cotas simuladas na validação e observadas na seção 100, no modelo 1D.....	93
Figura 5.19 - Cotas simuladas na validação e observadas na seção 600, no modelo 1D/2D.....	94
Figura 5.20 - Cotas simuladas na validação e observadas na seção 100, no modelo 1D/2D.....	94
Figura 5.21 - Cotogramas simulados com diferentes resoluções de células e intervalos de cálculo.....	97
Figura 5.22 - Raster de profundidade, simulada com células de 3m x 3m.....	98
Figura 5.23 - Raster de profundidade, simulada com células de 5m x 5m.....	98
Figura 5.24 - Raster de profundidade, simulada com células de 10m x 10m.....	99
Figura 5.25 - Raster de profundidade, simulada com células de 15m x 15m.....	99
Figura 5.26 - Raster de profundidade, simulada com células de 20m x 20m.....	100
Figura 5.27 - Raster de profundidade, simulado com células de 25m x 25m.....	100
Figura 5.28 - Perfis do trecho do rio Doce das cotas simuladas com o modelo 1D e cotas observadas nos picos das cheias dos dias 19 e 24 de dezembro de 2013.....	103
Figura 5.29 - Perfis do trecho do rio Doce das cotas simuladas com o modelo 1D/2D e cotas observadas nos picos das cheias dos dias 19 e 24 de dezembro de 2013.....	104
Figura 5.30 - Cotas simuladas e observadas na seção 600, no modelo 1D.....	105
Figura 5.31 - Cotas simuladas e observadas na seção 100, no modelo 1D.....	105
Figura 5.32 - Cotas simuladas e observadas na seção 600, no modelo 1D/2D.....	106
Figura 5.33 - Cotas simuladas e observadas na seção 100, no modelo 1D/2D.....	106
Figura 5.34 - Hidrograma da cheia de 1979.....	111
Figura 5.35 - Cotograma simulado na seção 800, no modelo 1D/2D.....	111
Figura 5.36 - Evolução temporal da profundidade da superfície da água na simulação de cheia de 1979 em frente a casa de saúde Santa Maria.....	112
Figura 5.37 - Cotograma horário do evento de cheia de 2013.....	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Características ambientais da cidade de Colatina/ES.....	44
Tabela 4.2 - Seções topobatimétricas	49
Tabela 5.1 - Resumo das medições de descarga líquida em Colatina	70
Tabela 5.2 - Curvas-chave para a estação Colatina, código 56994500	70
Tabela 5.3 - Curvas-chave definidas para a estação Colatina Corpo de Bombeiros, código 569944510	72
Tabela 5.4 - Série anual de vazões máximas do rio Doce em Colatina-ES - redução por ano hidrológico de outubro a setembro	75
Tabela 5.5 - Parâmetros da distribuição Log-Normal	76
Tabela 5.6 - Vazões do rio Doce em Colatina-ES para diferentes tempos de retorno	77
Tabela 5.7 - Vazões do rio Doce referente aos eventos estudados em Colatina-ES	77
Tabela 5.8 - Tabela resumo dos eventos estudados.....	83
Tabela 5.9 - Valores do coeficiente de rugosidade de Manning	84
Tabela 5.10 - Fator de rugosidade para as faixas de vazões no rio Doce em Colatina	85
Tabela 5.11 - Intervalos de cálculos e tempos de processamento testados nos modelos hidráulicos (evento de cheia 2008/2009).....	86
Tabela 5.12 - Resultados da calibração dos modelos hidráulicos	87
Tabela 5.13 - Intervalos de cálculos e tempos de processamento testados	90
Tabela 5.14 - Resultados da validação dos modelos hidráulicos	92
Tabela 5.15 - Resultados das simulações 1D/2D com diferentes resoluções de células e intervalos de cálculo	96
Tabela 5.16 - Profundidades extraídas dos raster nos 30 pontos na planície de inundação obtidas através das simulações com diferentes resoluções de células.....	101
Tabela 5.17 - Profundidades extraídas dos raster nos 30 pontos na planície de inundação obtidas através das simulações com células de 15 m	101
Tabela 5.18 - Resultados da propagação 1D do hidrograma de dezembro de 2013.....	102
Tabela 5.19 - Resultados da propagação 1D/2D do hidrograma de dezembro de 2013.....	103
Tabela 5.20 - FC da propagação do hidrograma de 2013.....	104
Tabela 5.21 - Resultados da medida F.....	108
Tabela 5.22 - Profundidades observadas e simuladas nos raster 1D e 1D/2D	109

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

<i>A</i>	Área da seção molhada
ANA	Agência Nacional de Águas
<i>bc</i>	Largura do canal principal
<i>bp</i>	Largura da planície de inundação
<i>C</i>	Coefficientes representativos de perda de carga por contração e expansão
CPRM	Serviço Geológico do Brasil - CPRM
<i>Cr</i>	Número de Courant
<i>F</i>	Medida de desempenho
<i>FC</i>	Função critério
FLDWAV	Flood Wave
<i>g</i>	Aceleração da gravidade
<i>h</i>	Altura da superfície líquida
H:V	Relação entre as dimensões horizontal e vertical de um talude
<i>he</i>	Perda de carga
HEC	Hydrologic Engineering Center
<i>i</i>	Pontos que denotam evolução na distância
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEMA	Instituto Estadual de Meio Ambiente
<i>j</i>	Pontos que denotam evolução no tempo
K	Condutância
Kc	Condutância do canal principal
Kp	Condutância da planície de inundação
L	Comprimento do trecho
Lch	Comprimento do trecho no canal principal
Llob	Comprimento do trecho na margem esquerda
Llor	Comprimento do trecho na margem direita
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDT	Modelo Digital do Terreno
<i>n</i>	Coefficiente de rugosidade de Manning
N	Número de observações
N.A.	Nível de Água
<i>P</i>	Perímetro da seção molhada
<i>q</i>	Vazão lateral
<i>Q</i>	Vazão
Raster	Imagem georreferenciada associada à banco de dados
<i>Rh</i>	Raio hidráulico
<i>S0</i>	Declividade média do fundo do canal
SANEAR	Serviço Colatinense de Meio Ambiente e Saneamento Ambiental
<i>Sf</i>	Declividade da linha de energia
SIG	Sistema de Informações Geográficas
<i>Sx</i>	Declividade na direção x
<i>t</i>	Tempo
<i>U</i>	Volume
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais

USACE	United States Army Corps of Engineers
V_1, V_2	Velocidade média nas seções a montante e a jusante, respectivamente
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
VC	Volume de controle
x	Representação de dimensão x
Y_1, Y_2	Profundidade líquida nas seções a montante e a jusante, respectivamente
yc	Cota de cheia calculada
y_o	Cota de cheia observada
$Z1, Z2$	Cota do fundo do canal em relação a um datum, a montante e a jusante, respectivamente
α_1, α_2	Coefficientes de Coriolis nas seções a montante e a jusante, respectivamente
Δ	Incremento infinitesimal / diferença entre dois valores
Δt	Intervalo de cálculo
Δx	Distância entre seções
Σ	Somatório
∂	Operador de derivada parcial

1 INTRODUÇÃO

Uma forma de análise da dinâmica das inundações em áreas urbanas como ferramenta de auxílio na gestão de riscos de inundações é a utilização da modelagem hidráulica (Masoero *et al.*, 2012). Atualmente a maioria dos modelos de hidráulica computacional permite a simulação de escoamento unidimensional em regime permanente bem como a propagação unidimensional (1D) e/ou bidimensional (2D) em regime não permanente.

Horritt & Bates (2002) e Lin *et al.* (2005) descrevem em seus estudos que os modelos hidráulicos 1D podem reproduzir com precisão a propagação de cheias e inundações em rios com planícies de inundação e são mais atrativos do que os modelos 2D devido ao menor tempo de processamento dos dados e menor número de variáveis envolvidas. Porém, com o crescente aumento da relevância socioeconômica e o adensamento populacional das áreas urbanas sujeitas a inundações, torna-se necessária uma abordagem que represente adequadamente as trocas de volume de água entre a calha principal e a planície de inundação, independente da extensão da área inundada. Entretanto, a aplicação de modelos hidrodinâmicos 2D ao sistema rio-planície pode trazer resultados não satisfatórios devido à complexidade da topografia da planície e profundidades muito rasas (Bates *et al.*, 2005; Bates & De Roo, 2000).

Em muitos estudos de simulação de inundações está sendo usado um modelo unidimensional para a representação do escoamento na calha principal do rio acoplado a um modelo bidimensional de propagação da onda de cheia para a simulação das áreas susceptíveis à inundação sobre a planície (Bates & De Roo, 2000; Hunter *et al.*, 2008; Wilson *et al.*, 2007 e Brunner, 2014). Esses modelos utilizam malhas de células regulares ou não regulares que são delimitadas em função de feições topográficas e características hidráulicas da área de estudo.

Segundo Lin *et al.* (2005) e Trigg *et al.* (2009), a disponibilidade de informações precisas das áreas inundadas obtidas através de dados de sensoriamento remoto de alta resolução espacial ou por mapeamento em campo tem incentivado o uso dessas informações em conjunto com os dados hidrométricos para a calibração e validação dos modelos hidrodinâmicos desde que se tenha também um bom modelo digital de terreno (MDT). Horritt & Bates (2002) mencionam que os dados de vazões de inundação inseridas nos modelos hidráulicos podem ser imprecisos devido à sua forma de obtenção como, por exemplo, as vazões estimadas a partir do ramo extrapolado da curva-chave. Os mesmos autores afirmam que avaliar o desempenho da

calibração do modelo apenas com dados hidrométricos, ou seja, comparar os hidrogramas simulados utilizando o modelo hidráulico com os hidrogramas, os cotogramas, ou as cotas das marcas de cheias observadas, pode não ser suficiente para representar as áreas inundadas. Assim, sugeriram a inclusão da mancha de inundação conhecida por mapeamento como uma forma de avaliação de desempenho entre os modelos hidráulicos representarem a extensão da mancha de inundação observada.

Este estudo procura avaliar o desempenho de modelos hidráulicos 1D e 1D/2D na definição das manchas de inundação de Colatina-ES. Para tanto, foram utilizados os hidrogramas e cotogramas observados nas cheias de 2008/2009, de 2011/2012 e de dezembro de 2013. Além dos dados hidrométricos, no caso dos eventos de dezembro de 2013 também foram empregadas as manchas de inundação mapeadas. É considerado um bom modelo aquele que melhor representar a extensão da área inundada através da aplicação da medida de desempenho F proposta por Horritt & Bates (2002). Antes da avaliação de comparação dos desempenhos dos modelos hidráulicos 1D e 1D/2D, foi realizada uma análise de sensibilidade da medida F utilizando o evento de cheia do dia 24 de dezembro de 2013. A análise de sensibilidade busca verificar se a inclusão da área da superfície da calha do rio na comparação das manchas simuladas e observadas induz a resultados melhores. Definida a melhor forma de cálculo da medida F, esta foi utilizada para analisar o desempenho dos modelos HEC-RAS 4.1 1D e HEC-RAS 2D 5.0 Beta na representação das áreas inundadas pelos eventos de 19 e 24 de dezembro de 2013.

Outro ponto importante é que de uma forma geral os modelos hidráulicos são calibrados com eventos de baixa magnitude devido à raridade do registro adequado da ocorrência de eventos de maior porte. Dessa forma, admite-se que o conjunto de parâmetros calibrados é adequado para representar os eventos de maior magnitude como, por exemplo, cheias de 100 anos (Campos, 2011; Paz, 2009).

Neste contexto foi avaliada a utilização de parâmetros calibrados para eventos frequentes na simulação de cheias de maior magnitude em Colatina/ES. Após a consistência dos dados hidrológicos e a efetuação da análise de frequência, selecionaram-se os eventos para a modelagem hidráulica. Considerado o escoamento unidimensional na calha do rio e regime não permanente, os modelos hidráulicos HEC-RAS 4.1 1D e HEC-RAS 2D 5.0 Beta foram calibrados utilizando um evento de cheia com menor recorrência e o conjunto de parâmetros

desse evento foi utilizado para simular eventos menos frequentes, como as cheias de 2013, cujas as manchas de inundação ocorridas nos dias 19 e 24 de dezembro foram mapeadas. Os resultados da calibração foram avaliados através da comparação entre os hidrogramas/cotagramas simulados e observados e, no caso das simulações dos eventos de 2013, também foi utilizada a medida F. No caso de resultados satisfatórios, o conjunto de parâmetros da calibração dos modelos são utilizados para simular a grande cheia de 1979.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo principal desta dissertação é avaliar o desempenho de modelos hidráulicos 1D e 2D na definição das manchas de inundação de Colatina-ES.

2.2 Objetivos específicos

- Mapear as manchas de inundação das cheias de 19 e 24 de dezembro de 2013 observadas em Colatina-ES;
- Obter e consistir os cotogramas e hidrogramas dos eventos ocorridos em Colatina-ES nos dias 19 e 24 de dezembro de 2013;
- Realizar a análise de frequência de vazões máximas anuais em Colatina;
- Calibrar os modelos HEC-RAS 4.1 e HEC-RAS 2D 5.0 Beta com o objetivo de obter a melhor propagação da onda de cheia e da mancha de inundação;
- Avaliar a influência na simulação de eventos raros quando se utiliza dados de calibração de eventos frequentes; e
- Avaliar o desempenho dos modelos 1D e 1D/2D em diferentes simulações utilizando a medida de desempenho proposta por Horritt & Bates (2002).

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Escoamento em rios

Os sistemas lóticos possuem grande dinâmica morfológica e complexidade geométrica da calha fluvial, fazendo com que sejam empregados um grande número de variáveis e leis físicas para caracterizar os escoamentos nos rios. Devido a complexidade de representação desses processos físicos é necessário atribuir simplificações aos modelos matemáticos. Os escoamentos podem ser classificados em regime permanente e não permanente. Quando as variáveis (profundidade e velocidade ou vazão) não mudam em relação ao tempo é denominado regime permanente. Em muitos estudos como, por exemplo, Coutinho & Pinto (2014) e Campos (2011) é utilizada uma formulação em escoamento permanente para determinar a linha d'água em um trecho fluvial para diferentes vazões com o objetivo de definir áreas sujeitas a inundações obtendo resultados satisfatórios. A rigor essa condição não representa os escoamentos na natureza porque mesmo que de forma imperceptível e lenta a velocidade e/ou profundidade oscilam em uma determinada seção de rio.

Os escoamentos são classificados como transitórios ou não permanentes quando ocorre a variação no tempo e espaço das variáveis que os descrevem, e podem ser representados em uma ou mais dimensões espaciais.

As equações que governam o escoamento não permanente são estabelecidas pelo princípio da conservação da massa e o princípio da conservação do momento. Esses princípios são expressos matematicamente na forma de equações diferenciais parciais conhecidas como equações de Saint Venant (Silva *et al.*, 2003).

3.2 Modelos de escoamentos em rios

Os dois principais fenômenos do escoamento que ocorrem durante a propagação da onda de cheia são a translação e o amortecimento. O primeiro refere-se ao intervalo de tempo compreendido entre a ocorrência da onda numa seção de montante e sua ocorrência posterior numa seção de jusante. O efeito de amortecimento está relacionado com a resistência do transporte de massa, ou seja, o atrito provocado pelo contato da água com o fundo e as laterais da calha principal do rio, bem como pelo transbordo da água para as planícies adjacentes.

O efeito de armazenamento na planície de inundação é o principal responsável pela atenuação do hidrograma de cheia em bacias hidrográficas onde existem grandes áreas de planície de inundação como, por exemplo, na bacia amazônica (Paiva, 2009).

3.3 Equações governantes

3.3.1 Equação da continuidade

A lei da conservação da massa é representada pela equação da continuidade. A variação da massa durante um pequeno intervalo de tempo no volume de controle deve ser igual à diferença entre a massa que entra e a que sai do volume de controle.

Esse processo é representado pela seguinte equação diferencial:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (3.1)$$

Onde:

Q = vazão (m^3/s);

A = área da seção transversal molhada (m^2);

x = variável independente relativa à direção longitudinal ao fluxo (m);

t = variável independente relativa ao tempo (s); e

q = vazão lateral. É a entrada ou saída de vazão por unidade de largura de contribuição lateral ($\text{m}^3/\text{s.m}$).

3.3.2 Equação do momento

A segunda lei de Newton estabelece que a taxa de variação temporal da quantidade de movimento de um sistema é igual a soma das forças que atuam no sistema. Considerando o escoamento em um rio, as forças que atuam sobre a massa de água em um volume de controle são a componente da força gravitacional no sentido do escoamento, a força de atrito junto às margens e ao fundo do canal e as forças de pressão hidrostática a jusante e a montante. Também deve se considerar o fluxo líquido de quantidade de movimento linear através da superfície de controle, pois as partículas de fluido que cruzam a superfície de controle transportam quantidade de movimento e, assim, detecta-se um fluido líquido de quantidade de movimento linear na superfície do volume de controle.

Dessa forma, como resultado do princípio da conservação da quantidade de movimento linear, maiores detalhes encontram-se em Silva *et al.* (2003) e Tucci (2005), tem-se a equação a seguir:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + gA \frac{\partial y}{\partial x} = gAS_0 - gAS_f \quad (3.2)$$

Onde:

y = altura da lâmina líquida (m);

g = aceleração da gravidade (m/s²);

S_0 = declividade média do fundo do canal (m/m); e

S_f = declividade da linha de energia (m/m), equivalente ao termo de perda de carga unitária por atrito.

Nessa equação os dois primeiros termos representam a inércia do escoamento, o terceiro termo a força de pressão e no lado direito da equação o primeiro termo representa a gravidade e o último termo a força de atrito.

O termo S_f geralmente é expresso pela equação de Manning, ou seja:

$$S_f = \frac{n^2 |Q| Q}{A^2 R_h^{4/3}} \quad (3.3)$$

Onde;

n = coeficiente de rugosidade de Manning; e

R_h = raio hidráulico (m).

As equações 3.1 e 3.2 formam o conjunto de equações de Saint Venant na forma completa. Para uma abordagem do escoamento não permanente em rios, são estabelecidas as seguintes premissas na derivação das equações de Saint Venant (CHAUDHRY, 1993):

- A distribuição de pressões no escoamento é tratada como hidrostática. Essa premissa é válida se as linhas de fluxo da superfície líquida não têm curvatura acentuada;

- A declividade do leito é pequena, o canal é de leito fixo e, portanto, as profundidades medidas normalmente ao canal e verticalmente são praticamente as mesmas;
- A distribuição da velocidade de escoamento é uniforme em toda a seção transversal;
- O canal é prismático. A seção transversal do canal pode variar ao longo do escoamento, porém variações desse tipo são tratadas pela restrição de vários pequenos segmentos prismáticos; e
- Os coeficientes de rugosidade utilizados em equações de escoamento turbulento e uniforme são aplicáveis ao escoamento não permanente para cálculo da perda de carga. As equações de Manning ou Chézy podem ser utilizadas para descrever efeitos de rugosidade e perdas de carga.

Quanto à classificação os modelos de escoamento em rios podem ser divididos em hidrológicos e hidráulicos. Os modelos hidrológicos são os que predominam efeitos de armazenamento e são muito utilizados nos estudos no contexto de bacias hidrográficas. Esses modelos não consideram os efeitos de gravidade, atrito, pressão e inércia. Os modelos hidráulicos são os que usam as equações de Saint Venant na forma completa ou simplificada. Neste estudo são mencionados os modelos hidrodinâmicos e difusivos por serem os mais empregados nos estudos de modelagem hidráulica em trechos de rios.

3.3.3 Modelos hidrodinâmicos

Os modelos hidrodinâmicos utilizam as equações 3.1 e 3.2, ou seja, as equações completas de Saint Venant. Tucci (2005) menciona que as vantagens desse tipo de modelo são a maior precisão e a melhor representação física do escoamento, pois permite simular modificações do sistema estudado.

3.3.4 Modelo de difusão

O modelo da onda difusa é uma simplificação da Equação 3.2, isto é, sem os termos da inércia conforme pode-se observar na Equação 3.4. Os termos predominantes são as forças de pressão, o atrito e a gravidade. Esse tipo de formulação matemática é muito empregado em simulações hidráulicas onde o trecho fluvial sofre efeitos de remanso.

Para a condição de escoamento unidimensional as equações de Saint Venant podem ser descritas pelas seguintes relações matemáticas (CHAUDHRY, 1993):

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \\ g \frac{A \partial y}{\partial x} - gA(S_0 - S_f) = 0 \end{array} \right. \quad (3.4)$$

3.4 Escoamento na planície de inundação

O trecho fluvial de uma bacia hidrográfica normalmente consiste de um canal principal pelo qual escoam grande parte da vazão e uma ou duas áreas de várzea adjacentes, conhecidas como planície de inundação. Quando o volume de uma onda de cheia excede a capacidade da calha principal do rio em decorrência do excesso de chuva ou pela liberação de água de um reservatório a montante, provoca a inundação das várzeas. A planície de inundação pode atuar como área de armazenamento ou permitir fluxos independentes do canal principal que podem ou não retornar ao mesmo de acordo com as características do relevo ou formas de ocupação humana.

O modelo de inundação mais simples é do tipo bacia de armazenamento ou área de inundação. Nesse modelo a planície de inundação atua somente no armazenamento dos volumes d'água extravasados do canal principal do rio. Assim, a velocidade do escoamento na planície de inundação é nula e o nível d'água é obtido pela relação linear entre duas seções transversais. As contribuições laterais de inundação são representadas pelo termo q da Equação 3.1. Esse termo possa ser desmembrado em dois.

$$q = q_1 + q_2 \quad (3.5)$$

Onde;

q_1 = vazão por unidade de comprimento de contribuição da bacia ($\text{m}^3/\text{s.m}$); e

q_2 = vazão de troca com a área de armazenamento ($\text{m}^3/\text{s.m}$).

A vazão de troca entre o rio e a planície de inundação é dada por (TUCCI, 2005):

$$q_2 = -L \frac{\partial h}{\partial t} \quad (3.6)$$

Sendo:

h = altura da superfície (m); e

L = largura equivalente à área de inundação da planície (m).

Quando a planície de inundação funciona apenas como armazenamento de água, a equação fica:

$$q_2 dx = - \left(\frac{\partial U}{\partial y} \frac{\partial h}{\partial t} \right) \quad (3.7)$$

Onde:

$\frac{\partial U}{\partial y}$ = área do volume armazenado (m^2). Para a estimativa da vazão é necessário conhecer a relação entre volume e profundidade.

3.4.1 Modelo de inundação do tipo bacia de armazenamento

De acordo com Campos (2011) e Coutinho & Pinto (2014) os modelos do tipo bacia de armazenamento são os mais empregados nas simulações hidráulicas e mesmo com as simplificações impostas, apresentam bons resultados nas previsões de inundações. Na Figura 3.1 pode ser observada a representação do modelo de inundação do tipo bacia de armazenamento ou área de inundação. A linha azul representa o centro do rio e as linhas verdes as seções transversais prolongadas até a planície de inundação. A parte inferior da figura detalha uma seção transversal na qual se observa a representação da velocidade d'água nula ($V=0$) na parte da planície de inundação onde ocorre somente armazenamento. Os termos b_c e b_p ilustram a largura da calha principal do rio e largura da planície de inundação respectivamente. Quando se verifica a elevação do nível d'água do canal principal ocorre à transferência de volume para a planície e quando se observa o rebaixamento do nível d'água, a planície perde volume para o canal principal. Esse processo é representado pelas Equações 3.1 e 3.8.

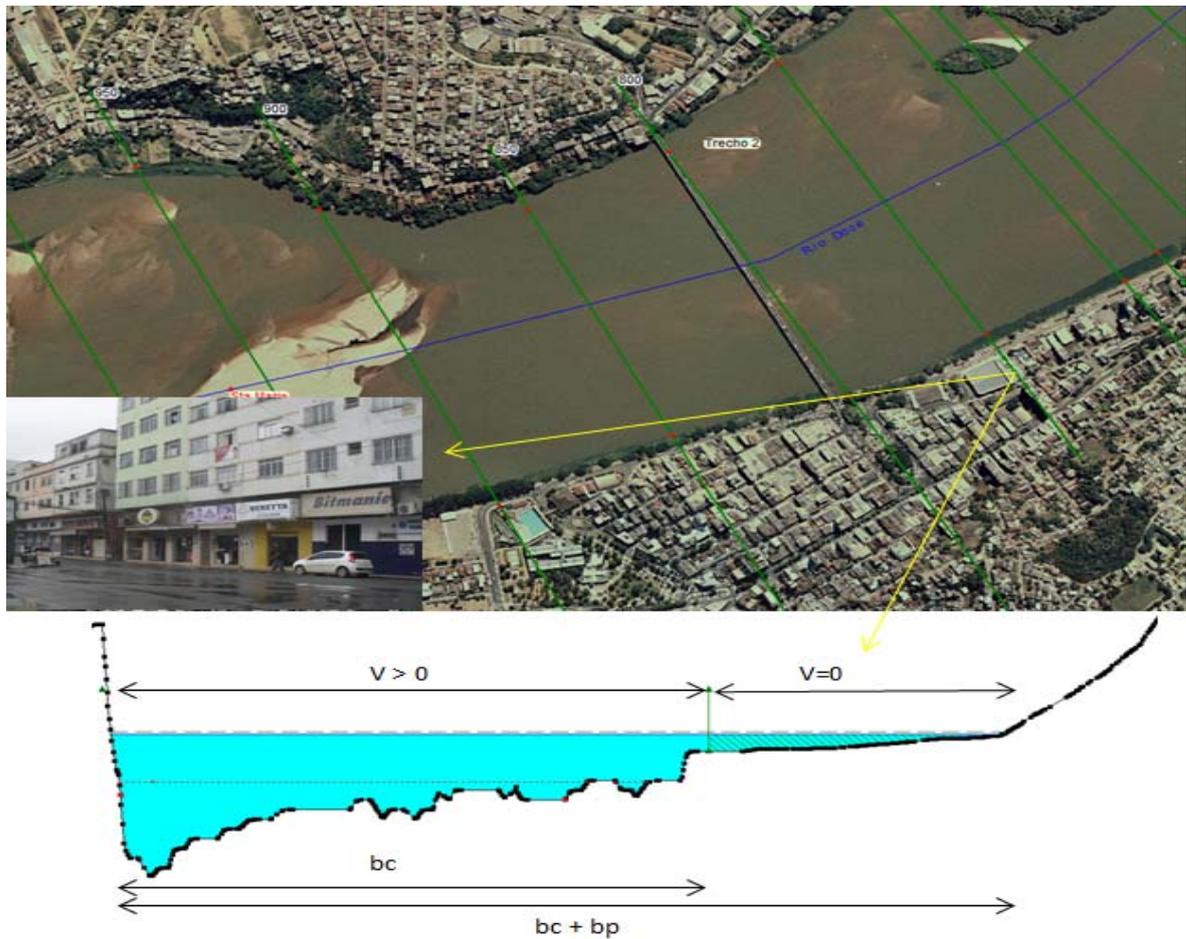


Figura 3.1 - Representação do modelo de inundação para bacia de armazenamento ou área de inundação

3.4.2 Modelo de inundação do tipo seção composta

O modelo de seção composta considera a planície de inundação como um prolongamento da seção transversal e permite modelar a velocidade do escoamento na planície de inundação, ou seja, quando ocorre o extravasamento da calha do rio o fluxo pela planície de inundação também é unidirecional (Cunge *et al.*, 1980).

A vazão total na seção transversal é a soma das vazões de cada subdivisão (vazão do canal principal e vazão na planície de inundação), que podem ser calculadas através da equação de Manning.

$$Q_i = KS_f^{1/2} \quad (3.8)$$

Em que

$$K_i = \frac{1}{n_i} A_i R_{hi}^{2/3}$$

Onde:

Q_i = vazão em cada subdivisão (m^3/s);

K_i = condutância hidráulica para cada subdivisão (m^3/s);

S_f = declividade relacionada com o atrito (m/m);

A_i = área para cada subdivisão (m^2);

R_{hi} = raio hidráulico para cada subdivisão (área / perímetro molhado) (m); e

n_i = coeficiente de rugosidade de Manning.

Geralmente as áreas inundadas pelas cheias possuem baixas profundidades e forte resistência ao escoamento causado pelas vegetações e obstruções das áreas urbanizadas. Por esse motivo utilizam-se valores do coeficiente de rugosidade de Manning nas regiões da planície de inundação superiores aos utilizados na calha principal do rio, região onde ocorrem as maiores velocidades.

Esse tipo de representação é a mais empregada nas simulações de inundações pelo fato de a maioria dos softwares de modelagem hidráulica 1D utilizar o conceito de repartição das seções transversais e o emprego da equação de Manning como, por exemplo, os modelos HEC-RAS 4.1 e MIKE 11. Nos trabalhos de Bates & De Roo (2000) e Brasil (2005), os resultados das simulações utilizando modelos 1D com seções compostas foram capazes de prever com a precisão adequada a extensão das inundações.

Na Figura 3.2 ilustra-se o modelo de seção composta. A linha azul representa o centro do rio e as linhas verdes as seções transversais prolongadas até a planície de inundação. A parte inferior da figura apresenta uma seção transversal, onde se observa a subdivisão K_c , onde é calculada a condutância para a calha principal do rio, e a subdivisão K_p , onde é calculada a condutância da planície de inundação. Os termos b_c e b_p representam as larguras da calha principal do rio e da planície de inundação, respectivamente.

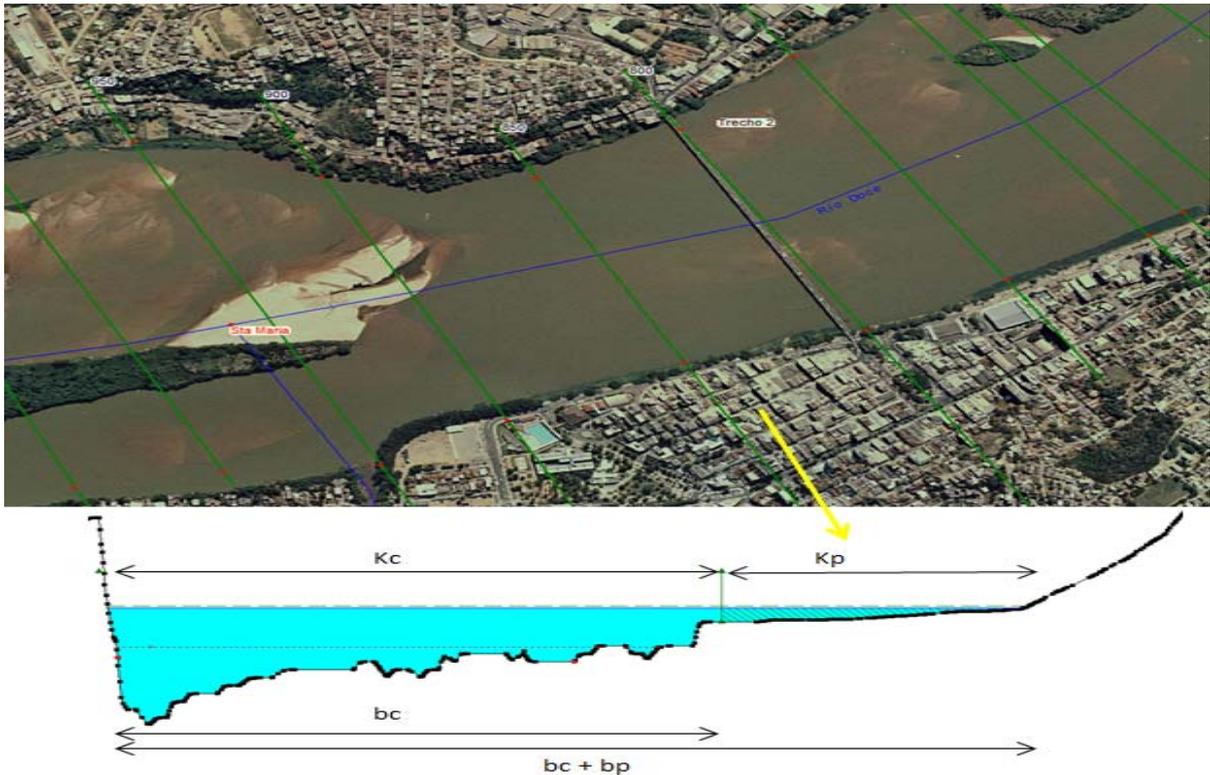


Figura 3.2 - Representação do modelo de seção composta

3.4.3 Modelo de inundação do tipo células de armazenamento

Os modelos conhecidos como células de armazenamento baseados em raster com aproximações de fluxos 2D foram propostos inicialmente por Bates & De Roo (2001); Horritt & Bates (2001) com o modelo LISFLOOD FP. A vazão de troca entre as células da planície é calculada empregando a equação de Manning em que o fluxo de água é controlado apenas pelos gradientes de pressão e declividade da linha d'água e o atrito. Os termos de aceleração e convectivos são assumidos desprezíveis. O modelo simula a descarga dos rios em uma bacia de drenagem como uma função de dados espaciais sobre a topografia e cobertura do solo.

Segundo Horritt & Bates (2001), a relação da variação de volume e altura da superfície livre entre células na planície de inundação pode ser descrita por:

$$\frac{\partial h^{i,j}}{\partial t} = \frac{Q_x^{i-1,j} - Q_x^{i,j} + Q_y^{i,j-1} - Q_y^{i,j}}{\Delta x \Delta y} \quad (3.9)$$

$$Q = \frac{h_{flow}^{5/3}}{n} \left(\frac{h^{i-1,j} - h^{i,j}}{\Delta x} \right)^{1/2} \Delta y \quad (3.10)$$

Onde:

$h^{i,j}$ = altura da superfície livre de água no nó (i, j) (m);

Δx = dimensão da célula na direção horizontal x (m);

Δy = dimensão da célula na direção horizontal y (m);

n = coeficiente de rugosidade de Manning na planície de inundação;

Q_x = a variação do volume escoado em cada célula na direção x (m^3/s);

Q_y = a variação do volume escoado em cada célula na direção y (m^3/s); e

h_{flow} = profundidade disponível para escoamento entre os elementos (células) i,j e $i+1,j$ (m)

Na Figura 3.3 ilustra-se o modelo raster de células de armazenamento com aproximações de fluxos 2D. A figura superior esquerda detalha a representação do fluxo entre células regulares (1 e 2) onde o termo h_{flow} refere-se à profundidade disponível para escoamento entre as duas células, Zna se refere à cota do nível da água e Zp à cota do fundo (superfície do terreno). A linha azul representa o centro do rio e as linhas verdes as seções transversais, e sobre a planície de inundação verifica-se uma malha de células que refere-se a região de escoamento 2D. A figura inferior detalha uma seção transversal, onde se observa a subdivisão do escoamento na calha principal, sendo os termos Q , n e b com o subíndice c referentes, respectivamente, a vazão, ao coeficiente de rugosidade de Manning e largura do canal principal e a subdivisão da planície de inundação com os mesmos termos referenciados pelo subíndice p.

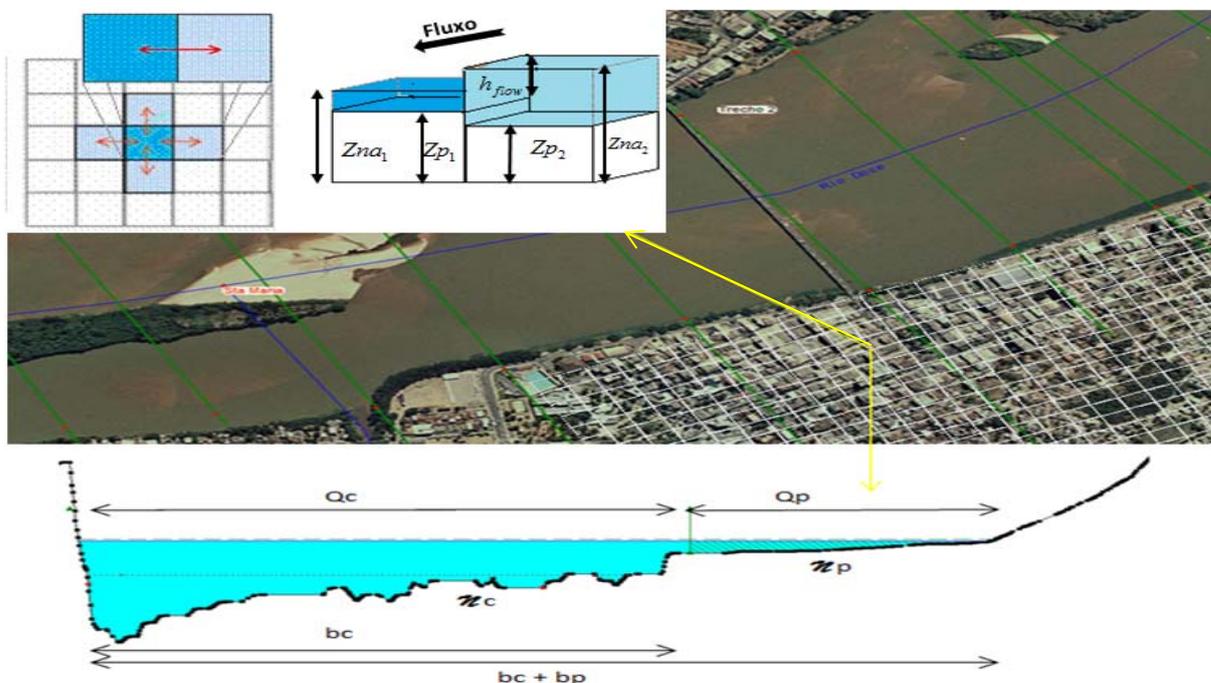


Figura 3.3 - Representação do modelo de armazenamento baseado em raster com aproximações de fluxos 2D proposto inicialmente por Bates & De Roo (2000)

As abordagens 2D normalmente usam as velocidades médias em relação à profundidade obtida pela integração das equações de Navier-Stokes sobre a profundidade do escoamento, como as equações de Saint Venant (Wu *et al.*, 2011).

As equações da conservação da massa e da quantidade de movimento para fluxos 2D, considerando um sistema de coordenadas cartesianas estão descritas abaixo (Wu *et al.*, 2011).

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (3.11)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(huu)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = & -gh \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} (v_t h \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (v_t h \frac{\partial u}{\partial y}) \\ & + \frac{1}{\rho} (\tau_{sx} + \tau_{wx} - \tau_{bx}) + f_c hv \end{aligned} \quad (3.12)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hvv)}{\partial y} = & -gh \frac{\partial Z}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} (v_t h \frac{\partial v}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (v_t h \frac{\partial v}{\partial y}) \\ & + \frac{1}{\rho} (\tau_{sy} + \tau_{wy} - \tau_{by}) - f_c hu \end{aligned} \quad (3.13)$$

Onde;

t = tempo(s);

x, y = coordenadas cartesianas no plano horizontal (m);

Δx = tamanho médio da célula (m);

u = velocidade na direção x (m/s);

v = velocidade na direção y (m/s);

Z = nível em relação ao fundo do canal (m);

g = a aceleração gravitacional (m/s²);

ρ = representa a densidade;

f_c = coeficiente de coriolis;

τ_{sx} e τ_{sy} = momento causado pela presença de ondas na superfície nas direções x e y, respectivamente;

τ_{wx} e τ_{wy} = coeficiente de resistência do vento na superfície do escoamento nas direções x e y, respectivamente (m/m);

τ_{bx} e τ_{by} = tensão de cisalhamento no fundo do canal nas direções x e y, respectivamente;
 ν_t = viscosidade turbulenta devido à turbulência; e
 n = Coeficiente de rugosidade de Manning.

A partir do problema que se deseja representar numericamente e definido o método de discretização a ser empregado na solução das equações do escoamento, é necessário construir sobre o domínio computacional uma malha, a qual é formada por um conjunto de pontos ou vértices, onde as variáveis que definem a condição de escoamento (velocidade, profundidade ou do nível da água) são calculadas por meio de solução dos sistemas de equações em cada elemento/célula da malha.

Segundo Néelz *et al.* (2009), a escolha da estratégia de discretização das equações do escoamento está relacionada à escolha do tipo de grade. O método das diferenças finitas é adequado apenas para redes estruturadas, enquanto que os métodos dos elementos finitos e volumes finitos são projetados para utilizarem malhas estruturadas e não estruturadas.

A malha pode ser representada em uma matriz retangular (o programa numérico pode efetivamente fazer uso de matrizes retangulares para armazenar variáveis de fluxo envolvidas no cálculo). Qualquer ponto na matriz está fisicamente conectado aos quatro vértices de cada lado. Uma grade estruturada onde os vértices estão fisicamente dispostos em intervalos regulares como um conjunto de células quadradas está apresentado na Figura 3.3. A desvantagem das malhas estruturadas é que essas devem ser aplicadas apenas em domínios com geometrias menos complexas. Apesar dessas limitações alguns autores, como Bates *et al.* (2005), Horritt & Bates (2002) e Lin *et al.* (2005), obtiveram resultados satisfatórios na representação da extensão das inundações.

Uma malha não estruturada é representada por uma matriz irregular. Os pontos que constituem esse tipo de malha são mantidos como listas e são identificados por suas coordenadas (x, y, z). Os detalhes de como os pontos são ligados uns aos outros são registados numa base de dados. A malha não estruturada permite que sejam utilizadas células com variadas formas geométricas, como triângulos, retângulos ou figuras geométricas com mais faces. Para geometrias de terrenos muito complexos, esse tipo mais flexível de malhas é o que consegue adaptar-se sem quaisquer limitações à fronteira do domínio de solução, ou seja, possibilita a melhor representação dos contornos irregulares do terreno a ser modelado. No

entanto, esse tipo de detalhamento pode aumentar o tempo computacional (Asselman *et al.*, 2009; Brunner, 2014; Néelz *et al.*, 2009; Nikolos & Delis, 2009 e Wu *et al.*, 2011).

Na Figura 3.4 ilustra-se uma malha de células não estruturadas para a representação do escoamento 2D na planície de inundação. No detalhe da figura no lado superior direito são observadas células de tamanhos regulares e irregulares, ou seja, células com diferentes tamanhos e faces. A figura inferior possui as mesmas informações apresentadas na Figura 3.3. Porém, na subdivisão da planície de inundação, subíndice p , observa-se as variáveis h e V referentes, respectivamente, a altura da elevação da superfície de água em cada célula e a velocidade de escoamento em cada célula. Nota-se na planície de inundação que o modelo de células de escoamento 2D possibilita obter mais informações sobre a propagação do escoamento, mais especificamente, sobre o comportamento das variáveis velocidade, profundidade e vazão.

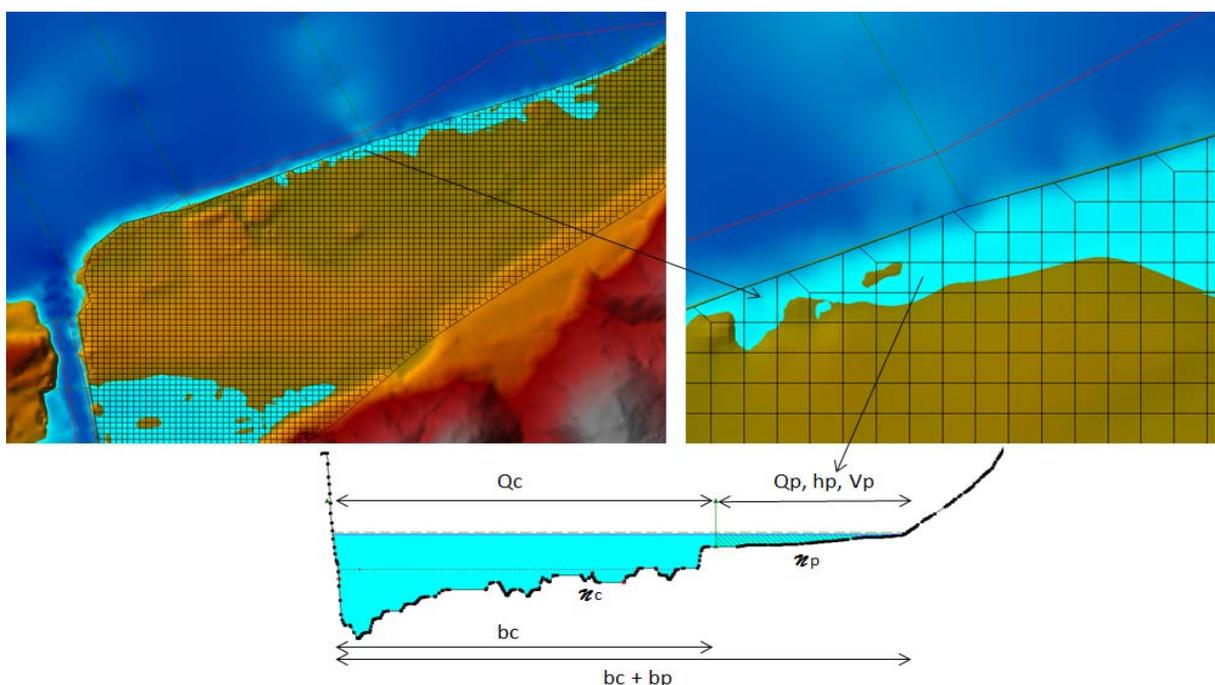


Figura 3.4 - Representação dos modelos com células de fluxos 2D estruturadas ou não estruturadas

3.5 Principais fatores que afetam a estabilidade e a precisão dos modelos hidráulicos

Segundo Tucci (2005), além da estabilidade numérica, é necessário verificar a precisão numérica dos modelos de escoamentos não permanentes. A precisão se refere ao erro numérico introduzido na solução e é um atributo que depende principalmente de como são

adotados os intervalos de discretização espacial (seções transversais) e temporal (intervalo computacional).

A precisão do modelo pode ser definida como o grau de proximidade entre as soluções numéricas e a real e depende dos seguintes fatores (USACE, 2010b):

- Suposições e limitações do modelo (seção transversal e 1D);
- Qualidade dos dados de geometria (Manning, seção transversal, curvas, pontes, etc.);
- Precisão dos dados de vazões e condições de contorno (hidrograma de entrada, curva de descarga, etc.); e
- Precisão numérica do esquema de solução (solução da equação de escoamento não permanente).

Segundo Asselman *et al.* (2009), Brunner (2014) e Néelz *et al.* (2009) a precisão dos modelos de fluxos bidimensionais está condicionada ao tipo de malha (células estruturadas ou não estruturadas) e a resolução da malha de células computacionais (tamanho das células). Outro aspecto importante também mencionado pelos autores é que o MDT deve ter boa resolução altimétrica e espacial, pois a malha de células de volumes finitos deve representar todos os aspectos morfológicos do terreno. Asselman *et al.* (2009), avaliaram modelos 2D com diferentes formulações matemáticas e tipos de malhas (estruturadas e não estruturadas) na simulação de inundações urbanas e observaram que quando são utilizados modelos com malhas estruturadas, como os modelos SOBEK e LISFLOOD-FP, as características construtivas das áreas e morfologia são ignoradas por serem menores que a resolução da malha.

O intervalo computacional para modelos 1D e modelos 1D/2D, o espaçamento entre seções transversais para modelos 1D e a resolução de malha computacional da planície de inundação para os modelos 2D são os principais fatores que afetam a instabilidade e precisão numérica nas simulações hidráulicas. A combinação desses fatores associados com um Modelo Digital de Terreno que represente as feições morfológicas da área em estudo são os elementos importantes no mapeamento de áreas inundáveis (Brunner, 2014; Nikolos & Delis, 2009; Wu *et al.*, 2011).

As vazões utilizadas nas simulações hidráulicas, na maioria dos casos, são obtidas por meio da curva-chave, a qual relaciona o nível do rio em um ponto com monitoramento fluviométrico com a sua respectiva vazão (Horritt & Bates, 2002; Masoero *et al.*, 2012). No entanto, as faixas dos hidrogramas de cheia que ocasionam as inundações geralmente estão no tramo da curva-chave estabelecida por um método de extrapolação. Segundo Jacon & Cudo (1989) e Kennedy (1984), as incertezas para essas faixas de cotas podem ser grandes e, em alguns casos, inviabilizar qualquer estudo hidrológico. A dificuldade de se obter dados medidos de forma direta nas faixas de vazões de inundações está associada a problemas de segurança da equipe técnica e até mesmo de acesso às seções de medições como, por exemplo, na cheia ocorrida no baixo rio Doce em dezembro de 2013, vários acessos viários estavam bloqueados devido a deslizamentos de terra e rompimentos de pequenas barragens. Baseado nesse contexto nota-se que avaliar a utilização de parâmetros calibrados para eventos mais frequentes na propagação de hidrogramas de cheias de maior magnitude é uma alternativa nos estudos de modelagem hidráulica. Segundo USACE (1993) os valores do coeficiente de rugosidade de Manning é função das características da superfície molhada da seção do rio. Quando ocorre a necessidade de calibrar os valores desse coeficiente acima ou abaixo dos mencionados na literatura como, por exemplo, Chow (1959), é um indício de prática para compensar os problemas de geometria e dados hidrométricos de má qualidade.

3.6 Modelagem hidráulica de rios com planície de inundação

A modelagem matemática aplicada a recursos hídricos estuda a simulação de sistemas reais a fim de prever o comportamento dos mesmos, ou seja, busca descrever matematicamente o fenômeno estudado. Nos estudos de propagação da onda de cheia em rios que possuem características de extravasamento do excesso de água para a planície de inundação são utilizadas várias abordagens para a representação dos escoamentos e avaliação da magnitude das enchentes e inundações.

Vários modelos numéricos foram desenvolvidos durante as últimas décadas para a simulação de enchentes. Os pacotes de modelos de simulações hidráulicas disponíveis no mercado representam os escoamentos nos rios e planície de inundação de três formas: escoamento unidimensional (1D) na calha do rio e planície de inundação, escoamento bidimensional (2D) na calha do rio e planície de inundação e modelos integrados 1D/2D na calha principal e planície de inundação, respectivamente.

3.6.1 Escoamento unidimensional (1D)

A abordagem mais comumente empregada são os modelos hidráulicos que utilizam as equações do escoamento unidimensional (1D). Esses modelos consideram a planície de inundação como áreas inefetivas ou de armazenamento, ou seja, admite-se que nessas áreas não ocorrem fluxos. Para esse tipo de modelagem são utilizadas seções transversais compostas para incluir a representação das planícies inundáveis. As profundidades são estabelecidas através da relação linear entre as seções transversais.

Campos (2011) utilizou o modelo hidrodinâmico unidimensional HEC-RAS em regime permanente e transitório na representação das manchas de inundação da cidade de Governador Valadares/MG. Apesar das diferentes formulações matemáticas utilizadas na representação do escoamento permanente (equação da energia de Bernoulli) e representação do escoamento não permanente (equação da conservação da massa e da quantidade de movimento), não foi verificada diferença significativa entre os resultados das simulações e os modelos representaram bem as áreas inundadas observadas. Na mesma linha de pesquisa, porém com o objetivo de mapear áreas inundáveis associadas à ruptura de barragens, Monte-Mor (2005) utilizou o modelo FLDWAV com a hipótese de escoamento unidimensional em regime não permanente. Constatou-se também que modelos 1D representam bem a propagação da onda de cheia e a inundação das áreas de várzeas.

Em um estudo mais recente Lauriano (2009) realizou a avaliação e a comparação entre dois modelos 1D de propagação de vazões em regime não permanente: FLDWAV e HEC-RAS. O autor chegou à conclusão que para os cenários de estudos realizados, os dois modelos testados apresentam resultados com a precisão esperada na propagação da inundação em vales encaixados, onde naturalmente as condições de unidimensionalidade do escoamento são prevaletidas. Na existência de planícies de inundação e áreas urbanizadas, as hipóteses de uma modelagem unidimensional deixam de ser válidas. Assim, o mesmo autor Sugere a realização de estudos com a hipótese de escoamento 2D nas áreas urbanas à jusante da barragem.

3.6.2 Escoamento bidimensional (2D)

Os modelos hidráulicos com representação bidimensional (2D) da calha principal do rio e planície de inundação são mais empregados para estudos específicos em trechos de rios como,

por exemplo, em estudos de ruptura de barragem e projetos de estruturas hidráulicas onde são observadas ocorrências de diferentes tipos de escoamento, variações bruscas na profundidade e velocidade, mudanças pontuais da direção de fluxo e outras características que impedem o uso das simplificações impostas para simulação em modelos 1D. A grande dificuldade do uso desse tipo de simulação para estudos de inundações é na criação e refino das malhas de cálculo 2D para áreas extensas devido o tempo computacional despendido e problemas de convergência dos cálculos. A forma e tamanho da malha têm influência direta no tempo de processamento dos dados e nos resultados esperados. Atualmente, o limite de nós de cálculos é definido pela capacidade de processamento do micro computador usado e na estabilidade numérica para a calibração e validação do modelo.

Brasil (2005) pesquisou a utilização de modelagens uni e bidimensional para a propagação de onda de cheia proveniente de ruptura hipotética de barragem. Para a formulação do escoamento unidimensional o autor utilizou o modelo numérico FLDWAV, o qual se baseia na solução das equações completas de Saint Venant, e o modelo FESWMS para a simulação bidimensional da propagação da onda de inundação em regime de escoamento não permanente e gradualmente variado. No caso bidimensional, e considerando regime de escoamento não permanente, o autor não obteve êxito na modelagem hidráulica. O autor relata ainda a inviabilidade do uso do modelo numérico FESWMS em função da quantidade de dados que devem ser gerados para a construção da malha de elementos finitos. Constatou também que embora o trecho de estudo seja de poucos quilômetros ainda sim é necessário grande tempo computacional para o processamento dos dados.

A solução adotada pelo autor para obter a convergência do modelo FESWMS foi com a utilização das respostas das simulações anteriores do modelo FLDWAV como condições iniciais para o modelo 2D. Dado os problemas encontrados, na conclusão dos estudos foi recomendado que uma análise mais detalhada do software fosse realizada. O autor recomendou realizar um estudo para comparar os resultados da modelagem unidimensional com a modelagem bidimensional, considerando o escoamento em formulação não permanente.

3.6.3 Modelos hidráulicos integrados 1D/2D

Os modelos hidráulicos conhecidos como modelos integrados utilizam as equações do escoamento unidimensional para a previsão da velocidade e nível de água em determinados

pontos do canal principal do rio, acoplado a um modelo bidimensional (2D) de propagação de onda de cheia para a simulação do escoamento nas zonas inundáveis. Essa abordagem foi introduzida por Cunge *et al.* (1980), que utilizou o conceito de célula de armazenamento para tratar o fluxo bidimensional nas áreas de várzeas.

Para a representação do escoamento na planície de inundação, esses modelos utilizam malhas computacionais com células regulares ou não regulares. Essa malha computacional possibilita simular a inundação se propagando no espaço bidimensional, ou seja, fluxos perpendiculares ao eixo do canal principal conforme a topografia representada através de um Modelo Digital de Elevação (MDE).

A simulação hidráulica com modelos combinados vem crescendo consideravelmente nas duas últimas décadas pelo fato de que muitos estudos demonstram que a simulação da propagação unidimensional (1D) em regime não permanente apresenta bons resultados nas previsões de níveis na calha principal (Bates & De Roo, 2000; Hunter *et al.*, 2008; Wilson *et al.*, 2007 e Brunner, 2014). Outro aspecto é a disponibilidade dos modelos digitais de terreno (MDT) com boa representação topológica das planícies de inundação, o que possibilita o uso de modelos bidimensionais para a representação do fluxo lateral entre a planície e o canal principal.

A relevância dessa abordagem vem do fato de que as cidades ocupam as planícies de inundação de forma concentrada. Conhecer o comportamento da propagação da inundação e de outras variáveis do escoamento como, velocidades e profundidades, possibilita o melhor convívio da sociedade com as cheias. Outro aspecto importante é que muitas bacias hidrográficas possuem extensas áreas de planícies inundáveis e, neste caso, os escoamentos podem assumir direções totalmente independentes do fluxo do canal principal. No entanto, bacias muito grandes, como é o caso da bacia amazônica, podem limitar o uso de modelagem bidimensional, dada a incapacidade do modelo 2D representar o escoamento em áreas muito planas, com extensas áreas inundáveis e efeitos de remanso (Paiva, 2009).

Vários estudos têm sido desenvolvidos na tentativa de representar os fluxos em áreas urbanas susceptíveis a inundações com a abordagem de modelos integrados. Na Europa o modelo hidrológico LISFLOOD-FP tem sido utilizado como uma ferramenta de pesquisa na fase pré-operacional de Sistemas de Alerta de Enchentes, pois permite o acoplamento de dados de chuvas, o que possibilita realizar previsões e cenários de inundações. Instituições

governamentais, como a Agência Ambiental da Inglaterra e do País de Gales, utilizam o Modelo LISFLOOD-FP como ferramenta de pesquisa para a avaliação dos riscos de inundações. O modelo LISFLOOD-FP utiliza a equação da onda cinemática unidimensional para simular o escoamento nos rios e um modelo bidimensional explícito do tipo difusão (Bates & De Roo, 2000).

No Brasil alguns estudos, como os de Paiva (2009) e Paz *et al.* (2010), utilizaram na modelagem hidrológica e hidrodinâmica, modelos integrados 1D/2D para simulações de cheias em grandes bacias. Foram utilizadas manchas de inundação obtidas por meio de satélites para comparar com as manchas simuladas previstas pelos modelos. Os autores relatam que o desempenho dos modelos se mostra satisfatório para simulação de cheias.

3.6.4 Estudos comparativos entre modelos 1D e 2D

Muitos estudos de modelagens 1D têm demonstrado que os resultados das previsões são satisfatórios, com a vantagem de necessitarem de menos variáveis de entrada e menor tempo computacional para processamento dos dados.

O uso de modelos combinados vem crescendo consideravelmente, talvez pelo fato da disponibilidade de dados topográficos e de MDT com boa resolução espacial e em função da melhora da capacidade de processamento dos micros computadores. A modelagem integrada 1D/2D tem permitido uma melhor avaliação das características dos escoamento na planície de inundação durante a passagem de uma enchente. No entanto, quando são utilizados modelos mais complexos são necessárias mais variáveis de entrada para a calibração e validação do modelo (Hunter *et al.*, 2008).

A seleção de modelos hidráulicos é muitas vezes baseada no nível de precisão dos resultados esperados, na disponibilidade de recursos financeiros do projeto em questão para levantamento de dados e na robustez numérica (Néelz, 2009). Poucos estudos têm efetivamente avaliado o desempenho entre modelos unidimensionais e bidimensionais na propagação de ondas de cheias e inundações urbanas.

Nos estudos de Horritt & Bates (2002), são avaliados e comparados os resultados de simulações de cheias em termos de tempo de viagem da onda de cheia no canal principal e em termos de extensão de áreas inundadas simuladas de dois eventos ao longo do rio Severn

(Inglaterra). Foram utilizados três modelos matemáticos, o modelo HEC-RAS, que representa o escoamento na planície de forma unidimensional como dois canais paralelos ao rio principal e utiliza as equações completas de Saint Venant para fluxos não permanente através do método das diferenças finitas, o modelo LISFLOOD-FP, que é um modelo bidimensional explícito do tipo difusão, e o modelo TELEMAC 2D, que utiliza as equações de Navier-Stokes para águas rasas resolvidas pelo método dos elementos finitos em uma malha computacional irregular. Esses autores concluíram que os três modelos são capazes de prever a extensão da inundação e os tempos de viagem da onda de cheia com a precisão esperada. No entanto, em termos do coeficiente de rugosidade de Manning, o modelo TELEMAC-2D foi calibrado com valores fora da faixa sugerida na literatura como, por exemplo, por Chow (1959), para melhor representar a extensão da inundação.

Na avaliação da performance entre modelos foram utilizados dados de satélites com as imagens das áreas inundadas referente aos dois eventos estudados, as quais foram comparadas com as áreas inundadas previstas nas simulações hidráulicas. Horritt & Bates (2002) consideram como um “bom” modelo aquele que pode ser calibrado com dados hidrométricos e, em seguida, fornecer as previsões mais precisas da extensão da inundação. Segundo os mesmos autores esse conceito é adequado quando são utilizados modelos matemáticos na avaliação de risco de inundação, para casos em que a extensão da inundação, ao invés da descarga, é o principal interesse. Levando-se em conta esse conceito o estudo indica que o modelo HEC-RAS apresentou melhor desempenho na previsão de extensão da área inundada na região modelada.

O que se observa é que precisam ser realizados mais estudos com comparações de resultados de simulações 1D e 2D para se chegar a uma conclusão mais precisa sobre as reais vantagens no uso de um ou outro modelo. Outra questão a ser levantada é a necessidade de possuir uma ferramenta de avaliação de desempenho dos modelos em relação à capacidade dos mesmos representarem uma mancha de inundação ocorrida.

3.7 Avaliação de desempenho da simulação hidráulica

O principal parâmetro a ser calibrado nos modelos hidráulicos é o coeficiente de rugosidade de Manning. As principais variáveis de saída do modelo hidrodinâmico são as vazões, os níveis d'água e a extensão das áreas inundadas. Uma forma de avaliar os resultados da propagação das inundações em regime não permanente é através da comparação com os dados

observados. Para tanto, utiliza-se uma série de índices estatísticos, como por exemplo, o Índice de Eficiência de Nash – Sutcliffe. Neste estudo será aplicada uma função critério (FC) para a avaliação do desempenho das simulações hidráulicas. Mais detalhes sobre a função critério serão descritos no item 4.3.

Avaliar a performance entre modelos apenas com dados hidrométricos pode não ser suficiente para obter respostas satisfatórias sobre qual modelo apresenta melhores resultados nas simulações de inundações.

Os modelos hidráulicos utilizam diferentes formulações matemáticas e, por conseguinte, possuem diferentes características de entrada de dados (geometria e parâmetros hidráulicos). A combinação de dados de extensão de inundação e dados hidrométricos pode ser uma forma adequada de avaliar e comparar a performance entre modelos hidráulicos. Essa análise pode ser feita através da comparação de mapas de inundação simulados e observados, e deve identificar as áreas em que os modelos hidrodinâmicos calibrados com dados hidrométricos acertam ou não a extensão das áreas inundadas. As áreas observadas são obtidas através de mapeamento em campo ou por imagem de satélites. Segundo Horritt & Bates (2002), a fração de áreas inundadas modeladas em relação ao total modeladas e inundado é o mais apropriado para verificação do desempenho dos modelos. Essa fração pode ser assim obtida:

$$F = \frac{N_{um}(S_{mod} \cap S_{obs})}{N_{um}(S_{mod} \cup S_{obs})} \times 100 \quad (3.14)$$

Onde:

F = medida F;

$N_{um}(\cdot)$ = representa as sub-regiões (pixels, células ou áreas) do MDT atingidas pelas manchas de inundação;

S_{mod} = representa as áreas inundadas simuladas pelos modelos hidráulicos;

S_{obs} = representa as áreas observadas obtidas por mapeamento das manchas de inundação;

$(S_{mod} \cap S_{obs})$ = interseção entre as áreas inundadas simuladas e observadas; e

$(S_{mod} \cup S_{obs}) = S_{mod} + S_{obs} - (S_{mod} \cap S_{obs})$.

Muitos autores como Horritt *et al.* (2001), Horritt *et al.* (2002), Masoero *et al.* (2012) e Paiva (2009), utilizaram a medida de desempenho F para avaliar a performance das simulações

hidráulicas. No entanto, não fica claro se a calha do rio compõe as imagens raster na avaliação da extensão da inundação com a aplicação da medida F. Observa-se que o uso da calha do rio pode mascarar os resultados da avaliação.

A obtenção das manchas de inundação através de sensoriamento remoto tem demonstrado ser uma ferramenta útil no mapeamento da extensão da inundação (Horritt *et al.*, 2001; Horritt *et al.*, 2002, Masoero *et al.*, 2012 e Paiva, 2009). Os dados de imagens de satélites são obtidos através da passagem do satélite sobre o globo terrestre. O período de revista do sensor satélite em um determinado ponto está associado com o tipo de missão, no caso do Topex/Poseidon, Jason-1 e Jason-2, são 10 dias, o satélite ERS-2, o tempo de passagem é de 35 dias (Moreira, 2010). Considerando a necessidade da passagem do satélite coincidir com o pico de cheia ou horários próximos, essa forma de obtenção das imagens da extensão da inundação é eficaz para grandes bacias com extensas áreas inundáveis, onde os cotogramas são mais previsíveis e permanecem por mais tempo estacionados em valores próximos à cota máxima do evento de enchente pesquisado. A Figura 3.5 ilustra o cotograma da estação fluviométrica Manaus, código, 14990000 pertencente à Rede Hidrometeorológica Nacional, localizada em Manaus/AM. A área de drenagem da bacia é de 712.000 km², a cota máxima no ano de 2009 foi de 22,772 m. Pode ser observado através do detalhe na figura que valores de cotas próximos ao pico da cheia permanecem estacionados por aproximadamente 40 dias, tempo suficiente para a passagem de um satélite para obtenção das imagens das áreas inundáveis.

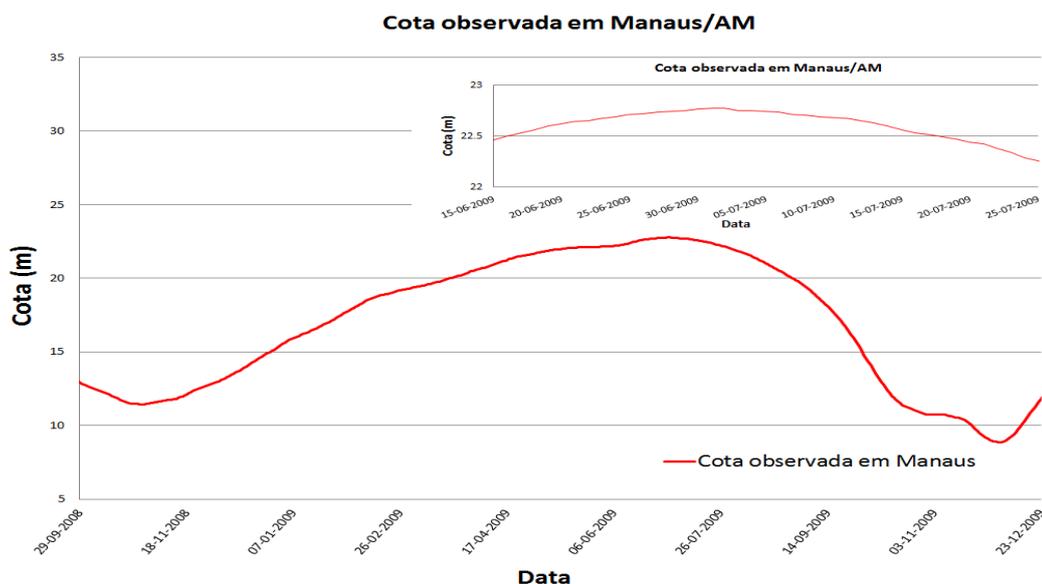


Figura 3.5 - Cotograma de Manaus/AM

Para áreas pequenas, onde a ascensão e recessão do hidrograma se processa de forma rápida, torna-se necessário obter as manchas de inundação através de mapeamento de campo e transforma-las em uma base raster, o que permite a comparação com os resultados das manchas simuladas (Coutinho & Pinto, 2014 e CPRM, 2014a).

3.8 Introdução ao software HEC-RAS

Para cálculo e representação das inundações em meios urbanos com a hipótese de escoamento 1D e, 1D no canal principal e 2D na planície de inundação, torna-se necessário um software que utilize uma base SIG para a representação da topologia das áreas sujeitas a inundações e que permita a entrada da geometria do canal principal. Os softwares HEC-RAS nas versões 4.1 e 2D 5.0 Beta, utilizados nesta pesquisa, atendem a todos esses requisitos e podem ser utilizados nas simulações do escoamento não permanente.

O software HEC-RAS foi desenvolvido pelo Hydrologic Engineering Center (HEC), uma instituição conjunta ao Institute for Water Resources, do US Army Corps of Engineers. Esse software está disponível gratuitamente e possibilita a análise dos escoamentos em rios e canais abertos. O HEC-RAS permite a simulação de escoamento unidimensional em regime permanente e a propagação unidimensional em regime transitório.

O software HEC-RAS 4.1 será utilizado neste estudo para realizar a simulação da propagação do escoamento na hipótese de fluxo unidimensional e regime transitório com emprego da formulação completa das equações de Saint Venant (equações 3.1 e 3.2).

Os softwares utilizados no trabalho proposto para as simulações 1D, HEC-RAS 4.1 e HEC-RAS 5.0 2D Beta, possuem em seus algoritmos a forma implícita do esquema de quatro pontos de Preissmann, baseado nas equações de Saint Venant na forma integral para resolução do método das diferenças finitas (USACE, 2010a, Brunner, 2014).

No esquema de Preissmann as derivadas parciais e outras variáveis são aproximadas com o uso de aproximação progressivo da seguinte forma:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \theta \frac{(f_{i+1}^{t+1} - f_i^{t+1})}{\Delta x^2} + (1 - \theta) \frac{(f_{i+1}^t - f_i^t)}{\Delta x^2} \quad (3.15)$$

$$\frac{\partial f}{\partial y} = \Phi \frac{(f_{i+1}^{t+1} - f_{i+1}^t)}{\Delta t^2} + (1 - \Phi) \frac{(f_i^{t+1} - f_i^t)}{\Delta t^2} \quad (3.16)$$

Onde: $(\frac{\partial f}{\partial x})$ representa a derivada parcial de f em relação a x ; $(\frac{\partial f}{\partial y})$ representa a derivada parcial de f em relação a t ; Δx é a distância entre duas seções transversais consecutivas; e Δt é o intervalo de tempo entre os instantes t e $t+1$. Os coeficientes de ponderação tomam valores entre 0 e 1, sendo usual considerar-se $\Phi=0,5$ e $0,6 < \theta < 1,0$, com o objetivo de evitar as oscilações na solução (Cunge, 1980).

A Figura 3.6 ilustra a representação do esquema de quatro pontos de Preissmann, o qual esboça uma superfície limitada pela função $f(x,t)$ em cada um desses pontos, sendo posteriormente possível encontrar um valor representativo de f nessa região utilizando coeficientes de ponderação θ e Φ .

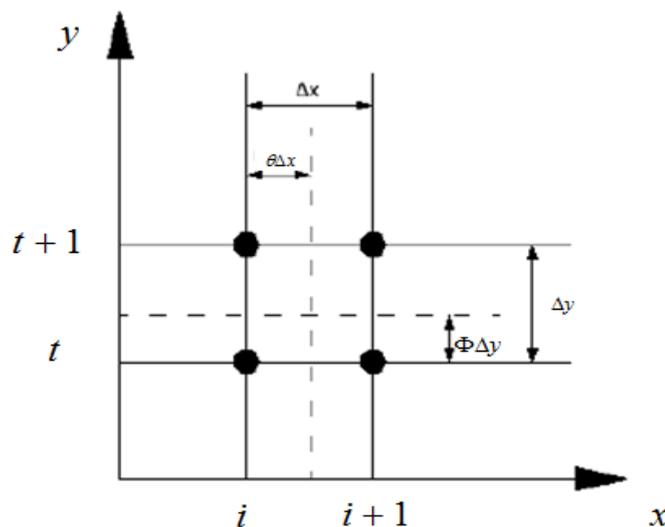


Figura 3.6 - Esquema de quatro pontos

Na sequência são apresentadas as rotinas de cálculos e como o HEC-RAS aplica as teorias de cálculos dos perfis de superfície de água em canais abertos, e também as características do regime de escoamento predominante.

A partir da versão 4.1 do HEC-RAS foi introduzida a interface geográfica RAS Mapper, que permite refinar a geometria do modelo hidráulico. Essa interface possibilita também a análise dos resultados do modelo através da visualização geoespacial dos resultados da simulação em

conjunto com a base de dados geométricos. Esse procedimento permite identificar mais facilmente as possíveis deficiências do modelo hidráulico e fazer melhorias.

Também está disponível um suplemento, chamado HEC-GeoRAS, que é uma extensão GIS que fornece uma série de procedimentos e ferramentas para a preparação dos dados georreferenciados para importação para o HEC-RAS e a geração de resultados georreferenciados a partir do HEC-RAS (USACE, 2005).

No ano de 2014 o HEC lançou o software HEC-RAS 2D Versão 5.0 Beta. Esse software possui as mesmas ferramentas de análise dos escoamentos da versão HEC-RAS 4.1, porém foi empregada a capacidade de executar a simulação hidráulica bidimensional (2D).

O software HEC-RAS 2D 5.0 Beta possui o recurso de realizar a simulação da propagação do escoamento na hipótese de fluxo unidimensional em regime transitório, bidimensional em regime transitório (formulação completa das equações de Saint Venant ou da onda difusiva) ou ainda o modelo combinado 1D/2D. Esse modelo hidrodinâmico utiliza o esquema implícito em seus algoritmos para resolução do método dos volumes finitos (Brunner, 2014).

a) O efeito da gravidade nos escoamentos 1D

O efeito da gravidade sobre o escoamento permanente está representado por uma relação de forças de inércia e forças de gravidade (Chow, 1959). Essa relação é chamada de número de Froude e representada pela equação 3.17. Essa análise abrange apenas as condições de distribuição de velocidade uniforme na área do canal principal da seção transversal, não incluindo as áreas de planície. O número de Froude (F_r) é dado por:

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gD}} \quad (3.17)$$

Em que:

V = velocidade média (m/s);

g = aceleração da gravidade (m/s²); e

D = profundidade hidráulica (m).

Quando $F_r = 1$ as forças inerciais e gravitacionais são iguais e o escoamento é denominado de escoamento crítico; para $F_r < 1$ os efeitos das forças gravitacionais são maiores do que as

forças de inércia, e o escoamento é referido como fluxo subcrítico, ou tranquilo; e se $F_r > 1$ significa que as forças inerciais excedem as forças gravitacionais e o escoamento é referenciado como supercrítico.

As situações onde ocorrem altas velocidades e mudanças bruscas da profundidade e velocidade são mais difíceis de modelar e manter uma solução estável. À medida que o número de Froude se aproxima de 1,0 (profundidade crítica), os termos de inércia das equações de Saint Venant e seus derivados associados tendem a causar instabilidades na simulação. O software tem uma opção de execução em modo de regime de fluxo misto. No entanto, essa opção somente deve ser utilizada quando se tem a certeza da ocorrência de regime fluvial com escoamento misto (USACE, 2010b).

b) Distribuição da velocidade na seção transversal

De uma maneira geral a distribuição das velocidades em uma seção transversal é influenciada por vários fatores impostos ao escoamento conforme segue:

- Forma das seções transversais;
- Rugosidade das paredes laterais e fundo do canal das seções transversais;
- Presenças de ilhas e bancos de areias;
- Contrações e expansões; e
- Obstáculos do escoamento, como pontes, vertedouros, etc.

As influências mencionadas acima alteram a distribuição das velocidades e, assim, diferem da forma concêntricas da representação da distribuição das velocidades de uma seção batimétrica típica, demonstrada na Figura 3.7.

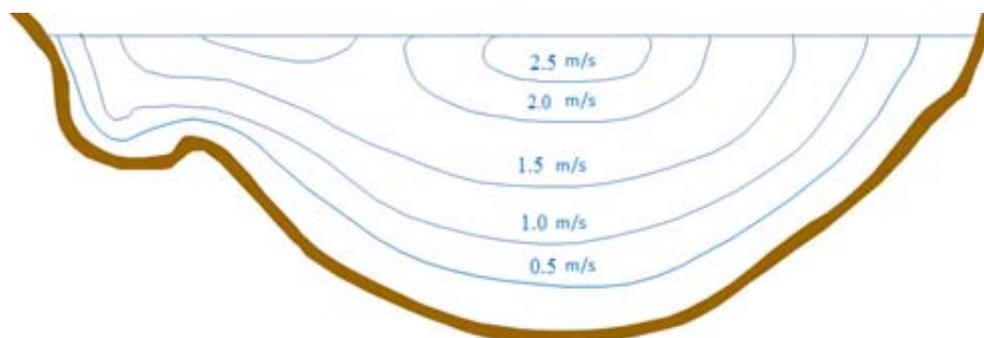


Figura 3.7 - Distribuição de velocidade em seções batimétricas típica
Fonte: USACE, 2010a.

c) Subdivisão da seção transversal para o cálculo da condutância

O HEC- RAS permite a subdivisão da seção transversal onde a distribuição da velocidade é uniforme. A condutância total na seção transversal é obtida através da soma de cada subdivisão e, são calculadas através da equação de Manning (Equação 3.8).

A Figura 3.8 ilustra a subdivisão de uma seção transversal: os pontos em vermelho representam o limite da calha principal do rio. O HEC-RAS utiliza um valor do coeficiente de rugosidade n definido para as margens, os quais delimitam as planícies de inundação e canal principal, ou em pontos predeterminados, que delimitam faixas com as mesmas características de distribuição de velocidade e rugosidade. A Figura 3.8 ilustra um exemplo da subdivisão da planície de inundação localizada na margem esquerda utilizando valores do coeficiente de rugosidade de Manning n_1 e n_2 . A soma da condutância da margem esquerda igual a $K_{lob} = K_1 + K_2$.

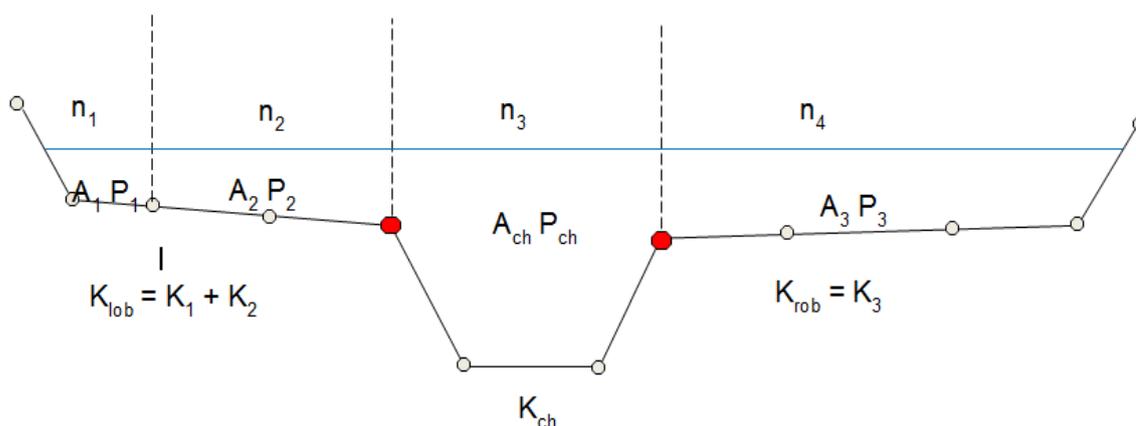


Figura 3.8 - Subdivisão da seção transversal para o cálculo da condutância

Fonte: USACE, 2010a.

O HEC-RAS soma todas as condutâncias incrementais, das planícies direita e esquerda, para obter uma condutância da planície de inundação. A condutância do canal normalmente é computada como uma única condutância. A condutância total para a seção transversal é obtida pelo somatório das condutâncias direita, esquerda e do canal principal. O objetivo do modelo é tentar aproximar fisicamente a distribuição do escoamento da seção transversal a ser modelada.

c) Composição do coeficiente de rugosidade no canal principal

Segundo USACE (2010a), o escoamento no canal principal não é subdividido, exceto quando o valor do coeficiente de rugosidade é alterado dentro da área do canal. O HEC-RAS testa a aplicabilidade da subdivisão da rugosidade dentro da porção de canal principal de uma seção transversal e, caso não seja aplicável, o programa irá calcular um único valor do coeficiente de rugosidade de Manning para todo o canal principal.

O programa determina se a parte do canal principal da seção transversal pode ser subdividida ou se utiliza um único valor de coeficiente de rugosidade de Manning com base no seguinte critério: caso a declividade da margem seja superior a 5H:1V e o canal principal possua mais de um valor do coeficiente de rugosidade de Manning, será necessário efetuar a subdivisão desse coeficiente no canal principal.

A inclinação lateral do canal utilizado no HEC-RAS é definida como a distância horizontal entre as repartições de valor n adjacentes dentro do canal principal através da diferença da elevação dos dois pontos da repartição. A linha pontilhada vermelha localizada no lado esquerdo da Figura 3.9 indica a inclinação S_L entre a repartição com o valor do coeficiente de rugosidade de Manning 0,04 e no lado direito a linha vermelha ilustra a inclinação S_R entre a repartição também com valor desse coeficiente de 0,04.

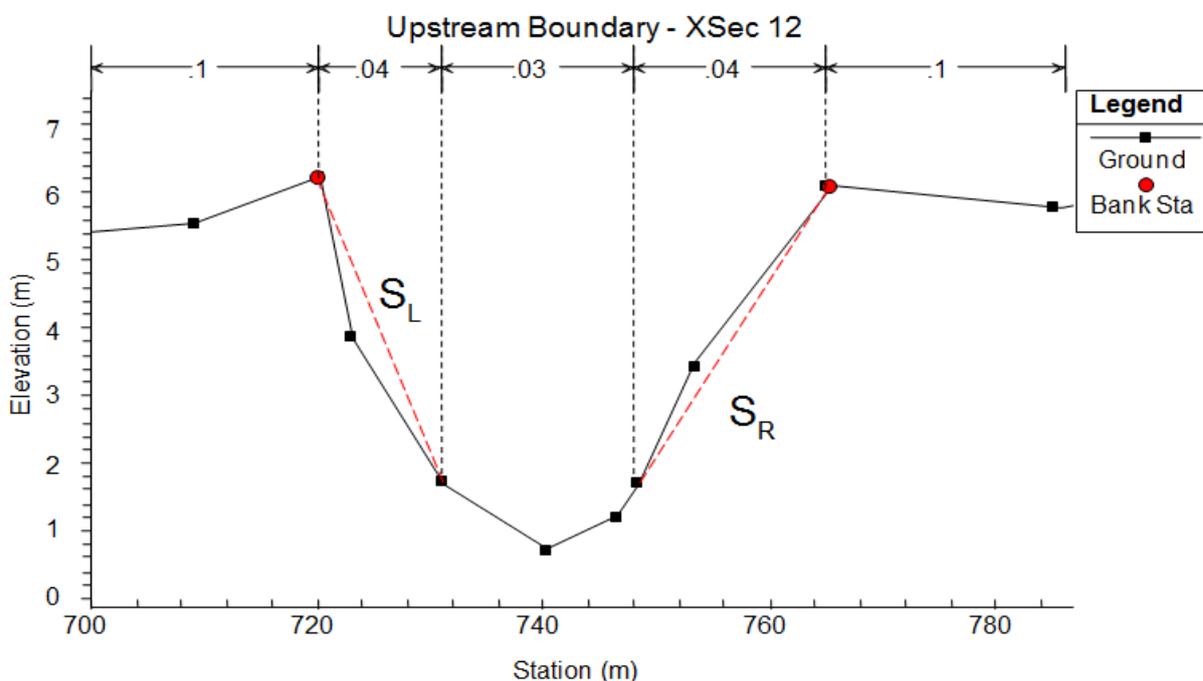


Figura 3.9 - Definição da declividade da margem para composição do cálculo da rugosidade do canal principal

Fonte: Adaptado de USACE, 2010a.

Para a determinação do coeficiente de rugosidade do canal principal n_c , o canal é dividido em N partes n_i , e para cada n_i , o perímetro molhado P_i e a rugosidade são conhecidos. A tabela de resumo dos resultados das simulações com o HEC-RAS apresenta os valores finais da rugosidade do canal principal para cada seção transversal, ou seja, as somas dos n_i .

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i^{1.5})}{P} \right]^{2/3} \quad (3.18)$$

Onde;

n_c = coeficiente de rugosidade do canal;

n_i = coeficiente de rugosidade da subdivisão;

P_i = perímetro molhado da repartição; e

P = perímetro molhado do total do canal.

A perda de carga entre duas seções é devido às perdas por atrito e perdas por contração e expansão. A equação de perda de carga é definida como:

$$h_e = L \bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (3.19)$$

Onde:

S_f = declividade relacionada com o atrito (m/m);

g = gravidade (m/s²);

a = coeficientes de Coriolis;

V = velocidade média na seção;

L = distância ponderada entre duas seções transversais; e

C = coeficiente de perda devido à expansão ou contração das seções transversais.

A distância ponderada (L) é calculada utilizando a equação a seguir:

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}} \quad (3.20)$$

Onde;

L_{lob}, L_{ch}, L_{rob} = comprimentos dos trechos para as seções especificadas em sua margem esquerda, canal principal e margem direita, respectivamente; e

Q_{lob}, Q_{ch}, Q_{rob} = média aritmética das vazões entre as seções especificadas em sua margem esquerda, canal principal e margem direita, respectivamente.

Quando não se consegue balancear a equação de energia em uma seção, o HEC-RAS paralisa o processamento dos dados e no resumo dos erros sugere aumentar o número de seções transversais. Esse problema pode ser resolvido com o recurso de interpolação automática de seções transversais desde que o trecho entre as duas seções a ser interpolado possua geometria homogênea.

d) Avaliação da declividade relacionada ao atrito

O HEC-RAS possui como padrão o método da declividade média no cálculo da declividade relacionada com o atrito para a condição de escoamento não permanente.

$$\bar{S}_f = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2} \quad (3.21)$$

Baseado no regime de escoamento e tipo de perfil, por exemplo, S1 e M1, o HEC-RAS permite a seleção de um dos métodos abaixo para o cálculo da declividade relacionada com o atrito:

- condutância média (padrão para condição de escoamento permanente);

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2 \quad (3.22)$$

- média harmônica da declividade relacionada com o atrito;

$$\bar{S}_f = \sqrt{S_{f1} \times S_{f2}} \quad (3.23)$$

- média geométrica da declividade relacionada com o atrito; e

$$\bar{S}_f = \frac{2(S_{f1} \times S_{f2})}{S_{f1} + S_{f2}} \quad (3.24)$$

- Método empregado no HEC-6, ou seja, a média dos parâmetros relacionados com o atrito.

$$\bar{S}_f = \left(\frac{\bar{Q} \bar{n}}{A R^{2/3}} \right)^2 \quad (3.25)$$

e) Malha computacional 2D

A modelagem do fluxo bidimensional na planície de inundação é realizada através da adição de uma malha computacional denominada de área de fluxo 2D. No HEC-RAS 2D 5.0 Beta, a área de fluxo 2D define o limite para o qual serão efetuados os cálculos 2D. A unidade da malha computacional é denominada célula. Cada célula possui como limites (contornos) as faces em cujos vértices encontram-se os pontos das faces (nós). As propriedades da malha computacional estão descritas a seguir e também ilustradas na Figura 3.10.

1) Centro da Célula: É o centro computacional da célula. Neste ponto é calculada a elevação da superfície da água para cada célula da malha computacional.

2) Faces Celulares: São as faces do contorno das células. As faces são geralmente linhas retas, exceto ao longo do limite externo do fluxo de área 2D, onde nesse caso as faces das células podem ser uma linha multiponto.

3) Pontos da face da célula (nó): Os nós são as extremidades das células. Os nós localizados nas extremidades da área de fluxo 2D são utilizados para ligar a área de fluxo 2D com uma estrutura lateral nas regiões onde ocorrem transferências de escoamento 1D para 2D.

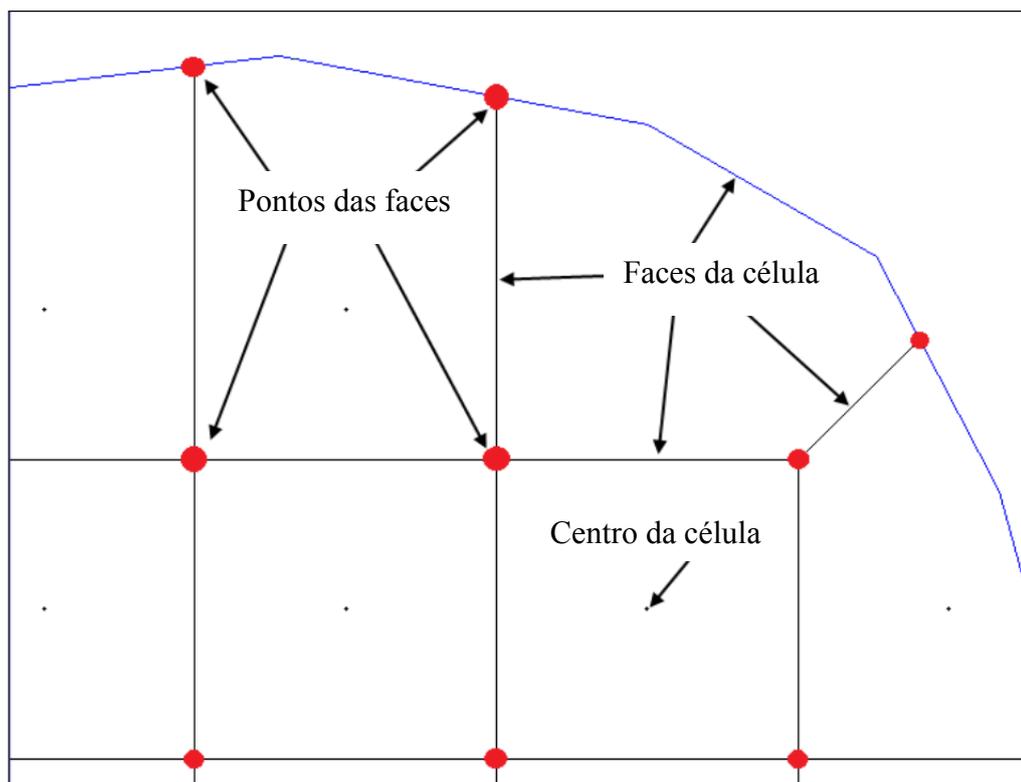


Figura 3.10 - Propriedade da malha computacional

Fonte: Adaptado de Brunner (2014).

O tamanho e a localização das células de Fluxo 2D são definidos pelo usuário e, portanto, o processo requer o conhecimento a priori da morfologia e das vias de escoamento na planície de inundação. Esse conhecimento da área de estudo é importante porque o HEC-RAS define nos resultados uma única elevação da superfície da água para cada célula e cada face da célula. O gradiente hidráulico da célula é calculado em duas dimensões utilizando as equações completas de Saint Venant ou a equação da onda de difusão, juntamente com a equação da conservação da massa.

O software foi projetado para uso de malhas computacionais estruturadas ou não estruturadas. Isso significa que as células computacionais podem ser em forma de triângulos, quadrados, retângulos ou até mesmo elementos de cinco e seis faces, não sendo necessário possuir tamanhos iguais. O contorno exterior da malha computacional é definido por um polígono. As ligações entre as áreas de fluxo 1D e 2D são estabelecidas através do uso de uma estrutura de conexão como, por exemplo, um dique marginal que para o caso do estudo, funciona apenas como uma ligação, sem eficiência de descarga.

A malha computacional permite controlar o movimento da água através da área de fluxo 2D. Especificamente, a elevação da superfície da água é calculada para cada centro de célula. O movimento do escoamento entre células baseia-se no perfil da face entre células, ou seja, as células computacionais não necessariamente possuem fundo plano e as faces celulares não precisam ser lineares, com uma única elevação. Em vez disso, cada célula e face das células computacional baseiam-se nos detalhes do terreno de base.

Antes de iniciar efetivamente a simulação hidráulica, é necessário associar os arquivos de geometria ao terreno de base (MDT). Esse procedimento é realizado dentro da interface RAS Mapper, onde a geometria e a malha computacional são pré-processadas em forma de tabelas com as propriedades hidráulicas, a fim de desenvolver relações da elevação e volume para cada célula, e também curvas de propriedades hidráulicas para cada face celular (elevação vs. perímetro molhado, área, e rugosidade). Esse pré-processamento das células possibilita o uso de células maiores para a construção da malha computacional, e ainda assim representar o terreno de base (MDT).

As atuais limitações dos modelos HEC-RAS 4.1 e HEC-RAS 2D 5.0 Beta na modelagem 1D e HEC-RAS 2D 5.0 Beta na planície de inundação estão descritas a seguir:

1) Limitações dos modelos 1D (USACE, 2010a):

- Erros e aproximações dos métodos matemáticos utilizados;
- Vazão considerada em uma dimensão (velocidades em outras direções que não a direção do escoamento não são consideradas para o cálculo);
- Uma única superfície da água para cada seção transversal; e
- O cálculo é feito para canais com declividades menores que 10%.

2) Limitações do modelo 2D (Brunner, 2014):

- Erros e aproximações dos métodos matemáticos utilizados;
- Erros e discretização da malha computacional;
- Uma única elevação para cada célula; e
- Ferramentas para automatizar o processo de edição da malha de escoamento 2D.

É fundamental que se tenha um MDT representativo das geometrias da calha do rio e da planície de inundação. Portanto, a qualidade dos dados de terreno pode ser um fator limitante para a performance do modelo hidráulico. Atualmente o modelo HEC-RAS utiliza os dados da malha para a modelação de terreno. Portanto, torna-se necessário criar um modelo de terreno e em seguida, convertê-lo / exportá-lo em um formato de dados em grade que pode ser lido pelo HEC-RAS.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este item apresenta as etapas metodológicas executadas para a avaliação do desempenho dos modelos hidráulicos 1D e 2D na simulação de inundações de Colatina/ES, bem como, para análise da medida F proposta por Horritt & Bates (2002). Para facilitar a compreensão das diferentes etapas foi elaborado o fluxograma apresentado na Figura 4.1. Nos parágrafos seguintes são descritas as etapas metodológicas.

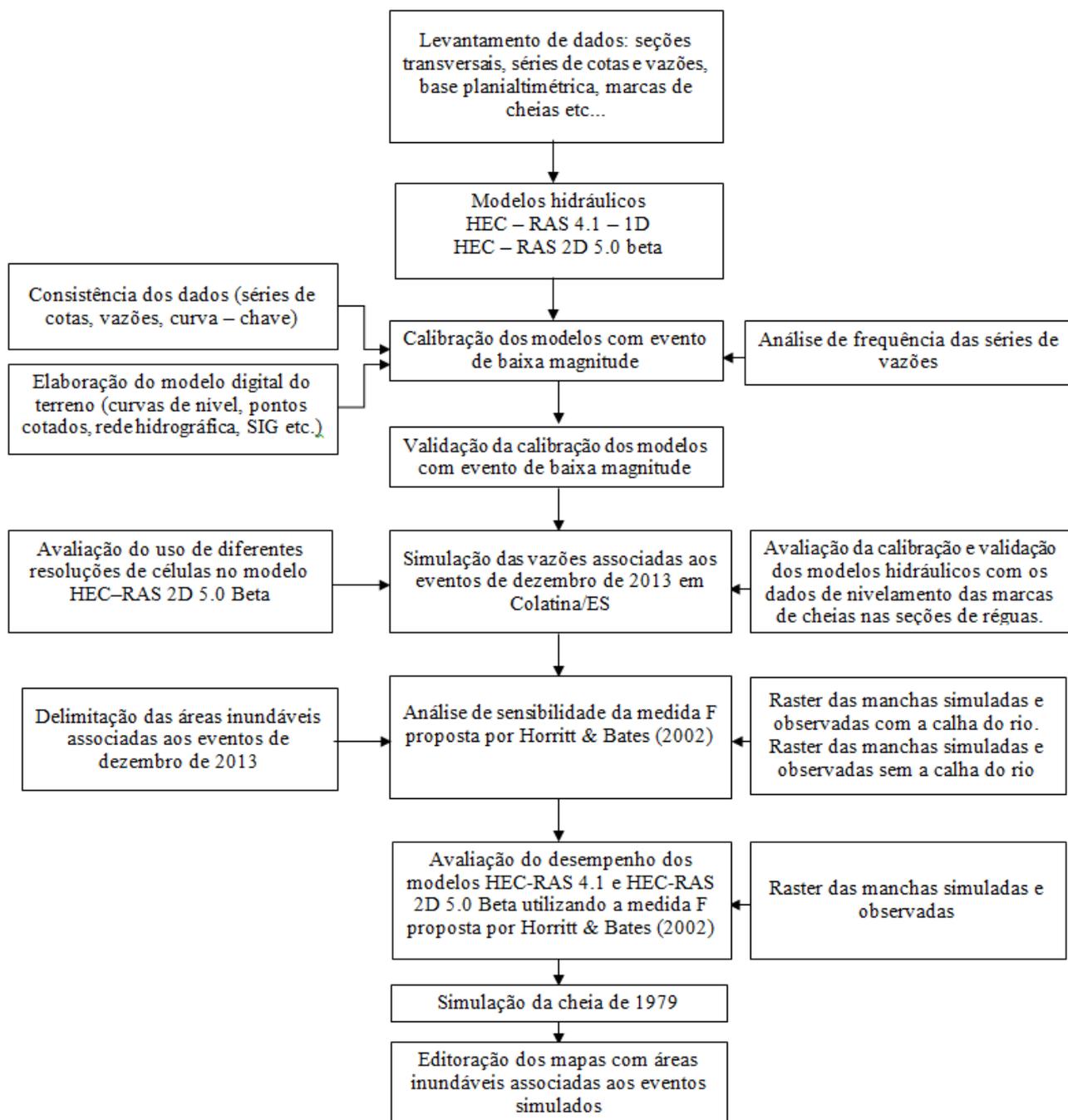


Figura 4.1 - Fluxograma das etapas metodológicas

4.1 Descrição da área de estudo

A cidade de Colatina localiza-se na região norte do estado do Espírito Santo e possui grande potencial econômico e industrial. É considerada a maior cidade do interior do estado, com cerca de 120 mil habitantes. Possui altitude média de 71 metros, clima quente úmido, com inverno seco. A temperatura média é de 24,1°C. Os eventos de enchente ocorrem no período chuvoso entre outubro a março, com maiores registros entre dezembro e fevereiro. A área de drenagem do rio Doce em Colatina é de 76.400km². Seus principais afluentes que têm sua foz localizada na cidade são os rios Santa Joana e Santa Maria pela margem direita e o rio Pancas pela margem esquerda, que juntos possuem área de drenagem de 3.006 km². O principal responsável pelas enchentes na cidade de Colatina é o próprio rio Doce.

A ocupação da planície marginal do rio Doce em Colatina está condicionada a características de seu relevo acidentado. Pode ser observada uma faixa densamente povoada entre o rio Doce e as encostas, principalmente na margem direita do rio, onde está localizado o centro da cidade. Essa ocupação vem sofrendo alterações significativas no que se refere aos aspectos de expansão da cidade e construtivos, com a verticalização da região central. Um aspecto que também influencia diretamente nas inundações (de forma positiva ou negativa) são as alterações feitas na calha do rio Doce. A Figura 4.2 ilustra a localização da cidade de Colatina em relação à bacia do rio Doce. Através da figura é possível visualizar também a concentração da ocupação urbana no entorno do rio Doce em Colatina/ES.

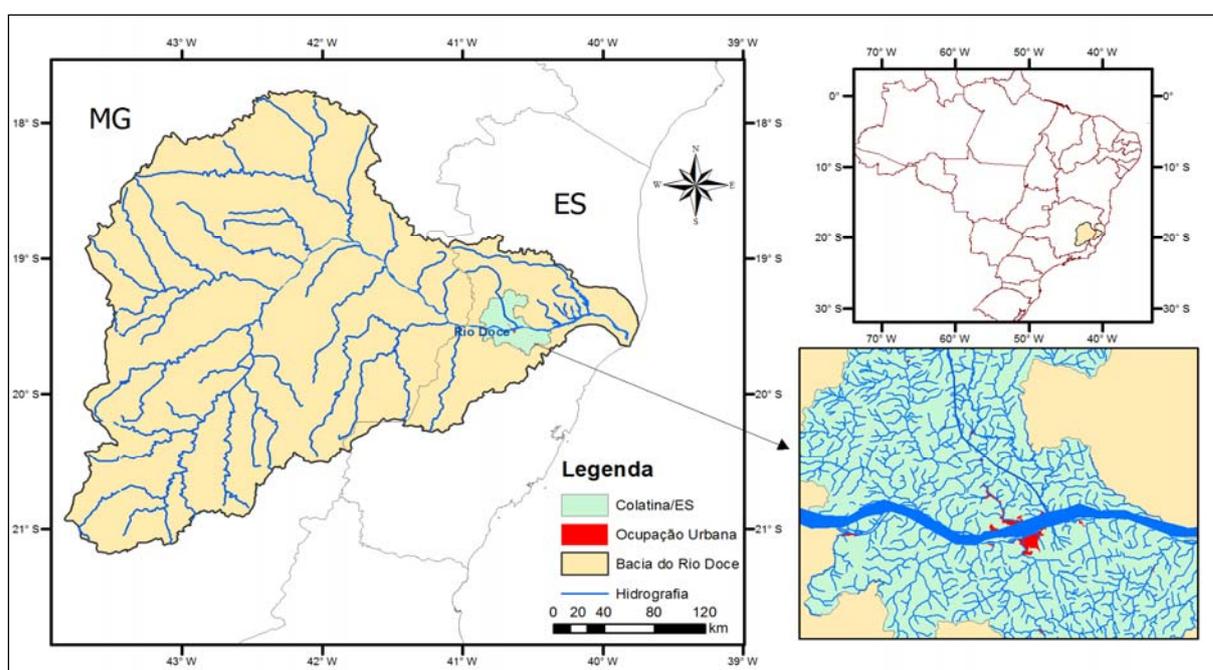


Figura 4.2 - Localização de Colatina/ES

Através do recurso do Google Earth “imagens históricas” foram obtidas as imagens de 2003 e 2014 e estão apresentadas nas Figuras 4.3 e 4.4. Foram plotados nas duas figuras os pontos 1, 2 e 3 que demonstram uma alteração significativa da margem direita do rio Doce. Nesse trecho foi construído um enrocamento com a finalidade de ampliar a área urbana na área central da cidade em uma extensão aproximada de 1.300 metros. Essa obra foi desenvolvida em parceria do governo do estado com a prefeitura, foram aterrados 130.000 metros quadrados do rio Doce em 2009.

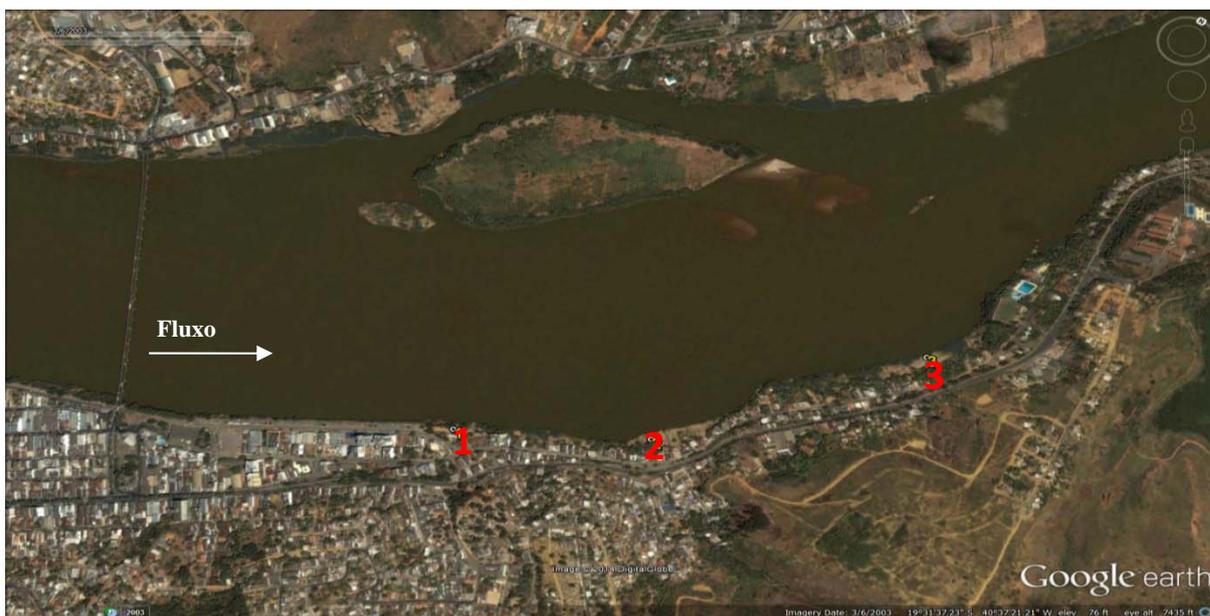


Figura 4.3 - Imagem parcial de Colatina de 2003

Fonte: Google Earth.



Figura 4.4 - Imagem parcial de Colatina de 2014

Fonte: Google Earth.

O rio Doce, no trecho que corta Colatina, possui o leito aluvionar com alta deposição de sedimentos. Esses depósitos aluviais têm suas características modificadas a cada cheia ou estiagem do rio, como pode ser constatado pela Figura 4.5, a qual ilustra a mobilidade do leito na seção transversal localizada logo a jusante da ponte Florentino Ávidos, a qual pode ser visualizada nas figuras 4.3 e 4.4.

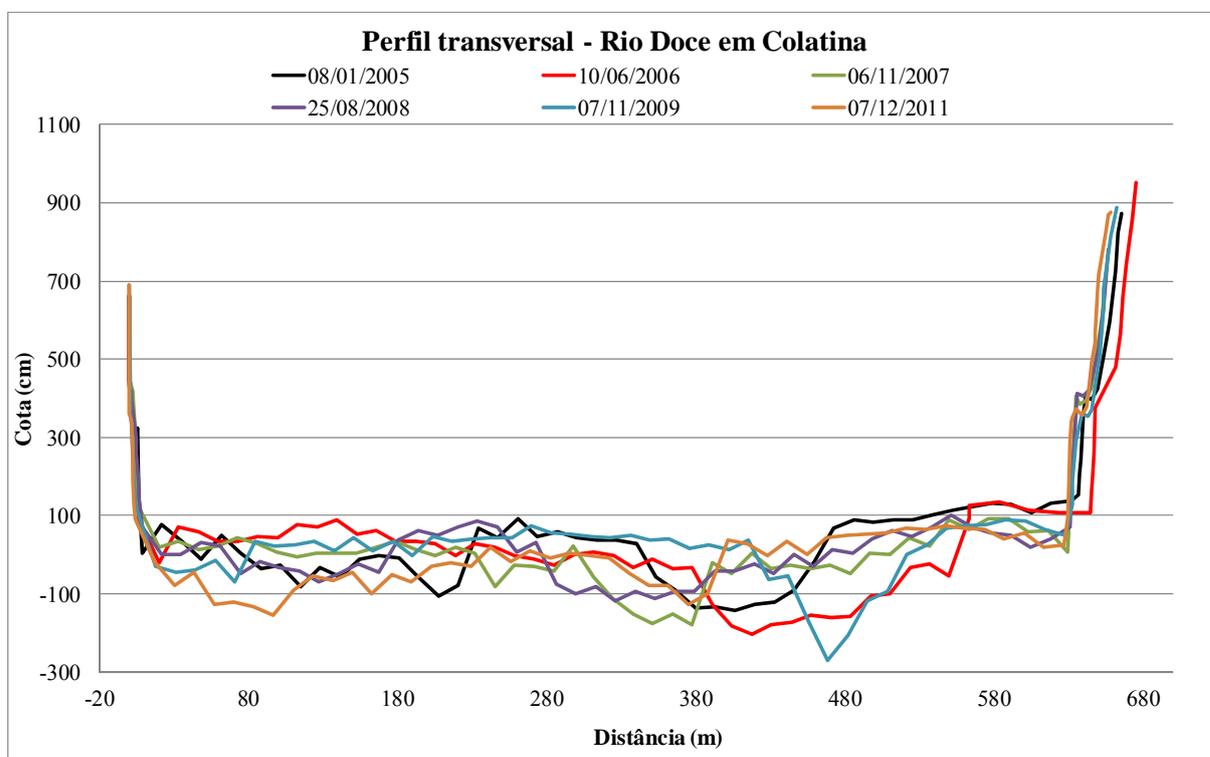


Figura 4.5 - Perfil transversal da estação Colatina 56994500

Fonte: CPRM, 2014b.

Dentre os eventos de cheia do rio Doce mais significativo e que causaram maiores danos à cidade de Colatina podem ser citados a cheia de 1979 e a mais recente ocorrida na véspera do Natal de 2013.

4.1.1 Cheia de fevereiro de 1979

A cheia de 1979 foi o maior desastre hidrológico registrado no estado de Minas Gerais e do Espírito Santo. Após o evento de 1979 foi criado um grupo interministerial com o objetivo de propor e discutir as ações para minimizar os efeitos das cheias na bacia do rio Doce. Conforme exposto no relatório desse grupo de trabalho, a vazão de pico do rio Doce em Colatina foi de 11.200 m³/s, valor estimado em função da descarga de 10.700 m³/s da UHE

Mascarenhas¹, também localizada no rio Doce e situada a 32 km a montante de Colatina. Nesse período na estação fluviométrica Colatina, código 56994500, não havia como efetuar observações, pois as réguas foram carreadas pela cheia.

A Figura 4.6 ilustra a cheia de 1979 onde as águas atingiram as vigas metálicas da ponte Florentino Avidos.

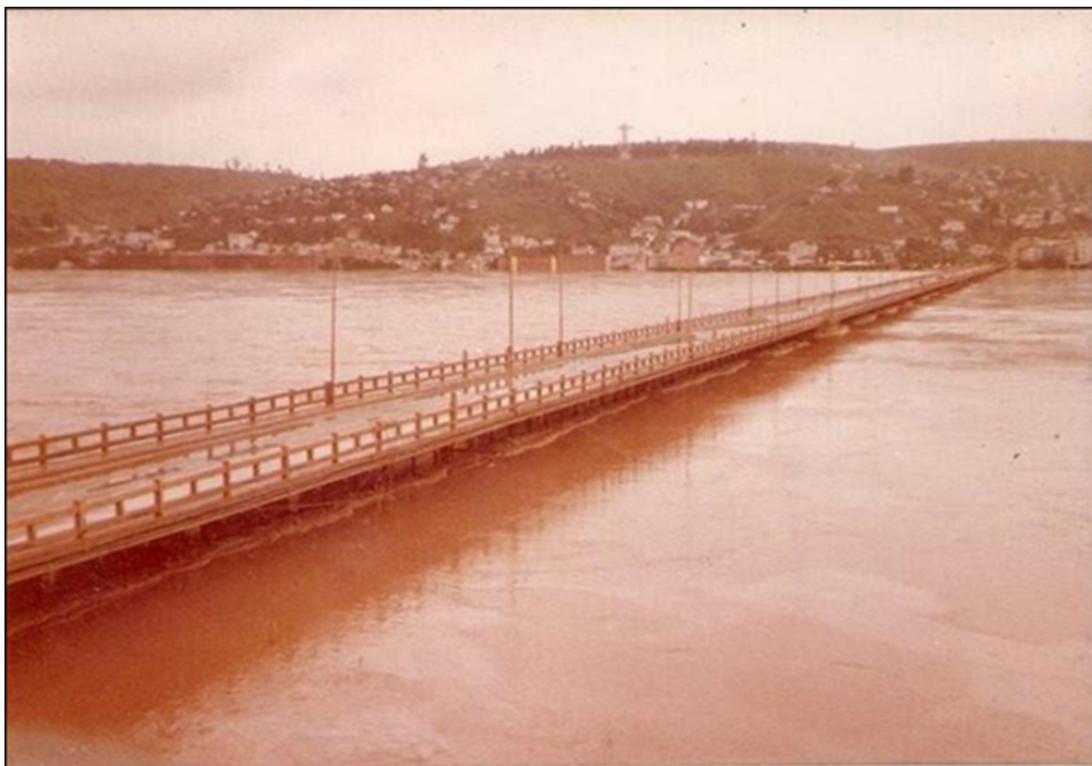


Figura 4.6 - Enchente de 1979 em Colatina

Fonte: <http://www.trenseferrovias.com/112812.html>, 13/02/2014.

As medidas de controle propostas e os estudos hidrológicos apresentados no relatório do Grupo Interministerial mencionado anteriormente foram elaborados com base no “Plano Diretor de Contenção às Enchentes, Proteção às Encostas e Drenagem Pluvial da Cidade de Colatina” publicado em 1982 pelo Instituto Jones dos Santos Neves. Nesse relatório apresenta-se nos resultados do estudo hidrológico um valor de vazão estimada de 13.500m³/s para o evento de cheia de fevereiro de 1979.

Na ficha de inspeção da estação fluviométrica Colatina do dia 17 de março de 1980 (ANEXO IV), consta a informação do nivelamento da marca de cheia na viga da ponte Florentino

¹ Grupo Interministerial de Trabalho para Realizar estudos para a Prevenção e o Controle da Enchentes do Rio Doce, 1982, Relatório, Quadro 1, página 118.

Avidos. A cota nivelada é de 968 cm, o que corresponde a uma vazão estimada a partir da curva-chave de aproximadamente 11.900 m³/s. Ressalta-se que a cota nivelada está associada à referência de nível local da estação fluviométrica. Essa informação foi obtida nos arquivos da CPRM, Superintendência Regional de Belo Horizonte - MG.

As divergências mencionadas acima não buscam descredibilizar os resultados dos estudos, e sim pesquisar qual é a vazão mais representativa para ser utilizada neste estudo.

Nos dois relatórios citados acima, ambos da década de 80, são descritos os principais problemas ambientais da cidade, e o que se observa na atualidade é o agravamento desses problemas, principalmente relacionados aos efeitos das inundações, em função do aumento da concentração urbana. Na Tabela 4.1 são apresentadas as principais características ambientais da cidade de Colatina na década de 80 (Instituto Jones dos Santos Neves, 1982).

Tabela 4.1 - Características ambientais da cidade de Colatina/ES

Problemas	Localização/Abrangência
- Ocupação de encostas susceptíveis a erosão sem um sistema de drenagem pluvial	- Toda parte alta da cidade
- Ocupação das áreas planas ao longo dos rios, inundáveis periodicamente	- Parte baixa da cidade situada abaixo da cota 40
- Ocupação das margens dos cursos d'água dificultando a implantação de obras de contenção às enchentes	- Margens do rio Santa Maria nos bairros Marista e Esplanada
- Carência de arborização nos logradouros públicos e nas encostas que pudesse aliviar a temperatura local e evitar erosões e deslizamentos	- Toda a cidade
- Lançamento de lixo e esgoto nos logradouros públicos	- Em toda a periferia da cidade

Fonte: Adaptado de Plano Diretor Físico-Territorial Urbano de Colatina, 1982.

4.1.2 Cheia de dezembro de 2013

O trecho do rio Doce em Colatina é monitorado pelo Sistema de Alerta de Cheia da Bacia do Rio Doce, operado pela CPRM. Através dos registros de monitoramento foi possível verificar a evolução temporal dos eventos de inundação ocorridos em dezembro de 2013. Conforme se observa no cotograma para o mês de dezembro de 2013 (Figura 4.7) no primeiro evento com pico de cheia no dia 19, o rio subiu 2,6 metros acima da cota de inundação e no segundo

evento com pico em 24/12/2013, o rio subiu 4,0 metros acima da cota de inundação. Este foi o segundo maior evento de cheia registrado em Colatina.

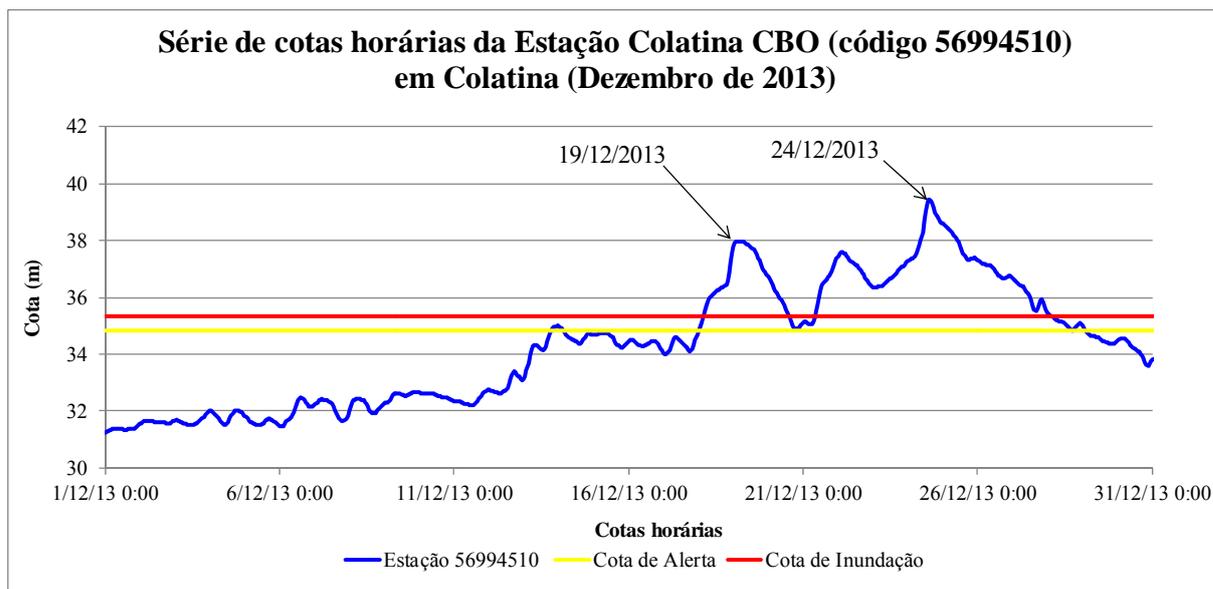


Figura 4.7 - Séries de cotas horárias da estação 56994510 em Dezembro de 2013
Fonte: CPRM, 2014b.

Nas Figuras 4.8 a 4.11 são ilustrados os danos causados pelas cheias dos dias 19 e 24 de dezembro de 2013 em função do transbordamento dos rios Santa Maria e Doce.



Figura 4.8 - Situação das margens do rio Santa Maria após a cheia do dia 19-12-2013 e após a cheia do dia 24-12-2013, respectivamente
Fonte: arquivos do autor.



Figura 4.9 - Situação das residências localizadas às margens do rio Santa Maria após a cheia do dia 19-12-2013 e após a cheia do dia 24-12-2013, respectivamente
Fonte: arquivos do autor.



Figura 4.10 - Cheia do dia 24-12-2013

Fonte: arquivos do autor.



Figura 4.11 - Avenida Getúlio Vargas inundada pela cheia do dia 24-12-2013
Fonte: arquivos do autor.

4.2 Levantamento de dados

Para realizar a simulação hidráulica de rios e da planície de inundação são necessárias a preparação de um conjunto de dados de entrada (vazão, nível e coeficiente de Manning), bem como as diversas características geométricas da área em estudo.

Torna-se essencial obter dados topobatimétricos das seções transversais, declividades e distâncias entre as seções transversais, além das séries de nível e de vazão das estações fluviométricas, as quais serão utilizadas como condições iniciais e de contorno para a simulação hidráulica. Outra etapa importante do trabalho são os levantamentos topográficos das marcas das cheias, que podem ser obtidas através de mapeamentos de campo durante ou após os eventos de cheia, jornais, entrevistas com a população local ou através de documentos em órgãos públicos. Além das manchas de inundação e/ou marcas de cheia, é imprescindível que se realize a consistência dos dados hidrológicos necessários à modelagem hidráulica como, por exemplo, a avaliação da curva-chave e a análise dos cotogramas e fluviogramas.

Além da importância de possuir dados hidrológicos de boa qualidade, é fundamental conhecer a probabilidade de ocorrência dos eventos de cheias com a finalidade de selecionar os hidrogramas para as simulações hidráulicas. As probabilidades são calculadas a partir de uma

análise de frequência de vazões observadas. Os próximos subitens detalharão a etapa de levantamento de dados.

4.2.1 Locação e levantamento topobatimétrico das seções transversais e monitoramento dos níveis do rio Doce

A modelagem da propagação de cheias naturais requer dados de vazões e níveis d'água, de diferentes magnitudes, ao longo do trecho fluvial de forma a permitir uma adequada calibração dos modelos hidráulicos. Além disso, é fundamental o conhecimento da geometria no trecho em análise. Assim, é necessário realizar o levantamento topobatimétrico das seções transversais do trecho em estudo. A locação dessas seções é efetuada após uma visita de reconhecimento, onde se procura fazer uma análise qualitativa das singularidades do trecho fluvial que influem sobre a forma e as características da cheia, tais como mudanças de declividade do fundo do canal, presença de pontes, ilhas, obstruções, alargamentos e estreitamentos do canal. Conforme descreve CPRM (2014b), após o detalhamento das seções transversais selecionam-se algumas para instalação de réguas linimétricas que permitirão o monitoramento do nível do rio durante um determinado período de tempo.

Todas as seções transversais levantadas devem ser referenciadas ao mesmo datum altimétrico da base planialtimétrica que será utilizada na modelagem hidráulica e no mapeamento das áreas inundáveis.

A geometria do trecho para a simulação hidráulica foi definida a partir do levantamento de quinze seções topobatimétricas no trecho do rio Doce, duas seções no rio Santa Maria e duas seções no rio Pancas, todas levantadas em 2009. Duas das quinze seções levantadas no rio Doce são pertencentes à Rede Hidrometeorológica Nacional, operada pela CPRM sobre a gestão da ANA: a estação Colatina, código 56994500, com dados de nível, às 07h e às 17h, e vazão desde 1939 e a estação Colatina Corpo de Bombeiros, código 56994510, com registros de nível horário desde 1984. Durante o período de 2009 a 2013 a CPRM monitorou o nível d'água, às 07h e às 17h, de mais seis seções, totalizando oito seções linimétricas monitorados no período no rio Doce.

A identificação das seções e as respectivas coordenadas das margens esquerda e direita estão apresentadas na Tabela 4.2. A seção 100 é a primeira seção a jusante na calha do rio Doce,

como ilustra a Figura 4.12. Nas Figuras 4.13 e 4.14 ilustram a localização das seções topobatimétricas, respectivamente, dos rios Pancas e Santa Maria.

Tabela 4.2 - Seções topobatimétricas

Seção	Margem esquerda		Margem direita	
	Coord. E (m)	Coord. N (m)	Coord. E (m)	Coord. N (m)
100*	331804	7841605	331903	7841068
200*	330872	7841883	330980	7841140
300*	329953	7841087	330483	7840910
400	329612	7840723	330320	7840209
500	329393	7840573	330002	7840011
600* (56994510)	329107	7840349	329642	7839651
700	329050	7840223	329503	7839560
800* (56994500)	328738	7839928	329048	7839332
900	328117	7839780	328455	7839078
1000*	327575	7839814	328001	7838930
1100	327181	7839727	327585	7838813
1200*	326991	7839740	327042	7838477
1300	326724	7839642	326692	7838427
1400	326551	7839639	326443	7838483
1500*	326094	7839571	326160	7838577
Pancas Montante*	330222	7843087	330294	7842970
Pancas Jusante*	330910	7842357	330848	7842330
Sta. Maria Montante*	328344	7836842	328384	7836913
Sta. Maria Jusante*	328279	7838511	328337	7838511

*Seções transversais com monitoramento de níveis.

Fonte: CPRM b, 2014.

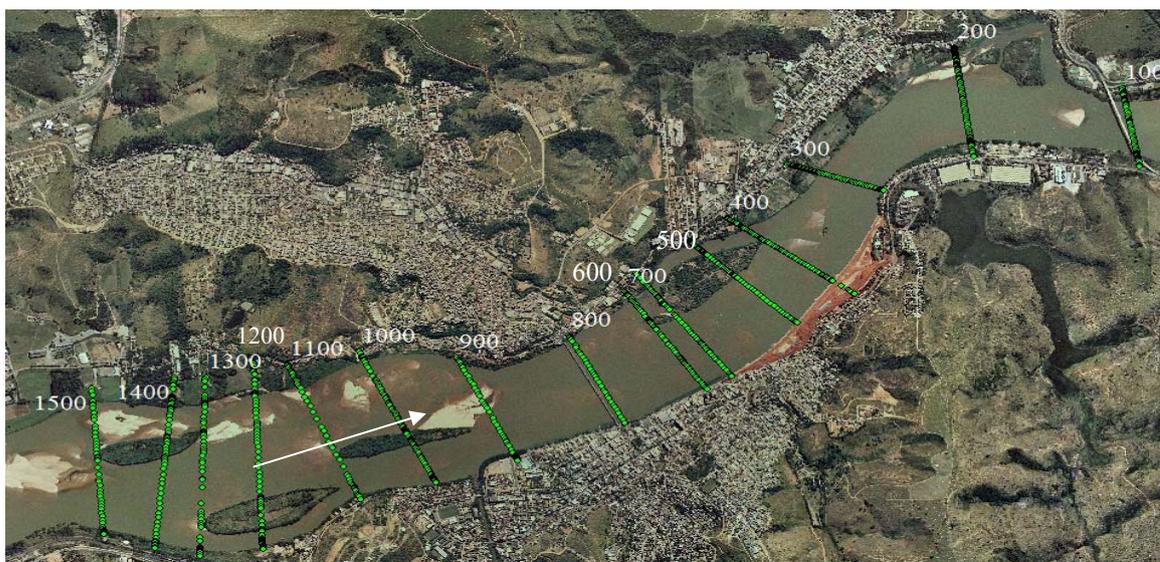


Figura 4.12 - Localização das seções batimétricas levantadas na calha do rio Doce
Fonte: CPRM, 2014b.



Figura 4.13 - Localização das seções batimétricas levantadas na calha do rio Pancas
Fonte: CPRM, 2014b.



Figura 4.14 - Localização das seções batimétricas levantadas na calha do rio Santa Maria
Fonte: CPRM, 2014b.

4.2.2 Modelo topográfico

Para o desenvolvimento do modelo digital do terreno (MDT) foram utilizados os dados topográficos levantados e disponibilizados pela CPRM (2014b) nas regiões susceptíveis a inundações, as curvas de nível com equidistância de 1 m disponibilizadas pelo Serviço Colatinense de Meio Ambiente e Saneamento Ambiental (SANEAR) das regiões mais elevadas e os dados batimétricos das seções transversais (Tabela 4.2 e ANEXO V). Também foi disponibilizado pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA) um modelo digital de elevação (MDE) do estado do Espírito Santo realizado em 2008, em formato GeoTIFF, com escala 1: 25.000 e resolução espacial de 5 m, oriundo do levantamento aerofotogramétrico realizado nos anos de 2007 e 2008. O MDE do estado do Espírito Santo foi recortado dentro dos limites da área de interesse, em ambiente ArcGIS 10.0. Na Figura 4.15 apresenta-se o conjunto de informações disponíveis para obtenção do modelo digital de terreno de Colatina com a indicação as áreas cobertas pelos dados coletados.

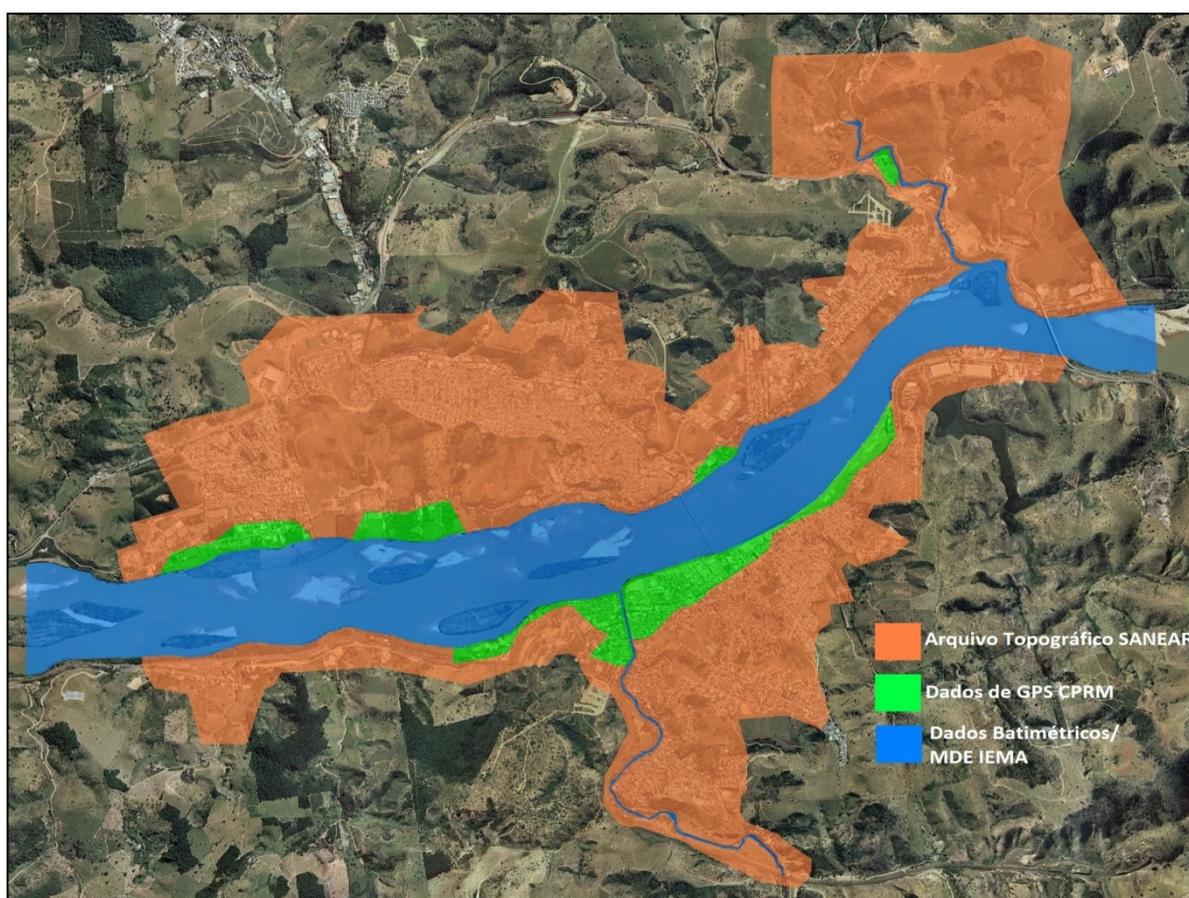


Figura 4.15 - Informações disponíveis para obtenção do modelo digital de terreno de Colatina

Fonte: Adaptado de CPRM, 2014b.

Na construção do MDE, buscou-se a utilização de todos os dados disponíveis em cada área de Colatina de acordo com a quantidade e qualidade das informações. Na representação da calha dos rios foram intercaladas as informações entre o MDE elaboradas pelo IEMA e as seções batimétricas levantadas pela CPRM, além das seções transversais interpoladas com o recurso do HEC-RAS.

As informações foram extraídas de cada uma das fontes de dados citados acima e reunidas em uma única base e, com a utilização da ferramenta TOPO-TO-RASTER do ArcGis 10, foi elaborado um MDT para a região de Colatina. O MDT apresentado na Figura 4.16 foi elaborado com referência espacial UTM WGS 84, zona 24 com resolução espacial de 3 x 3 m.

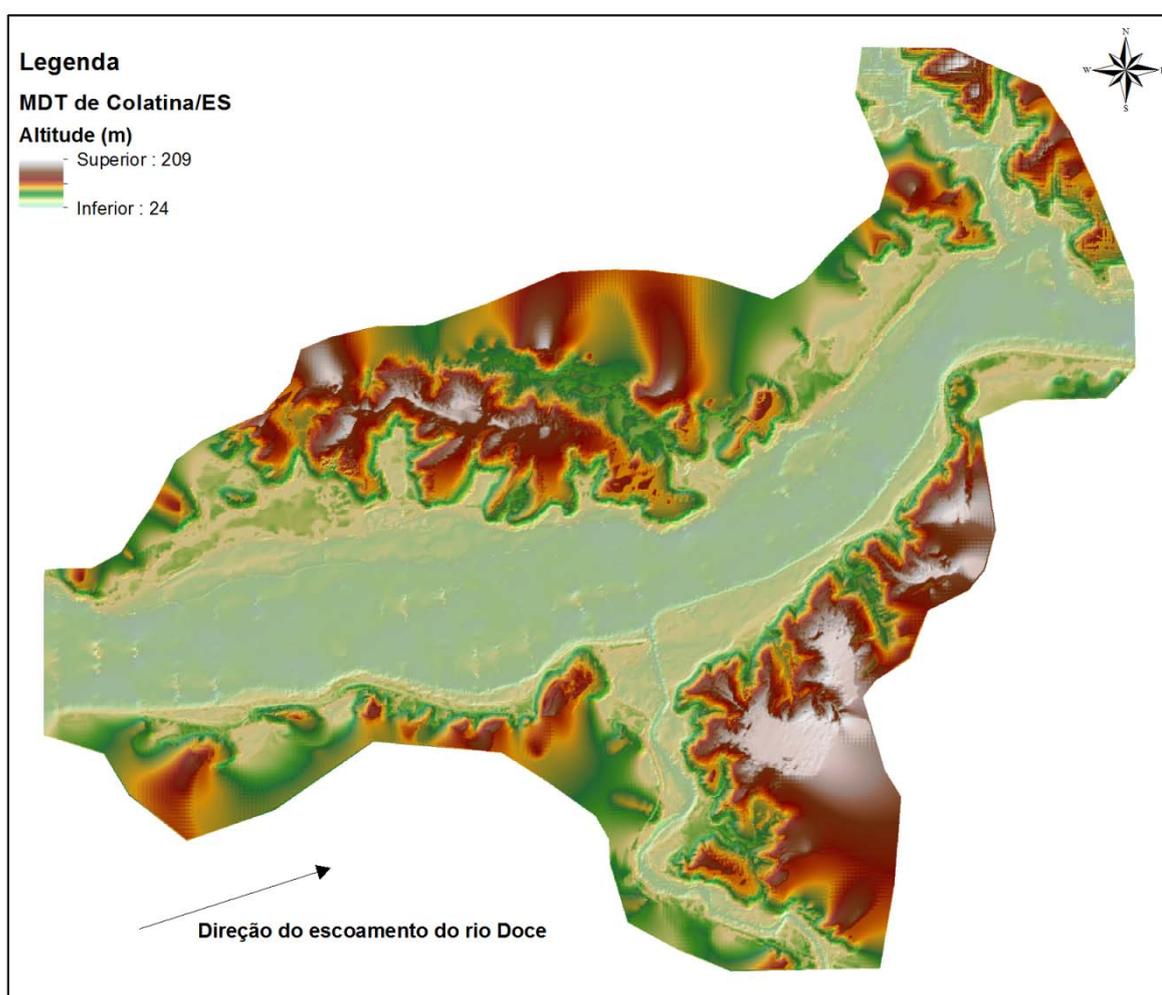


Figura 4.16 - Representação do MDT de Colatina

Utilizando os layers de arruamento e de limite de lotes, os pontos cotados e o MDT de Colatina, foi elaborado um novo MDT que considera as benfeitorias em geral com uma altura padrão de 30 metros acima do terreno. Essas construções são blocos impermeáveis e a altura

de 30 m, a qual foi definida como critério por se tratar de uma cota em que não ocorre submersão de inundação. Esse MDT com a representação das construções sobre o terreno será utilizado para a simulação do escoamento 2D com o recurso de animação do HEC-RAS 5.0 beta (Figura 4.17).

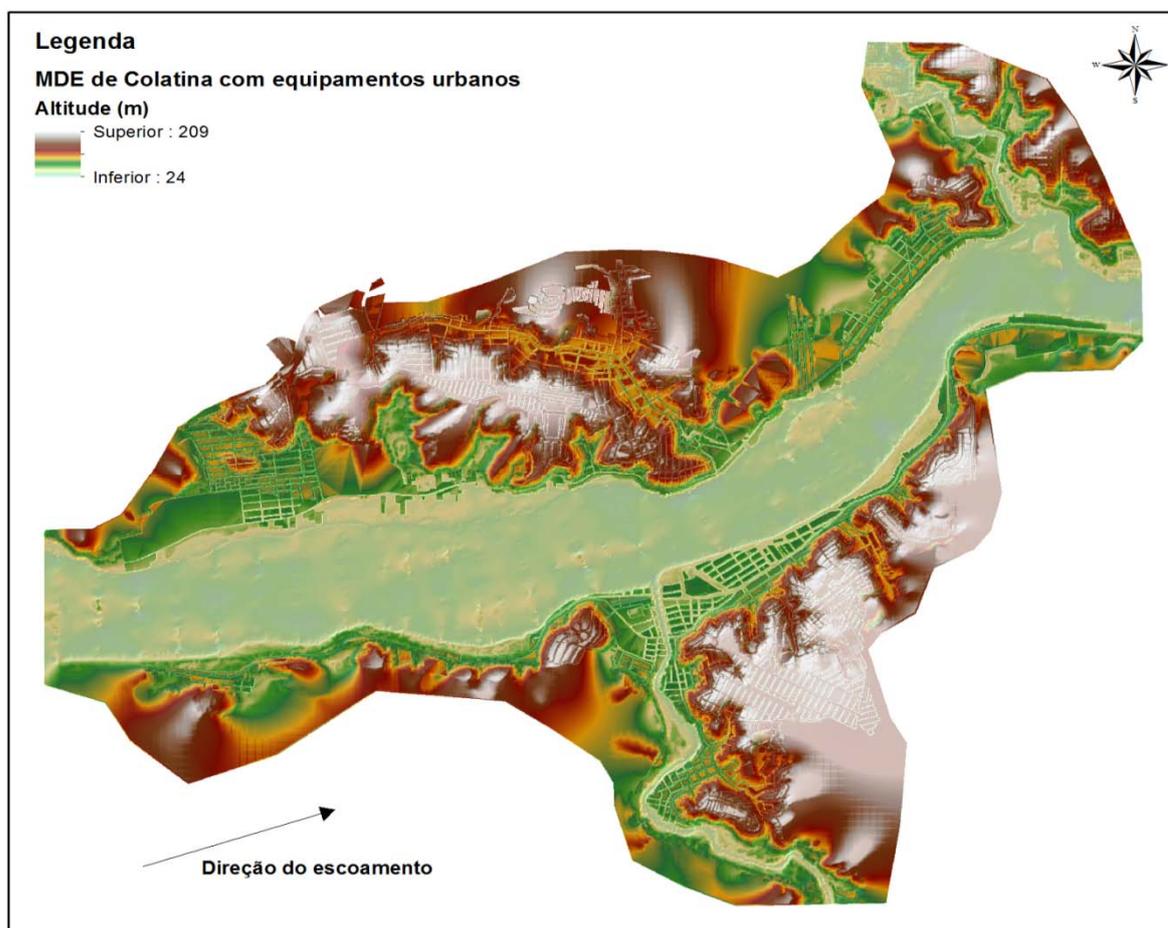


Figura 4.17 - Representação do MDT considerando as construções de Colatina

4.2.3 Seções transversais para simulação 1D

Para a viabilização da simulação hidráulica com o modelo HEC-RAS 4.1 1D, foram utilizadas as seções transversais da Tabela 4.2 e ANEXO V. Com o recurso do suplemento HEC-GeoRAS e o MDT de Colatina as seções topobatimétricas foram estendidas até o limite da planície de inundação susceptíveis a enchentes, conforme ilustra a Figura 4.18.

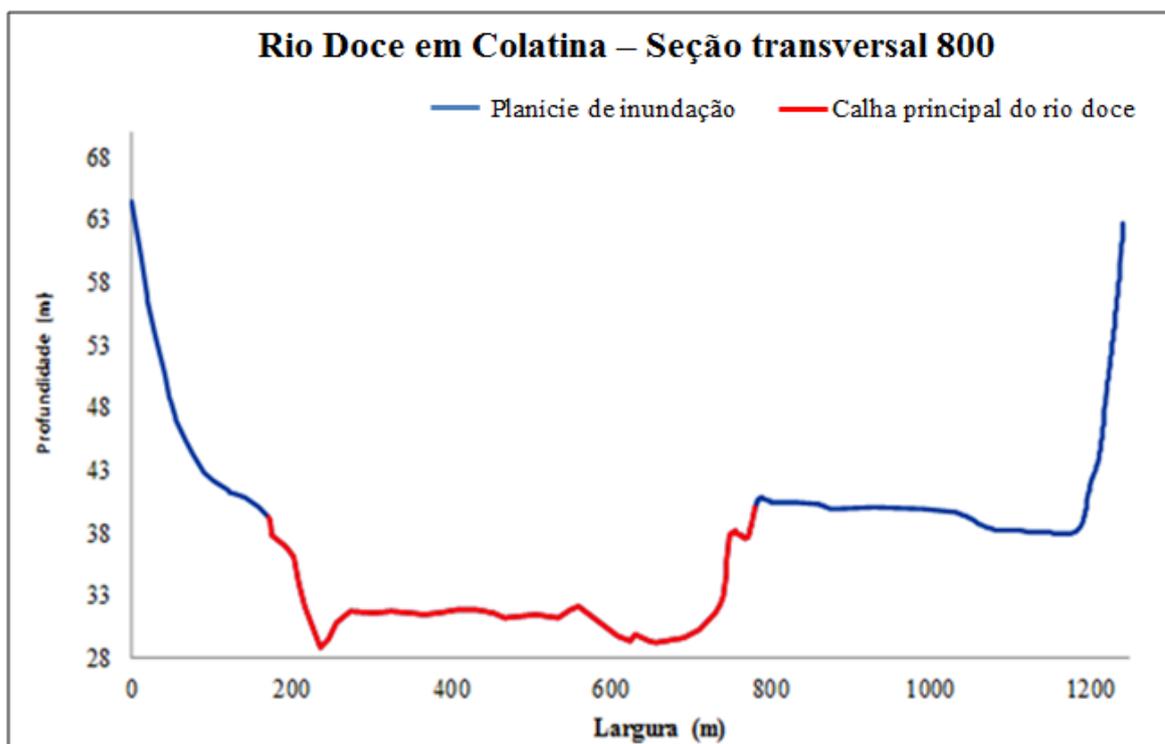


Figura 4.18 - Representação da seção transversal para a simulação 1D

4.2.4 Seções transversais para simulação 1D/2D

Para a viabilização da simulação hidráulica com o modelo HEC-RAS 2D 5.0 Beta, foram utilizadas as seções transversais da Tabela 4.2 e ANEXO V. No entanto, nas regiões onde existem fronteiras de ligação entre os escoamentos 1D e os escoamentos 2D, as extensões das seções transversais na planície de inundação foram suprimidas para representar apenas o canal principal, onde se processa o escoamento 1D. A planície de inundação, onde a simulação será 2D, será representada por uma malha.

A Figura 4.19 ilustra a representação da seção transversal para a simulação 1D/2D. Nota-se que para a seção transversal representada na figura, foi necessário suprimir apenas a margem direita da seção 800 em função da malha para a representação do escoamento 2D estar nessa margem.

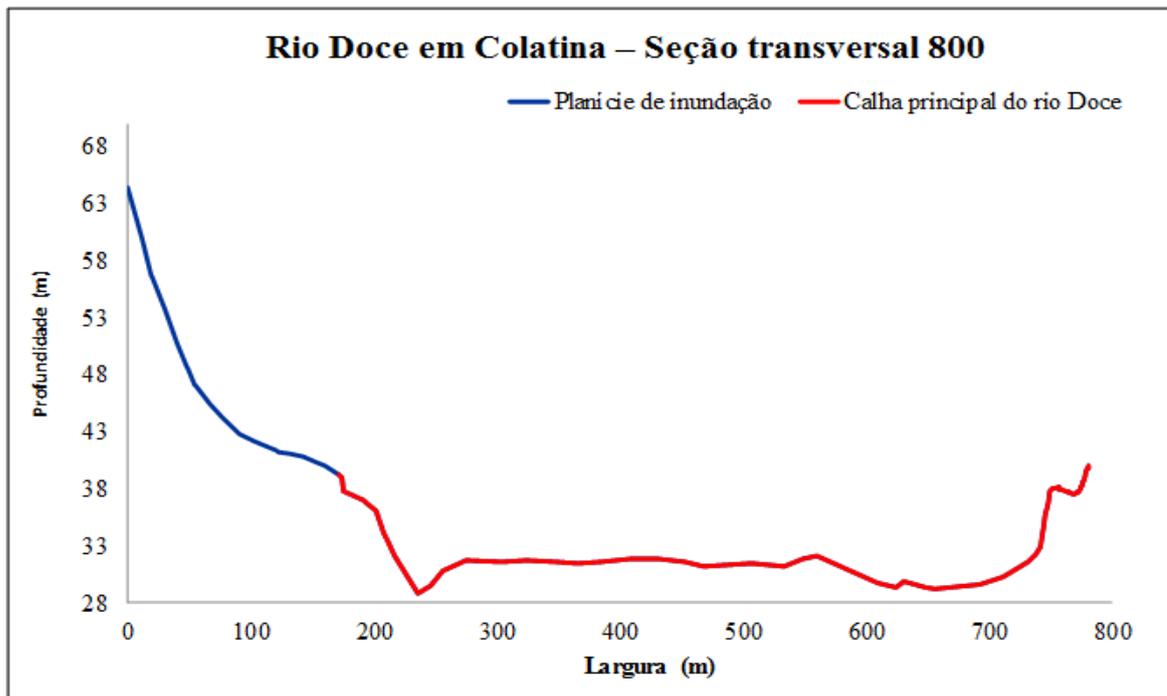


Figura 4.19 - Representação da seção transversal para a simulação 1D/2D

4.2.5 Representação topológica do modelo 1D

Para a representação da modelagem 1D da planície de inundação, o HEC-RAS permite considerar as áreas urbanas com edificações funcionando como áreas inefetivas, ou seja, consideram-se esses locais são considerados sem condutância, mas com a capacidade de armazenar água durante a passagem da onda de cheia.

Essa ferramenta possibilita a visualização da área inundada da planície através da interpolação do nível da água entre as seções transversais no plano horizontal. Nessas áreas ocorre o armazenamento e a velocidade da água é praticamente zero na direção do escoamento.

O armazenamento pode ser modelado dentro de uma seção transversal utilizando a opção área de fluxo inefetivo do HEC-RAS. A elevação da superfície da água no interior da seção transversal de armazenamento é assumida como tendo a mesma altura que a parte efetiva do escoamento. A área de escoamento efetivo é a região da seção transversal que representa o escoamento do canal principal (USACE, 2010a).

Para construção da representação topológica do modelo 1D foram utilizadas as seções transversais da Tabela 4.2 e Anexo V, as quais foram estendidas até o limite da planície de inundação susceptíveis a enchentes utilizando o recurso do suplemento HEC-GeoRAS. Esse limite da planície de inundação foi definido após visitas de reconhecimento de campo e

análise do MDT de Colatina. Adicionalmente mais 90 seções transversais foram obtidas através do recurso de interpolação de seções transversais do HEC-RAS em um trecho de 9.147 m do rio Doce. Foi definido um espaçamento máximo de 50 m entre seções transversais. Este valor é inferior ao estimado com a equação de Samuel (1982), ou seja:

$$\Delta x \leq \frac{0,15D}{S_0} \quad (4.1)$$

Onde;

Δx = espaçamento entre as seções transversais (m);

D = profundidade (m); e

S_0 = declividade do leito (m/m).

A interpolação de seções é necessária para permitir melhor estabilidade e precisão numérica do modelo. A Figura 4.20 ilustra o modelo definido para a simulação 1D em regime não permanente.

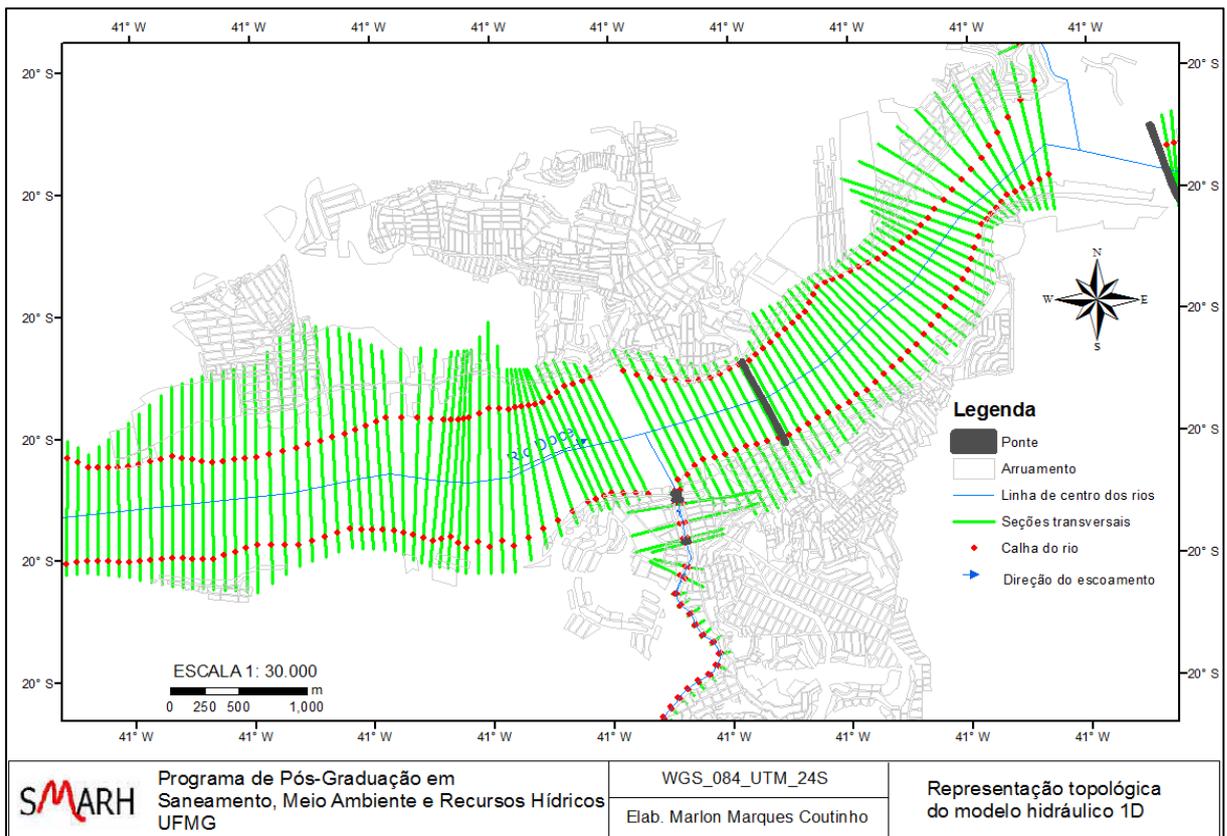


Figura 4.20 - Representação do modelo topológico 1D

4.2.6 Representação topológica do modelo 1D/2D

Para representação do escoamento 1D no canal principal, foram utilizadas as seções transversais da Tabela 4.2 e ANEXO V. No entanto, nas regiões com interligação de canal principal e malhas de fluxo 2D, as extensões das seções transversais para as planícies de inundação foram suprimidas para abranger apenas a calha do rio. No HEC-RAS 2D 5.0 Beta os sistemas 1D/2D são interligados através da adição de uma estrutura marginal, sem eficiência de descarga e localizada na parte elevada do terreno.

Como no modelo 1D, adicionalmente mais 90 seções transversais foram obtidas através do recurso de interpolação de seções transversais do HEC-RAS, mantendo um espaçamento máximo de 50 m entre seções transversais. O comprimento do trecho para a simulação do escoamento não permanente no rio Doce é de 9.147 m.

Na simulação 2D da planície de inundação é necessário definir o tamanho e localização das células da malha computacional, a conexão com a rede de canais e as seções transversais.

A definição das regiões para a construção da malha computacional de escoamento 2D foi efetuada considerando, em conjunto, as características das áreas susceptíveis a inundação, o MDT de Colatina e os mapas das manchas de inundação de dezembro de 2013. A partir dessa análise foram definidas, inicialmente, células do mesmo tamanho do MDT, ou seja, 3 x 3 m.

Na Figura 4.21 ilustra-se o modelo topológico para as condições de simulação 1D na calha do rio e 2D na planície de inundação. Dentro da área urbana é possível observar a malha computacional para a simulação do escoamento 2D. A margem esquerda do rio Doce possui maiores altitudes de terreno e as baixadas, em termos de extensão da inundação, sofrem pouca influência das enchentes. Considerou-se assim, a margem com a hipótese de escoamento unidimensional.

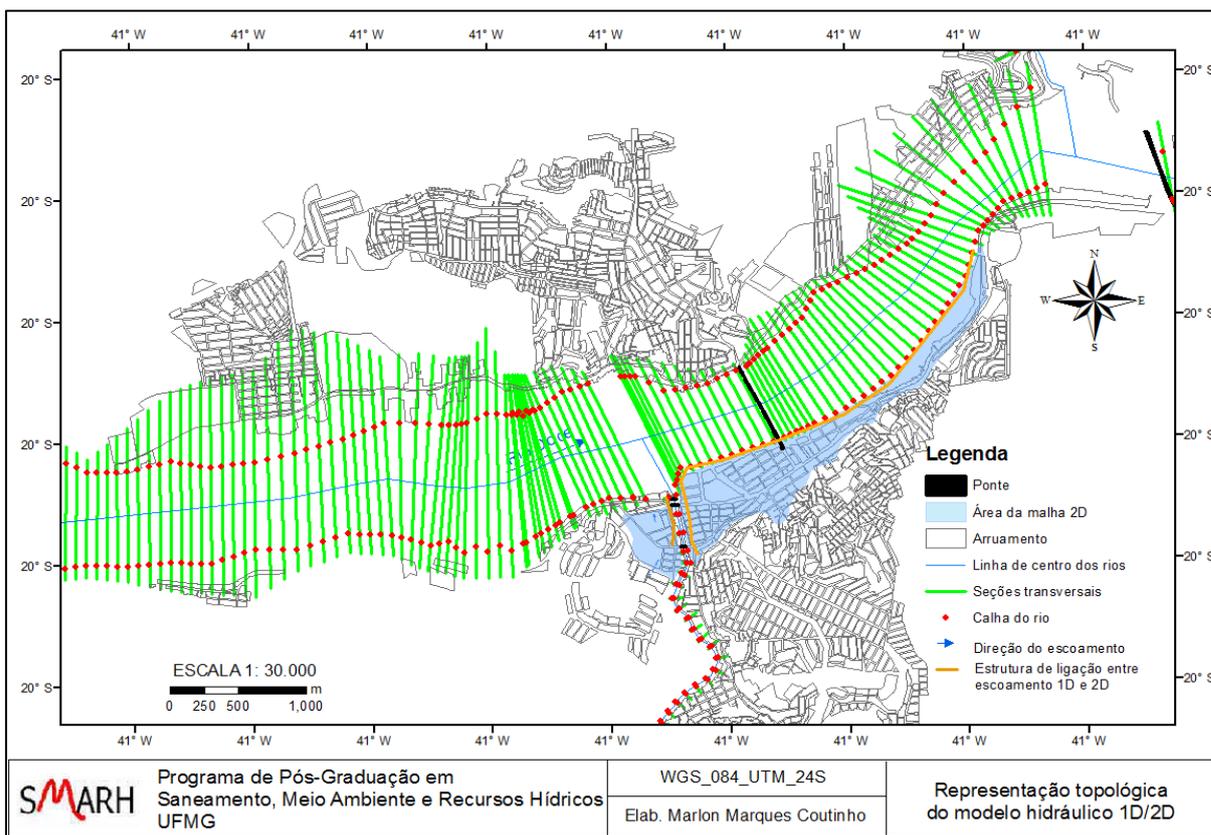


Figura 4.21 - Representação do modelo topológico 1D/2D

4.2.7 Análise de frequência dos dados

De acordo com Naghettini & Pinto (2007), a análise de frequência de eventos extremos permite estimar os quantis associados a períodos de retorno de eventos previamente especificados através do uso de distribuições de probabilidade e avaliar a sua probabilidade de excedência, ou seja, a probabilidade de ocorrer um evento de cheia com magnitude igual ou maior a um determinado valor considerado.

A seleção de uma das distribuições candidatas deve levar em conta o tipo de evento a ser estudado (eventos máximos ou mínimos), e ter como critério básico a capacidade de esboçar as principais características das estatísticas amostrais e, ao mesmo tempo, prever quantis hipotéticos com confiabilidade razoável.

De modo resumido, as etapas para análise de frequência local para eventos máximos são (Naghettini & Pinto 2007):

- Optar pela utilização de séries de máximos anuais ou séries de duração parcial;

- Avaliar os dados no que se refere à homogeneidade aplicando o teste de Mann & Whitney (1947), à independência com o teste de Wald & Wolfowitz (1943) e representatividade;
- Propor uma ou algumas distribuições teóricas de probabilidade, com a estimativa de seus respectivos parâmetros, quantis e intervalos de confiança, seguida da verificação de aderência à distribuição empírica com teste de aderência de Anderson-Darling;
- Avaliar a influência de eventuais pontos atípicos, com possível repetição de algumas etapas precedentes; e
- Selecionar o modelo distributivo mais apropriado.

O objetivo da análise de frequência foi o de estimar o período de retorno associado aos eventos de cheias estudados. A identificação da frequência dos eventos possibilita a avaliação da influência da magnitude das cheias utilizadas na calibração dos modelos sobre a simulação de vazões excepcionais.

4.2.8 Mapeamento das manchas de inundação dos eventos de 2013

Registrar os eventos de inundação através de mapeamentos do contorno da inundação é uma forma de possibilitar a gestão de riscos e a realização de vários estudos hidráulicos. CPRM (2014a) sugere uma metodologia para obtenção e identificação das marcas de cheia e contorno da inundação. Os dados a serem levantados em campo são as coordenadas geográficas do contorno da inundação e pontos internos à mancha, a altura da água sobre a superfície do terreno, efetuar registros fotográficos e realizar entrevistas com moradores das áreas afetadas.

O mapeamento das manchas de inundação dos dois eventos de cheia de dezembro de 2013 foram realizadas, com a participação do autor, em diferentes momentos. Nos dias 20 e 21 de dezembro de 2013 foram mapeadas as áreas inundadas pela cheia do dia 19 de dezembro. Foram identificadas as marcas de cheia dentro da área urbana, efetuado a delimitação do contorno da inundação e o realizado o nivelamento das marcas de cheia nas oito seções transversais com lances de réguas localizadas ao longo do rio Doce no trecho em estudo. Em cada ponto mapeado foram coletadas as coordenadas geográficas, a altura da superfície da água, efetuado o registro fotográfico e obtidas informações com os moradores da cidade. Após a campanha dos dias 20 e 21 de dezembro, ocorreu outro evento de cheia, no dia 24/12/2013, sendo este mais severo do que o ocorrido no dia 19/12/2013, inundando uma área

maior da cidade, o que causou danos significativos. Foram realizadas entre os dias 13/01/2014 e 18/01/2014, o mesmo procedimento de levantamento das marcas de cheia do dia 19 de dezembro. Para a execução dos trabalhos de campo foram utilizados um GPS de mão modelo Garmin Etrex, três GPS geodésicos modelo GTR-G2, em modo estacionário, com antenas 702GG e 702GGL e uma mira topográfica.

Na Figura 4.22 ilustra-se o trabalho de nivelamento da marca de cheia na seção nº 100 do rio Doce e o nivelamento de marca de cheia dentro da área urbana, respectivamente.



Figura 4.22 - Nivelamento da marca de cheia na seção nº 100 do rio Doce e de marca de cheia dentro da área urbana, respectivamente

Fonte: Arquivos do autor.

4.3 Condições iniciais e de contorno

Todos os modelos hidráulicos necessitam para a sua execução das condições iniciais e de contorno. As condições iniciais se referem ao estado observado ou definido em todos os pontos do trecho no início da simulação. As condições de contorno são as características a montante, a jusante e internas do sistema que permitem a solução específica para um conjunto de equações diferenciais como, por exemplo, as equações de Saint Venant.

As condições de contorno a montante define uma entrada para ser encaminhada através do sistema a qual pode ser um cotograma ou hidrograma observado ou simulado. A condição de contorno a jusante é definida por cotogramas ou hidrogramas ou curva-chave da seção transversal ou através do cálculo da profundidade normal (Equação de Manning). As condições de contorno internas consistem na contribuição lateral ou hidrogramas de tributários, bem como, as relações cota-descarga de estruturas hidráulicas no trecho de rio.

As condições de contorno a montante utilizadas na modelagem foram os hidrogramas observados e, também completados, na seção transversal 1500, os quais foram trasladados para uma seção transversal inserida 1,9 km a montante. Esta seção transversal inserida no modelo topológico do rio Doce recebeu a denominação de seção 1600 e teve o objetivo de não prejudicar a estabilidade dos modelos.

As condições de contorno empregadas a jusante foram as profundidades normais calculadas para uma seção inserida 30 m a jusante da seção transversal número 100. A seção transversal inserida no modelo topológico do rio Doce recebeu a denominação de seção 90 e também teve o objetivo de não prejudicar a estabilidade dos modelos. O cálculo da profundidade normal será efetuado com um valor de declividade média do canal, a qual foi estimada a partir dos registros de monitoramento das oito estações fluviométricas no trecho.

As condições internas do modelo foram os hidrogramas dos rios Pancas e Santa Maria, as características das Pontes Florentino Avidos e Sérgio Ceotto e, no caso do modelo 1D/2D, a estrutura do modelo que fará a comunicação entre o escoamento nas condições 1D e 2D. Na Figura 4.23 ilustra-se o croqui com a localização das seções transversais mencionas neste item.

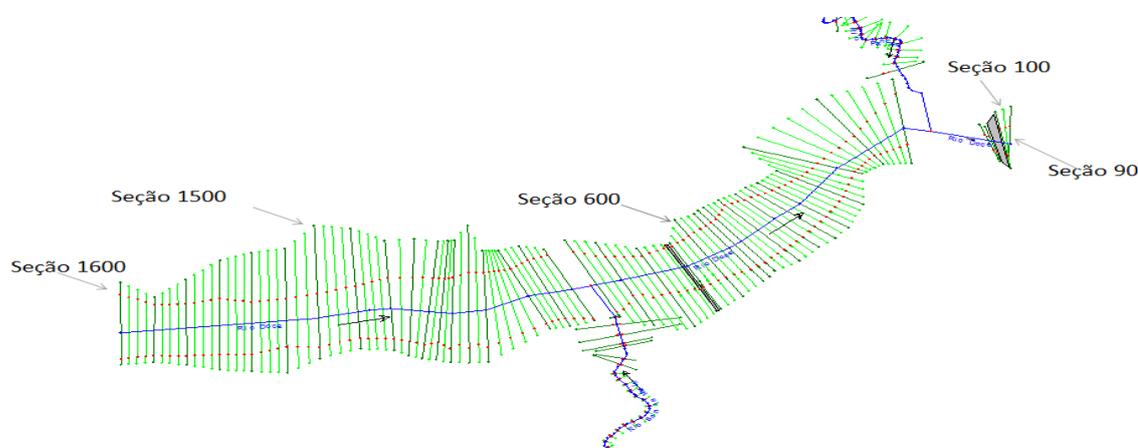


Figura 4.23 – Croqui de localização das seções transversais utilizadas para a entrada das condições de contorno

4.4 Calibração e validação dos modelos hidráulicos

Basicamente, para a calibração dos modelos hidráulicos em condições de escoamento não permanente é necessário definir as condições iniciais e de contorno. De posse desses dados são inseridos os valores dos parâmetros iniciais para a calibração dos modelos (coeficiente de rugosidade de Manning). Para iniciar o processamento dos dados (cálculo computacional da simulação da propagação da onda de cheia) é necessário definir o intervalo de tempo computacional que garanta a estabilidade e a precisão numérica dos modelos hidráulicos. A resposta do modelo é basicamente a tentativa de replicar o evento observado ou, em casos gerais, a geração de eventos hipotéticos.

Após a consistência de dados hidrológicos e a análise de frequência foram selecionados os eventos para a modelagem hidráulica.

Com o objetivo de avaliar a utilização de parâmetros calibrados para eventos frequentes em eventos de maior magnitude nas simulações de cheias em Colatina/ES, os modelos hidráulicos foram calibrados utilizando um evento de cheia com menor recorrência e esses parâmetros foram utilizados para simular eventos menos frequentes.

Os passos para a calibração dos modelos hidráulicos em regime não permanente foram estabelecidos seguindo o manual da USACE (1993), o qual recomenda selecionar a amplitude de vazões do evento de forma a possibilitar o ajuste do coeficiente de rugosidade de Manning para toda a faixa de descargas observadas.

A estimativa inicial do coeficiente de rugosidade de Manning (n) baseou-se nas observações realizadas em campo com os diferentes usos do solo urbano e das características das margens dos trechos fluviais. Procurou-se manter os valores desse coeficiente da calha principal dos rios, das margens e da planície de inundação dentro dos valores recomendados na literatura como, por exemplo, os apresentados por Chow (1959).

As condições de estabilidade e precisão numérica dos modelos dependem fundamentalmente da relação entre o intervalo de tempo de cálculo e o espaçamento dos nós (seções transversais para a simulação 1D da calha e planície de inundação e o conjunto de dados, seções transversais e o tamanho das células da malha de escoamento 2D na planície de inundação

para a simulação 1D/2D) adotados nas simulações. O espaçamento entre seções transversais e os tamanhos das células foram definidos na construção do modelo topológico.

Uma etapa importante na calibração dos modelos hidráulicos é a definição do intervalo de tempo de processamento dos cálculos.

No caso do modelo 1D, uma alternativa para estabelecer o intervalo de tempo adequado da propagação do hidrograma de cheia em regime não permanente é através da aplicação de um critério de precisão numérica conhecido como condição de Courant. Esse critério permite avaliar o espaçamento das seções transversais e a velocidade da onda de inundação (equação 4.1). A premissa básica é que o intervalo de cálculo deve ser igual a ou menor do que o tempo que a água leva para viajar de uma seção transversal para outra, isto é:

$$C = V_w \frac{\Delta T}{\Delta x} \leq 1,0 \quad (4.2)$$

Em que

$$\frac{\Delta x}{V_w} \geq \Delta T$$

Onde

C = número de Courant;

ΔT = tempo do intervalo de cálculo (passo de tempo) (s);

Δx = distância entre as seções transversais (m); e

V_w = velocidade da onda de cheia, que normalmente é maior que a velocidade média (m/s).

No caso do modelo 2D, o módulo computacional bidimensional HEC-RAS 2D 5.0 Beta tem a opção de simular a propagação do hidrograma de cheia na malha de células com as equações da onda de difusão ou as com a utilização das equações completas de Saint Venant (Brunner, 2014).

Uma alternativa para definir o intervalo de tempo computacional adequado ao tamanho médio das células é com a aplicação da condição de Courant (equação 4.3 quando se utiliza a equação hidrodinâmica e equação 4.4 quando se utiliza a equação da onda de difusão para a

propagação da cheia na malha 2D). O uso de um passo de tempo (intervalo computacional) com base na condição de Courant vai favorecer uma melhor solução numérica, mas pode fazer com que o modelo gaste um tempo maior para ser executado.

No caso da equação hidrodinâmica tem-se:

$$C = \frac{V \times \Delta T}{\Delta x} \leq 1,0 \quad (4.3)$$

E para a equação da onda de difusão, tem-se:

$$C = \frac{V \times \Delta T}{\Delta x} \leq 2,0 \quad (4.4)$$

Onde:

C = número de Courant;

ΔT = intervalo de tempo computacional (passo de tempo) (s);

Δx = tamanho médio da célula (m); e

V = velocidade da onda de inundação (m/s).

O passo inicial do procedimento é selecionar um ΔT de tal modo que o número de Courant (C) seja menor do que o valor sugerido (1,0 para a equação hidrodinâmica e 2,0 quando se utiliza a equação da onda de Difusão). No entanto, segundo Brunner (2014), o valor do número de Courant até 3,0 para as equações completas de Saint Venant e 5,0 para as equações da onda de difusão, permitem obter resultados estáveis e precisos. Caso o modelo apresente instabilidade numérica, o HEC-RAS interrompe o processamento dos cálculos da simulação da propagação da onda de cheia em regime não permanente.

Para ambos os modelos, HEC-RAS 4.1 e HEC-RAS 2D 5.0 Beta, serão testados diferentes intervalos de tempos computacionais com o objetivo de verificar a ocorrência de instabilidade numérica.

A Figura 4.24 ilustra um processamento preliminar interrompido em função da instabilidade numérica.

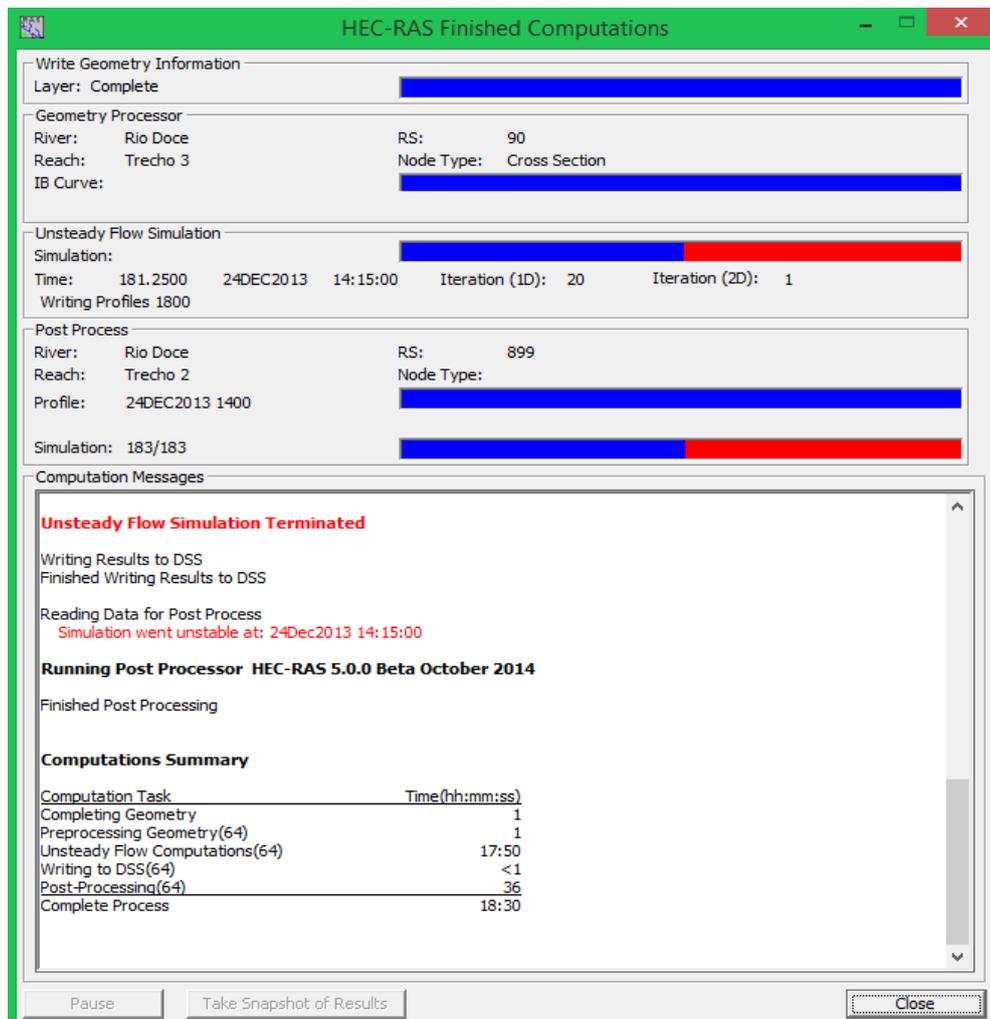


Figura 4.24 - Processamento preliminar interrompido em função da instabilidade numérica

Através da simulação inicial, são testados os dois conjuntos de equações (onda de difusão e Saint Venant completas) e avalia-se, qual das equações apresenta melhores resultados em termos de tempo computacional e estabilidade numérica.

As saídas dos modelos são comparadas com os dados de níveis observados (cotas horárias) em dois pontos do rio Doce conforme segue:

- Seção 600 – trata-se da estação fluviométrica Colatina Corpo de Bombeiros, código 56994510, que possui registros de monitoramento horário (telemétrica). Essa estação é utilizada no Sistema de Alerta de Enchentes da bacia do rio Doce na previsão de cotas de inundação para a cidade de Colatina.

b) Seção 100 – Conforme esboçado na Tabela 4.2 e Figura 4.12, se refere à última seção transversal de jusante no trecho do rio Doce e possui dados de cotas médias diárias. Para obter as cotas horárias foi necessário avaliar a correlação de cotas com a seção 600.

Todas as informações de cotas horárias dos eventos simulados foram obtidas da base de dados da CPRM. Os dados de cotas médias diárias e das duplas leituras (07h e 17h) da estação Colatina Corpo de Bombeiro, código 56994510, também estão disponíveis no sistema HIDROWEB da ANA.

Com os resultados da análise de frequência e da consistência dos dados hidrológicos, seleciona-se um evento de cheia com maior frequência para a calibração dos modelos e outro evento para a validação dos modelos. O conjunto de parâmetros calibrados são então utilizados para a simulação da propagação da cheia de dezembro de 2013, o que permite avaliar a utilização dos parâmetros calibrados na simulação de eventos menos frequentes. Nessa análise, as marcas de cheias dos dias 19 e 24 de dezembro de 2013 niveladas nas oito seções de réguas e mapeadas em Colatina/ES serão os eventos menos frequentes.

Uma forma de verificar os resultados da calibração e simulações hidráulicas é através da comparação entre os hidrogramas/cotogramas simulados e observados (Campos, 2011; Paz, 2009). Neste estudo a análise é feita com o uso dos cotogramas simulados e observados aplicando a função critério (FC):

$$FC = 1 - \sqrt{\frac{\sum (h_c - h_o)^2}{N - 2}} \quad (4.5)$$

h_c = cota calculada;

h_o = cota observada; e

N = número de observações.

Se $FC = 1$ a simulação é perfeita e quanto menor o valor de FC pior é a simulação.

Considerando que os eventos de dezembro de 2013, possuem informações consistentes de dados hidrométricos (níveis horários) e dados de nivelamentos das marcas dos picos das cheias dos dias 19 e 24, tanto nas 8 seções de réguas linimétricas instaladas ao longo do rio Doce em Colatina quanto das marcas do contorno das cheias na planície de inundação, o

hidrograma de dezembro de 2013 foi utilizado para avaliar a utilização de diferentes resoluções de células da malha computacional 2D do HEC-RAS 2D 5.0. O objetivo dessa análise é o de verificar se o uso de células maiores ocasiona perda de precisão tanto no aspecto de extensão da mancha quanto no aspecto de profundidade da água em pontos da planície. Foram definidos 30 pontos na planície para realizar a comparação dos resultados dos raster de profundidades. Esses pontos se concentram na margem direita do rio doce dentro do limite da malha computacional de escoamento 2D.

Neste estudo a medida F será utilizada, inicialmente, para avaliar os resultados das simulações com diferentes resoluções de células 2D, ou seja, comparando as imagens raster obtidas das diferentes resoluções de células com a mancha de inundação do dia 24 de dezembro de 2013. Nesta avaliação serão utilizadas resoluções de células de 5 m x 5 m, 10 m x 10 m, 15 m x 15 m, 20 m x 20 m e 25 m x 25 m.

Caso os resultados da calibração e validação sejam satisfatórios, o conjunto de parâmetros obtidos na calibração dos modelos será utilizado na simulação da cheia de 1979, considerando as atuais condições de uso e ocupação do solo.

4.5 Avaliação de desempenho dos modelos tendo como referência as manchas de inundação

Muitos autores têm efetuado a comparação de mapas de inundação simulados e observados como uma forma de avaliação da performance da modelagem hidráulica de modelos que utilizam base SIG (Bates *et al.*, 2005; Bates & De Roo, 2000; Hunter, 2006; Wilson *et al.*, 2007; Paz, 2009). A medida F pode ser entendida como o percentual da área corretamente simulada como inundada pelo modelo em relação à soma das áreas inundadas na simulação e observação. No entanto, não fica claro se a calha do rio compõe as imagens raster das manchas simuladas e observadas. Baseados nesse questionamento foram realizadas avaliações dos resultados em termos da sensibilidade do fator F. Nos resultados do equacionamento da medida F (equação 3.14), o valor 0 indica que não ocorre nenhuma sobreposição das imagens raster calculadas e modeladas, e 100 quando ocorre a perfeita sobreposição das imagens, ou seja, quanto maior o valor, maior é o índice de acerto do modelo. A análise de sensibilidade permite verificar se a utilização das imagens raster com a área da superfície da calha do rio na comparação das manchas simuladas e observadas induz a resultados melhores quando comparados com os resultados das imagens raster simuladas e observadas quando se extrai a

área da superfície da calha do rio. A área da calha principal do rio Doce, comum para todas as simulações, foi definida com a vazão de 3700 m³/s. Essa vazão corresponde à cota de 520 cm na régua da estação Colatina Corpo de Bombeiros, código 56994510 e refere-se a uma vazão que as águas não extrapolam a calha do rio Doce.

A análise de sensibilidade da medida F, ou seja, verificar qual é a forma de representação das manchas de inundação (raster das manchas com a calha ou sem a calha do rio) mais adequada, será efetuada com os eventos de 19 e 24 de dezembro de 2013.

4.6 Mapas de inundação

Os mapas de inundação são os produtos das simulações hidráulicas de grande valor para a análise e gestão dos riscos de inundação. Após a avaliação do desempenho entre os modelos HEC-RAS 4.1 e HEC-RAS 2D 5.0 Beta na previsão da extensão da inundação, seleciona-se o modelo com melhores resultados e procede-se à geração dos mapas das manchas de inundação de todos os eventos estudados e os respectivos mapas de profundidades. Assim, serão elaborados mapas de inundação com as manchas observadas e simuladas dos dias 19 e 24 de dezembro de 2013 dos modelos 1D e 1D/2D. Além desses mapas, serão elaborados os mapas de inundação e de profundidades dos picos de cheias dos anos hidrológicos 1978/1979, 2008/2009, 2011/2012 e 2013/2014.

Outro tipo de mapa que será produzido são os mapas de isócronas de inundação do evento de cheia do ano hidrológico 2013/2014. Definem-se isócronas como sendo as linhas que unem os pontos das áreas inundadas correspondentes à vazão em determinado tempo do hidrograma. Como exemplo, mapa de isócronas de 3 em 3 horas do hidrograma da cheia a partir da cota de início de inundação até o tempo do pico da cheia.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Curva-chave

Através da consistência dos dados, observou-se que as curvas-chave estabelecidas pela CPRM (2014b) estão bem aderidas às medições de descargas líquidas. Em Dezembro de 2013, com a participação do autor, foi realizada uma campanha de medições de cheia em Colatina. Foram utilizados dois equipamentos acústicos (ADCP M9) simultaneamente. São apresentadas na Tabela 5.1 as medições com o equipamento ADCP – M9 realizadas simultaneamente em Colatina. Verifica-se a diferença percentual máxima de 3,56% entre os ADCP's, valores considerados satisfatórios. A cota máxima medida foi de 652 cm (com referência à estação Colatina Corpo de Bombeiros, código 56994510), o que corresponde a uma vazão de 5.306 m³/s (Figura 5.1).

Mediante essas informações tornou-se possível melhorar o ajuste do tramo alto da curva-chave. Na Tabela 5.2 e nas Figuras 5.2 e 5.3 são apresentadas as curvas-chave.

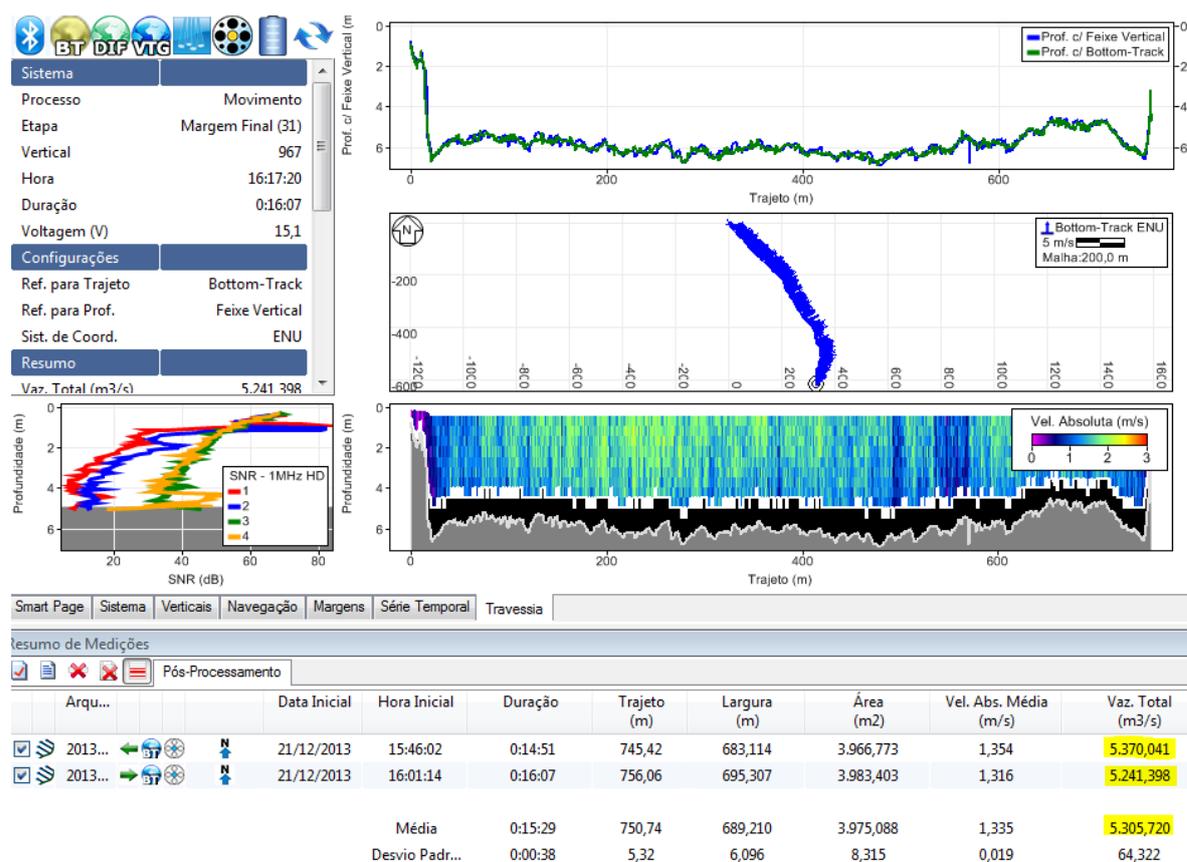


Figura 5.1 - Medição de cheia em Colatina

Tabela 5.1 - Resumo das medições de descarga líquida em Colatina

Data	Cota (cm)	Q _{Medida}		Desvio (%)
		Equipamento 1	Equipamento 2	
		(m ³ /s)	(m ³ /s)	
20/12/2013	521	3661	3674	0,34%
20/12/2013	512	3516	3482	0,98%
20/12/2013	504	3317	3202	3,56%
20/12/2013	478	3219	3172	1,49%

Tabela 5.2 - Curvas-chave para a estação Colatina, código 56994500

Validade	Tipo de Curva	Parâmetros			Amplitude (cm)
		a	h ₀	n	
23/01/1939 a 15/08/1942	Tabela	-	-	-	30 a 650
16/08/1942 a 27/12/1947	Tabela	-	-	-	20 a 640
28/12/1947 a 29/01/1952	Tabela	-	-	-	40 a 650
30/01/1952 a 22/02/1954	Tabela	-	-	-	40 a 650
23/02/1954 a 21/10/1955	Tabela	-	-	-	30 a 650
22/10/1955 a 28/11/1958	Tabela	-	-	-	40 a 650
29/11/1958 a 24/03/1959	Tabela	-	-	-	50 a 650
25/03/1959 a 31/07/1959	Tabela	-	-	-	40 a 650
01/08/1959 a 29/04/1963	Tabela	-	-	-	30 a 650
30/04/1963 a 24/11/1964	Tabela	-	-	-	20 a 640
25/11/1964 a 22/11/1966	Tabela	-	-	-	40 a 650
23/11/1966 a 08/12/1976	Tabela	-	-	-	20 a 640
09/12/1976 a 19/11/1978 ⁽¹⁾	Potência	294,7	0,30	1,56	20 a 850
20/12/1978 a 19/11/1980 ⁽¹⁾	Potência	362,47	0,30	1,56	20 a 850
01/07/1983 a 16/04/1993	Potência	273,2463	0,14	1,6419	80 a 650
17/04/1993 a 26/12/1994	Potência	293,6432	0,01	1,6035	90 a 470
17/04/1993 a 26/12/1994	Potência	279,1307	-0,27	1,5771	470 a 650
27/12/1994 a 26/12/1995	Potência	273,2463	0,14	1,6419	80 a 650
27/12/1995 a 08/12/1999	Potência	293,6432	0,01	1,6035	86 a 470
09/12/1999 a 05/01/2001	Potência	283,2122	-0,1	1,6029	80 a 470
06/01/2001 a 02/01/2002	Potência	293,6432	0,01	1,6035	74 a 470
03/01/2002 a 19/01/2003	Potência	283,2122	-0,1	1,6029	93 a 470
20/01/2003 a 17/12/2005	Potência	293,6432	0,01	1,6035	94 a 470
18/12/2005 a 13/12/2006	Potência	289,1349	-0,5	1,5125	80 a 470
14/12/2006 a 09/04/2010	Potência	279,1307	-0,27	1,5771	60 a 470
10/04/2010 a 14/03/2012	Potência	289,1349	-0,5	1,5125	40 a 470
27/12/1995 a 14/03/2012	Potência	279,1307	-0,27	1,5771	470 a 944

Curvas-Chave – $Q = a (h - h_0)^n$ sendo h e h₀ em m.

(1) - A estação foi relocada para 20 m a jusante com o código 56994502 entre os anos de 1977 a 1980.

Após esta data a estação foi novamente relocada para o antigo local.

Fonte: Adaptado de CPRM b, 2014.

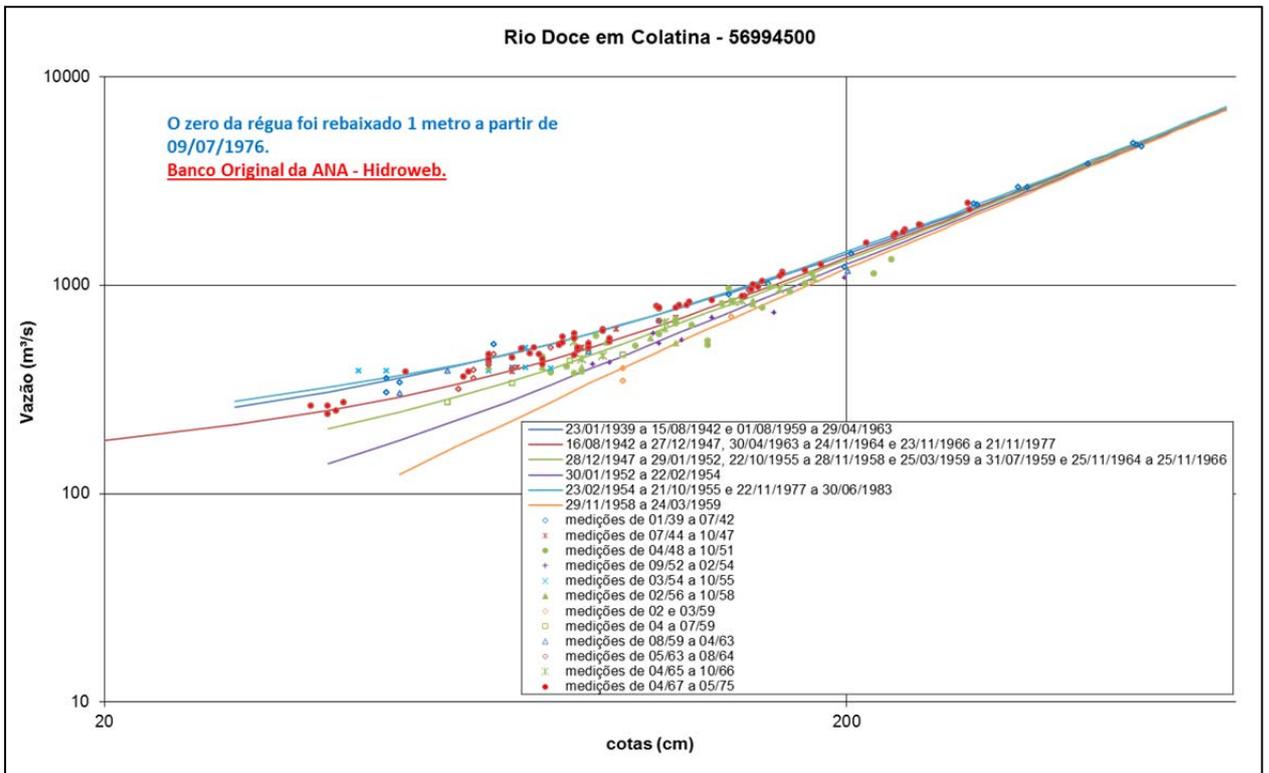


Figura 5.2 - Curvas-chave existentes no banco de dados institucional da ANA referente à estação Colatina (56994500) do período de 01/1939 a 07/1976
Fonte: Adaptado de CPRM, 2014b.

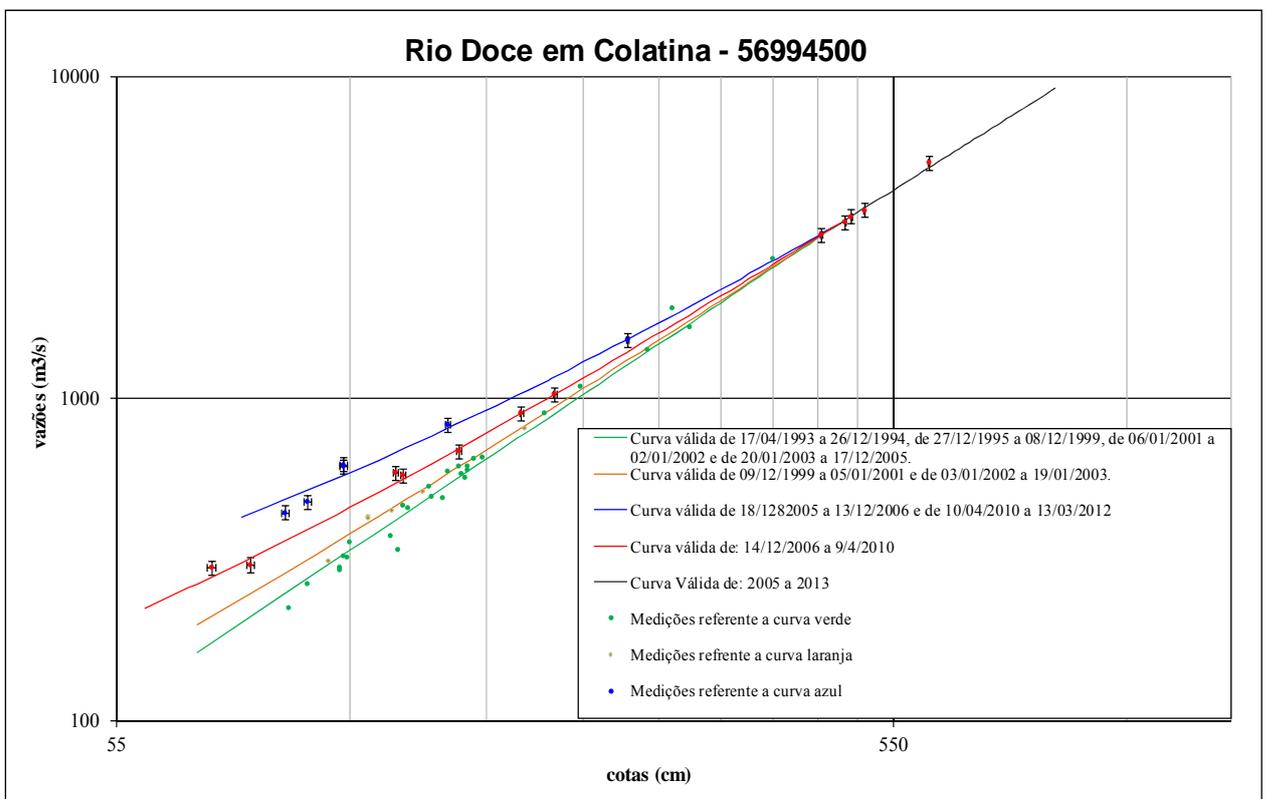


Figura 5.3 - Curvas-chave revisadas para o período de 06/1983 a 03/2012
Fonte: Adaptado de CPRM, 2014b.

Conforme mencionado na seção 4.2.1, o trecho do rio Doce que corta a cidade de Colatina possui duas estações hidrométricas. A estação Colatina, código 56994500, que possui dados de vazão e localizada a montante, está desativada desde março de 2012 e a estação Colatina Corpo de Bombeiros, código 56994510, com dados de nível de 15 em 15 minutos (automática). Durante a consistência dos dados constatou-se que as duas estações possuem boa correlação de cotas, sendo o acréscimo de área de drenagem insignificante e não existe contribuição (afluente) entre os dois postos. Em função dessas características foi estabelecida a regressão linear entre as duas estações e as relações algébricas para a construção de uma nova curva-chave para a estação Colatina Corpo de Bombeiros, código 56994510, para o período de 2010 a 2014.

A Tabela 5.3 e a Figura 5.4 apresentam as novas curvas-chave para a estação Colatina Corpo de Bombeiros, válidas para o período de 2010 a 2014. Na Figura 5.3 as medições apresentam a barra de erro de -5% a +5%.

Tabela 5.3 - Curvas-chave definidas para a estação Colatina Corpo de Bombeiros, código 569944510

Validade	Tipo de curva	Parâmetros			Amplitude (cm)
		a	h0	n	
01/01/2010 a 31/12/2014	Potência	273,8382	-0,35	1,5125	40 a 503
01/01/2010 a 14/03/2014	Potência	263,7498	-0,12	1,5771	504 a 944

Curvas-Chave – $Q = a (h - h_0)^n$ sendo h e h0 em metros

No desenvolvimento do estudo será necessário a estimativa das vazões horárias anteriores a 01/01/2010, data que corresponde ao início do período de validade das curvas-chave de Colatina Corpo de Bombeiros (Tabela 5.3). Estas vazões serão estimadas na estação Colatina, código 56994500, que possui registros diários de cotas, às 07:00 e às 17:00 h, bem como de vazões desde 1939 a março de 2012. Assim, será preciso fazer a transferência das cotas horárias de Colatina Corpo de Bombeiros para a estação de Colatina. A transferência de cotas será efetuada com a equação linear 5.1, a qual é aplicada ao intervalo de cotas entre 50 cm a 944 cm e com validade para o período de 2007 a 2012.

$$H_{cl} = 0,9647 \times H_{cbo} - 15,759 \quad (5.1)$$

Onde:

H_{cl} = cota da estação fluviométrica da estação Colatina, código 56994500 (cm); e

H_{cbo} = cota da estação fluviométrica da estação Colatina Corpo de Bombeiros, código 56994510 (cm).

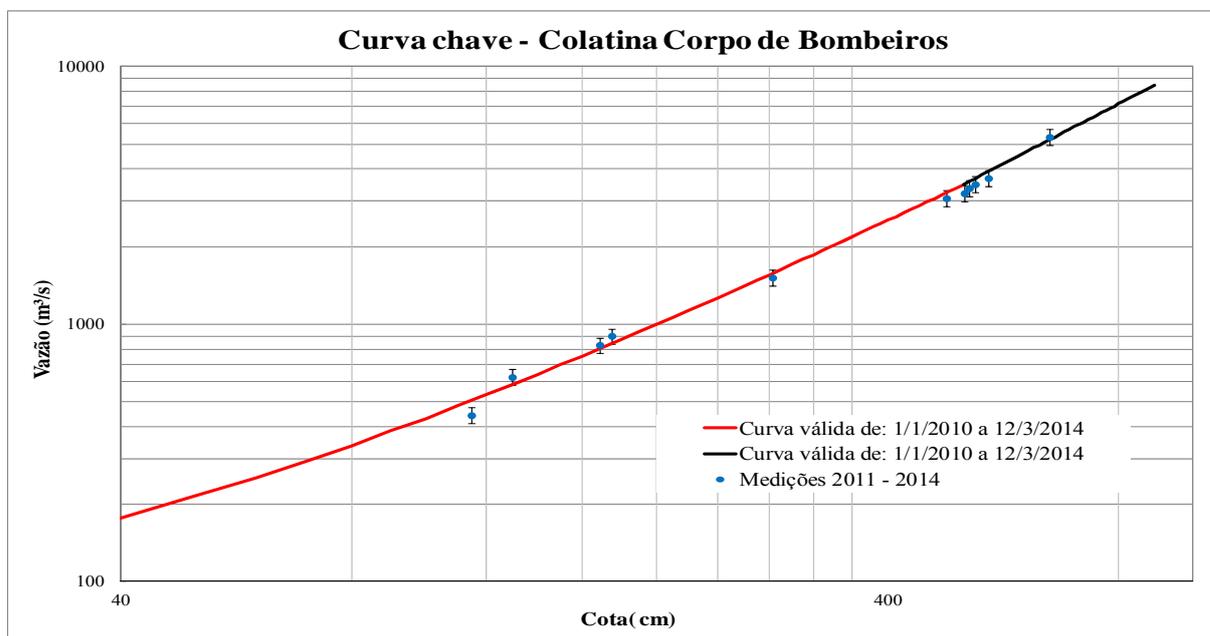


Figura 5.4 - Curva-chave desenvolvida para estação Colatina CBO, código 56994510

As vazões horárias anteriores a 01/01/2010 serão estimadas a partir das cotas horárias transferidas para Colatina, código 56994500, empregando as curvas-chave da Tabela 5.2.

Conforme mencionado no item 4.1.1, o valor da vazão estimada do pico da cheia de 1979 está em uma faixa entre 11.200 m³/s a 13.500 m³/s. Assim, a definição da vazão de pico a ser empregada neste estudo foi efetuada através da análise dos dados disponíveis, (curvas-chave, cotogramas, hidrogramas e relatórios de estudos da bacia do rio Doce, da cidade de Colatina e de inspeção da estação fluviométrica), e considerando as seguintes características:

- Não havia lance de régua para a cota máxima da cheia de 1979;
- Durante o período da passagem do pico da cheia não houve registro de cotas;
- Não estão disponíveis os dados da vazão defluente da Usina Mascarenhas para uma análise mais detalhada do hidrograma de descarga;
- O nivelamento da marca de cheia ocorreu 1 ano após o evento, e o valor real da marca de cheia pode estar oscilando entre a cota nivelada de 968 cm (cota relacionada à régua da estação Colatina);

- Na análise da extrapolação da curva-chave do período, observa-se que a mesma pode estar superestimando os dados de vazões máximas; e
- O registro fotográfico da cheia de 1979 (Figura 4.6) alcançando a viga da ponte Florentino Avidos é o principal dado que evidencia a ordem de grandeza da vazão de pico e que indica ser esta a maior cheia no rio Doce em Colatina, pelo menos registrada desde 1929, data da construção da ponte.

Baseado nas informações acima e mais o uso da atual curva-chave da estação considerou-se, para este estudo, a vazão estimada de 11.200m³/s para a vazão do pico de cheia de 1979.

5.2 Análise de frequência

Com o objetivo de conhecer a probabilidade de ocorrência dos eventos de cheias históricas como a cheia de 1979 e a de 2013 e também a seleção de um evento com menor recorrência para a calibração dos modelos hidráulicos, efetuou-se a análise de frequência de vazões observadas.

Após a revisão e atualização da curva-chave de Colatina foram geradas as séries de vazões máximas anuais com redução por ano hidrológico (outubro a setembro) com 73 observações, conforme está apresentado na Tabela 5.4.

Na seleção de uma distribuição de frequência para a série de vazões diárias máximas anuais do rio Doce em Colatina, foram testados os seguintes modelos probabilísticos:

- Log-Normal;
- Generalizada de eventos extremos (GEV); e
- Gumbel.

A independência foi verificada com o teste não paramétrico proposto por Wald & Wolfowitz (1943), e a homogeneidade pelo teste de Mann & Whitney (1947). A série pode ser considerada independente e homogênea a um nível de significância de 5%. Para a verificação da presença de eventos atípicos na amostra, foi aplicado o teste de Grubbs & Beck (1972) a um nível de significância de 10%. Não foi observada a presença de outliers.

Tabela 5.4 - Série anual de vazões máximas do rio Doce em Colatina-ES - redução por ano hidrológico de outubro a setembro

Ano Hidrológico	Vazão (m ³ /s)						
39/40	2438	58/59	1948	77/78	3811	98/99	2572
40/41	3882	59/60	4478	78/79	11200	99/00	3111
41/42	4851	60/61	6788	79/80	5170	00/01	2407
42/43	5822	61/62	3081	80/81	3976	01/02	4237
43/44	6647	62/63	5514	81/82	6046	02/03	6211
44/45	4855	63/64	3673	82/83	4346	03/04	4748
45/46	5162	64/65	3873	83/84	4801	04/05	5939
46/47	2479	65/66	4588	84/85	6450	05/06	4095
47/48	4094	66/67	3582	85/86	4409	06/07	4308
48/49	6253	67/68	4427	86/87	2097	07/08	2417
49/50	3249	68/69	2809	87/88	3182	08/09	5818
50/51	4315	69/70	4167	90/91	4543	09/10	3656
51/52	4751	70/71	2105	91/92	5307	10/11	6741
52/53	4223	71/72	4557	92/93	4172	11/12	6484
53/54	3222	72/73	5537	93/94	3264	12/13	2242
54/55	3335	73/74	2567	94/95	2596	13/14	9045
55/56	3509	74/75	2501	95/96	4772		
56/57	6508	75/76	3041	96/97	7798		
57/58	3103	76/77	4456	97/98	3679		

Baseado no teste de aderência Anderson-Darling foi selecionada a distribuição Log-Normal com os parâmetros estimados pelo método dos momentos-L. Detalhes sobre o cálculo dos parâmetros são encontrados em Naghettini & Pinto (2007). Através da Figura 5.5 é possível verificar o ajuste entre a distribuição empírica e teórica Log-Normal.

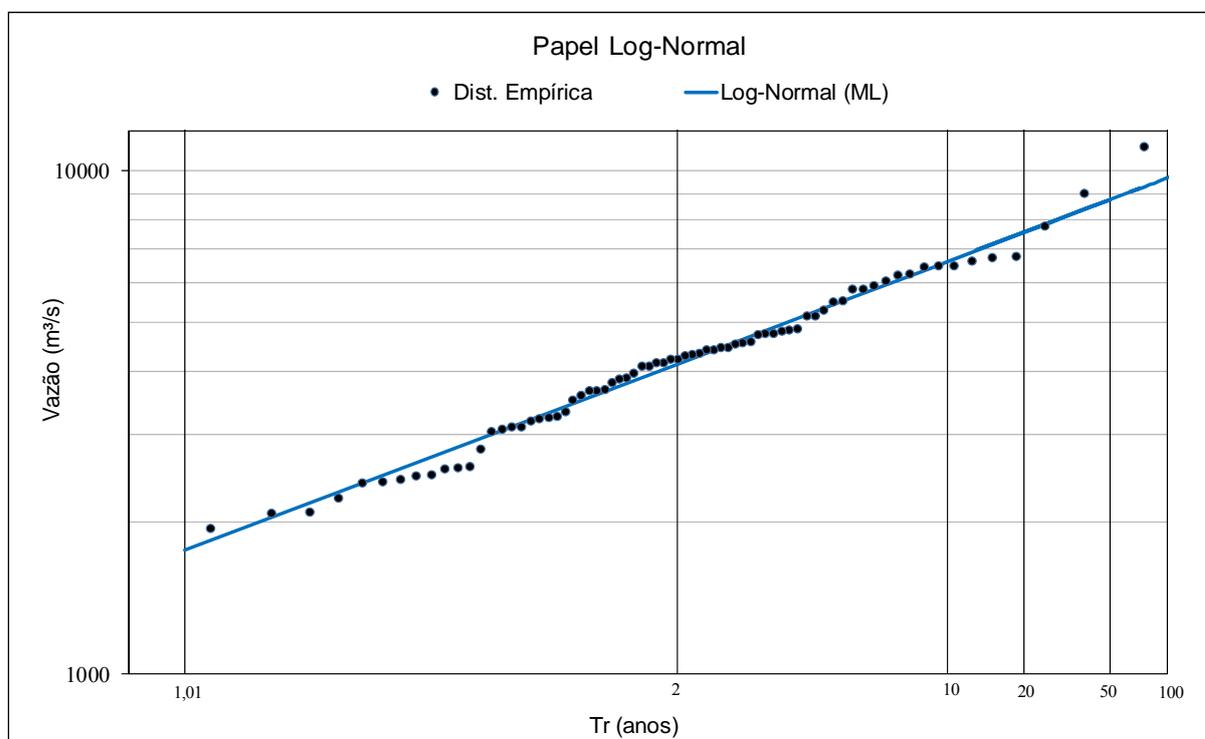


Figura 5.5 - Papel de Probabilidade Log-Normal(ML) da série de máximos anuais do rio Doce em Colatina

Com a utilização da função inversa da distribuição Log-Normal (Equação 5.2) é possível encontrar os quantis associados aos tempos de retorno de interesse. A Tabela 5.5 apresenta os parâmetros da distribuição Log-Normal.

$$x(T) = \exp(\xi + \alpha Z_{Tr}) \quad (5.2)$$

Em que Z_{Tr} é o valor da variável normal padrão associado a uma probabilidade de não excedência igual a $\left(1 - \frac{1}{Tr}\right)$.

Onde:

$x(T)$ = quantil associado à probabilidade (m^3/s);

ξ = parâmetro de posição da distribuição;

α = parâmetro de escala da distribuição;

Z_{Tr} = variável normal padrão; e

Tr = tempo de recorrência (anos).

Tabela 5.5 - Parâmetros da distribuição Log-Normal

Distribuição	Posição (ξ)	Escala (α)
Log-Normal	8,326	0,3654

Na Tabela 5.6 são apresentados os quantis para 2, 3, 5, 10, 25, 50 e 100 anos de tempo de retorno com as respectivas cotas da régua na estação Colatina Corpo de Bombeiro, código 56994010 (com referência a uma RN local) e cotas altimétricas (referência global).

Os resultados da análise de frequência são semelhantes aos apresentados nos relatórios do Grupo Interministerial de Trabalho de Prevenção e Controle das Enchentes do Rio Doce (1982) e do Instituto Jones dos Santos Neves (1982) para as faixas de tempo de retorno até 50 anos. Acima desse Tr , ambos os relatórios apresentam quantis inferiores aos calculados nesta dissertação. Cabe ressaltar que os dois relatórios utilizaram séries com 42 anos de dados, enquanto que este estudo utilizou uma série de 72 anos de dados (Tabela 5.4). Séries mais extensas, com informações relevantes como, as vazões das cheias de 1997 e 2013, aumentam a confiança na seleção e ajuste do modelo distributivo. Na comparação dos resultados da análise de frequência com os apresentados pela CPRM (2014b), não existem diferenças.

Tabela 5.6 - Vazões do rio Doce em Colatina-ES para diferentes tempos de retorno

Tr (anos)	Vazão (m ³ /s)	Cota da régua* (cm)	Cota Altimétrica (m)
2	4132	561	35,76
3	4837	621	36,36
5	5620	684	36,99
10	6601	759	37,74
25	7835	847	38,62
50	8753	910	39,25
100	9669	970	39,85

* Estação Colatina Corpo de Bombeiros, código 56994510.

Os resultados da análise de frequência permitiram selecionar os anos hidrológicos de interesse para atender aos objetivos deste estudo. Na Tabela 5.7 são apresentadas as vazões de picos dos eventos: do ano hidrológico 2008/2009, utilizado na calibração dos modelos hidráulicos; o ano hidrológico 2011/2012, utilizado na validação dos modelos hidráulicos; de dezembro de 2013 (13 anos de tempo de retorno no dia 19 e 62 anos no dia 24), os quais foram utilizados na avaliação do desempenho dos modelos hidráulicos nas simulações de inundações, e do ano hidrológico 1978/1979, o qual foi utilizado para a simulação da cheia de 1979, considerando as atuais condições de uso e ocupação do solo.

Tabela 5.7 - Vazões do rio Doce referente aos eventos estudados em Colatina-ES

Evento	Tr (anos)	Vazão (m ³ /s)	Cota da régua* (cm)	Cota altimétrica (m)	Uso
2008/2009	6 ⁽¹⁾	5818	684	36,99	Calibração
2011/2012	9 ⁽²⁾	6484	750	37,65	Validação
19/12/2013	13 ⁽³⁾	6924	782	37,97	Avaliação do modelo
24/12/2013	62 ⁽⁴⁾	9045	929	39,44	Avaliação do modelo
05/02/1979	314 ⁽⁵⁾	11200	1009	40,24	Simulação

* - Estação Colatina Corpo de Bombeiros, código 56994510.

(1) - tempo de retorno associado à vazão de pico do ano hidrológico 2008/2009 utilizada na calibração dos modelos hidráulicos.

(2) - tempo de retorno associado à vazão de pico do ano hidrológico 2011/2012 utilizado na validação da calibração dos modelos hidráulicos.

(3) – Tempo de retorno associado ao pico da cheia do dia 19/12/2013.

(4) – Tempo de retorno associado ao pico da cheia do dia 24/12/2013.

(5) – Tempo de retorno associado ao pico de cheia do dia 05/02/1979.

5.3 Mapeamento das manchas de inundação de dezembro de 2013

De posse do mapeamento das manchas de inundação dos dois eventos de cheia de dezembro de 2013 foram produzidos os mapas de inundação observados, os quais foram utilizados na avaliação de desempenho das simulações 1D e 1D/2D. Ressalta-se que todos os trabalhos desenvolvidos foram georreferenciados com o datum WGS084 e fuso 24.

A Figura 5.6 apresenta a extensão da inundação das cheias do dia 19 e 24 de dezembro de 2013. O trecho do rio Doce em Colatina possui largura média de 716 m, o que gera a falsa impressão de pouca relevância da inundação. No entanto, as águas do rio Doce invadem uma área considerável da cidade e de grande relevância social e econômica, com presença de hospitais, clínicas e comércio em geral.

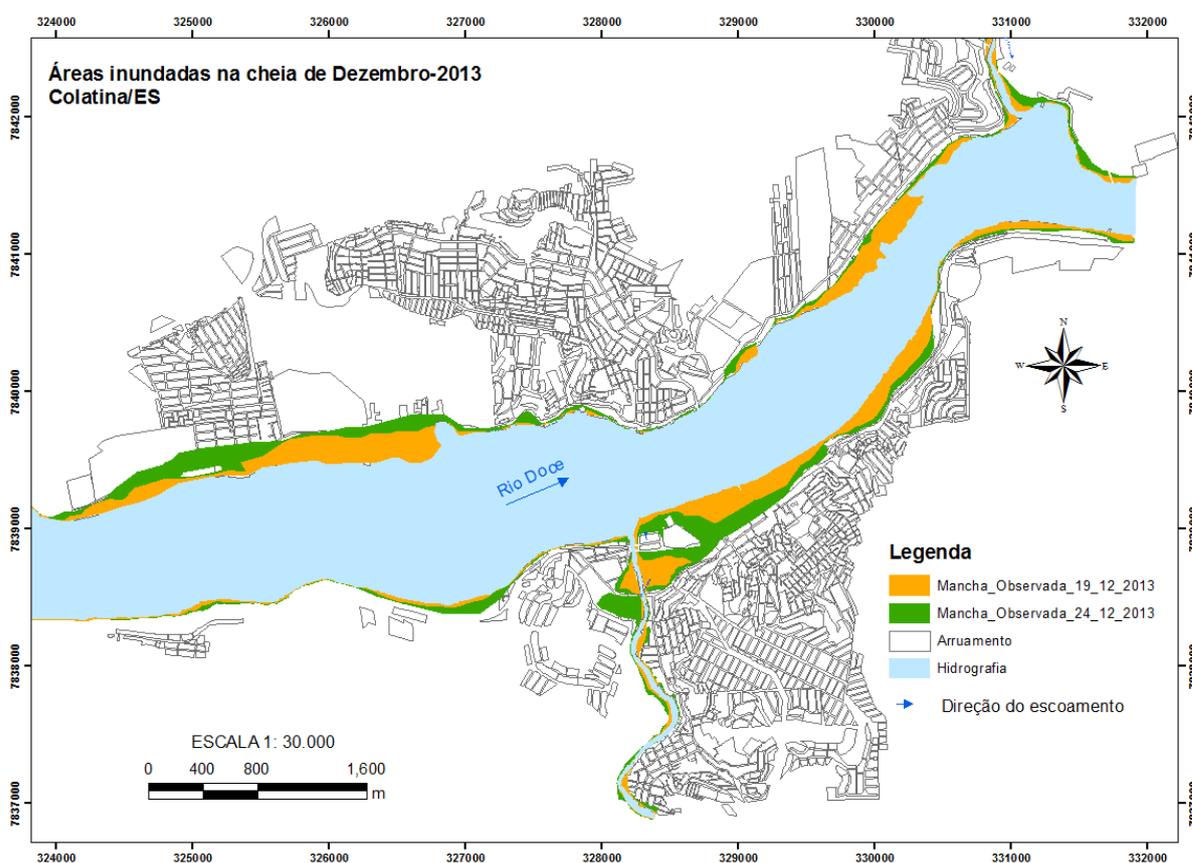


Figura 5.6 - Manchas de inundação observadas em Colatina da cheia de 2013.
Fonte Adaptado de CPRM, 2014b.

5.4 Condições iniciais e de contorno

As condições de contorno a montante foram os hidrogramas da seção transversal 1600, a qual foi inserida no modelo topológico do rio Doce 1,9 km a montante da seção 1500. Os

hidrogramas da seção 1600 são os hidrogramas observados e, também completados, que foram trasladados da seção transversal 1500.

A seção transversal 1500 possui cotas observadas às 07:00 e às 17:00 h, assim, para estimar as cotas horárias foi necessário estabelecer uma relação linear com as cotas da seção transversal 600, que corresponde a estação fluviométrica Colatina Corpo de Bombeiros, código 56994510.

Como o evento de 2013/2014 possui maior amplitude de cotas observadas, esses dados foram utilizados para estabelecer uma relação funcional entre as cotas das seções transversais 600 e 1500. Foram utilizadas as cotas observadas às 07:00 e 17:00 horas nas seções transversais 1500 e 600 para o estabelecimento da relação entre as duas seções transversais. A relação definida foi a seguinte:

Para as cotas menores que 600 cm na seção transversal 600 a equação linear é:

$$H_{1500} = 0,818 \times H_{600} + 2,2 \quad (5.3)$$

Onde:

H_{1500} = cota da seção transversal 1500 (cm); e

H_{600} = cota da seção transversal 600 (cm).

Os valores do erro padrão (R) e do coeficiente de determinação (R^2) da equação anterior são 10,9 cm e 0,9964, respectivamente.

Para cotas superiores a 600 cm na seção transversal 600 a equação linear é:

$$H_{1500} = 1,167 \times H_{600} - 207,7 \quad (5.4)$$

Os valores do erro padrão (R) e do coeficiente de determinação (R^2) da equação anterior são 21,256 cm e 0,9525, respectivamente.

Na Figura 5.7 são apresentados os pontos observados e as relações estabelecidas.

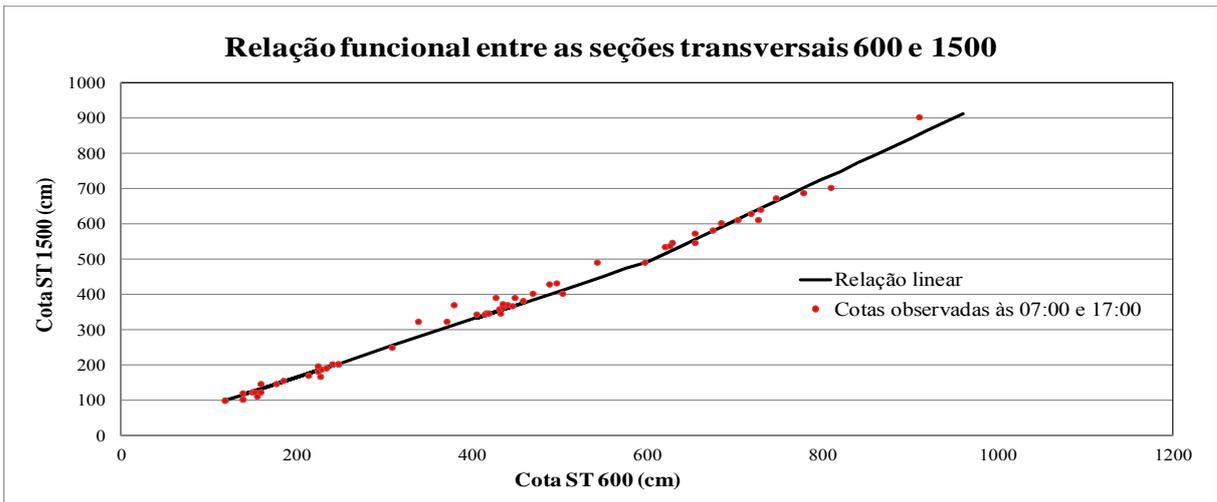


Figura 5.7 - Relação funcional entre as seções transversais 600 e 1500

As equações anteriores permitiram completar os cotogramas da seção 1500 com as cotas horárias entre 07:00, 17:00 e 07:00 horas dos eventos 1978/1979, 2008/2009, 2011/2012 e 2013/2014. No caso dos eventos dos anos hidrológicos 1978/1979 e 2008/2009 os cotogramas da seção transversal 1500 foram totalmente definidos a partir das cotas da seção transversal 600.

Na modelagem considerando o escoamento permanente, que foi realizada pela CPRM (2014b) foi definida a curva-chave da seção transversal 1500 (Equação 5.5 e Figura 5.8).

$$Q_{1500} = 555,251 \times (h_{1500} + 0,05)^{1,2757} \quad (5.5)$$

Onde:

H_{1500} = cota na seção transversal 1500 (cm).

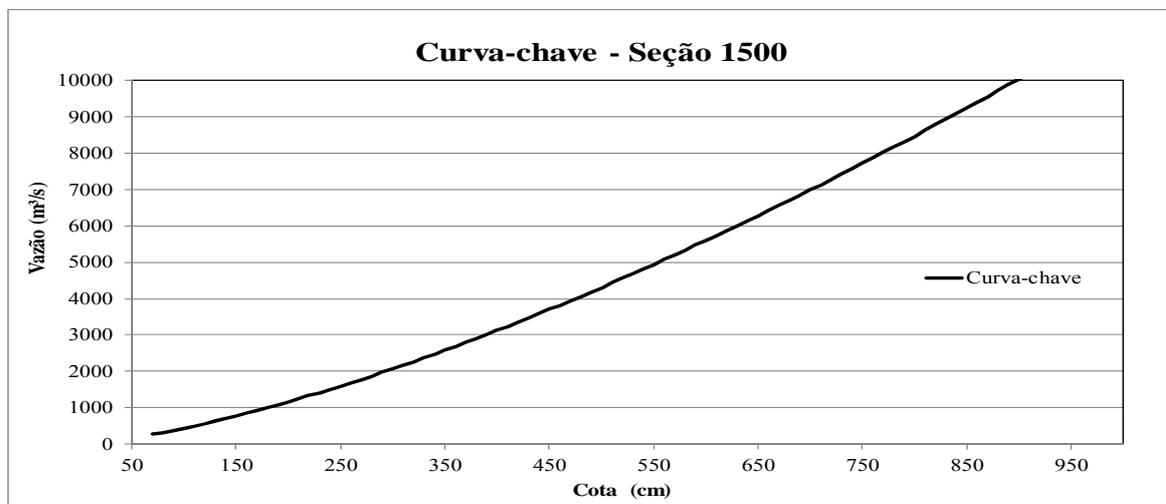


Figura 5.8 - Curva-chave da seção transversal 1500

A curva-chave apresentada anteriormente permitiu calcular os hidrogramas na seção transversal 1500 para os eventos 1978/1979, 2008/2009, 2011/2012 e 2013/2014.

Para garantir a estabilidade dos modelos foi criada uma seção transversal a montante da seção transversal 1500. A seção criada recebeu a identificação de seção transversal 1600 e define a seção de condição de contorno de montante. Os hidrograma da seção transversal 1500 foram trasladados para seção transversal 1600 para formarem as condições de contorno de montante dos modelos.

As condições de contorno a jusante foram as profundidades normais calculadas para a seção transversal inserida 30 metros a jusante da seção transversal 100. O cálculo das profundidades normais foi efetuado com a declividade média do canal

Através dos registros de monitoramento diário (07:00 e 17:00 horas) do mês de dezembro de 2013 das seções transversais 1500, 1200, 1100, 600, 300 e 100 localizadas no rio Doce definiu-se a declividade média do trecho fluvial. Foram utilizadas várias faixas de cotas para permitir definir a declividade média do trecho.

Seguindo o mesmo critério utilizado para garantir a estabilidade dos modelos hidráulicos na definição das condições de contorno de montante foi construída uma seção transversal a jusante da seção transversal 100 para a entrada da condição de contorno de jusante. Essa seção transversal criada recebeu a identificação de seção transversal 90. O valor da declividade média na seção transversal 90 é 0,00031 m/m.

Na Figura 5.9 são apresentados os perfis da linha d'água utilizados de dezembro de 2013 utilizados para definir a declividade média.

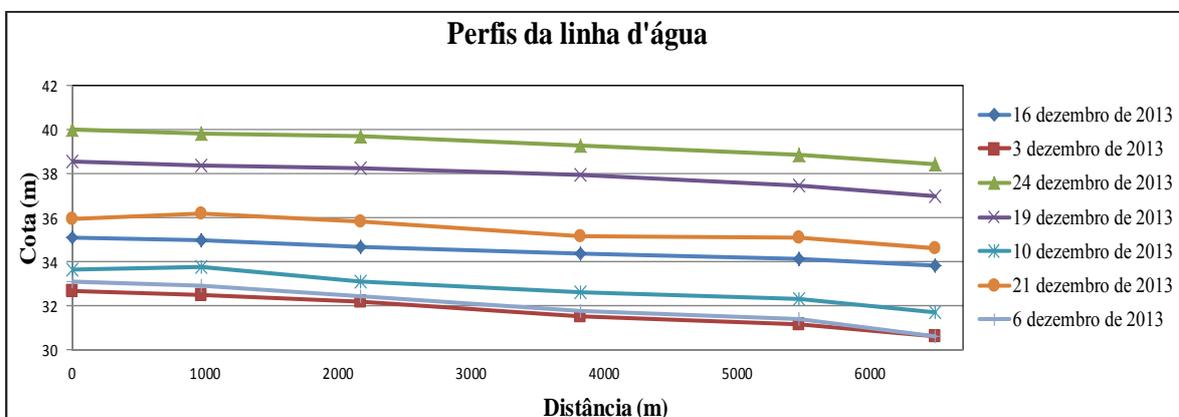


Figura 5.9 - Perfis da linha d'água no trecho do rio Doce em Colatina

Dentre as condições de contorno internas estão os hidrogramas dos rios Santa Maria e rio Pancas. Verificou-se na consistência de dados que os registros das cotas dos tributários (rio Santa Maria e rio Pancas) possuem longos períodos inconsistentes e com falhas. No entanto, a soma das vazões dos dois contribuintes não ultrapassa a 2% da vazão do rio Doce em Colatina. Na Figura 5.10 são apresentados os hidrogramas médio diários do rio Doce e do rio Pancas no período de outubro de 2010 a dezembro de 2011. Verifica-se que o pico da cheia do dia 07/01/2011 no rio Doce é de 6.418 m³/s e no rio Pancas de 124 m³/s. Essa diferença percentual de vazões entre o rio Doce e seus afluentes está abaixo do erro estimado pelos métodos diretos de medições de vazões, que são da ordem de -5% a + 5%. Optou-se em gerar hidrogramas hipotéticos na ordem de 2% do valor do hidrograma de cheia do rio Doce para as condições de entrada dos contribuintes nos modelos hidráulicos. Não verificou-se influências significativas nos resultados das cotas simuladas.

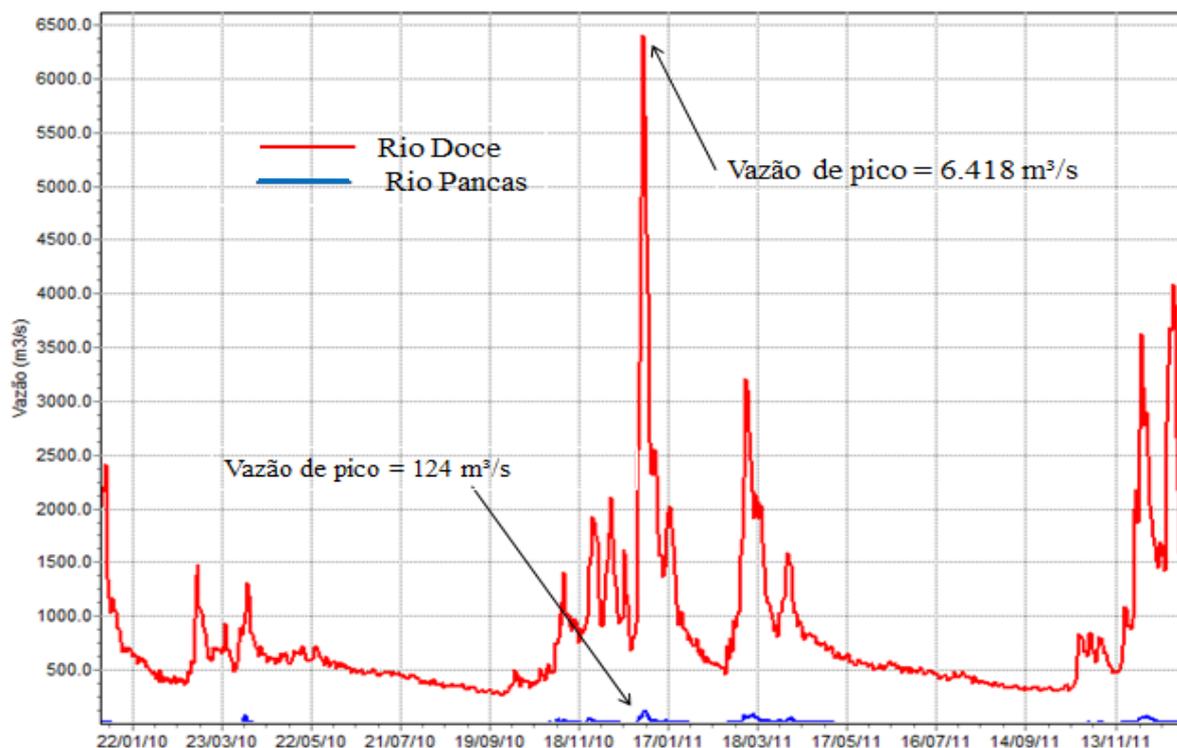


Figura 5.10 - Hidrogramas médios diários dos rios Doce e Pancas

Os intervalos de tempo dos hidrogramas foram estabelecidos em função da disponibilidade e qualidade dos dados de cotogramas fornecidos pela CPRM. Os dados dos hidrogramas estão apresentados no ANEXO VI.

Neste estudo utilizou-se um dique marginal faciando o nível do solo para efetuar a ligação das áreas de escoamento 2D que estão localizadas na planície de inundação com as áreas de escoamento 1D (canal principal). Para este tipo de aplicação o valor do coeficiente de descarga da estrutura lateral foi inferior aos valores tipicamente utilizados, ou seja, a estrutura lateral está sendo utilizada para fazer a transferência de parte do escoamento do rio (região de escoamento 1D) para a planície de inundação (áreas de escoamento 2D). As características geométricas das Pontes Florentino Avidos e Sérgio Ceotto também foram inseridos no modelo topológico para permitir o cálculo computacional dos modelos.

5.5 Calibração dos modelos

Utilizando-se os dados de monitoramento horário do Sistema de Alerta de Enchentes da Bacia do rio Doce foram selecionados os cotogramas para a calibração/validação dos modelos hidráulicos e simulação das cheias de 1979 e 2013. Na Tabela 5.8 são apresentados os eventos estudados, especificando as vazões de pico, os tempos de retorno associados aos eventos, os intervalos de discretização e o tipo de aplicação na modelagem hidráulica com os modelos HEC-RAS.

Tabela 5.8 - Tabela resumo dos eventos estudados

Evento	Vazão de pico (m ³ /s)	Tempo de retorno (anos)	Discretização	Uso
13/12/08 a 17/01/09	5818	6	2 horas	Calibração
23/11/11 a 16/01/12	6484	9	1 hora	Validação
10/12/13 a 31/12/13	6924	13	1 hora	Avaliação do modelo
10/12/13 a 31/12/13	9045	62	1 hora	Avaliação do modelo
01/01/79 a 31/03/79	11200	314	1 dia	Simulação

Conforme exposto nos objetivos deste estudo “calibrar os modelos hidráulicos com eventos de maior frequência” selecionou-se o hidrograma referente ao ano hidrológico 2008/2009 com o tempo de retorno de 6 anos para cumprir o escopo (Tabela 5.8).

Para todas as simulações nos trechos dos rios em Colatina, foram utilizadas a representação topológica descrita no item 4.2.5 para as simulações 1D (HEC-RAS 4,1) e a representação topológica descrita no item 4.2.6 para as simulações 1D/2D (HEC-RAS 2D 5.0 Beta).

Os valores dos coeficientes de rugosidade de Manning, n , definidos para as seções de um modo geral variaram entre 0,028 a 0,033 no canal principal e de 0,055 a 0,06 para a planície de inundação. Os coeficientes de contração e expansão adotados nas seções com pouca obstrução foram de 0,1 a 0,3, respectivamente, e nas seções transversais com presença de grande quantidade de ilhas e as duas pontes, 0,2 e 0,4, respectivamente. Em termos do coeficiente de rugosidade de Manning, observa-se que os valores estão dentro da faixa dos valores recomendados na literatura como, por exemplo, Chow (1959). A Tabela 5.9 apresenta os resultados do coeficiente de rugosidade de Manning obtidos na calibração dos modelos hidráulicos.

Tabela 5.9 - Valores do coeficiente de rugosidade de Manning

Seção	Resultados da calibração dos modelos HEC-RAS				CPRM (2014b)			
	Margem esquerda	Calha principal	Ilhas	Margem direita	Margem esquerda	Calha principal	Ilhas	Margem direita
1500	0,055	0,029	-	0,055	0,045	0,029	-	0,045
1400	0,055	0,029	-	0,055	0,045	0,029	-	0,045
1300	0,060	0,028	-	0,055	0,045	0,029	-	0,045
1200	0,060	0,028	0,055	0,060	0,045	0,029	0,045	0,045
1100	0,055	0,028	-	0,060	0,045	0,028	-	0,045
1000	0,055	0,028	0,060	0,060	0,045	0,029	0,042	0,045
900	0,055	0,028	-	0,060	0,050	0,030	-	0,050
800	0,055	0,028	-	0,060	0,050	0,030	-	0,050
700	0,060	0,028	0,060	0,060	0,050	0,030	0,050	0,050
600	0,060	0,028	0,060	0,060	0,050	0,028	0,050	0,050
500	0,060	0,028	0,060	0,060	0,050	0,028	0,050	0,050
400	0,060	0,028	-	0,060	0,050	0,028	-	0,050
300	0,060	0,028	0,060	0,060	0,050	0,028	0,050	0,050
200	0,060	0,028	-	0,060	0,050	0,028	-	0,050
100	0,060	0,033	-	0,060	0,050	0,030	-	0,050

Verifica-se através da Tabela 5.9 que para as áreas urbanas da cidade (planície de inundação) os valores dos coeficientes de rugosidade de Manning dos modelos diferem dos utilizados pela CPRM (2014b). Para o caso do canal principal do rio, os dois estudos apresentaram

resultados semelhantes. Vale ressaltar que os modelos hidráulicos foram calibrados em regime não permanente com o evento de 2008 e CPRM b (2014) calibrou os parâmetros em regime permanente com os picos de cheia dos dias 19 e 24 de dezembro de 2013.

Para o ajuste do coeficiente de rugosidade do rio Doce, foi utilizada a opção fatores de fluxo de rugosidade do HEC-RAS (menu ferramentas do editor de dados geométricos). Essa função, muito aplicada em simulações de escoamento não permanente em rio largos, permite ajustar o coeficiente de rugosidade para as faixas de vazões altas e baixas. A Tabela 5.10 apresenta os fatores de rugosidade para as faixas de vazões no rio Doce em Colatina. Importante mencionar que tanto os valores do coeficiente de rugosidade de Manning das seções transversais quanto os fatores de rugosidade para as faixas de vazões no rio Doce em Colatina compõe o conjunto de parâmetros calibrados do evento de alta frequência para serem verificadas nos eventos de maior magnitude.

Tabela 5.10 - Fator de rugosidade para as faixas de vazões no rio Doce em Colatina

Vazão (m ³ /s)	Fator de rugosidade	Vazão (m ³ /s)	Fator de rugosidade
500	0,80	7000	1,02
1000	0,82	7500	1,02
1500	0,82	8000	1,05
2000	0,82	8500	1,06
2500	0,82	9000	1,06
3000	0,95	9500	1,06
3500	0,95	10000	1,06
4000	1,01	10500	1,06
4500	1,02	11000	1,06
5000	1,02	11500	1,06
5500	1,02	12000	1,06
6000	1,02	12500	1,06
6500	1,02	13000	1,06

Considerando que o intervalo temporal de cálculo é provavelmente um dos parâmetros mais importantes inserido nos modelos, foram testados diferentes intervalos de tempo computacionais na calibração dos modelos hidráulicos.

Na Tabela 5.11 são apresentados os intervalos de cálculos computacionais testados com os respectivos tempos computacionais de processamento dos dados despendidos nas simulações para a calibração dos modelos hidráulicos. Para o modelo 1D (HEC-RAS 4.1), verificou-se que para intervalos computacionais de 5 segundos a 1 hora não ocorre perda de eficiência do modelo ou problemas de instabilidade numérica, apenas variações muito sutis. No caso do

modelo 1D/2D (HEC-RAS 2D 5.0 Beta) essa análise foi efetuada considerando a malha computacional com a resolução de células de 3m x 3m. Verificou-se que para intervalos computacionais acima de 1 minuto ocorrem problemas de convergência, pois o software interrompeu a simulação e exibiu a mensagem de problemas de instabilidade numérica.

Foram testados os dois conjuntos de equações que podem ser usados para resolver nas simulações de escoamento sobre a malha computacional, as equações da onda de difusão e as equações de Saint Venant na forma completa. As equações da onda de difusão apresentaram melhores resultados, além de um processamento mais rápido do que as equações de Saint Venant. Baseado nessa análise estabelece-se o uso das equações da onda de difusão para a malha de escoamento 2D.

Nota-se através da Tabela 5.11 que os tempos computacionais de processamento dos dados do HEC-RAS 4.1 são consideravelmente menores, enquanto, por exemplo, o HEC-RAS 4.1 despende 152 segundos para o processamento dos dados na simulação do evento 2008/2009 com intervalos de cálculo computacional de 60 segundos, o HEC-RAS 5.0 beta despende 6.985 segundos. Esses resultados são semelhantes aos mencionados por Horritt & Bates (2002) e Lin *et al.* (2005). Os autores verificaram que os modelos 2D despendem de um tempo maior para o processamento dos dados quando comparados com o tempo de processamento dos dados dos modelos 1D.

Tabela 5.11 - Intervalos de cálculos e tempos de processamento testados nos modelos hidráulicos (evento de cheia 2008/2009)

Modelo	Intervalo	Tempo
	de cálculo (s)	de processamento (s)
HEC-RAS 4.1 - 1D	3600	119
HEC-RAS 4.1 - 1D	60	152
HEC-RAS 4.1 - 1D	5	411
HEC-RAS 5.0 - 1D/2D	60	6985
HEC-RAS 5.0 - 1D/2D	5	8005

A Tabela 5.12 apresenta os resultados da calibração dos modelos hidráulicos com os dados hidrométricos. As saídas dos modelos foram avaliadas em dois pontos, na seção 600, que se refere à estação fluviométrica Colatina Corpo de Bombeiros, código 56994510, e na seção 100 (primeira seção a jusante). Em termos de profundidades, os modelos apresentaram

resultados próximos, pois a diferença máxima entre a cota observada e simulada (Δ) do pico da cheia que ocorreu no dia 08/01/2009 foi de 5 cm. Não se esperava resultados diferentes, visto que ambas as versões do software HEC-RAS utilizam a mesma formulação matemática para escoamento 1D na calha do rio. Mesmo o fato de as geometrias das seções transversais serem diferentes fora da calha principal do rio, nas regiões da planície que possuem malha computacional 2D, o que poderia ocasionar diferenças nos resultados, não se confirmou no caso do rio Doce em Colatina. A avaliação dos resultados da calibração para o hidrograma completo foi estabelecida com base na análise dos desvios entre as cotas observadas e cotas simuladas através da função critério (FC) (Equação 4.5). Observa-se valores próximos na análise da FC entre os dois modelos hidráulicos. Essa análise envolve toda a amplitude de dados simulados e observados. Os mesmos resultados foram verificados nos trabalhos de Bates & De Roo (2000) e Masoero *et al.* (2012). Nesses estudos os autores concluíram que os modelos 1D e 1D/2D são igualmente capazes de realizar previsões adequadas do evento simulado.

Tabela 5.12 - Resultados da calibração dos modelos hidráulicos

Modelo	Data	Vazão (m ³ /s)	Seção	Cota observada (m)	Cota simulada (m)	Δ (m)	FC (%)
HEC-RAS 4.1 – 1D	8/1/2009	5812	600	37,14	37,19	0,05	85,29
			100	36,54	36,51	0,03	80,47
HEC-RAS 5.0 - 1D/2D	8/1/2009	5818	600	37,14	37,16	0,02	82,83
			100	36,54	36,5	0,04	82,19

Nas Figuras 5.11 e 5.12 são apresentados os cotogramas observados e calibrados no modelo 1D, HEC-RAS 4.1, nas seções 600 e 100, respectivamente. Através da análise gráfica é possível observar boa aderência entre dados observados e calibrados, principalmente para as faixas de cotas acima de 34 m (referência altimétrica), que corresponde a cota de 385 cm (referência local). Ressalta-se que para esse valor de cota não ocorre extravasamento do rio Doce.

Nas Figuras 5.13 e 5.14 são apresentados os cotogramas observados e calibrados no modelo 1D/2D, HEC RAS 5.0 beta, nas seções 600 e 100, respectivamente. Observa-se o mesmo comportamento dos resultados da calibração com o modelo 1D. Ressalta-se que os dados de cotas calibradas e observadas estão com referência altimétrica. Essa referência será utilizada em todas as análises gráficas dos resultados nesta dissertação.

Em termos de dados hidrométricos, os modelos hidráulicos apresentam resultados semelhantes na calibração do escoamento não permanente na calha principal.

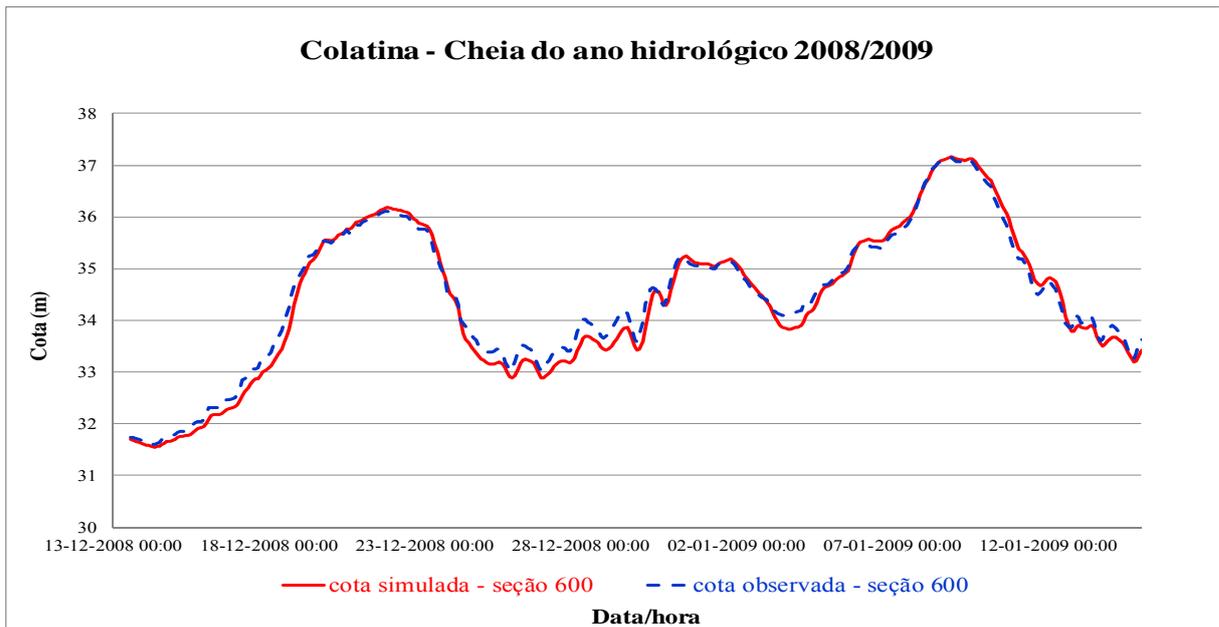


Figura 5.11 - Cotas simuladas na calibração e observadas na seção 600, modelo 1D

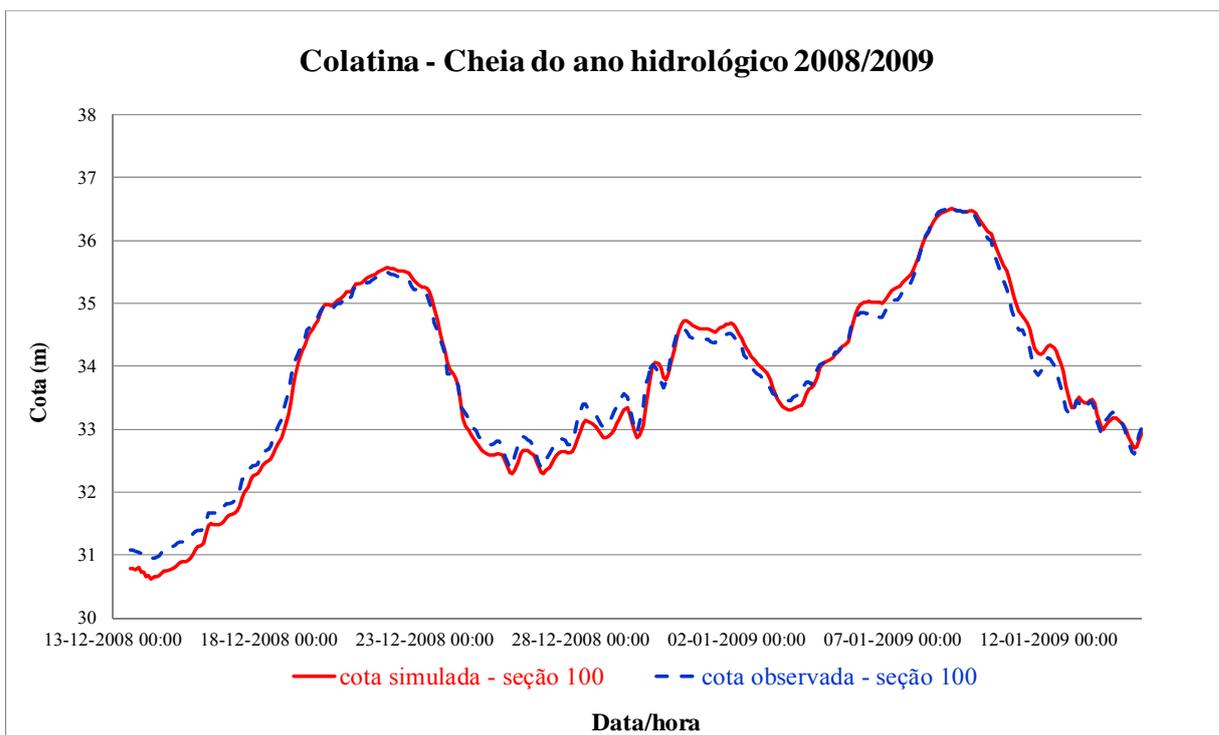


Figura 5.12 - Cotas simuladas na calibração e observadas na seção 100, modelo 1D

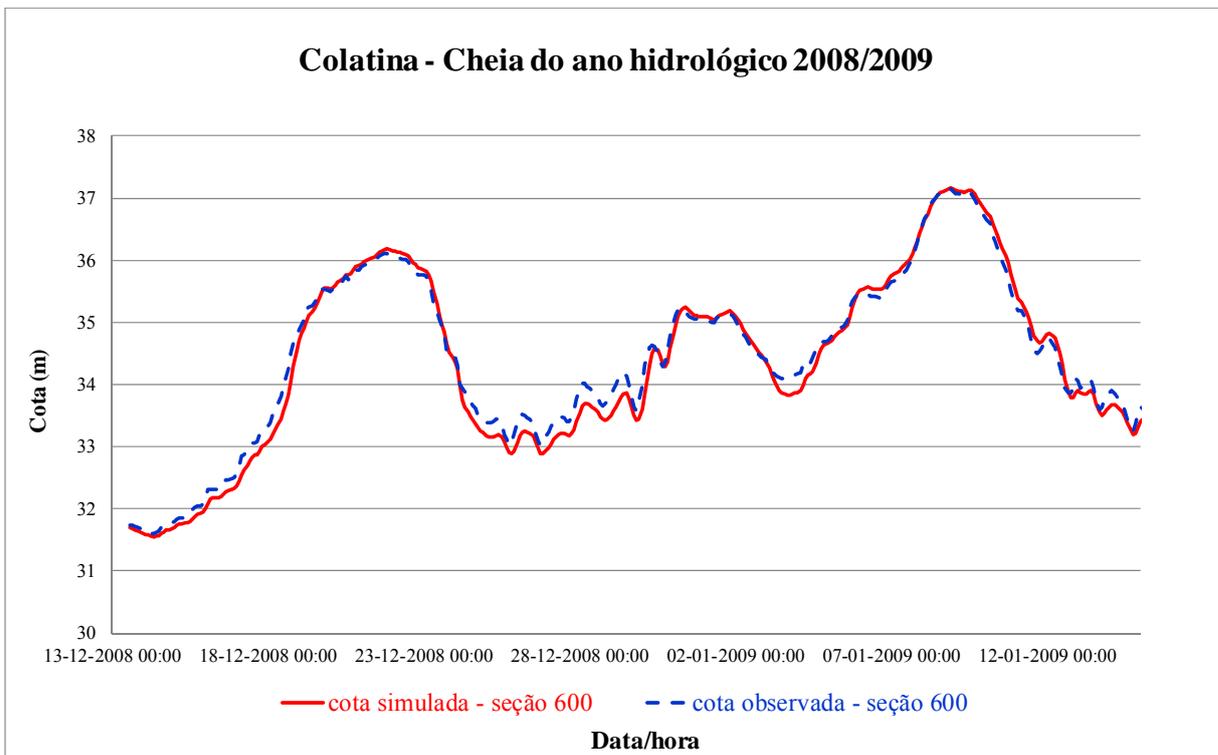


Figura 5.13 - Cotas simuladas na calibração e observadas na seção 600, modelo 1D/2D

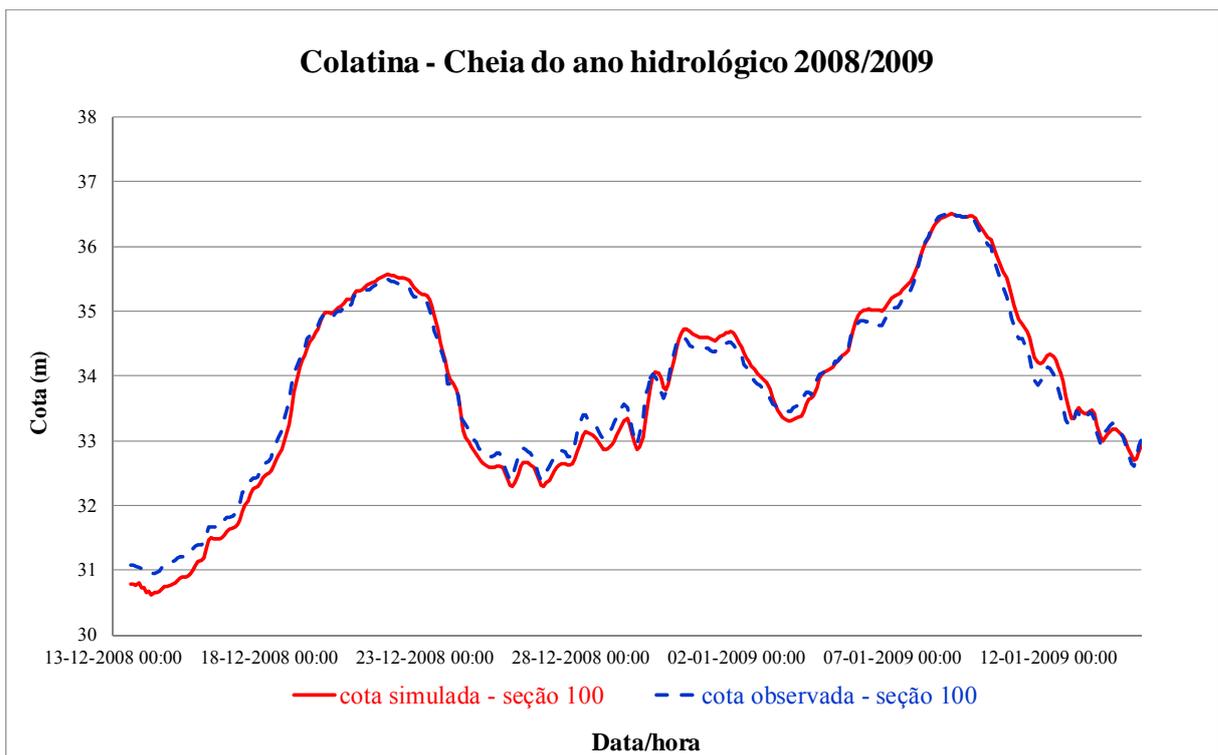


Figura 5.14 - Cotas simuladas na calibração e observadas na seção 100, no modelo 1D/2D

5.6 Validação dos modelos

O conjunto de parâmetros definidos na calibração dos modelos hidráulicos foi verificado com o evento de cheia do ano hidrológico 2011/2012, cujo pico da cheia está associado ao período

de retorno de 9 anos. O objetivo é avaliar e validar a calibração dos modelos com dados hidrométricos. Os dados de monitoramento desse evento estão discretizados em dados horários (ANEXO VI).

A Tabela 5.13 apresenta os intervalos de cálculos computacionais testados com os respectivos tempos computacionais de processamento dos dados despendidos nas simulações para a validação dos modelos hidráulicos. Para o modelo 1D (HEC-RAS 4.1), verificou-se que os intervalos de cálculos de 5 segundos a 1 hora (Figura 5.15) não ocorre perda de eficiência do modelo ou de instabilidade numérica, apenas variações muito sutis, cerca de 1 cm a 2 cm entre os resultados (cotas simuladas). Para o caso do modelo 1D/2D (HEC-RAS 5.0 Beta) foi definida, inicialmente, a malha computacional com a mesma resolução do MDT, células de 3m x 3m. Em seguida definiu-se o passo de tempo de cálculo adequado para permitir a simulação. Para essa resolução de células somente foi possível processar os dados utilizando o intervalo de passo de cálculo de até 1 minuto, acima desse valor o software paralisou o processamento dos dados e informou a mensagem de instabilidade numérica, ou seja, ocorreu a violação da condição de Courant (Equação 4.4). Observa-se na Tabela 5.13 que as simulações com o HEC-RAS 5.0 beta, o tempo de processamento dos dados foi muito superior; enquanto, por exemplo, o HEC-RAS 4.1 despende 131 segundos para realizar o processamento dos dados da simulação do escoamento não permanente utilizando o intervalo de cálculo computacional de 60 segundos, o HEC-RAS 5.0 beta despende 6.926 segundos.

Nas Figuras 5.15 e 5.16 são ilustrados os resultados das simulações 1D e 1D/2D, respectivamente com os diferentes intervalos de cálculos. Verifica-se que os cotogramas estão sobrepostos, pois não ocorreu problemas de estabilidade numérica nas simulações com os intervalos de cálculos descritos na Tabela 5.13.

Tabela 5.13 - Intervalos de cálculos e tempos de processamento testados nos modelos hidráulicos (evento de cheia 2011/2012)

Modelo	Intervalo de cálculo (s)	Tempo de processamento (s)
HEC-RAS 4.1 - 1D	3600	100
HEC-RAS 4.1 - 1D	60	131
HEC-RAS 4.1 - 1D	5	369
HEC-RAS 5.0 - 1D/2D	60	6926
HEC-RAS 5.0 - 1D/2D	5	7983

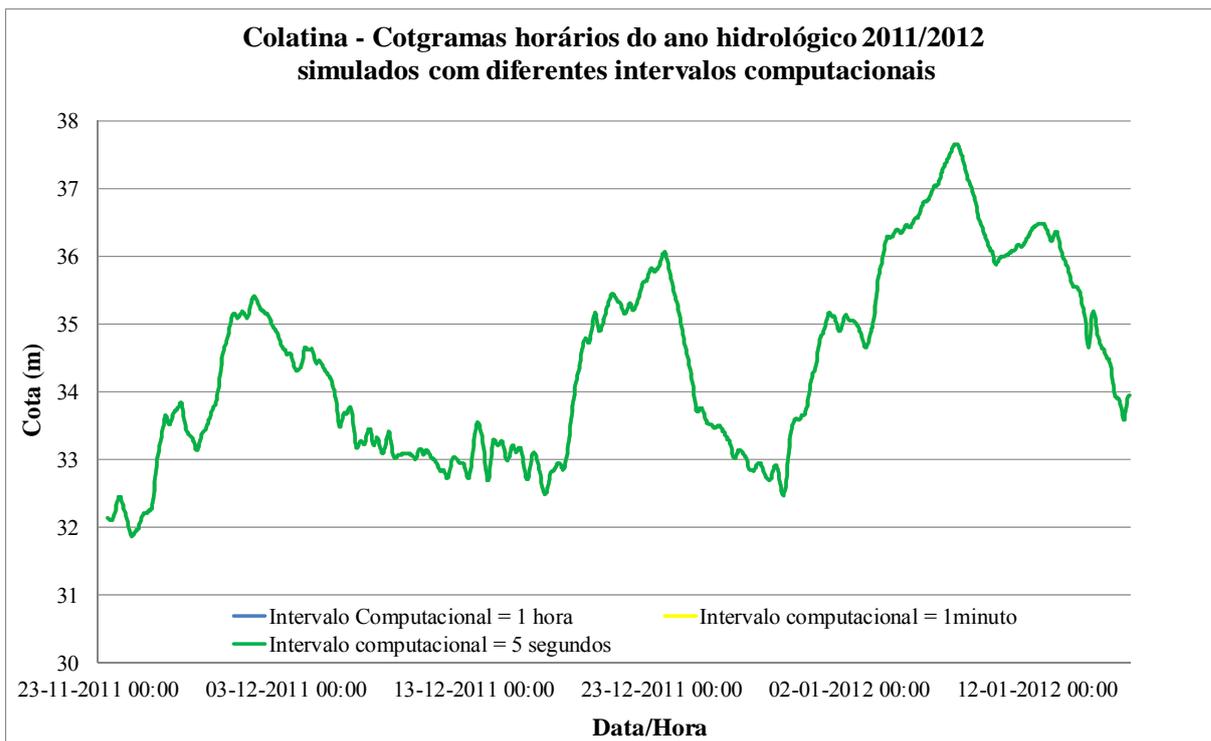


Figura 5.15 - Resultados das simulações 1D com diferentes intervalos de cálculo

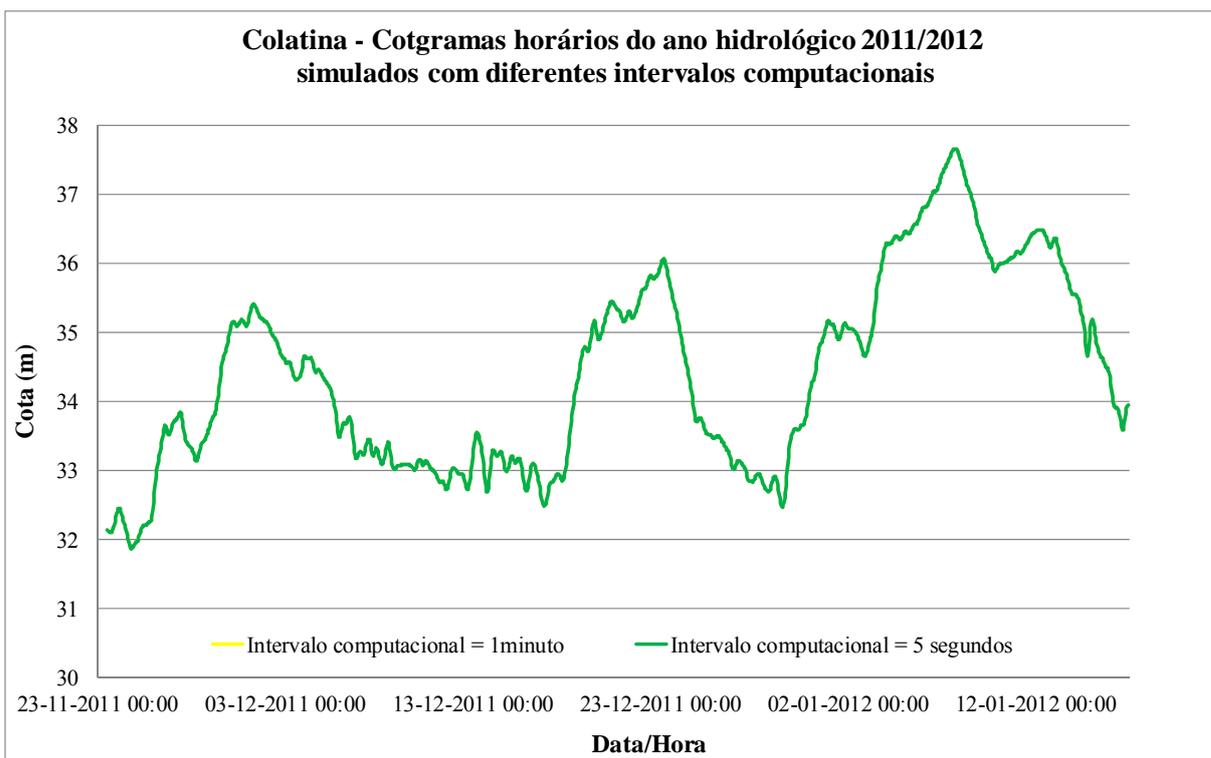


Figura 5.16 - Resultados das simulações 1D/2D com diferentes intervalos de cálculo

Na Tabela 5.14 são apresentados os resultados das simulações com o objetivo de validar a calibração dos modelos hidráulicos com os dados hidrométricos. O intervalo de cálculo

computacional utilizado foi de 60 segundos. As saídas dos modelos foram avaliadas em dois pontos, na seção 600, que se refere à estação fluviométrica Colatina Corpo de Bombeiros, código 56994510, e na seção 100 (primeira seção a jusante). Em termos de resultados hidrométricos, os modelos apresentaram resultados próximos; a diferença entre as cotas observada e simulada (Δ) do pico da cheia que ocorreu no dia 07/01/2012 foi de 13 cm. A análise das cotas observadas versus as cotas simuladas na validação dos modelos hidráulicos foi efetuada utilizando a FC (Equação 4.5). Observa-se boa aderência entre os dados de cotas observadas e simuladas na validação em ambos os modelos.

Tabela 5.14 - Resultados da validação dos modelos hidráulicos

Modelo	Data	Vazão (m ³ /s)	Seção	Cota	Cota	Δ (m)	FC (%)
				observada (m)	simulada (m)		
HEC-RAS 4.1 – 1D	7/1/2012	6497	600	37,66	37,63	0,03	88,48
			100	37,07	36,94	0,13	90,00
HEC-RAS 5.0 - 1D/2D	7/1/2012	6497	600	37,66	37,61	0,05	88,16
			100	37,07	36,94	0,14	89,54

Nas Figuras 5.17 e 5.18 são apresentados os cotagramas simulados na validação e os observados no modelo 1D, HEC-RAS 4.1, nas seções 600 e 100, respectivamente. Através da análise gráfica é possível observar boa aderência entre dados observados e simulados para toda amplitude do hidrograma de entrada.

Nas Figuras 5.19 e 5.20 são apresentados os cotagramas simulados na validação e os observados no modelo 1D/2D, HEC-RAS 2D 5.0 beta, nas seções 600 e 100, respectivamente. Observa-se o mesmo comportamento dos resultados da simulação com o modelo 1D.

Em termos de dados hidrométricos, os parâmetros calibrados com um evento de 6 anos de período de retorno foram utilizados nos modelos hidráulicos para a simulação de um evento associado a 9 anos de recorrência e foram obtidos bons resultados, confirmando assim a calibração dos modelos hidráulicos. Não foi possível estabelecer qual dos modelos apresenta melhores resultados. No entanto, em termos de tempo de processamento dos dados, o modelo HEC-RAS 4.1 pode ser considerado mais eficiente.

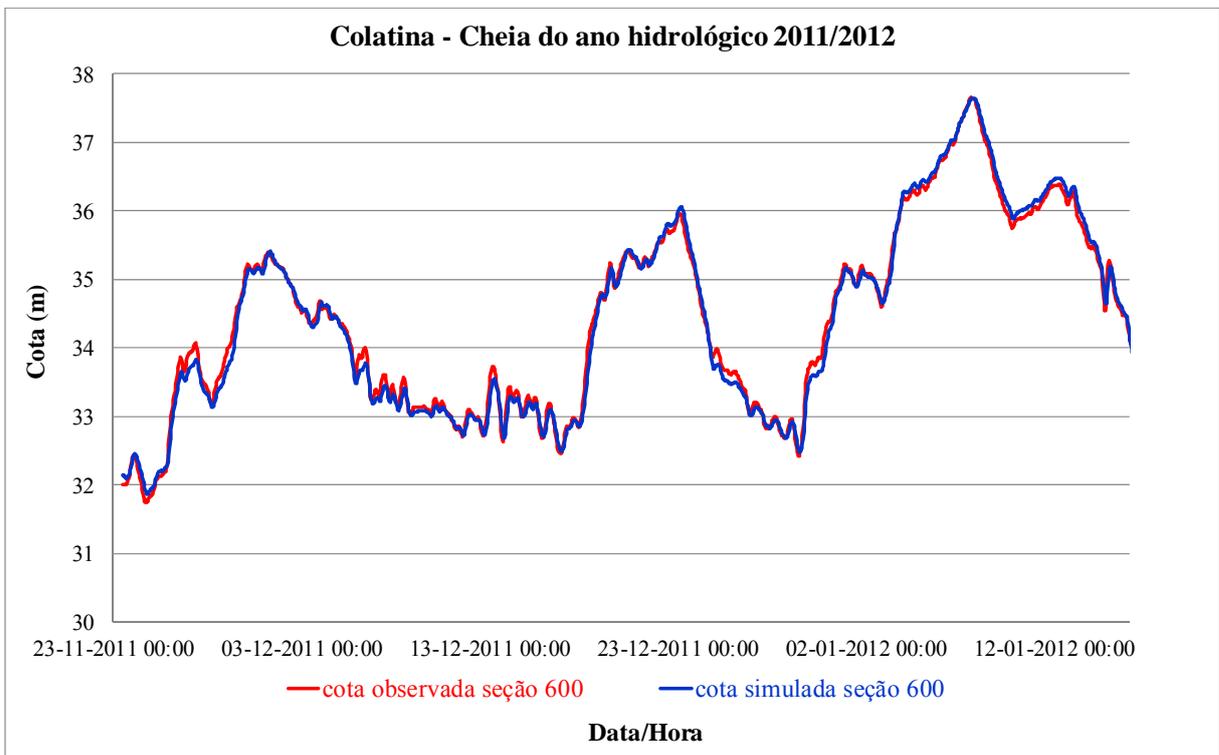


Figura 5.17 - Cotas simuladas na validação e observadas na seção 600, no modelo 1D

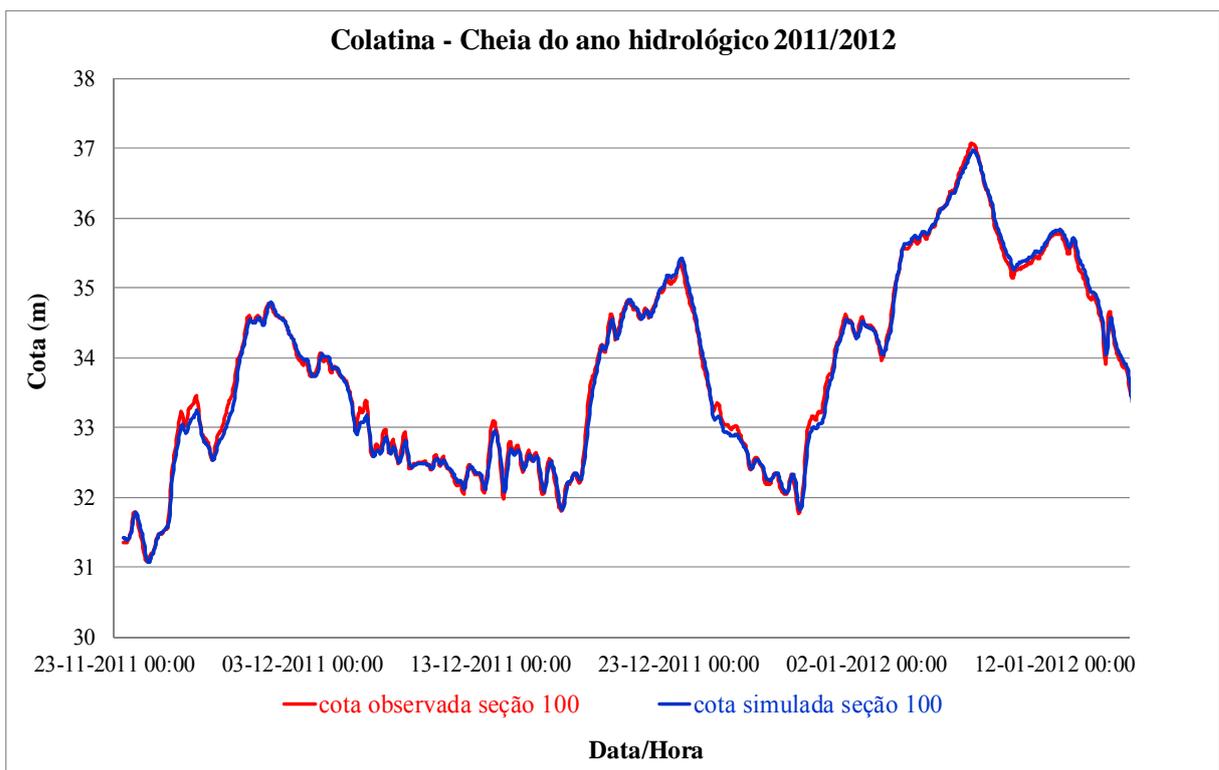


Figura 5.18 - Cotas simuladas na validação e observadas na seção 100, no modelo 1D

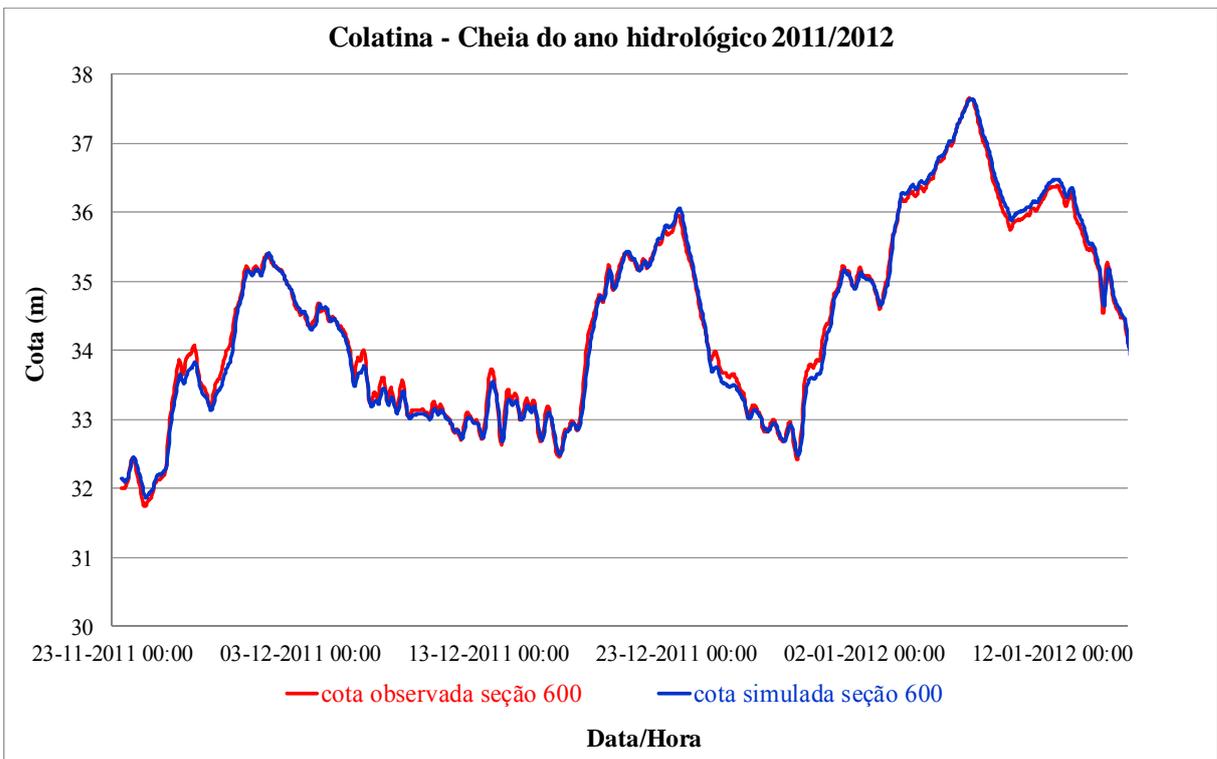


Figura 5.19 - Cotas simuladas na validação e observadas na seção 600, no modelo 1D/2D

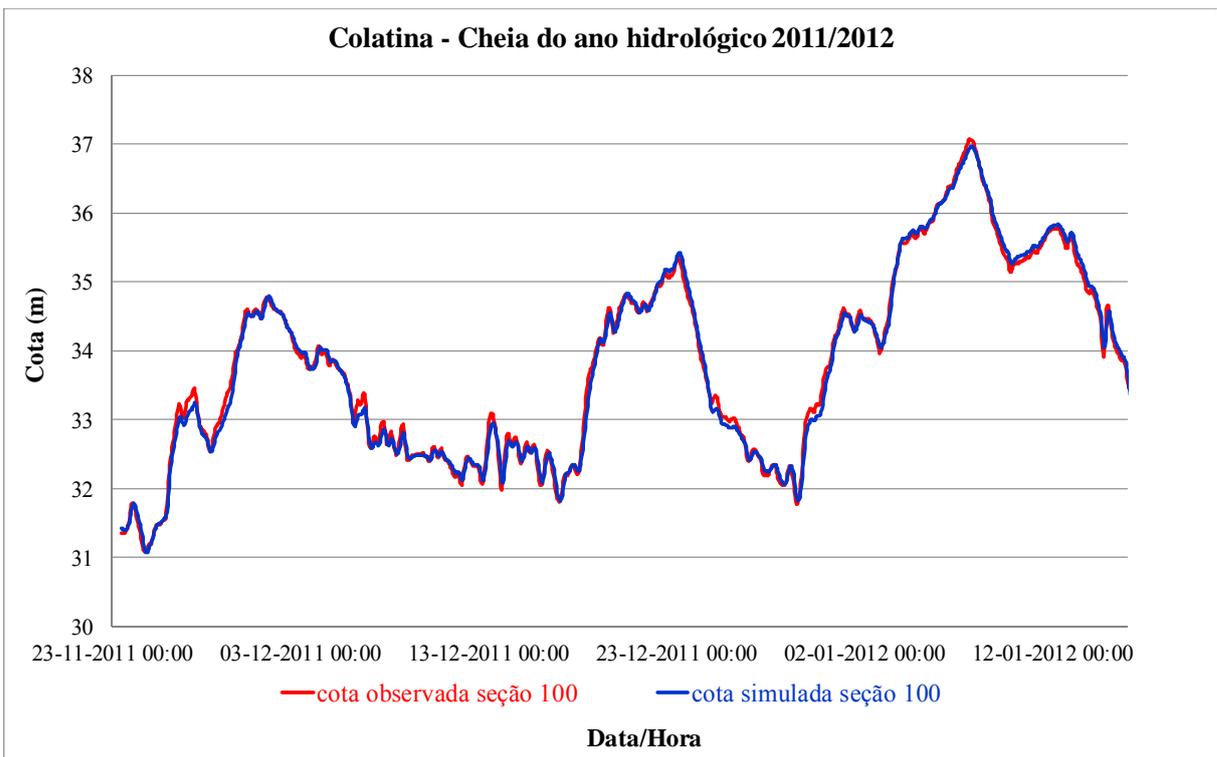


Figura 5.20 - Cotas simuladas na validação e observadas na seção 100, no modelo 1D/2D

5.7 Influência do uso de diferentes resoluções de células de escoamento 2D e diferentes intervalos de cálculos computacionais na simulação de inundação em Colatina

Considerando que os eventos de dezembro de 2013 possuem informações consistentes de dados hidrométricos (níveis horários) e dados de nivelamento das marcas dos picos das cheias dos dias 19 e 24, tanto nas 8 seções de réguas linimétricas instaladas ao longo do rio Doce em Colatina quanto das marcas do contorno das cheias na planície de inundação, o hidrograma de dezembro foi utilizado para avaliar a utilização de diferentes resoluções de células da malha computacional 2D do HEC-RAS 2D 5.0 Beta.

Antes de efetivamente avaliar o desempenho dos modelos, realizou-se uma avaliação do uso de diferentes tamanhos de resoluções de células na calibração do HEC-RAS 2D 5.0 Beta sobre os seguintes aspectos:

- tempo computacional;
- parâmetros hidrométricos (cotas simuladas e observadas);
- profundidade em pontos do terreno através da comparação dos diferentes raster obtidos por diferentes resoluções de células da malha 2D; e
- melhor representação da extensão da inundação.

Na Tabela 5.15 é apresentado o resultado da avaliação da utilização de diferentes resoluções de células nas simulações de cheias em Colatina. Foram testadas as resoluções de células de 3 m x 3 m, 5 m x 5 m, 10 m x 10 m, 15 m x 15 m, 20 m x 20 m e 25 m x 25 m, com as respectivas quantidades de células e os tempos de processamento dos dados para os passos de intervalo cálculo de 5, 30 e 60 segundos. Importante mencionar que para as resoluções de células utilizadas, o intervalo de cálculo computacional máximo foi de 60 segundos. Acima desse intervalo a simulação do escoamento não permanente do hidrograma de cheia de 2013 apresenta problemas de instabilidade numérica.

A análise comparativa entre a extensão da inundação simulada para cada resolução de célula e intervalos de cálculo versus a mancha observada foi efetuada com a medida F (Equação 3.14). No cálculo da medida F, optou-se em retirar a calha do rio dos raster das manchas de inundação. Para essa análise a calha do rio extraída foi definida pela vazão de 3.700 m³/s.

Verifica-se através da Tabela 5.15 que, em termos de representação da extensão da mancha de inundação, no caso de Colatina, as malhas computacionais com células de 3m x 3m ou 25m x 25m possuem o mesmo desempenho. No entanto, o tempo de processamento gasto na modelagem hidráulica com a malha computacional com células de 3 m x 3 m é 97,77 % superior ao tempo gasto na simulação hidráulica com a malha de células de 25 m x 25 m.

Na Figura 5.21 são apresentados os cotogramas das simulações apresentadas na Tabela 5.15. Observa-se que os cotogramas estão sobrepostos, pois não ocorre problemas de precisão nas simulações com diferentes intervalos e resoluções de células testadas.

Tabela 5.15 - Resultados das simulações 1D/2D com diferentes resoluções de células e intervalos de cálculo

Tamanho médio das células (m)	Quantidade de células	Intervalo de cálculo(s)	Tempo de processamento (hh:mm:ss)	F (%)
3	112651	60	01:15:20	78,16
3		30	01:50:55	78,16
3		5	08:44:50	78,17
5	40382	60	00:25:27	78,15
5		30	02:14:41	78,16
5		5	03:19:19	78,18
10	9981	60	00:06:00	78,15
10		30	00:10:31	78,15
10		5	00:50:14	78,17
15	4394	60	03:15:00	78,15
15		30	00:06:22	78,15
15		5	00:24:38	78,16
20	4394	60	00:02:08	78,14
20		30	00:03:20	78,14
20		5	00:14:14	78,16
25	1542	60	00:01:45	78,14
25		30	00:03:39	78,15
25		5	00:10:16	78,15

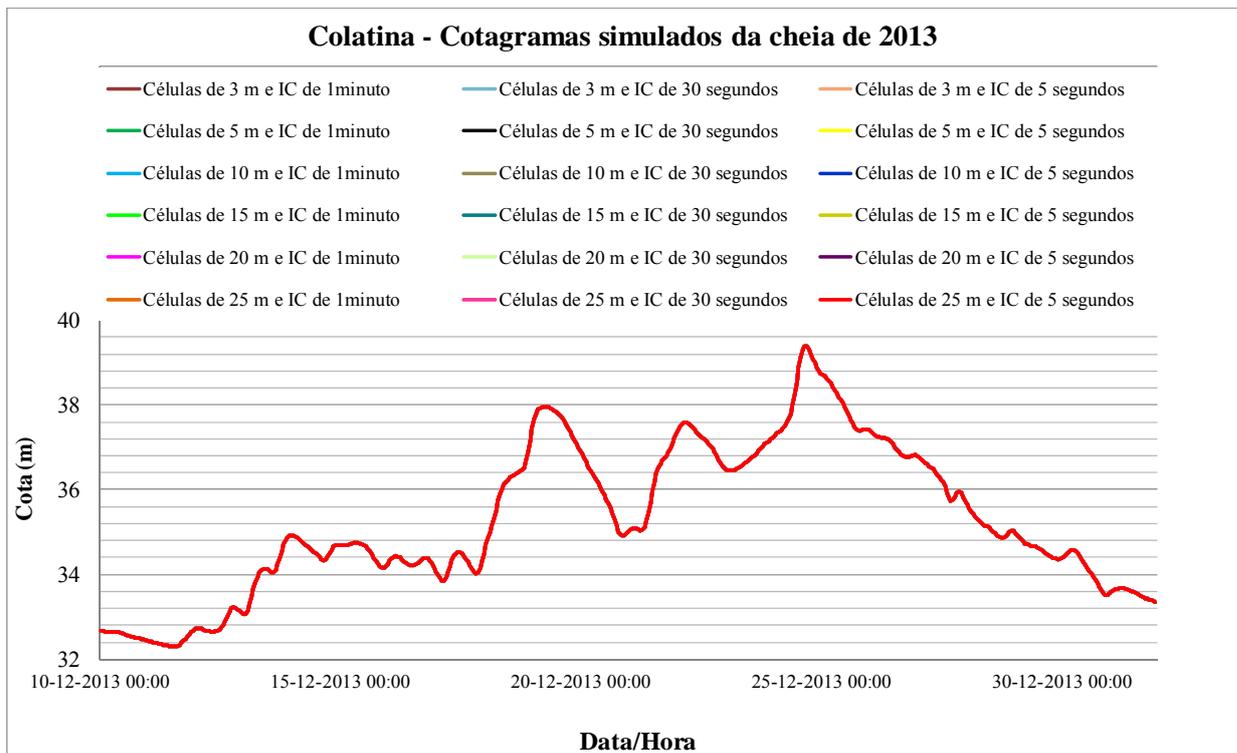


Figura 5.21 - Cotogramas simulados com diferentes resoluções de células e intervalos de cálculo

Realizou-se outra análise para avaliação do uso de diferentes resoluções das células a fim de verificar as consequências sobre a profundidade em pontos na planície de inundação. Foram definidos 30 postos na planície com variações expressivas de elevação e também com variações mais sutis.

Nas Figuras 5.22, 5.23, 5.24, 5.25, 5.26 e 5.27 estão apresentadas as imagens raster das profundidades obtidas através das simulações do pico da cheia do dia 24 de dezembro de 2013 utilizando-se malhas computacionais 2D de volumes finitos com resoluções de células de 3 m x 3 m, 5 m x 5 m, 10 m x 10 m, 15 m x 15 m, 20 m x 20 m e 25 m x 25 m. Utilizou-se intervalo de cálculo computacional de 60 segundos. Não são observadas diferenças significativas nos resultados, apenas variações muito sutis em alguns pontos, conforme apresentado na Tabela 5.16.

Avaliou-se também a influência sobre a profundidade quando se mantém fixa a resolução das células e emprega-se os intervalos de cálculo de 5, 30 e 60 segundos. Utilizou-se nessa análise malha computacional 2D com resolução de células de 15 m. Os resultados dessa análise estão apresentados na Tabela 5.17. Observam-se variações maiores quando se utiliza intervalos de

cálculos maiores, no caso deste estudo, o intervalo de 60 segundos. No entanto, as variações não são significativas, sendo menores que 10 cm em alguns pontos.

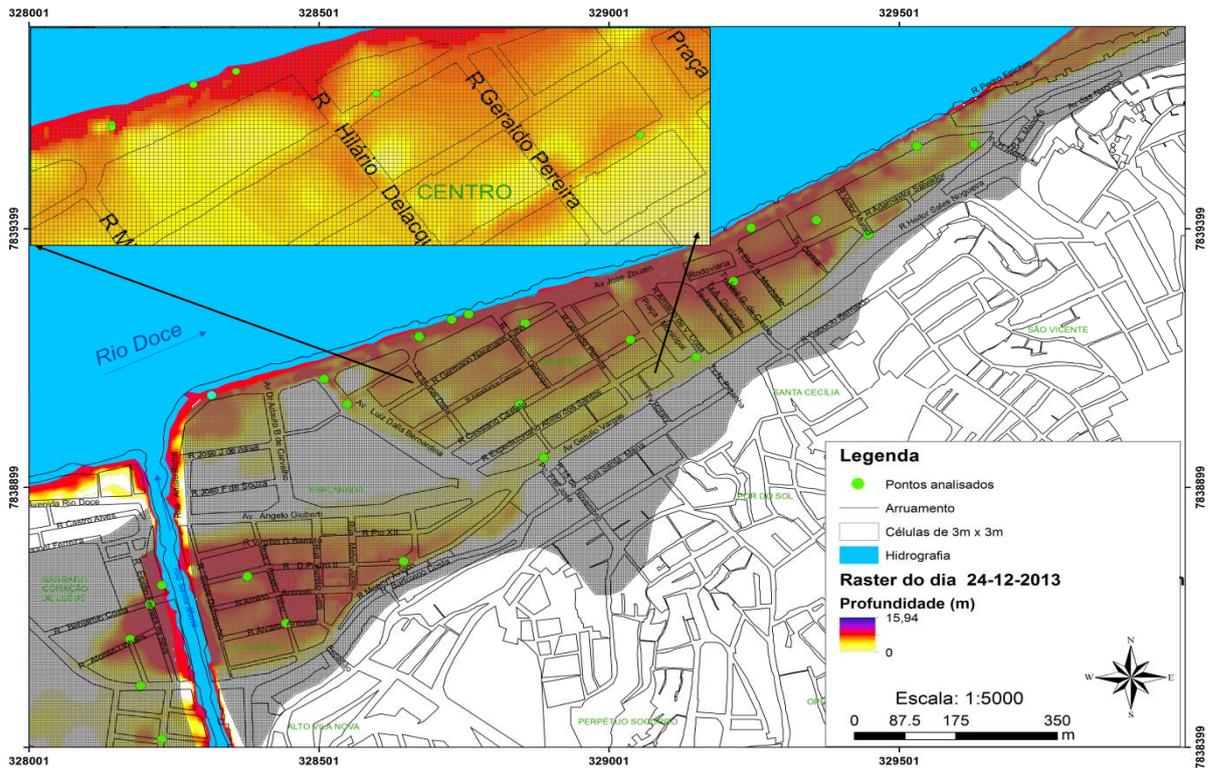


Figura 5.22 - Raster de profundidade, simulada com células de 3m x 3m

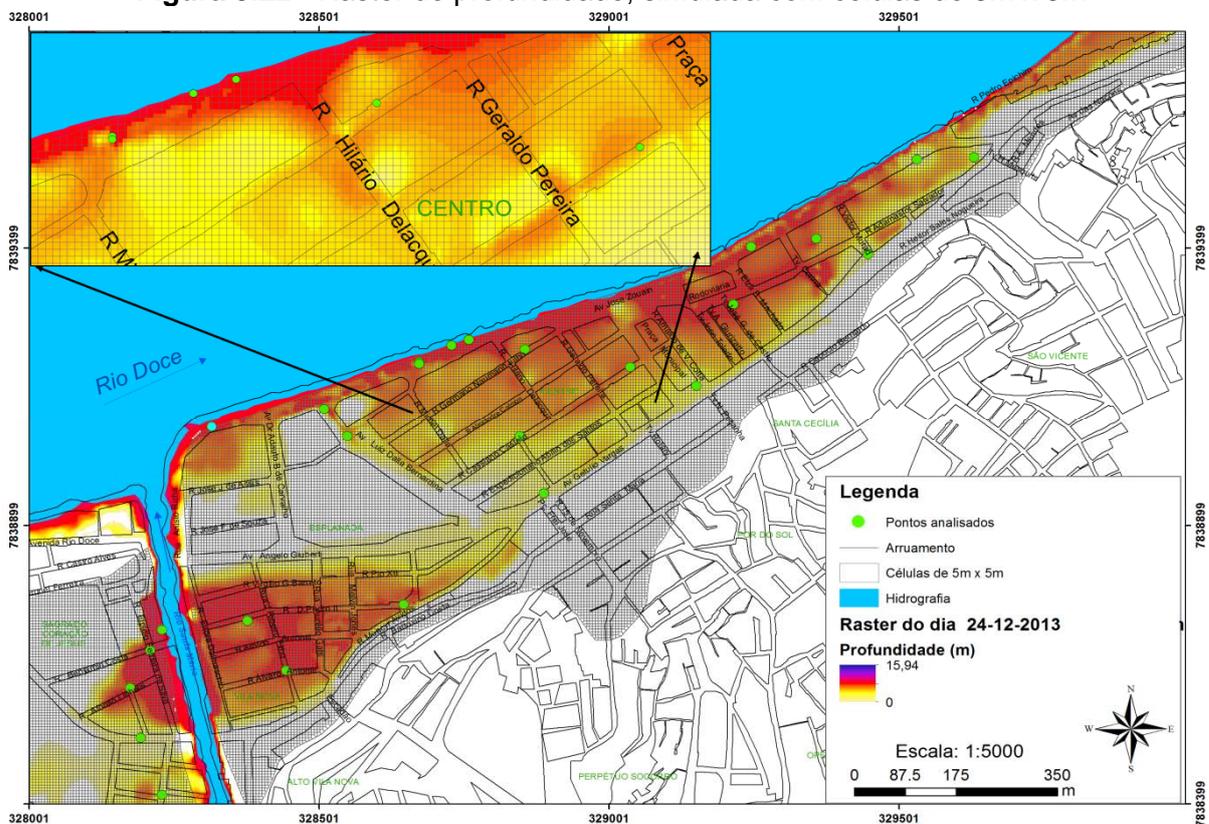


Figura 5.23 - Raster de profundidade, simulada com células de 5m x 5m

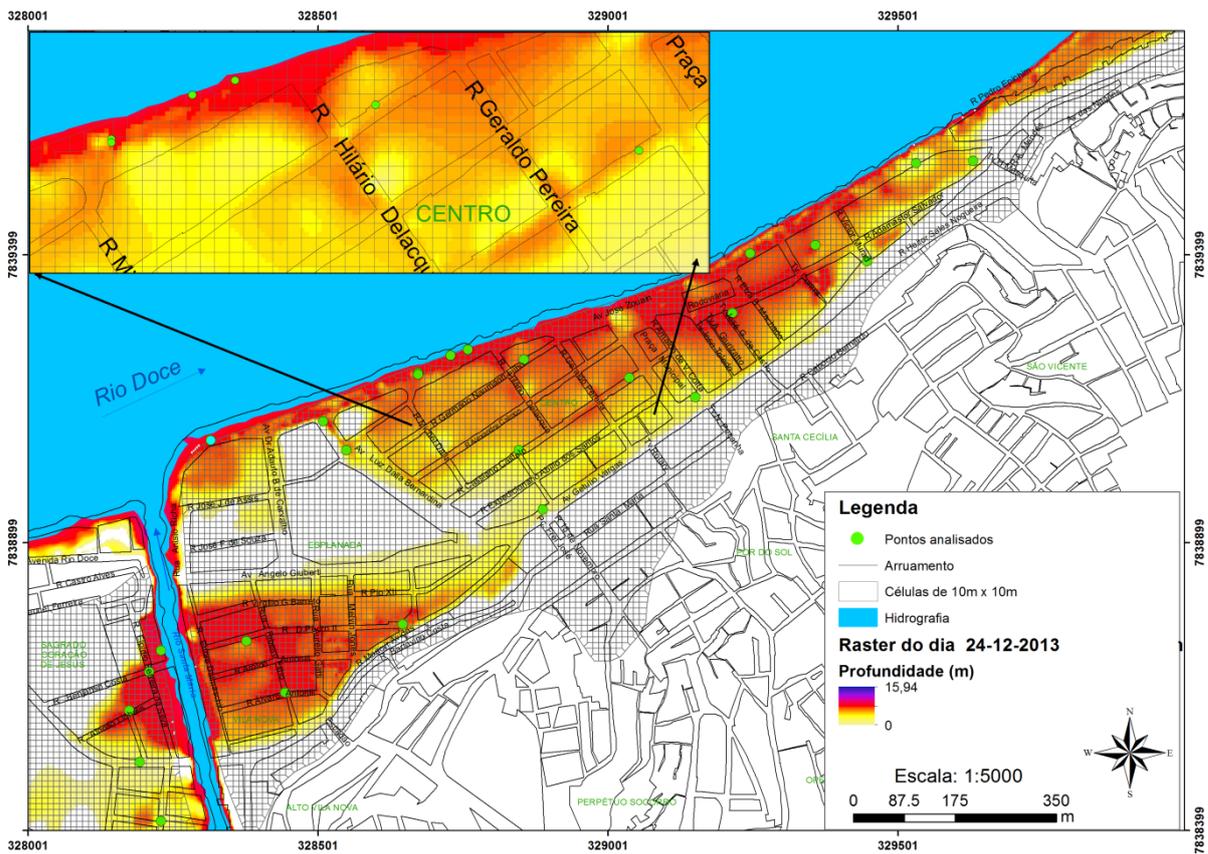


Figura 5.24 - Raster de profundidade, simulada com células de 10m x 10m

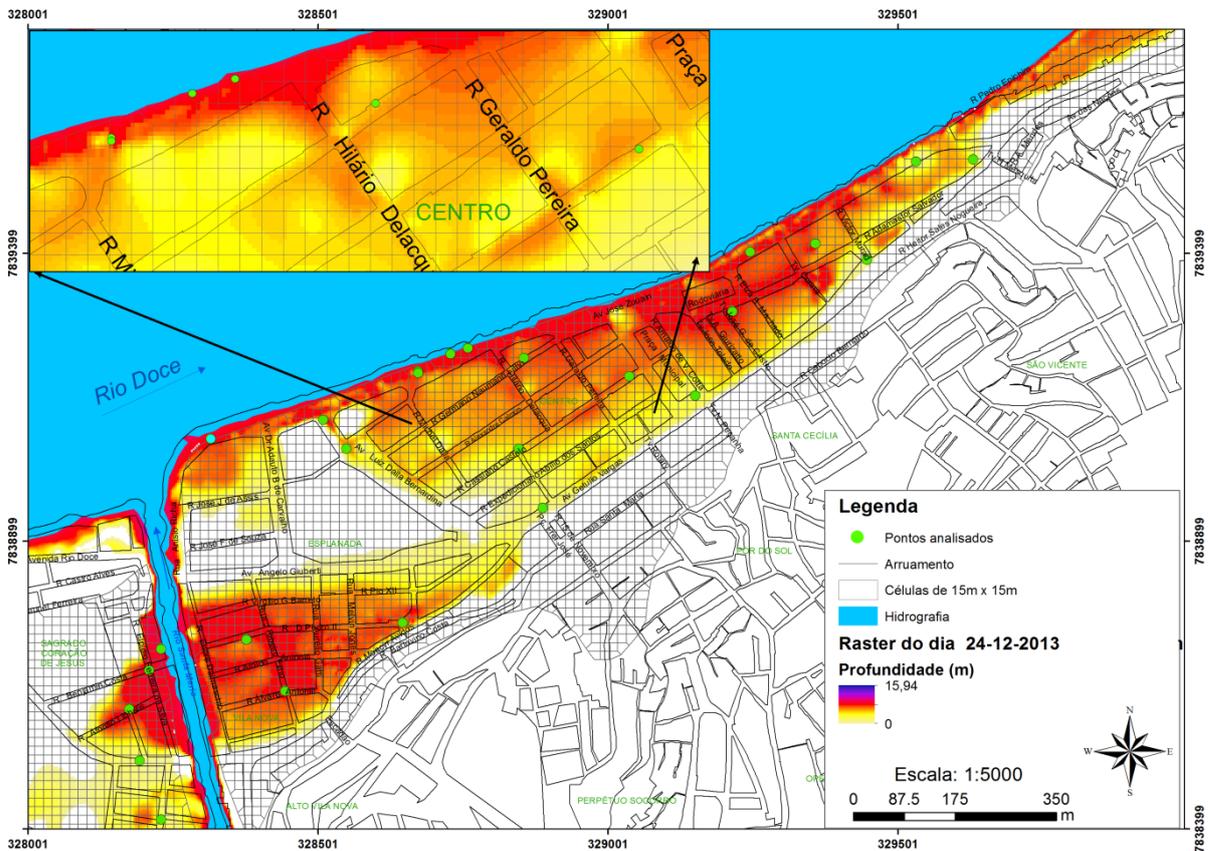


Figura 5.25 - Raster de profundidade, simulada com células de 15m x 15m

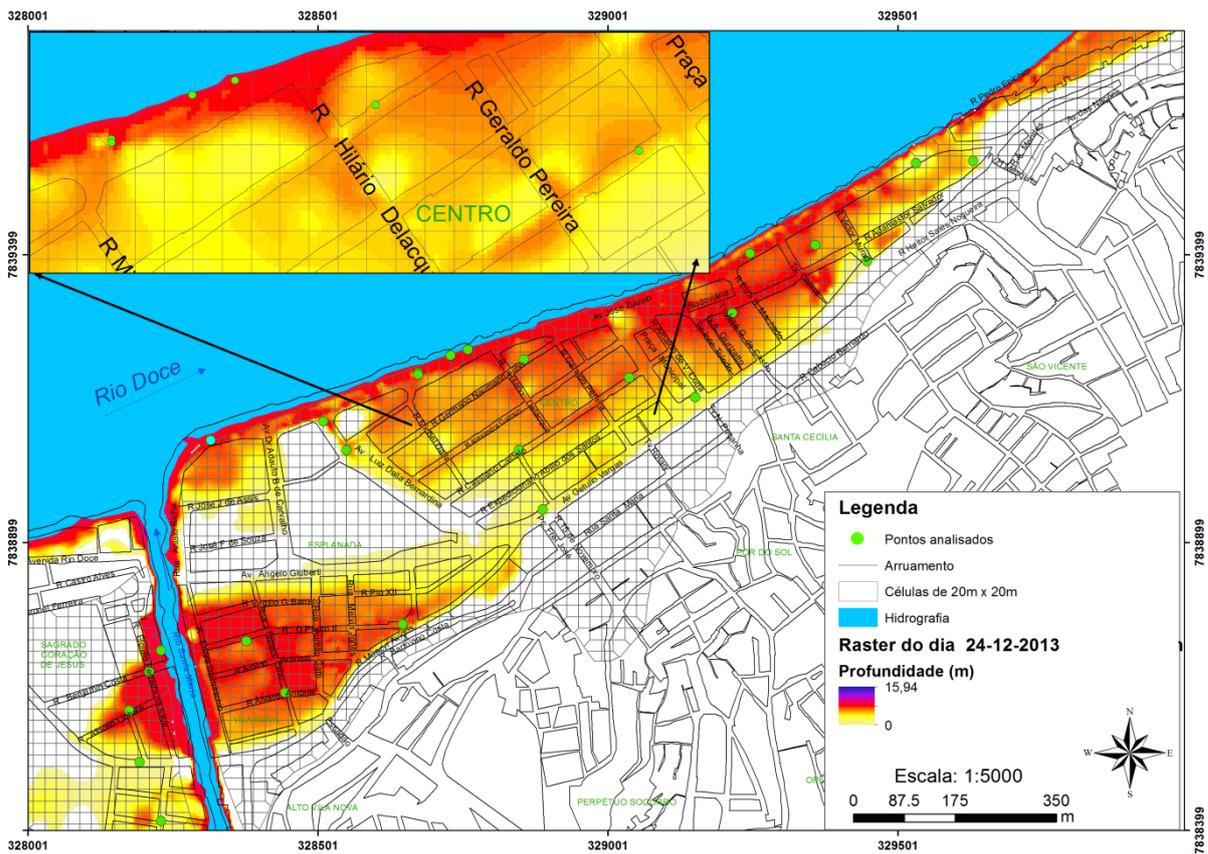


Figura 5.26 - Raster de profundidade, simulado com células de 20m x 20m

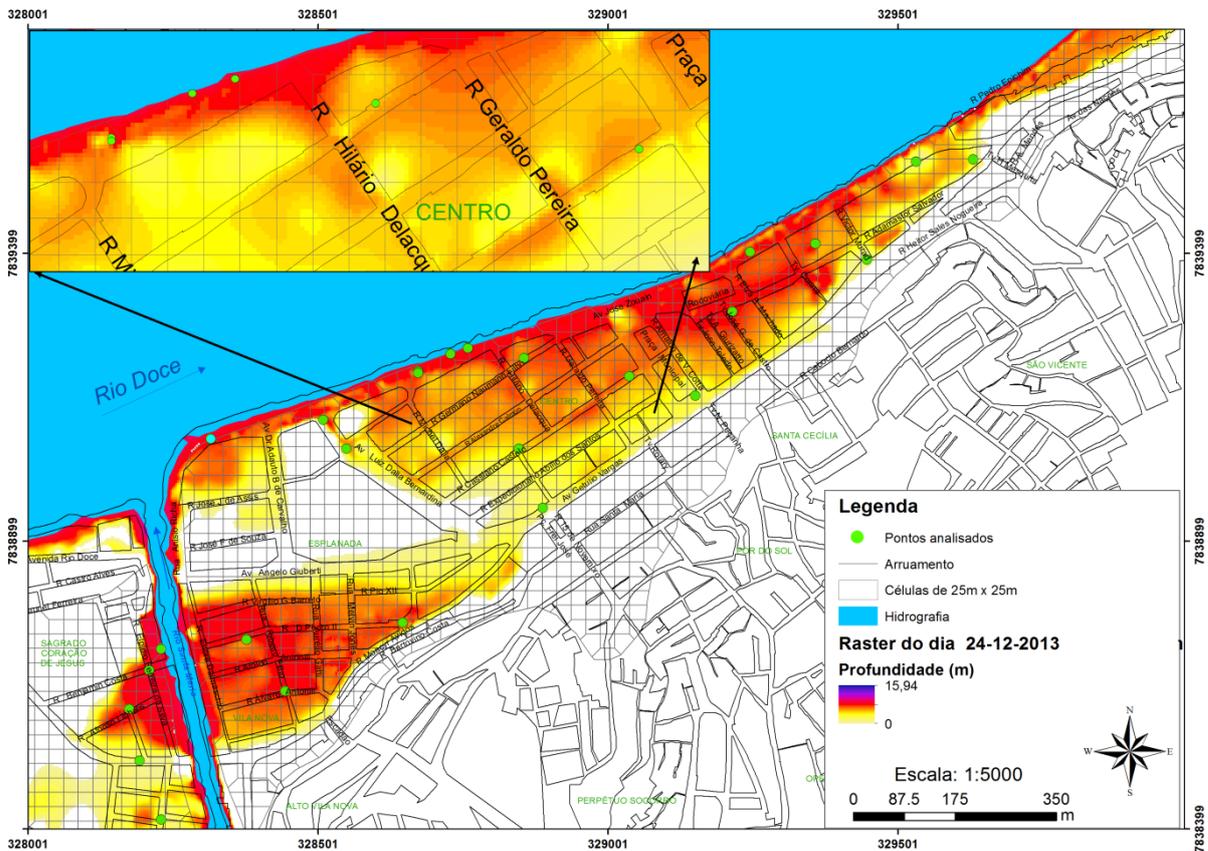


Figura 5.27 - Raster de profundidade, simulado com células de 25m x 25m

Tabela 5.16 - Profundidades extraídas dos raster nos 30 pontos na planície de inundação obtidas através das simulações com diferentes resoluções de células

Ponto	Obs.*	Células (m)						Ponto	Obs.*	Células (m)					
		3	5	10	15	20	25			3	5	10	15	20	25
P001	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	P016	2,86	2,81	2,81	2,81	2,81	2,81	2,81
P002	0,57	0,56	0,56	0,50	0,50	0,50	0,50	P017	0,38	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
P003	1,7	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69	P019	1,87	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88
P004	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	P018	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94
P005	2,05	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	P020	2,07	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06
P006	1,18	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	P021	1,72	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
P007	1,61	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	P022	0,84	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
P008	0,48	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	P023	1,82	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69
P009	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	P024	0,62	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
P010	0,4	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	P025	1,84	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81
P011	2,26	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	P027	2,18	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13
P012	2,28	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	P026	0,38	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
P013	1,88	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	P028	1,88	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19
P014	1,23	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	P029	4,3	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56
P015	-(1)	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	P030	2,5	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50

* - Profundidade observada.

(1) - Sem registro.

Tabela 5.17 - Profundidades extraídas dos raster nos 30 pontos na planície de inundação obtidas através das simulações com células de 15 m

Ponto	Obs.*	Tempos de calculo (s)			Ponto	Obs.*	Tempos de calculo (s)		
		5	30	60			5	30	60
P001	0,25	0,25	0,25	0,25	P016	2,86	2,81	2,81	2,81
P002	0,57	0,56	0,50	0,56	P017	0,38	0,38	0,38	0,38
P003	1,7	1,69	1,69	1,69	P019	1,87	1,88	1,88	1,88
P004	1,94	1,94	1,94	1,94	P018	1,94	1,94	1,94	1,94
P005	2,05	2,13	2,06	2,06	P020	2,07	2,06	2,00	2,06
P006	1,18	1,13	1,13	1,13	P021	1,72	1,69	1,69	1,69
P007	1,61	1,63	1,63	1,63	P022	0,84	0,81	0,81	0,81
P008	0,48	0,50	0,50	0,50	P023	1,82	1,81	1,75	1,81
P009	3,31	3,31	3,31	3,31	P024	0,62	0,63	0,63	0,63
P010	0,4	0,50	0,50	0,50	P025	1,84	1,81	1,81	1,81
P011	2,26	2,25	2,25	2,25	P027	2,18	2,19	2,19	2,19
P012	2,28	2,19	2,19	2,25	P026	0,38	0,31	0,31	0,38
P013	1,88	1,81	1,81	1,88	P028	1,88	1,88	1,88	1,88
P014	1,23	1,19	1,19	1,19	P029	4,3	4,56	4,56	4,56
P015	-(1)	2,94	2,94	3,00	P030	2,5	2,44	2,50	2,56

* - Profundidade observada.

(1) - Sem registro.

5.8 Comparação dos modelos na simulação da cheia de 2013 – dados hidrométricos

Neste item são apresentados os resultados da comparação dos modelos HEC-RAS 5.0 e HEC-RAS 4.1 em termos de dados hidrométricos. Adotou-se como intervalo de cálculo (Δt) o valor de 60 segundos e como intervalo de distância computacional (Δx) o valor de 50 m (espaçamento de interpolação linear) para os dois modelos, conforme descrito nos itens 4.2.5 e 4.2.6; foram utilizados os valores dos coeficientes de rugosidade de Manning obtidos na calibração dos modelos, os quais estão apresentados na Tabela 5.9. Optou-se em utilizar células de 5 m x 5 m no modelo 1D/2D.

Nas Tabelas 5.18 e 5.19 são apresentados os resultados das cotas simuladas e observadas dos picos de cheias dos dias 19 e 24 de dezembro em sete seções transversais ao longo do trecho de rio Doce em Colatina, referentes à propagação do hidrograma de dezembro de 2013, utilizando os modelos HEC-RAS 4.1 (1D) e o HEC-RAS 5.0 Beta (1D/2D), respectivamente. Verificam-se variações médias entre cotas simuladas e observadas (Δ) da ordem de 11 cm no modelo 1D e 10 cm no modelo 2D. Os resultados são semelhantes aos encontrados por CPRM (2014b), na modelagem em regime permanente em Colatina, e por Campos (2011), na modelagem em regime não permanente no trecho do rio Doce em Governador Valadares/MG. Neste aspecto verifica-se que a utilização do conjunto de parâmetros calibrados para eventos de maior recorrência produziram resultados satisfatórios na simulação de eventos de maior magnitude em Colatina.

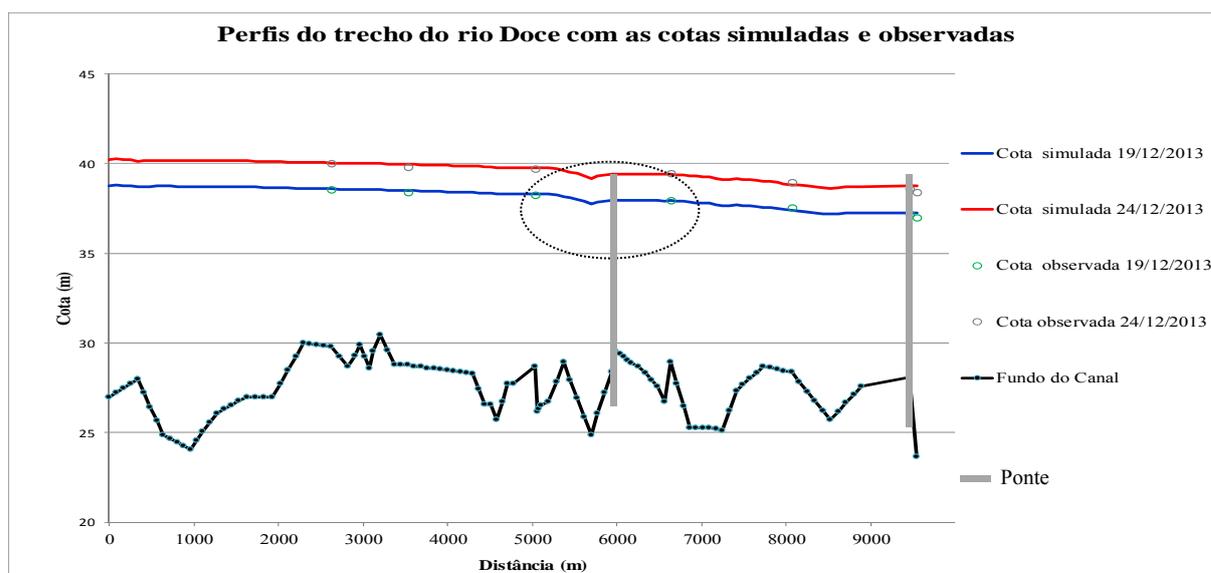
Tabela 5.18 - Resultados da propagação 1D do hidrograma de dezembro de 2013

Seção	Cota zero (m)	Cota observada 19/12/2013 (m)	Cota simulada 19/12/2013 (m)	Δ 19/12/2013 (m)	Cota observada 24/12/2013 (m)	Cota simulada 24/12/2013 (m)	Δ 24/12/2013 (m)
1500	31,647	38,55	38,52	0,03	40,02	39,99	0,03
1200	31,212	38,39	38,42	-0,03	39,79	39,9	-0,11
1000	30,875	38,25	38,32	-0,07	39,72	39,8	-0,08
600	30,150	37,97	37,94	0,03	39,44	39,42	0,02
300	29,932	37,54	37,37	0,17	38,97	38,82	0,15
200	29,557	37,20	37,26	-0,06	38,58	38,72	-0,14
100	29,600	36,98	37,16	-0,18	38,41	38,64	-0,23

Tabela 5.19 - Resultados da propagação 1D/2D do hidrograma de dezembro de 2013

Seção	Cota zero (m)	Cota observada (m) 19/12/2013	Cota simulada (m) 19/12/2013	Δ 19/12/2013 (m)	Cota observada (m) 24/12/2013	Cota simulada (m) 24/12/2013	Δ 24/12/2013 (m)
1500	31,647	38,55	38,6	-0,05	40,02	40,03	-0,01
1200	31,212	38,39	38,43	-0,04	39,79	39,94	-0,15
1000	30,875	38,25	38,3	-0,05	39,72	39,76	-0,04
600	30,150	37,97	37,93	0,04	39,44	39,4	0,04
300	29,932	37,54	37,37	0,17	38,97	38,82	0,15
200	29,557	37,20	37,26	-0,06	38,58	38,73	-0,15
100	29,600	36,98	37,26	-0,28	38,41	38,64	-0,23

Nas Figuras 5.28 e 5.29 são apresentados os perfis do trecho do rio Doce das cotas simuladas e observadas nos picos das cheias dos dias 19 e 24 de dezembro de 2013 e o perfil do fundo do canal obtidos na simulação da propagação da inundação com os modelos 1D e 1D/2D, respectivamente. Observa-se nessas figuras variações do perfil da linha d'água em alguns trechos, como entre as distâncias de 5000 m a 6000 m. Verifica-se que essas variações são ocasionadas devido às alterações das características geométricas das seções transversais. Nesse trecho ocorre contração do canal principal, com redução de largura de 792 m para 550 m. No observa-se influência dos pilares das duas pontes do rio Doce no perfil da linha d'água nas simulações das vazões de calibração e validação dos modelos.

**Figura 5.28 - Perfis do trecho do rio Doce das cotas simuladas com o modelo 1D e cotas observadas nos picos das cheias dos dias 19 e 24 de dezembro de 2013**

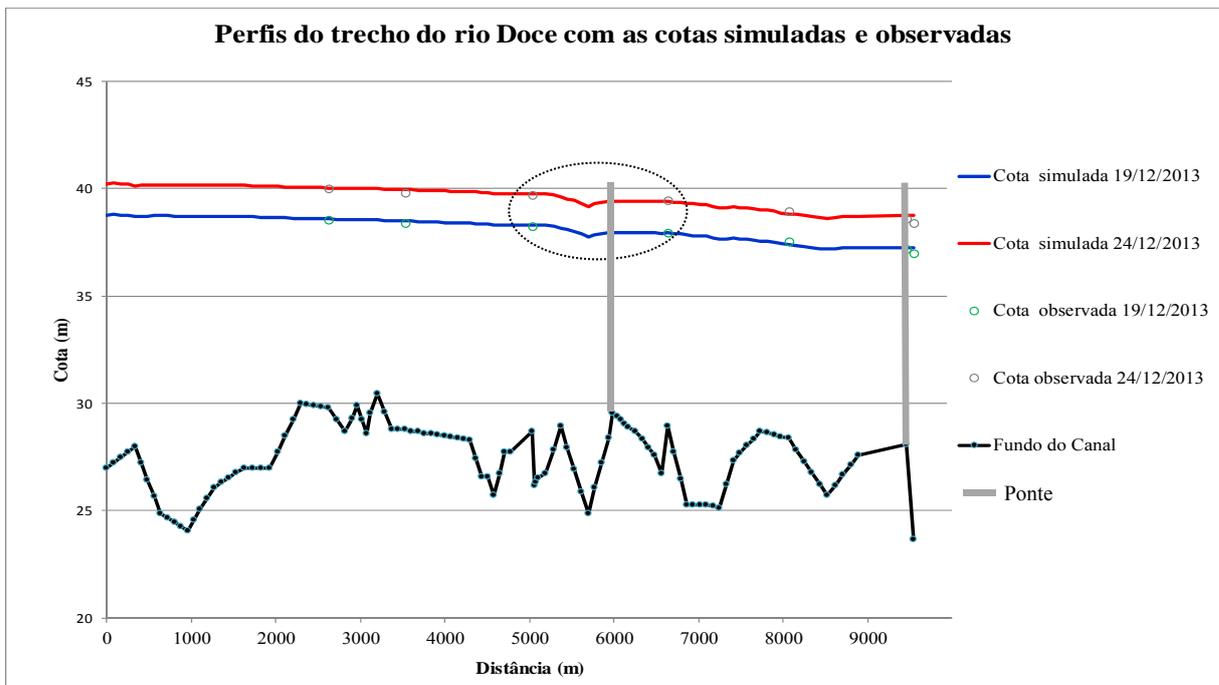


Figura 5.29 - Perfis do trecho do rio Doce das cotas simuladas com o modelo 1D/2D e cotas observadas nos picos das cheias dos dias 19 e 24 de dezembro de 2013

Calculou-se a função critério (FC) através da Equação 4.5. Na Tabela 5.20 são apresentados os resultados da propagação do hidrograma de 2013 em duas seções: 600 e 100. Observa-se boa aderência entre os dados de cotas observadas e simuladas nos dois modelos testados.

Tabela 5.20 - FC da propagação do hidrograma de 2013

Modelo	Seção	FC (%)
HEC-RAS 4.1 – 1D	600	90,37
	100	88,23
HEC-RAS 5.0 - 1D/2D	600	90,42
	100	89,59

Nas Figuras 5.30 e 5.31 são apresentados os cotogramas simulados e observados no modelo 1D, HEC-RAS 4.1, nas seções 600 e 100, respectivamente. Através da análise gráfica é possível observar boa aderência entre dados observados e simulados para toda amplitude do hidrograma de entrada.

Nas Figuras 5.32 e 5.33 são apresentados os cotogramas simulados e observados no modelo 1D/2D, HEC-RAS 2D 5.0 Beta, nas seções 600 e 100, respectivamente. Observa-se o mesmo comportamento dos resultados da simulação com o modelo 1D.

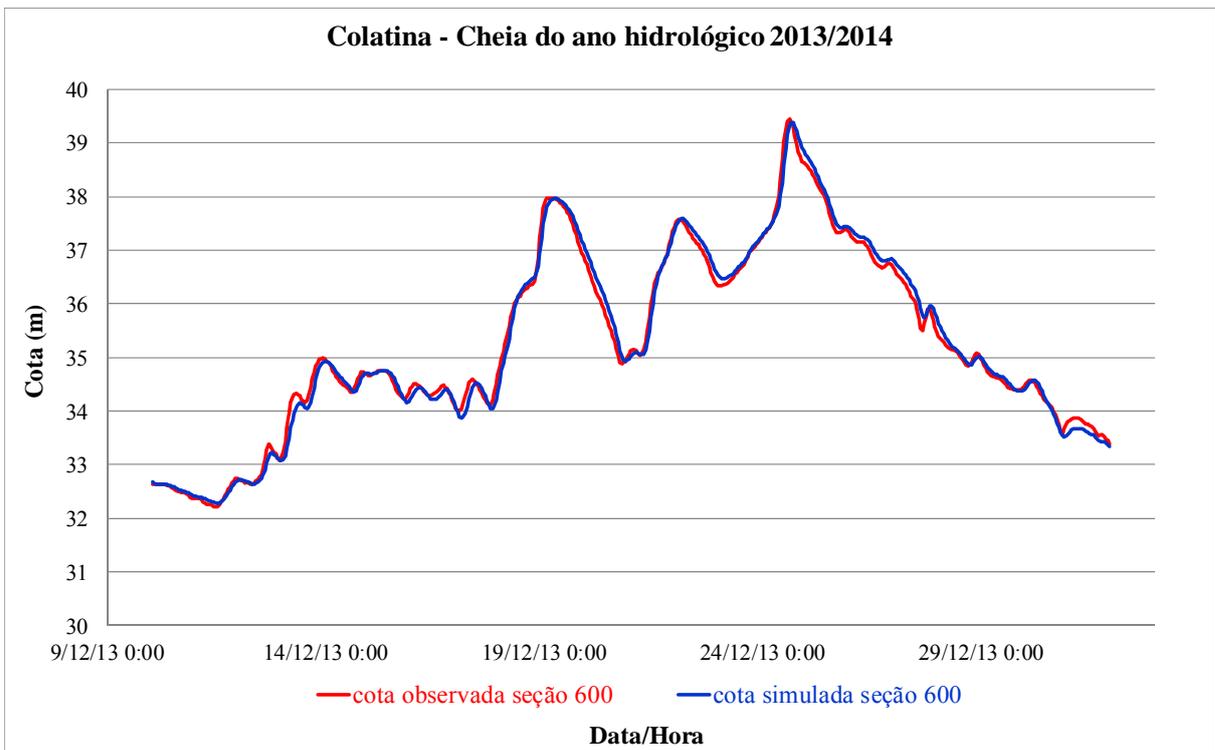


Figura 5.30 - Cotas simuladas e observadas na seção 600, no modelo 1D

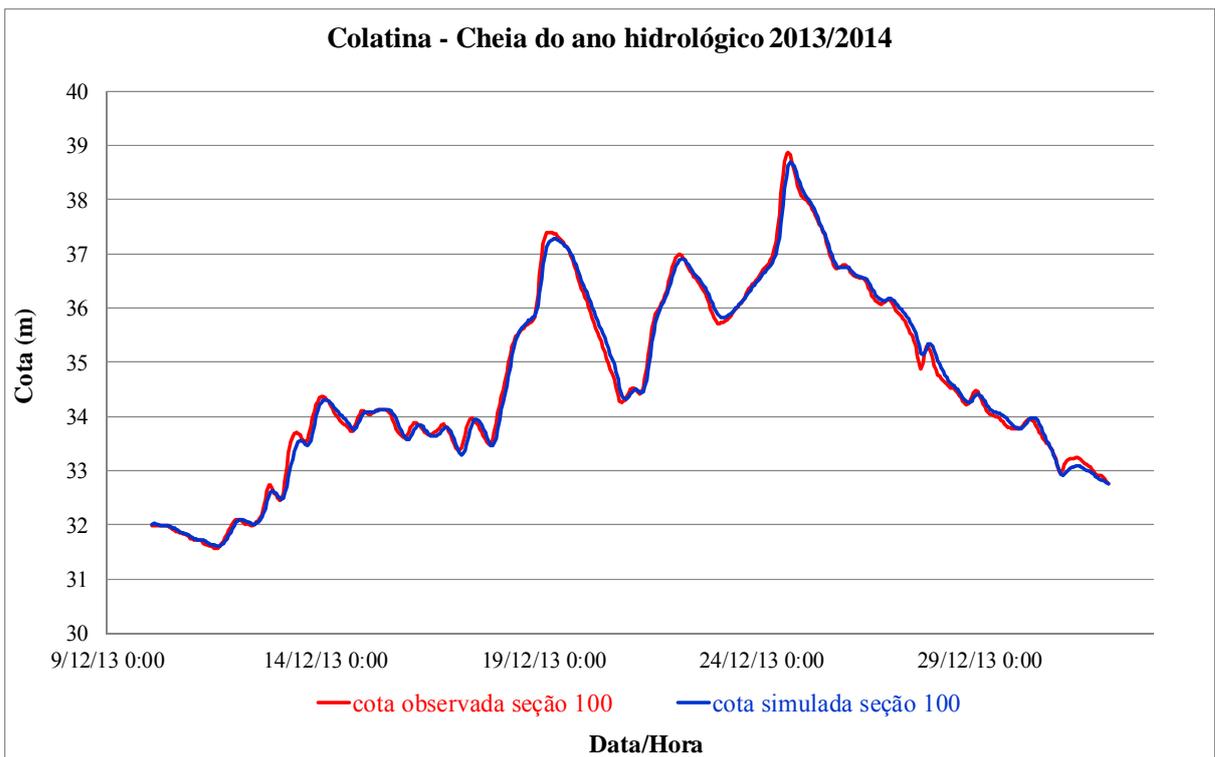


Figura 5.31 - Cotas simuladas e observadas na seção 100, no modelo 1D

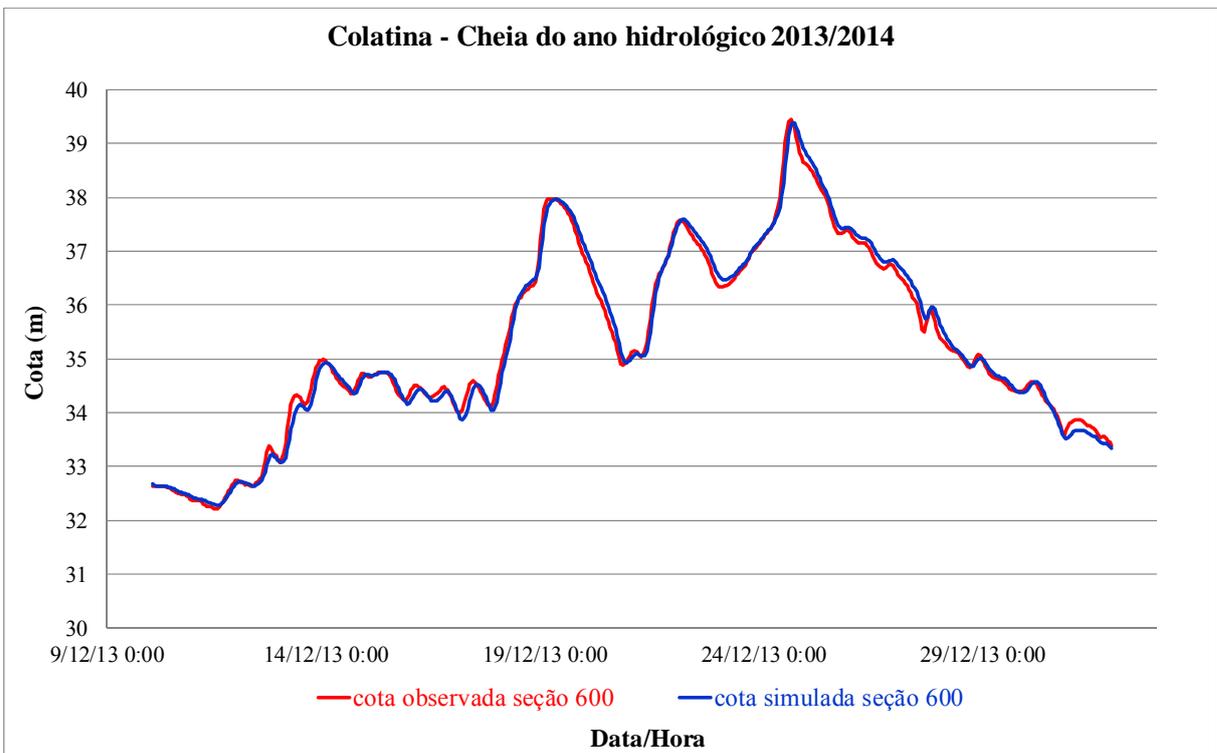


Figura 5.32 - Cotas simuladas e observadas na seção 600, no modelo 1D/2D

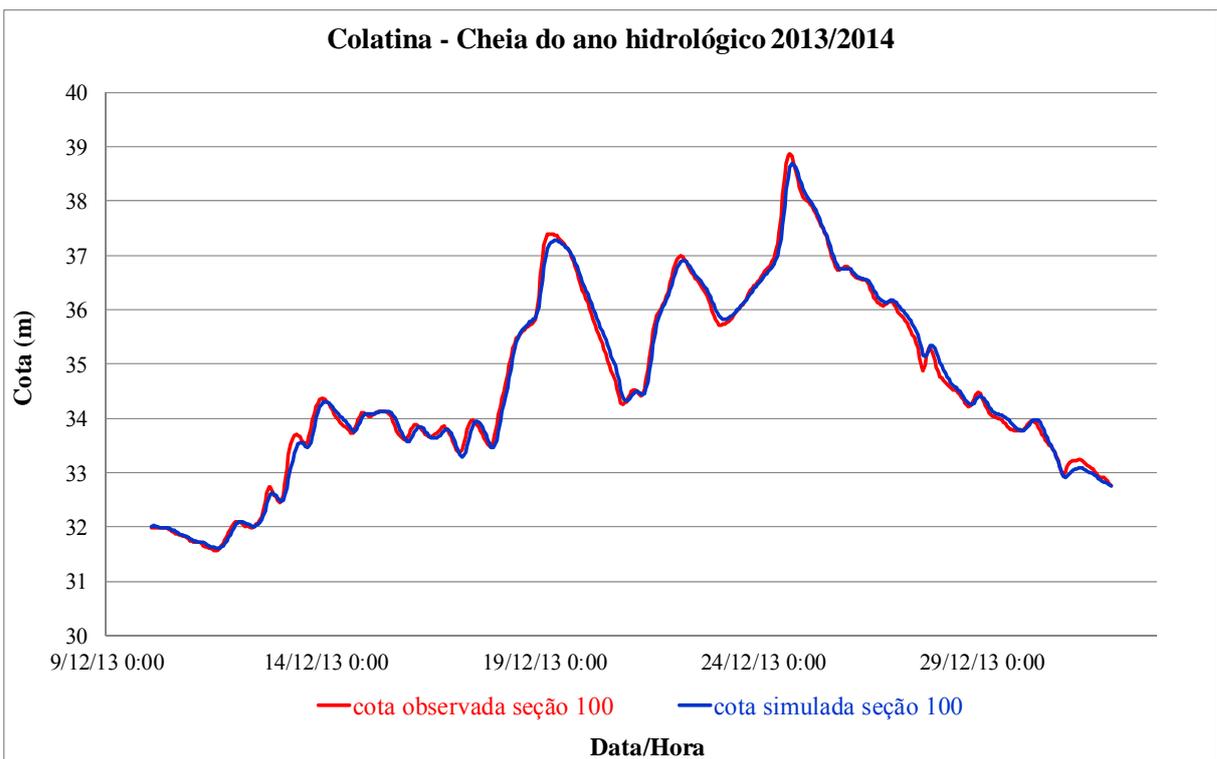


Figura 5.33 - Cotas simuladas e observadas na seção 100, no modelo 1D/2D

Verifica-se no caso de Colatina, que a simulação de eventos de maior magnitude, como a cheia de 2013, com parâmetros calibrados para eventos de maior frequência se mostrou eficiente.

Em termos de comparação de resultados da propagação de cheia, os modelos HEC-RAS 4.1 e HEC-RAS 5.0 Beta utilizam a mesma base teórica e as mesmas técnicas numéricas para a condição de escoamento 1D. Verificam-se em todas as simulações resultados hidrométricos semelhantes. No entanto, no momento que o hidrograma de cheia extrapola a calha principal do rio e transfere volume para a planície, o modelo 1D/2D necessita de menor passo de tempo computacional para a convergência do esquema numérico de volumes finitos implícitos, devido à resolução da malha computacional de escoamento 2D (transferência de escoamento entre as células). O primeiro modelo permite maior simplicidade de simulação de inundações na planície, apenas armazenando o volume, o que permite maior facilidade de convergência numérica, mesmo quando são utilizados intervalos de cálculos computacionais maiores. Resultados semelhantes foram observados no trabalho de Brasil (2005), que utilizou o modelo numérico FLDWAV para a simulação 1D e o modelo FESWMS para a simulação bidimensional da propagação da onda de inundação e no estudo de Horritt & Bates (2002), que utilizaram os modelos HEC-RAS 1D, LISFLOOD-FP 2D e TELEMAC 2D. Nesses estudos verificou-se que o modelo 2D despende maior tempo para o processamento dos dados quando comparado com o modelo 1D.

5.9 Avaliação do desempenho dos modelos na simulação da cheia de 2013 utilizando a medida F

Como segunda fonte de avaliação de desempenho da calibração, as zonas inundadas previstas pelos modelos hidráulicos HEC-RAS 4.0 e HEC-RAS 5.0 Beta foram comparadas com as manchas observadas aplicando a medida de desempenho F (Equação 3.14) proposta por Horritt & Bates (2002).

Realizou-se inicialmente a avaliação da sensibilidade da medida F quando utiliza-se a calha do rio nas comparações dos raster simulado e observado e, depois, quando retira-se a calha. Para o segundo caso definiu-se a calha do rio, comum a todas as simulações, com a vazão de 3.700 m³/s.

Na Tabela 5.21 são apresentados os resultados das simulações com os modelos HEC-RAS 4.1 e HEC RAS 5.0 da propagação da cheia de 2013. Utilizou-se nos modelos o conjunto de parâmetros calibrados para o evento do ano hidrológico de 2008/2009. Verifica-se que a utilização da calha do rio na composição do raster para a avaliação da extensão da inundação prevista pelos modelos hidráulicos e comparada com as manchas observadas pode induzir a conclusão que os modelos são capazes de prever perfeitamente a extensão da inundação em

Colatina, quase 100% de sobreposição de imagens. No entanto, verifica-se na Tabela 5.21 que retirando-se a calha do rio, a eficiência dos modelos na previsão da extensão da inundação reduz-se de 95% para 71% (evento do dia 19) e 78% (evento do dia 24), ou seja, a inserção da calha do rio Doce na estimativa da medida F, aumentou 20%, em média, os valores calculados. Observa-se que os valores da medida F dos raster sem a calha do rio são mais realistas, visto que a mesma não exerce influência no balanço de áreas inundadas.

Observa-se na Tabela 5.21 que ambas as versões do HEC-RAS, 4.1 1D e 5.0 2D beta, são capazes de fazer igualmente boas previsões das áreas inundadas. Salienta-se que os parâmetros utilizados pelos modelos foram calibrados somente levando em consideração a simulação com dados hidrométricos, e não a extensão da mancha de inundação.

Bates *et al.* (2005); Bates & De Roo (2000); Hunter (2006); Wilson *et al.* (2007) e Paz (2009), de uma maneira geral, encontraram resultados na mesma ordem, cerca de 75% de desempenho nas previsões de extensão da inundação. Todos os autores utilizaram as imagens de satélites para obtenção da mancha observada e os eventuais fracos desempenhos (F abaixo de 50%) foram atribuídos ao fato de as imagens de satélites não terem sido obtidas na mesma data da passagem do pico da cheia.

Tabela 5.21 - Resultados da medida F

Modelo hidráulico	Raster simulado	Raster observado	Raster com a calha do rio Medida F (%)	Raster sem a calha do rio Medida F (%)
HEC-RAS 4.1 – 1D	Mancha de inundação do pico da cheia do dia 19/12/2013 obtida do hidrograma simulado do evento de 2013	Mancha de inundação observada no dia 19/12/2013	94,75	71,05
HEC-RAS 4.1 – 1D	Mancha de inundação do pico da cheia do dia 24/12/2013 obtida do hidrograma simulado do evento de 2013	Mancha de inundação observada no dia 24/12/2013	94,78	78,11
HEC-RAS 5.0 - 1D/2D	Mancha de inundação do pico da cheia do dia 19/12/2013 obtida do hidrograma simulado do evento de 2013	Mancha de inundação observada no dia 19/12/2013	94,73	71,80
HEC-RAS 4.1 – 1D/2D	Mancha de inundação do pico da cheia do dia 24/12/2013 obtida do hidrograma simulado do evento de 2013	Mancha de inundação observada no dia 24/12/2013	94,80	78,15

Realizou-se a avaliação comparativa das profundidades (elevação da superfície d'água sobre o terreno) das simulações nos modelos estudados com as profundidades obtidas em trabalhos de campo referente ao pico da cheia do dia 24 de dezembro de 2013. Na Tabela 5.22 são apresentados os resultados das profundidades dos raster das simulações 1D, 1D com malha computacional 2D com resolução de células de 5 m x 5 m e as profundidades obtidas por mapeamento de campo. De um modo geral, ambos os modelos apresentaram bons resultados na comparação entre profundidades simulada e observada; a maior variação ocorreu no ponto P029. No entanto, o modelo HEC-RAS 2D 5.0 Beta apresentou resultados mais próximos dos dados observados em campo. Considerando-se que as marcas de cheias e as profundidades nos pontos na planície de inundação não foram obtidas imediatamente após o pico da cheia do dia 24 de dezembro de 2013, os resultados dos dois modelos são satisfatórios.

Durante os trabalhos de mapeamento das cheias de dezembro de 2013 verificou-se que muitas marcas das inundações haviam sido limpas. Além dessa questão, no período em que as áreas estavam inundadas, a população e equipes de resgate utilizaram barcos e caminhões para acessar e socorrer as pessoas desalojadas, o que provoca alterações das marcas de cheias nas estruturas urbanas. Por esse motivo constatou-se que a imprecisão do mapeamento da cheia em alguns pontos é da ordem de 8 cm. Baseado nessa análise, os resultados das simulações são considerados satisfatórios uma vez que as marcas de cheias possuem imprecisões dessa ordem.

Tabela 5.22 - Profundidades observadas e simuladas nos raster 1D e 1D/2D

Ponto	Profundidade (m)				
	Observada	Modelo 1D	Δ	Modelo 1D/2D	Δ
P001	0,25	0,26	0,01	0,25	0,00
P002	0,57	0,54	-0,03	0,56	-0,01
P003	1,7	1,63	-0,07	1,69	-0,01
P004	1,94	1,94	0,00	1,94	0,00
P005	2,05	2,11	0,06	2,06	0,01
P006	1,18	0,94	-0,24	1,13	-0,05
P007	1,61	1,66	0,05	1,63	0,02
P008	0,48	0,58	0,10	0,5	0,02
P009	3,31	3,31	0,00	3,31	0,00
P010	0,4	0,25	-0,15	0,5	0,10
P011	2,26	2,2	-0,06	2,25	-0,01
P012	2,28	2,15	-0,13	2,25	-0,03
P013	1,88	1,87	-0,01	1,88	0,00
P014	1,23	1,32	0,09	1,25	0,02
P015	-(¹)	2,78	-(¹)	3	-(¹)
P016	2,86	2,64	-0,22	2,81	-0,05
P017	0,38	0,35	-0,03	0,38	0,00

Tabela 5.22 - Profundidades observadas e simuladas nos raster 1D e 1D/2D
(Continuação)

Ponto	Profundidade (m)	Ponto	Profundidade (m)	Ponto	Profundidade (m)
P019	1,87	1,89	0,02	1,88	0,01
P018	1,94	1,91	-0,03	1,94	0,00
P020	2,07	2,03	-0,04	2,06	-0,01
P021	1,72	1,69	-0,03	1,69	-0,03
P022	0,84	0,72	-0,12	0,81	-0,03
P023	1,82	1,77	-0,05	1,81	-0,01
P024	0,62	0,63	0,01	0,63	0,01
P025	1,84	1,74	-0,10	1,81	-0,03
P027	2,18	2,2	0,02	2,19	0,01
P026	0,38	0,36	-0,02	0,38	0,00
P028	1,88	1,86	-0,02	1,88	0,00
P029	4,3	4,56	0,26	4,56	0,26
P030	2,5	2,48	-0,02	2,5	0,00

(1)– Sem registro

5.10 Simulação da cheia de 1979

Os estudos indicam que ambos os modelos são eficientes na simulação de inundações em Colatina. Mas, na simulação da cheia de 1979, optou-se por utilizar o HEC-RAS 2D 5.0 Beta, pois a modelagem 2D permite a obtenção de mais informações sobre as variáveis hidráulicas em pontos específicos do terreno (MDT).

Considerando-se as atuais condições de uso e ocupação do solo da cidade de Colatina, procedeu-se a simulação da propagação do hidrograma de cheia de 1979. Após a consistência dos dados, gerou-se a série de vazões, com base em informações levantadas neste estudo disponíveis no ANEXO VI. O hidrograma de 1979 encontra-se discretizado em dados diários. Simulou-se o período de 01/01/1979 a 31/03/1979. Na Figura 5.34 apresenta-se o hidrograma utilizado na simulação da propagação da cheia de 1979 e na Figura 5.35 apresenta-se o resultado da propagação na seção 800. Ressalva-se que a vazão do pico da cheia ocorrido em 05/02/1979 foi definida pela vazão estimada de 11.200 m³/s.

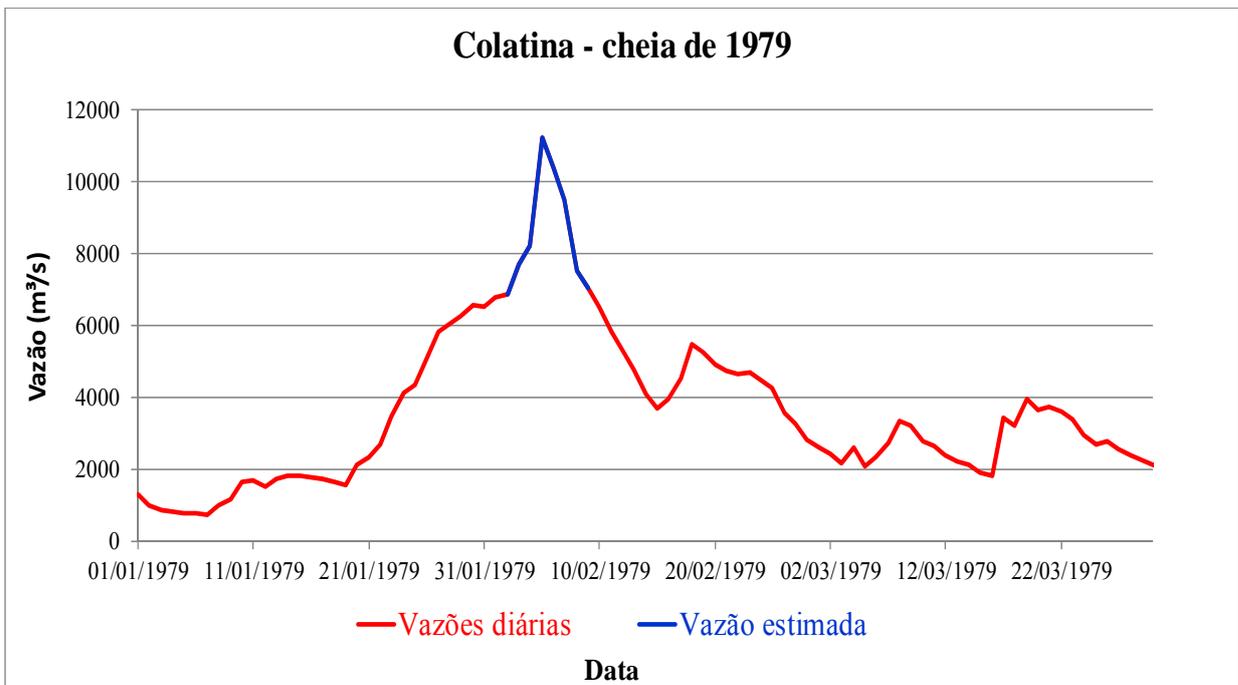


Figura 5.34 - Hidrograma da cheia de 1979

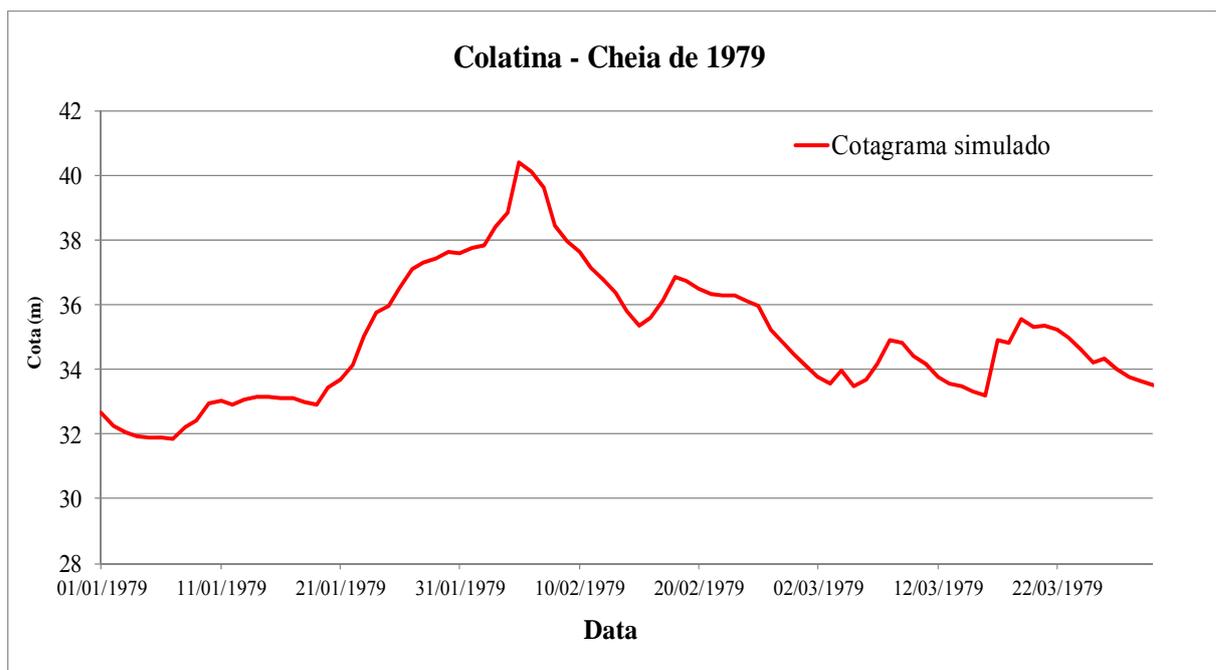


Figura 5.35 - Cotograma simulado na seção 800, no modelo 1D/2D

Na Figura 5.36 apresenta-se a evolução temporal da profundidade da superfície d'água na célula da malha computacional 2D, localizada em frente à Casa de Saúde Santa Maria, no bairro Esplanada. Além da visualização em forma gráfica, é possível avaliar a evolução temporal da superfície d'água em forma tabular. Verifica-se que a modelagem 2D permite obter mais informações sobre as variáveis profundidade, elevação da superfície da água e velocidade de forma discretizada. Essas informações são importantes para os planos de

contingência da defesa civil, principalmente quando se tratam de inundações urbanas, como o caso de Colatina, em que nas áreas inundadas localizam-se hospitais, escolas, creches, prefeitura e comércio em geral, ou seja, locais com grande concentração de pessoas e de equipamentos urbanos que seriam importantes na minimização das consequências das inundações.

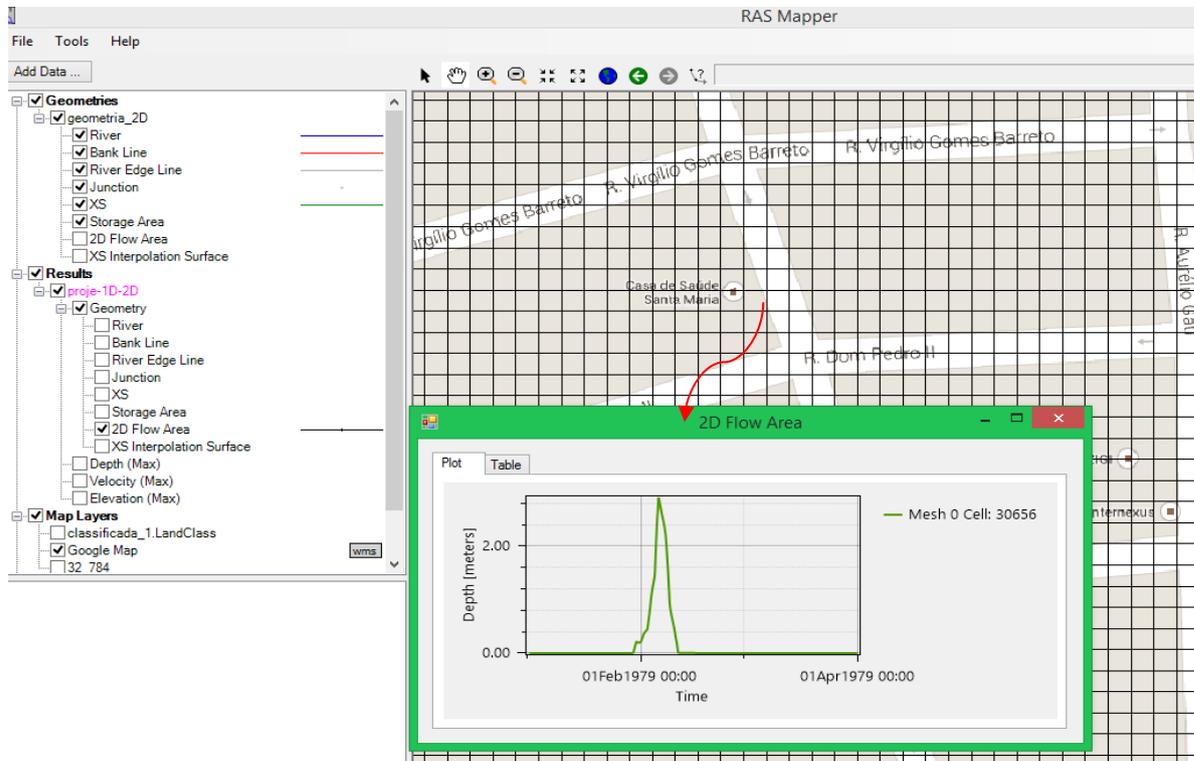


Figura 5.36 - Evolução temporal da profundidade da superfície da água na simulação de cheia de 1979 em frente a casa de saúde Santa Maria

5.11 Mapas de Inundação

Estão disponíveis no ANEXO I, os mapas com as manchas de inundação observadas versus simuladas com os modelos 1D e 1D/2D dos dois picos de cheias de dezembro de 2013, as quais foram utilizadas para avaliar o desempenho dos modelos hidráulicos através da medida F , quando calibrados com parâmetros de um evento de maior frequência, conforme foi descrito no item 5.8.

Neste item são apresentados os mapas das manchas de inundação para todos os eventos simulados com o HEC-RAS 2D 5.0 Beta em termos de dados hidrométricos. Adotou-se como intervalo de cálculo (Δt) o valor de 60 segundos e como intervalo de distância computacional (Δx) o valor de 50 m (espaçamento de interpolação linear), conforme descrito no item 4.2.5.

Os valores dos coeficientes de rugosidade de Manning foram obtidos na calibração dos modelos, os quais estão apresentados na Tabela 5.9. Optou-se em utilizar células de 5 m x 5 m nas simulações com o modelo 1D/2D para a geração dos mapas de extensão da inundação e de profundidades dos picos de cheias dos anos hidrológicos de 1978/1979, 2008/2009, 2011/2012 e 2013/2014, disponíveis no ANEXO II e ANEXO III.

Outro tipo de mapa que foi produzido são os mapas de isócronas de inundação do evento de cheia do ano hidrológico 2013/2014. Definem-se isócronas como sendo as linhas que unem os pontos das áreas inundadas correspondentes à vazão em determinado tempo do hidrograma. Como exemplo, mapa de isócronas de 3 em 3 horas do hidrograma da cheia a partir da cota do início de inundação até o tempo do pico da cheia. Como observa-se na Figura 5.37, entre os dias 18/12/2013 a 28/12/2013 ocorreram três ascensões do cotograma ultrapassando a cota de inundação. A primeira ascensão do cotograma teve o pico de cheia no dia 19/12/2013, a segunda ascensão o pico de cheia ocorreu no dia 22/12/2013 e a terceira ascensão teve o pico de cheia no dia 24/12/2013. Foram gerados três mapas de isócronas com esses três picos de cheias, ou seja, mapas de isócronas de inundação partindo do nível do rio que se inicia a inundação até o pico das cheias. A primeira isócrona dos mapas (isócrona zero) refere-se à mancha inundada quando o nível do rio ultrapassa a cota de inundação e a última isócrona refere-se à mancha de inundação do pico da cheia. Os mapas de isócronas estão disponíveis no ANEXO II.

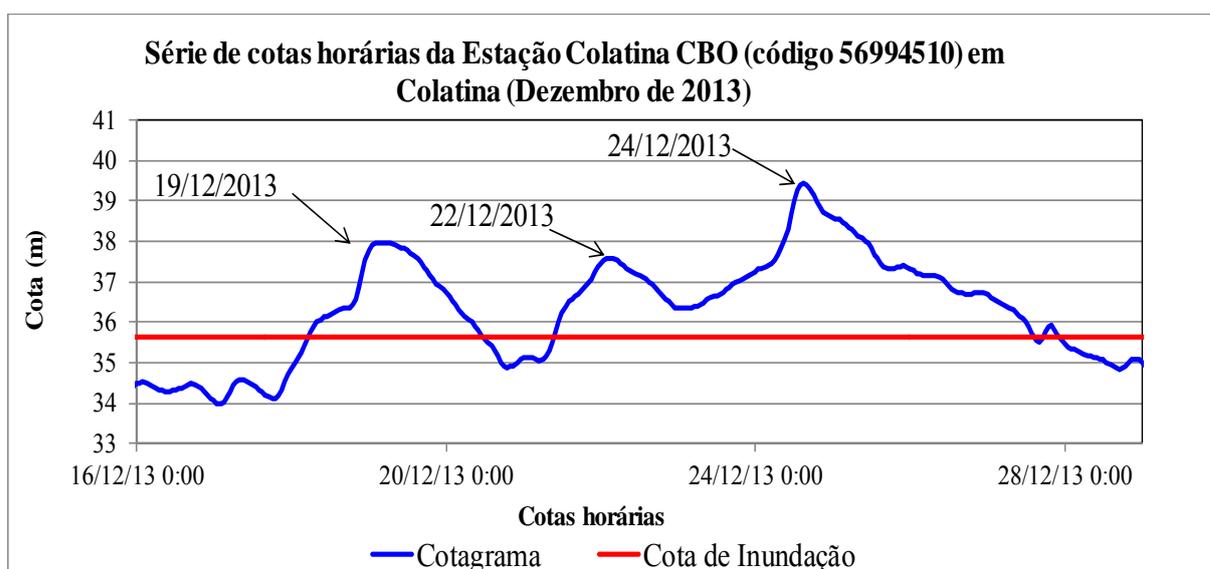


Figura 5.37 – Cotograma horário do evento de cheia de 2013

Realizou-se também a geração de mapas de inundação utilizando o MDT com as construções apresentado na Figura 4.17 o qual foi utilizado para as simulações com o recurso de animação do HAS Mapper do HEC-RAS 2D 5.0 Beta.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados aqui apresentados confirmam que os modelos HEC-RAS, 1D e 1D/2D, no caso de Colatina, podem ser calibrados com parâmetros hidrométricos de eventos de maior frequência e serem utilizados para fazer simulações adequadas de extensão da inundação com eventos de maior magnitude. Considera-se essa análise extremamente importante, visto que obter informações e dados de eventos extremos envolve muitas dificuldades, tais como, alto custo operacional e segurança da equipe técnica, pois são períodos em que as equipes de apoio (defesa civil e corpo de bombeiros) estão sobrecarregadas atendendo chamados de urgências, e não podem dar suporte durante as campanhas de medições de vazões.

Constatou-se, no caso de Colatina, que o controle da calibração dos modelos hidráulicos estudados está relacionado com a determinação do coeficiente de rugosidade de Manning da calha principal, ou seja, verificou-se durante a calibração dos modelos hidráulicos que alterações de valores desse coeficiente na calha possuem grande sensibilidade e afetam diretamente os resultados de todo o conjunto da seção transversal (Canal principal e planície de inundação onde localizam-se as áreas urbanas). Essa característica ocorre porque as áreas da calha principal do rio Doce são muito amplas comparadas às áreas das planícies sujeitas a inundações. Além desse aspecto observou-se no trecho do rio Doce em Colatina que ocorre grande mobilidade do fundo do canal e grande atividade antrópica nas margens e planície de inundação. Nesse contexto sugere-se realizar novos levantamentos de seções transversais e avaliar o efeito dessas alterações na calibração dos modelos hidráulicos.

Em termos de comparação de resultados da simulação de cheia na calha do rio Doce, os modelos HEC-RAS 4.1 e HEC-RAS 2D 5.0 Beta utilizam a mesma base teórica e as mesmas técnicas numéricas para a condição de escoamento 1D. Verificam-se em todas as simulações resultados hidrométricos semelhantes. No entanto, no momento que o hidrograma de cheia extrapola a calha principal do rio e transfere volume para a planície, o modelo HEC-RAS 2D 5.0 beta necessita de menor passo de tempo de cálculo para a convergência do esquema numérico de volumes finitos implícitos, devido principalmente à resolução da malha computacional de escoamento 2D (transferência de escoamento entre as células com áreas pequenas). O modelo HEC-RAS 4.1 permitiu definir as regiões inundáveis da planície em áreas de escoamentos ineficazes, ou seja, porções das seções transversais em que a água não se move para jusante, apenas armazenam o volume. Essa técnica permite maior simplicidade

na simulação de inundações na planície, o que possibilita maior facilidade de convergência numérica, mesmo quando são utilizados intervalos de cálculos computacionais maiores; nesse caso, a convergência do modelo está relacionada ao espaçamento entre as seções transversais.

O modelo HEC-RAS 2D 5.0 Beta despendeu até 8 horas de processamento quando foram utilizados os menores tamanhos de células na malha computacional de volumes finitos 2D. No entanto, não se verifica, no caso de Colatina, perda de precisão dos dados hidrométricos na calha principal do rio nas simulações com células maiores. Assim, recomenda-se a calibração inicial dos modelos 2D utilizando células maiores e posteriormente a realização da calibração da planície de inundação com células computacionais menores, principalmente em regiões onde ocorrem variações da elevação da superfície do terreno.

A calibração inicial do modelo 1D/2D empregando células de maiores dimensões é recomendada para planícies com características semelhantes à de Colatina, ou seja, planícies inundáveis com ocupações urbanas e com pouca extensão das áreas inundáveis. Assim, sugere-se que outras pesquisas sejam desenvolvidas com outras bases de dados de cidades onde as planícies de inundações sejam uma parcela maior e mais significativa da condutância das vazões, onde a propagação poderá ocorrer em direções independentes ao canal principal, o que necessita de outras análises tanto no aspecto de dados hidrométricos quanto no aspecto de construção da malha de volumes finitos.

Observou-se que durante os eventos de cheias em Colatina os tributários do rio Doce (Santa Maria e rio Pancas) não provocam alterações significativas no hidrograma do rio Doce, pois representam cerca de 2% da vazão de trânsito. No entanto, esses tributários exercem influência nos danos causados durante um evento extremo de inundação na cidade. Observou-se que a inundação inicial dos bairros Sagrado Coração de Jesus (próximo ao Tiro de Guerra) e bairro Esplanada (próximo à Casa de Saúde Santa Maria) ocorre em função do remanso no rio Santa Maria provocado pelo rio Doce durante as cheias. Esse fato foi evidenciado durante os trabalhos de campo da CPRM em dezembro de 2013. Observou-se no dia 21/12/2013 que quando o nível do rio Doce se aproxima da cota 550 cm na régua da seção 600 (estação fluviométrica Colatina Corpo de Bombeiros, código 56994510), o rio Santa Maria sofre o efeito de remanso e suas águas começam a inundar as áreas marginais onde se localiza o bairro Sagrado Coração de Jesus, região próxima ao Tiro de Guerra.

Em termos da avaliação da extensão da inundação simulada pelos modelos, verificou-se que a medida de desempenho F proposta por Horritt & Bates (2002) pode ser utilizada como forma de avaliação de desempenho. Entretanto, constatou-se que a medida F é extremamente sensível ao uso da calha do rio, ou seja, pode mascarar os resultados indicando perfeita sobreposição das áreas mapeadas e simuladas. Portanto, recomenda-se que na utilização da medida F em áreas inundadas com as características de Colatina (calhas largas do rio e planícies inundáveis relativamente pequenas), as superfícies das áreas das calhas dos rios sejam extraídas das imagens raster de extensão da inundação, antes da análise da medida F. Assim, sugere-se que outras pesquisas sejam desenvolvidas em planícies de inundações maiores e mais significativas em relação à calha do rio.

Assim, calculou-se a medida F após a extração da calha do rio em todas as imagens fontes deste estudo (manchas simuladas e observadas), sendo a superfície da calha do rio definida pela vazão de 3.700 m³/s. Verificaram-se valores muito próximos e concluiu-se que os modelos são igualmente capazes em representar as áreas inundáveis. Concluiu-se também que esse tipo de análise é extremamente importante na avaliação comparativa entre modelos na simulação de cheias, visto que independente da robustez dos modelos hidráulicos e das formulações matemáticas, um dos principais objetivos das simulações de inundação é o de obter a melhor representação das áreas inundadas. Quando comparado os resultados da medida F com os de outros autores, verificou-se que os resultados desta dissertação estão semelhantes e, em alguns casos, melhores, ou seja, os modelos apresentaram bons resultados na reconstituição das áreas inundadas referente ao evento de 2013.

Os resultados ruins apresentados pelos autores estudados foram atribuídos à má qualidade das manchas observadas obtidas através de imagens de satélite. Verificou-se que para realizar a medida de desempenho F é necessário obter imagens das manchas inundadas de boa qualidade. Neste caso as manchas observadas obtidas por mapeamento de campo podem ser consideradas representativas para realizar estudos de inundações. Todavia, sugere-se para estudos futuros avaliar a utilização de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para o mapeamento das inundações. O VANT possui a capacidade de se manter no ar de forma autônoma auxiliado por seus sensores internos e de transportar câmeras de vídeo ou câmeras infravermelhas com transmissão para uma estação de solo. O VANT processa o conjunto de imagens aéreas para produzir mapas georeferenciados e mapas de superfície digitais. Esses mapas podem ser utilizados para cadastro de áreas de risco e delimitação das áreas inundadas.

Conclui-se que independente do tamanho da área inundada e do comportamento do escoamento, como mudanças de direções, a utilização de modelos 1D ou 2D está diretamente relacionada com a disponibilidade de dados e objetivos da simulação hidráulica. Verifica-se que em termos de análise de inundações urbanas, o HEC-RAS 2D pode fornecer mais informações pontuais das variáveis do escoamento nas previsões de inundação.

O HEC-RAS 2D constrói para cada célula as relações cota versus volume, áreas da face versus elevação, perímetro molhado das faces versus elevação, valores de coeficiente de rugosidade de Manning versus elevação e perfis das faces das células. Essas características permitem avaliar as variáveis hidráulicas (Velocidade, profundidade e elevação da superfície da água) em locais específicos como, por exemplo, células localizadas em frente de escolas, creches e hospitais.

Verificou-se através dos trinta pontos definidos na planície de inundação resultados semelhantes das profundidades simuladas nos modelos 1D e 1D/2D quando comparadas com os dados observados em campo. Avaliando apenas os resultados das simulações, verifica-se que as maiores diferenças de profundidades pontuais se encontram justamente nas regiões da planície de inundação (MDT) com maiores variações de elevação.

Mesmo com resultados satisfatórios em relação às profundidades previstas nas simulações nos dois modelos, algumas considerações devem ser avaliadas antes de efetivamente discutir essa análise, conforme segue: o HEC-RAS 4.1, sendo um modelo unidimensional, calcula individualmente as elevações da superfície de água para cada seção transversal, ou seja, a elevação da superfície da água apresentada nos resultados do HEC-RAS 1D irá variar ao longo do comprimento de uma seção transversal de forma linear. Nas simulações com o HEC-RAS 2D 5.0 beta é necessário associar os arquivos de geometria ao terreno de base (MDT). A geometria e a malha computacional de volumes finitos são pré-processadas em forma de tabelas com as propriedades hidráulicas a fim de desenvolver relações da elevação e volume para cada célula, e também curvas de propriedades hidráulicas para cada face celular (elevação vs. perímetro molhado, área, e rugosidade). Essa característica permite as variáveis do escoamento (profundidade e velocidade) comporta-se conforme morfologia da planície de inundação. Nesse contexto entende-se que o modelo 2D é capaz de fornecer melhores informações pontuais.

Assim, são sugeridos novos estudos em planícies com alterações significativas de morfologia, onde se possam aplicar novas análises e confrontar com os resultados deste estudo.

Não foram verificadas diferenças significativas nos resultados dos desempenhos dos modelos na definição das manchas de inundações em Colatina. Como se tratam de softwares do HEC-RAS, ambos os modelos possuem bons detalhamentos de entrada de dados (seções transversais, coeficiente de rugosidade de Manning, estruturas hidráulicas, etc.) e a disponibilidade de uma excelente ferramenta gráfica para visualização dos resultados, sendo que a versão Beta 2D possui o recurso de realizar animações da propagação da cheia em regime não permanente e utilizar várias bases de imagens tanto on-line como Google Earth, Google Map, quanto bases SIG, com ortofotos e outras imagens disponíveis.

Verificou-se que a grande vantagem do modelo HEC-RAS 1D em relação ao 1D/2D é a simplicidade de construção do modelo topológico, o que permite a facilidade de convergência da simulação. Por outro lado, as principais vantagens do HEC-RAS 2D 5.0 foram as possibilidades de detalhamento das informações, tanto no aspecto de comportamento do escoamento na planície de inundação, como das informações das variáveis (velocidade e profundidade) nas regiões de interesse.

REFERÊNCIAS

ASSELMAN, N.; BATES, P.D.; WOODHEAD, S.; FEWTRELL, T.; SOARES-FRAZÃO S. ZECH, Y.; VELICKOVIC M.; DE WIT A.; TER MAAT, J.; VERHOEVEN, G.; LHOMME, J. Flood inundation modelling—model choice and proper application. *Floodsite Report*. T08-09-03, p. 142. 2009.

BATES, P.D.; De ROO, A.P. A simple raster-based model for flood inundation simulation. *Journal of Hydrology*, 236, p. 54-77, 2000.

BATES, P.D.; DAWSON, R.J.; HALL, J.W.; HORRITT, M.S.; NICHOLLS, R.J.; WICKS, J.; HASSAN, M.A. Simplified two dimensional numerical modelling of coastal flooding and example applications. *Coastal Engineering*, 52, p. 793-810, 2005.

BRASIL, L. S. S. *Utilização de Modelagens Uni e Bidimensional para a Propagação de Onda de Cheia Proveniente de Ruptura Hipotética de Barragem. Estudo de Caso: Barragem Rio de Pedras*. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2005, 203 p.

BRUNNER. G. W. Combined 1D and 2D Modeling with HEC-RAS – disponível em http://www.hec.usace.army.mil/misc/files/ras/HEC-RAS_5.0_Beta_2014-10-01.exe

CAMPOS, R.G.D. *Análise da representatividade de diferentes hipóteses de modelagem matemática para definição de manchas de inundação em áreas urbanas – estudo de caso da cidade de Governador Valadares – MG*. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011, 181 p.

CPRM a - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Relatório Técnico do período Crítico de Dezembro de 2013: Sistema de Alerta de Enchentes da Bacia do Doce, CPRM. Belo Horizonte, 2014.

CPRM b - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Definição da planície de inundação de Colatina/ES - Relatório Técnico. Belo Horizonte Agosto de 2014. 244 p.

CHAUDHRY, M. H. *Open Channel Flow*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1993. 483 p.

CHOW, V. T., *Open Channel Hydraulics*. Editora McGraw-Hill, New York, 1959. 680 p.

COUTINHO, M.M.; PINTO, E.J.A. Modelagem Hidráulica Unidimensional das Zonas Urbanas Inundáveis em Colatina/ES. XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste (ABRH). Natal-RN, Novembro de 2014, 10p.

CUNGE, J.A.; HOLLY, F.M.; VERNEY, A. *Practical Aspects of Computational River Hydraulics*. Pitman Advanced Publishing Program. 1980.

GRUPO INTERMINISTERIAL DE TRABALHO PARA REALIZAR ESTUDOS PARA A PREVENÇÃO E O CONTROLE DAS ENCHENTES DO RIO DOCE. (1982), Relatório, 226p.

HORRITT, M. S.; BATES, P. D. Evaluation of 1D and 2D numerical models for predicting river flood inundation. *Journal of Hydrology*, 268, p. 87-99, 2002.

- HORRITT, M. S.; BATES, P. D. Predicting floodplain inundation: raster-based modelling versus the finite element approach. *Hydrological Processes* 15, p. 825–842. 2001.
- HUNTER, N.M., BATES, P.D., HORRITT, M.S. e WILSON, M.D. Improved simulation of flood flows using storage cell models. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, *Water Management*, 159, p. 9-18, 2006.
- HUNTER, N.M., BATES, P.D., NEELZ, S., PENDER, G., VILLANUEVA, I., WRIGHT, N.G., LIANG, D., FALCONER, R.A., LIN, B., WALLER, S., CROSSLEY, A.J. e MASON, D.C. Benchmarking 2D hydraulic models for urban flooding. Proceedings of the Institution of Civil Engineers. *Water Management*, p. 17, 2008.
- INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. Coordenação Estadual do Planejamento, Governo de Estado do Espírito Santo. Plano Diretor de Contenção às Enchentes, Proteção às Encostas e Drenagem Pluvial de Colatina, Vitória, ES, 1982.
- JACCON, G. e Cudo, K. J. Curva-Chave: Análise e Traçado. DNAEE. Brasília – DF. 1989. 273 p.
- LAURIANO, A. W. *Estudo de Ruptura da Barragem de Funil: Comparação Entre Modelos FLDWAY e HEC-RAS*. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009, 251 p.
- LIN, B.; WICKS, J. M.; FALCONER, R. A.; ADAMS, K. Integrating 1D and 2D hydrodynamic models for flood simulation. *Water Management*, 159 Issue WM1, p.19-25, 2005.
- MASOERO, A.; CLAPS, P.; ASSELMAN, N.E.M.; MOSSELMAN, E.; BALDASSARRE, G. Reconstruction and analysis of the Po River inundation of 1951. *Hydro. Process.* 27, p. 1341–1348, 2012.
- MATOS, A. J. S. *Análise numérica da translação de ondas de cheia em canais naturais – Um trecho do Rio Sapucaí/MG*. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia), Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007, 129p.
- MONTE-MOR, R. C. de A. *Mapeamento de áreas inundáveis associadas à ruptura de barragens – Estudo de caso: Barragem de Ninho da Águia – MG*. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2004, 129 p.
- MOREIRA, D. M. *Rede de referência altimétrica para avaliação da altimetria por satélites e estudos hidrológicos na região Amazônica*. Dissertação (Engenharia Civil,) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010, 175 p.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E.J.A. *Hidrologia Estatística*. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552p.
- NIKOLOS, I,K; DELIS, A.I. An unstructured node-centered finite volume scheme for shallow water flows with wet/dry fronts over complex topography. *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* 198. p. 3723 - 3750. 2009.

NÉELZ, S.; PENDER, G. Desktop review of 2D hydraulic modelling packages, *Environment Agency*, Bristol. p. 63 2009.

PAIVA, R. C. D. *Modelagem Hidrológica e Hidrodinâmica de Grandes Bacias. Estudo de caso: Bacia do rio Solimões* Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2009, 182 p.

PAZ, A.R.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C.E.M. Simulação Hidrológica de Rios com Grandes Planícies de Inundação. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande - MS, Novembro de 2009, 19 p.

SILVA, R. C. V.; MASCARENHAS, F. C. B.; MIGUEZ, M. G. *Hidráulica Fluvial*, 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Universidade COPPE/UFRJ, 2003. vol. 1.

TRIGG, M. A.; WILSON, M. D.; BATES, P. D; HORRITT, M. S; ALSDORF, D. E.; FORSBERG, B.R.; VEGA, M. C. Amazon flood wave hydraulics. *Journal of Hydrology*, 374,p. 92–105, 2009.

TUCCI, C. E. M. *Modelos Hidrológicos*. 2ª Edição. Editora da Universidade UFRGS, Porto Alegre, 2005. 678 p.

USACE – U.S. Army Corps of Engineers. *River Hydraulics - Engineering Manual 1110-2-1416*, Headquarters. Washington, DC, October 1993. 176 p.

USACE a - U.S. Army Corps of Engineers. *HEC-RAS River Analysis System – Hydraulic Reference Manual*. Version 4.1. 2010. 411 p.

USACE b - U.S. Army Corps of Engineers. *HEC-RAS River Analysis System – Application Guide*. Version 4.1. 2010. 351 p.

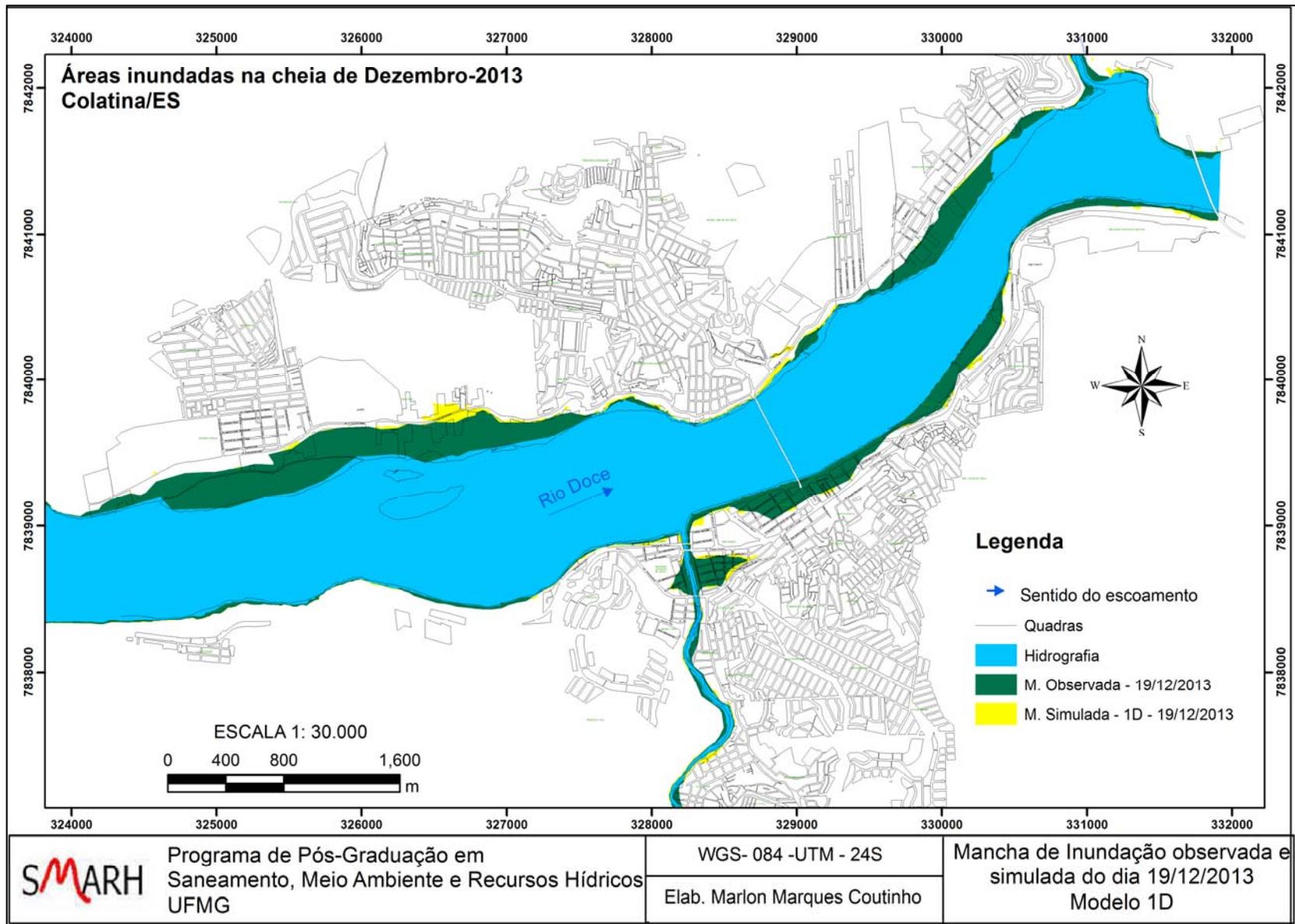
USACE – U.S. Army Corps of Engineers (2005) *HEC–GeoRAS – GIS tools for support of HEC–RAS Using ArcGIS – User’s Manual*. Version 4.1.1: 204 p.

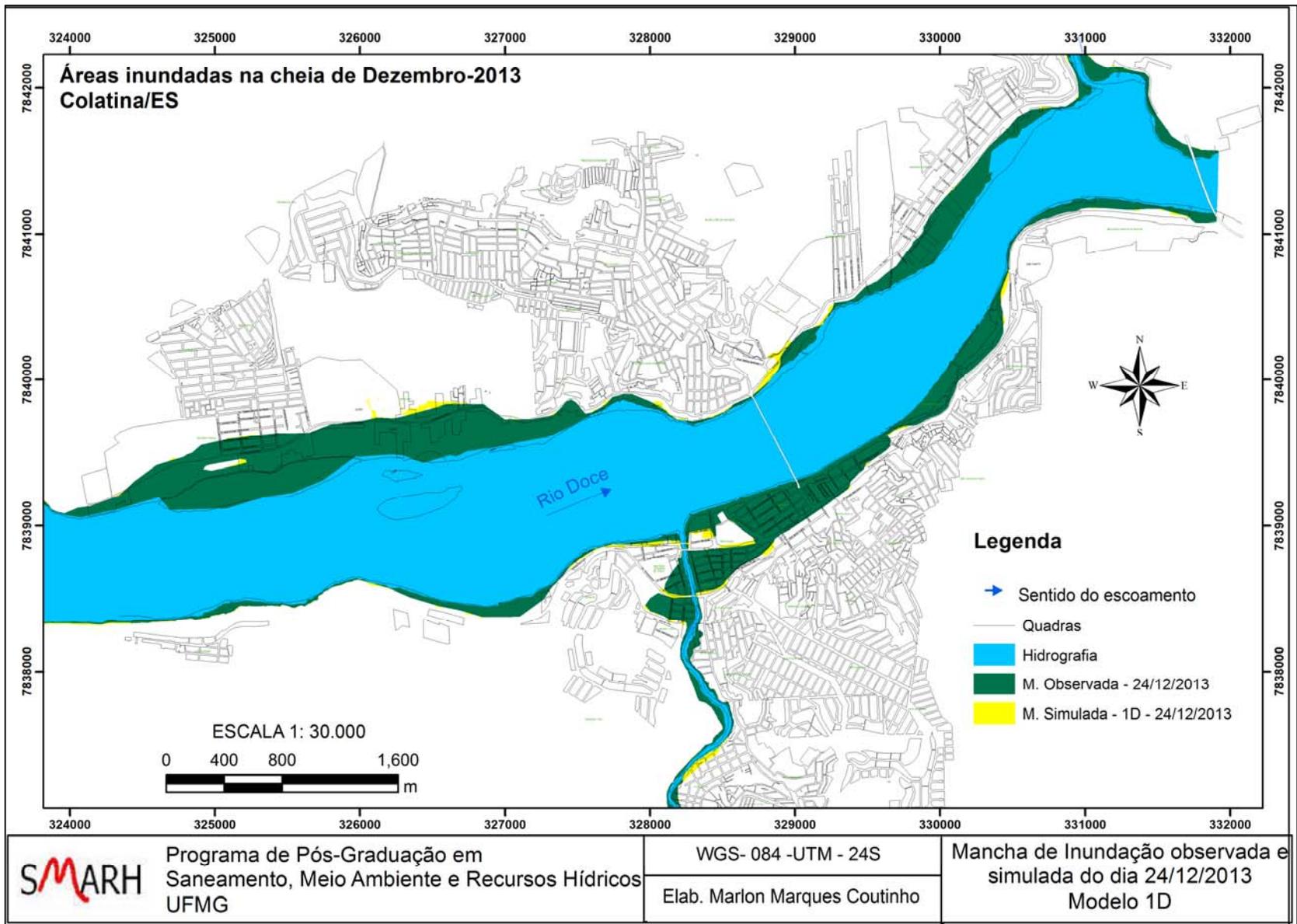
WILSON, M.; BATES, P.; ALSDORF, D.; FORSBERG, B.; HORRITT, M. Modeling large-scale inundation of Amazonian seasonally flooded wetlands. *Geophysical Research Letters*, 34,p. 92–125, 2007.

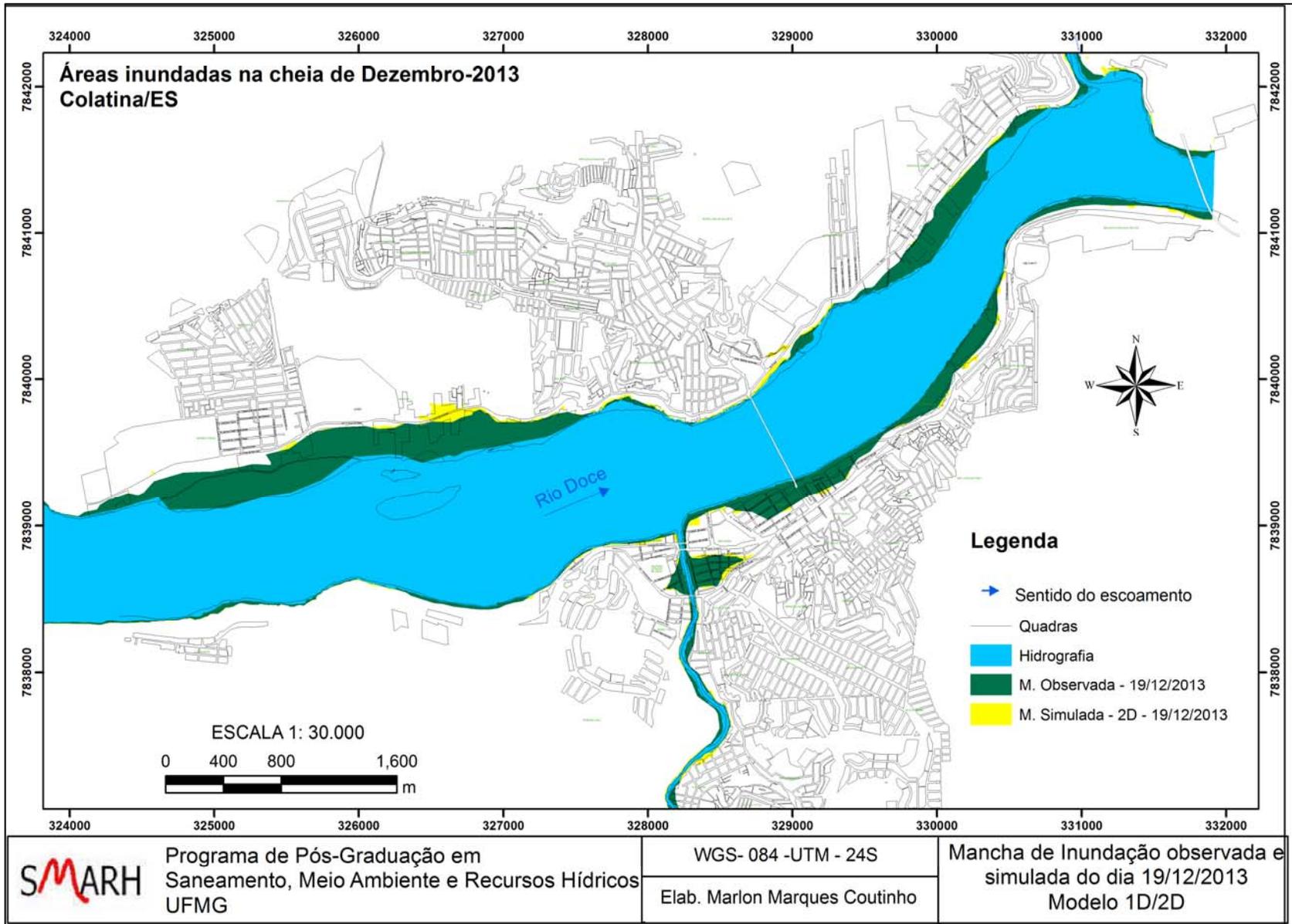
KENNEDY, E.J. *Discharge Ratings At Gaging Stations*. USGS — *Techniques for Water-Resources Investigations*, Book 3, Chapter A10. 1984. 69 p.

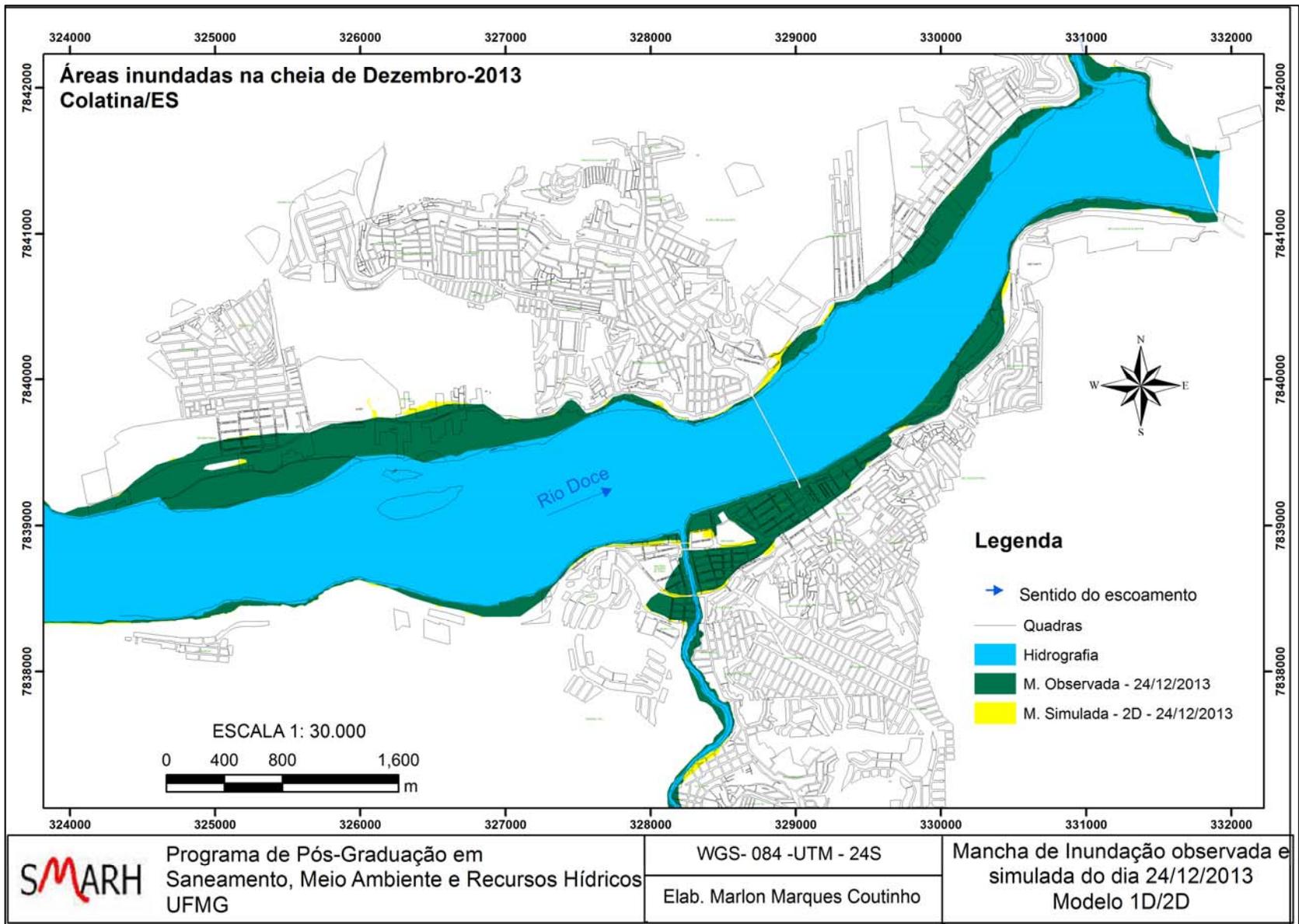
WU, W.; SÁNCHEZ, A.; ZHANG, M. An implicit 2-D shallow water flow model on unstructured quadtree rectangular mesh. *Journal of Coastal Research*, 59. p. 15 -26. 2011.

ANEXO I – MANCHAS SIMULADAS E OBSERVADAS DAS SIMULAÇÕES COM OS MODELOS 1D E 1D/2D

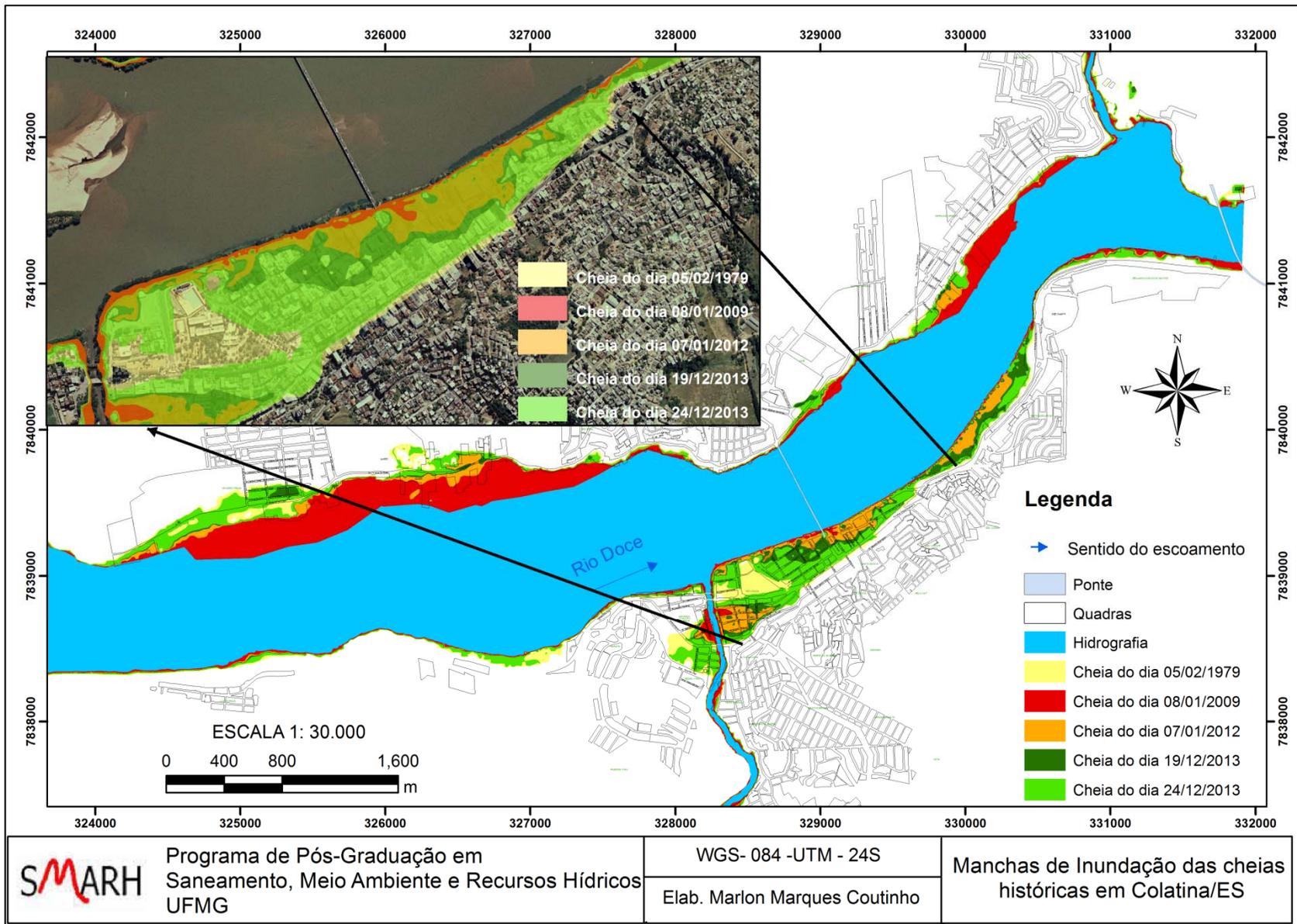


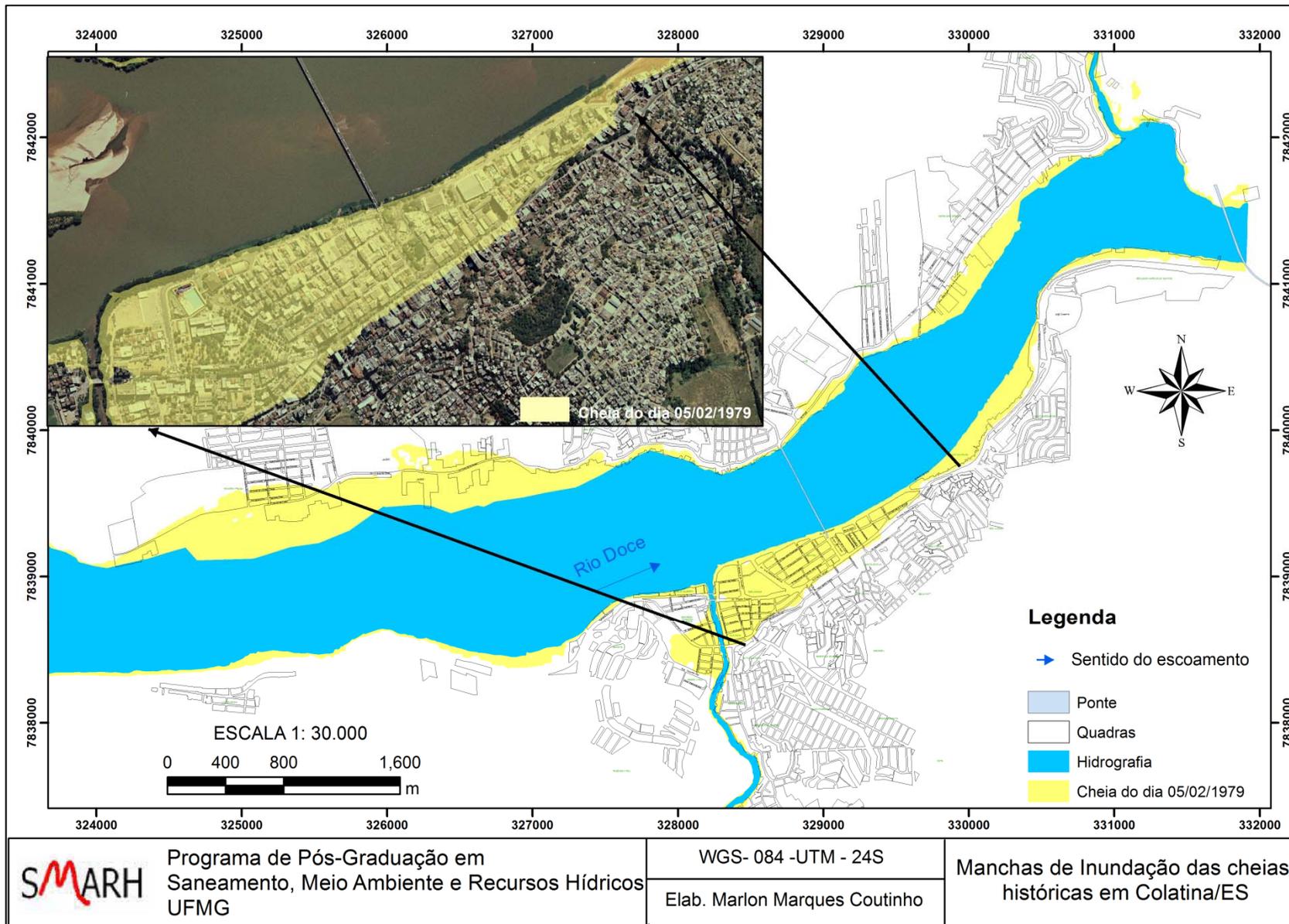


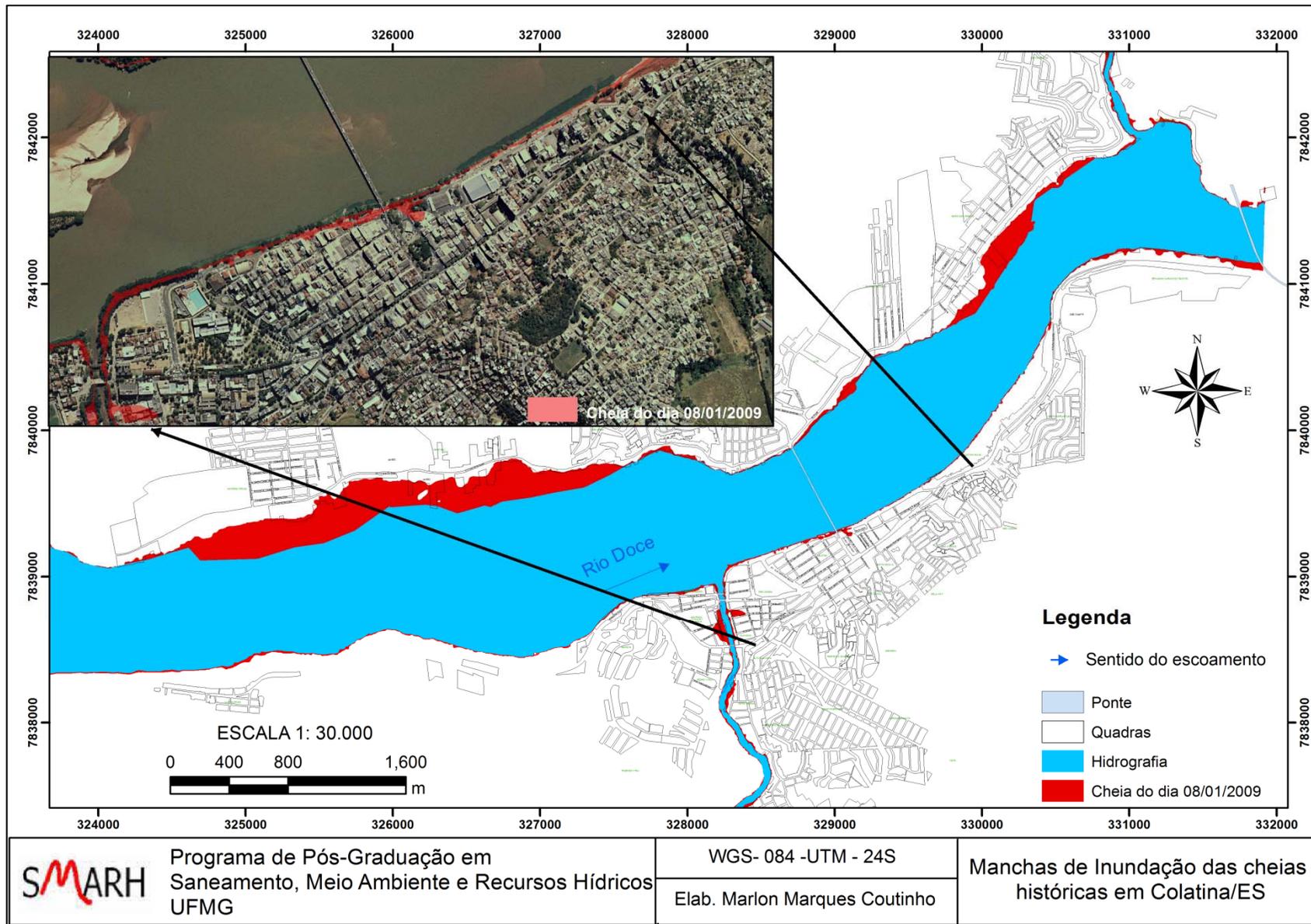


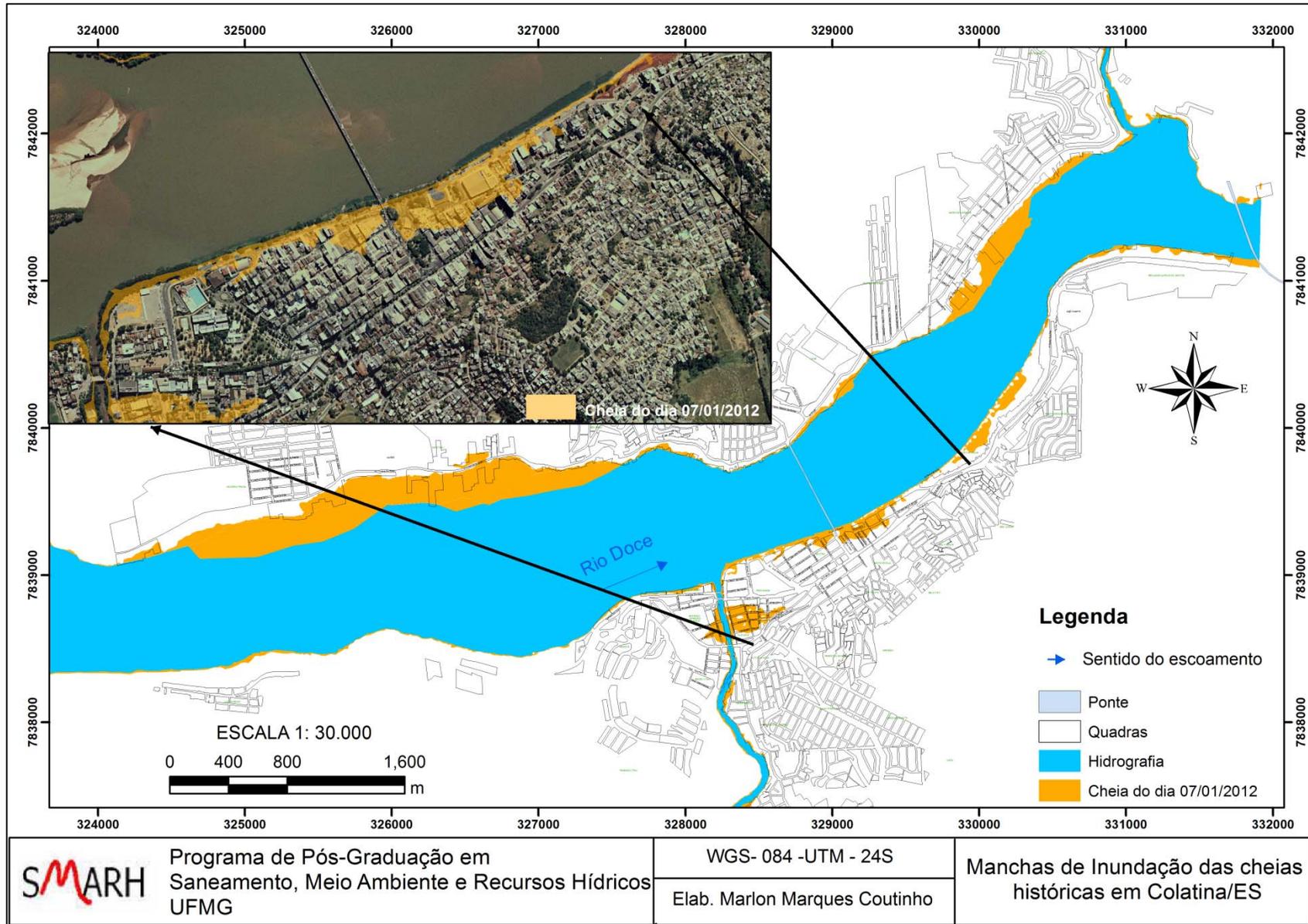


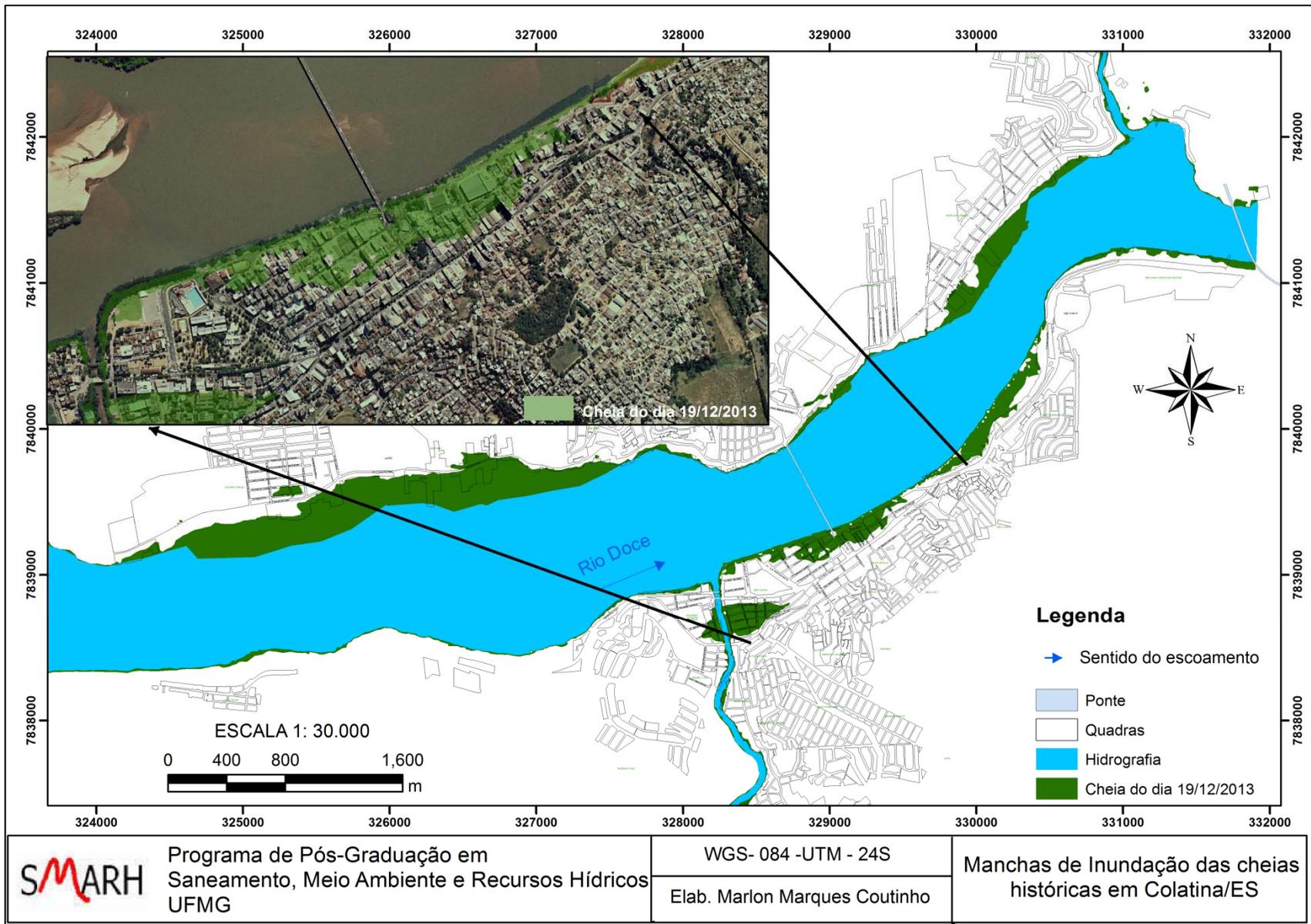
ANEXO II – MANCHAS DE INUNDAÇÃO OBTIDAS DAS SIMULAÇÕES COM HEC-RAS 2D 5.0 BETA DOS EVENTOS ESTUDADOS

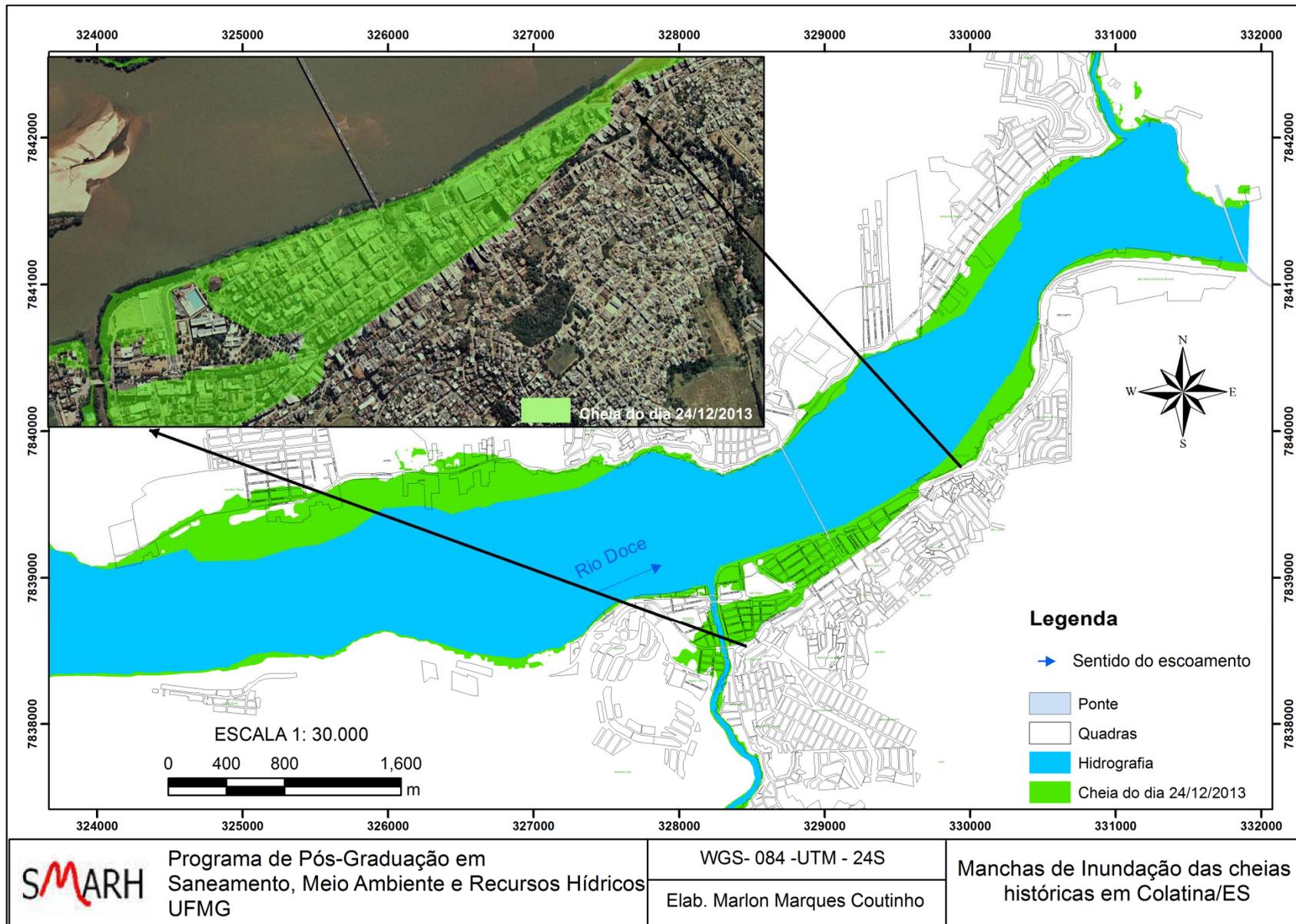






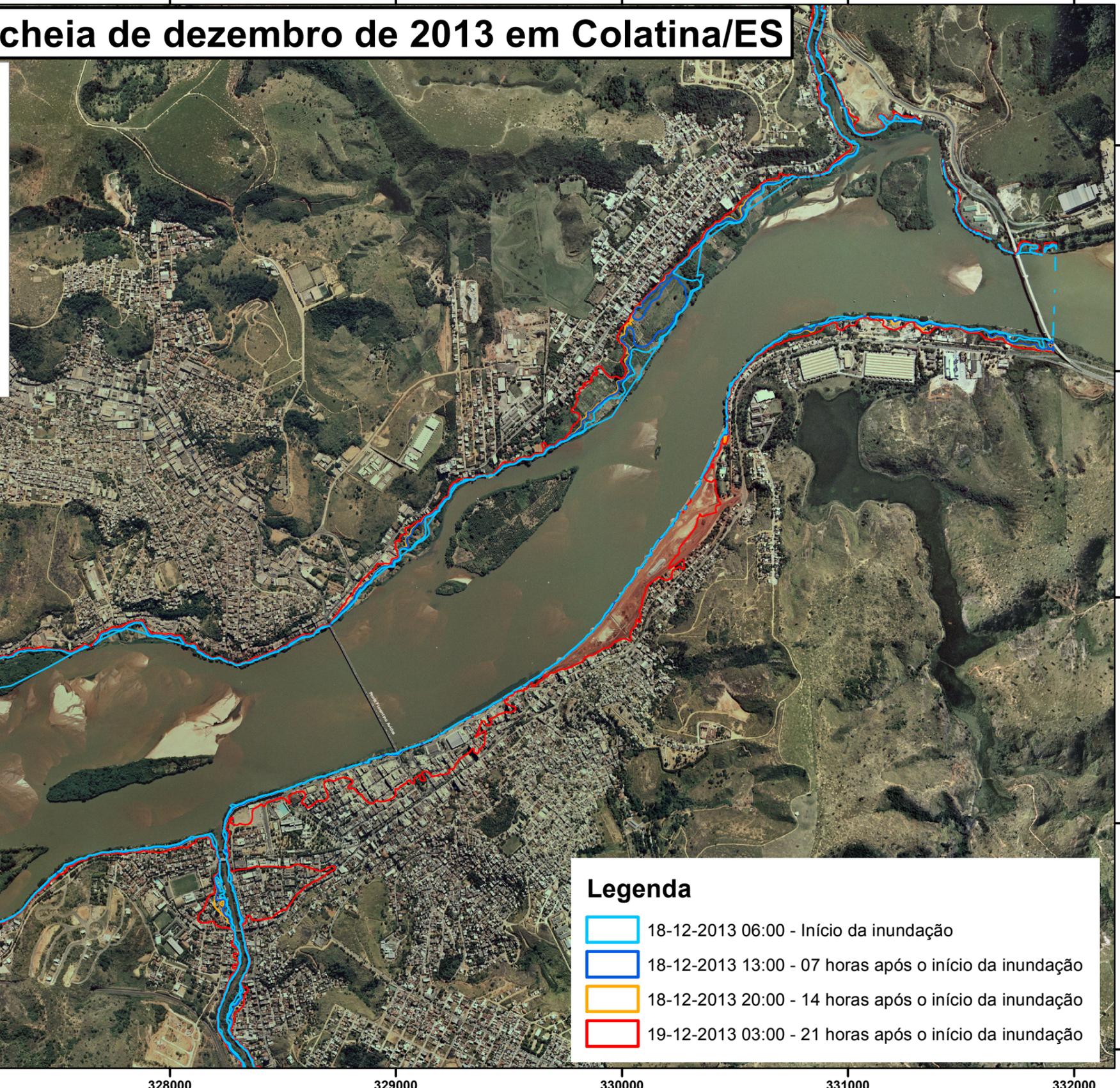
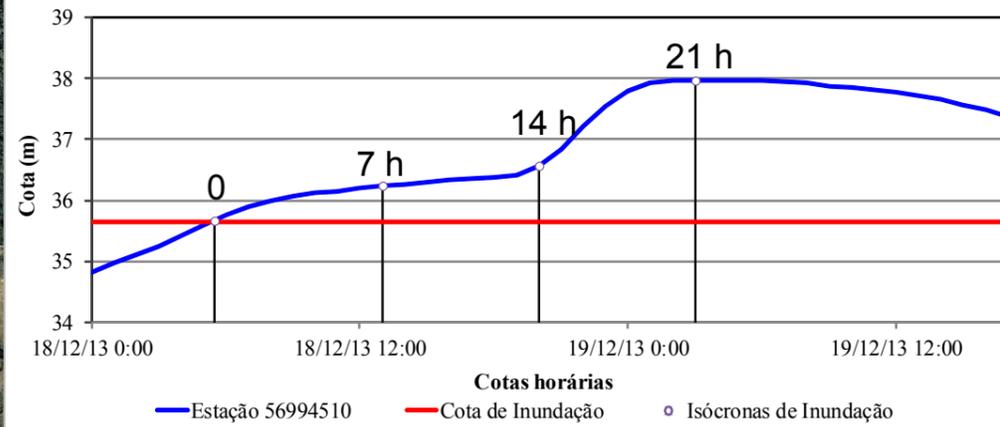






Mapa de isócronas de inundação da cheia de dezembro de 2013 em Colatina/ES

Cotas horárias da Estação Colatina CBO, código 56994510 em Colatina (18/12/2013 a 19/12/2013)

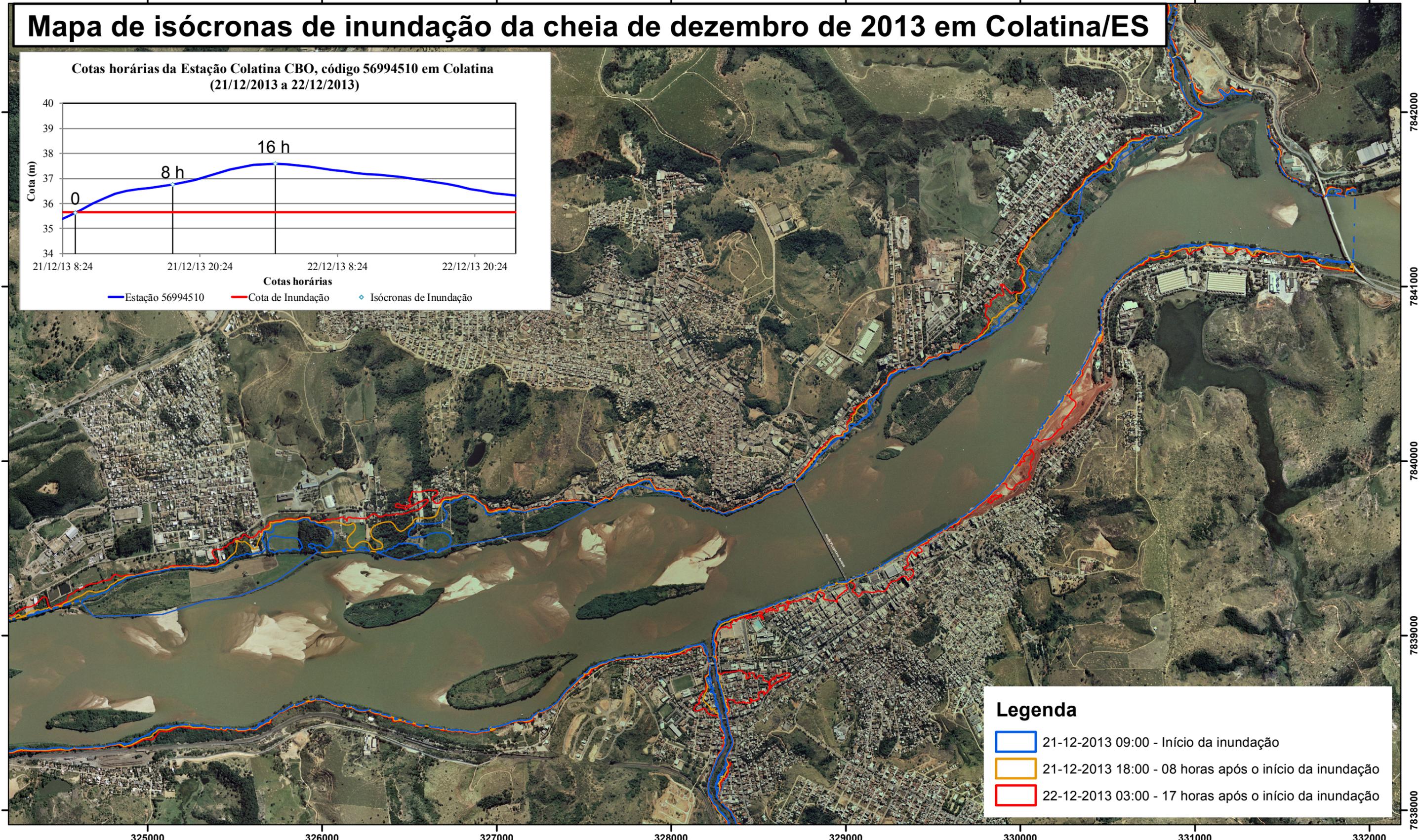
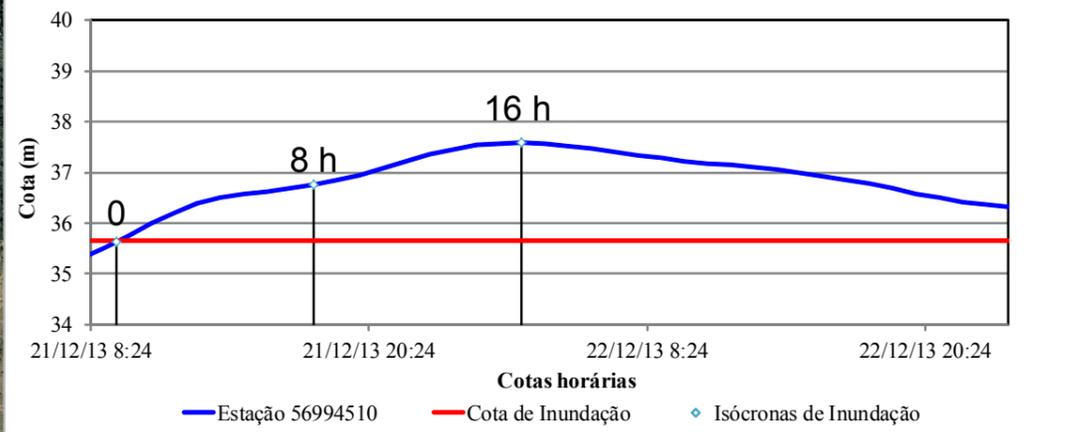


Legenda

- 18-12-2013 06:00 - Início da inundação
- 18-12-2013 13:00 - 07 horas após o início da inundação
- 18-12-2013 20:00 - 14 horas após o início da inundação
- 19-12-2013 03:00 - 21 horas após o início da inundação

Mapa de isócronas de inundação da cheia de dezembro de 2013 em Colatina/ES

Cotas horárias da Estação Colatina CBO, código 56994510 em Colatina (21/12/2013 a 22/12/2013)

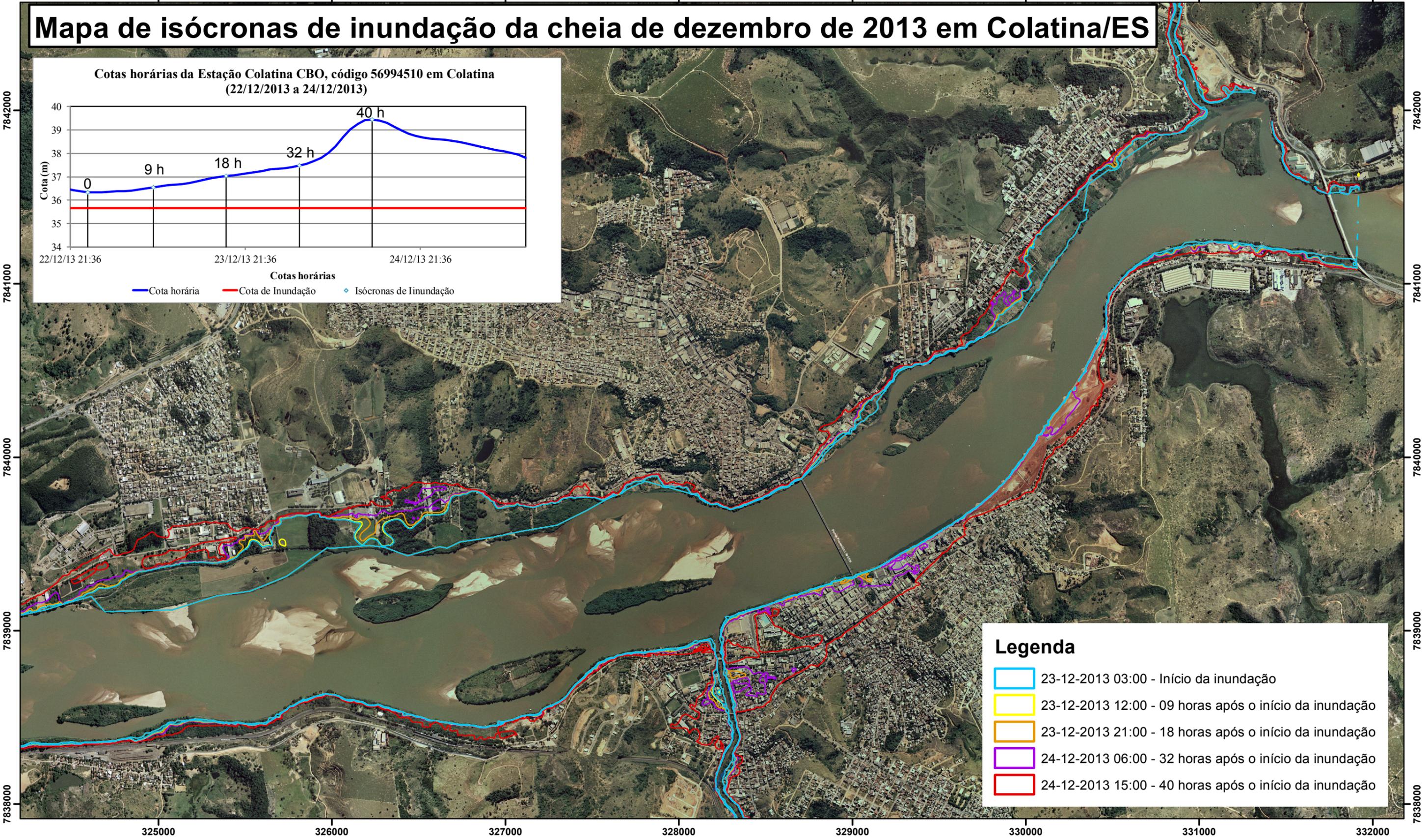
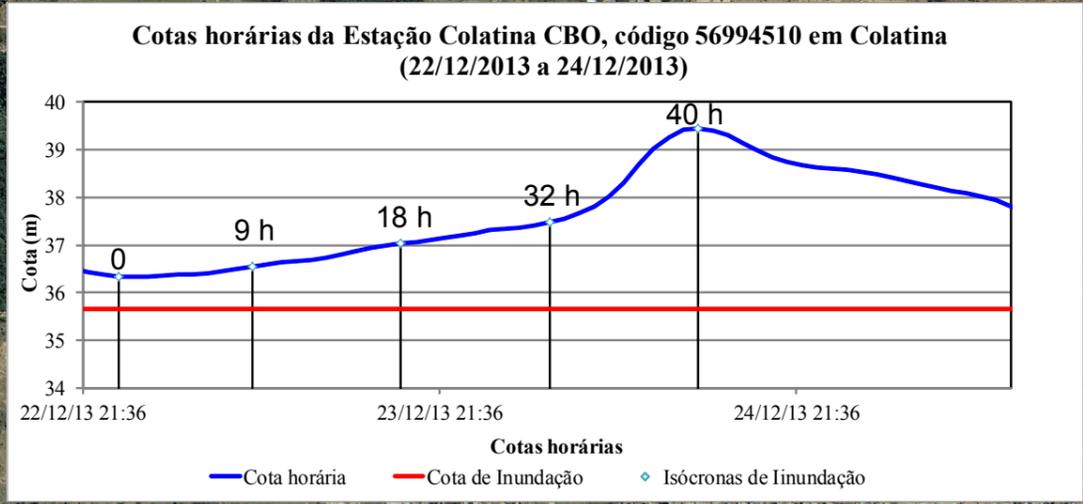


Legenda

- 21-12-2013 09:00 - Início da inundação
- 21-12-2013 18:00 - 08 horas após o início da inundação
- 22-12-2013 03:00 - 17 horas após o início da inundação

Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos UFMG	WGS- 084 -UTM - 24S	Definem-se isócronas como sendo as linhas que unem os pontos das áreas inundadas correspondentes à vazão em determinado tempo do hidrograma. Para esse mapa, estabeleceu-se isócronas de 8 em 8 horas do hidrograma da cheia a partir da cota de início de inundação até o tempo do pico da cheia.
	Elab. Marlon Marques Coutinho	

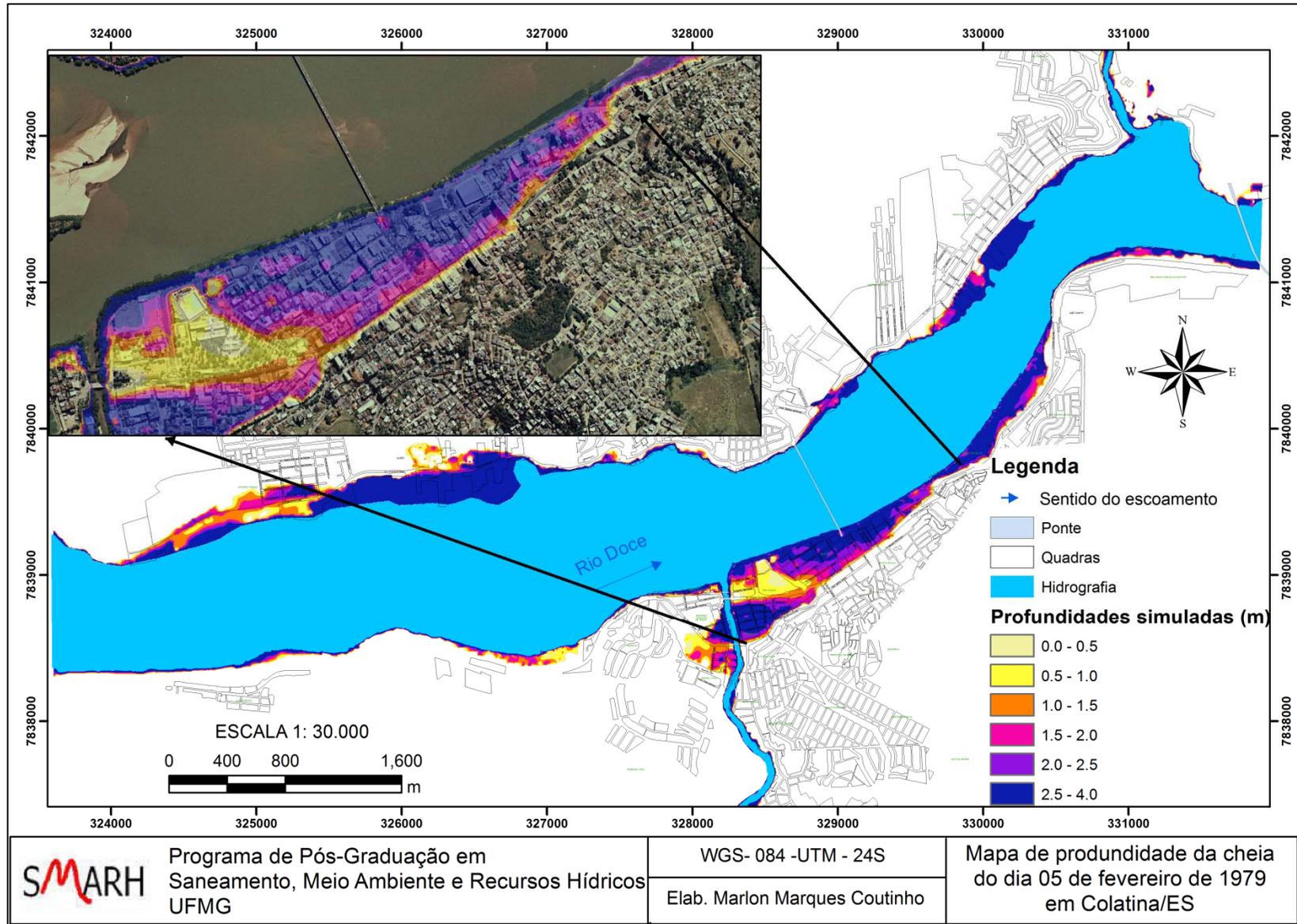
Mapa de isócronas de inundação da cheia de dezembro de 2013 em Colatina/ES

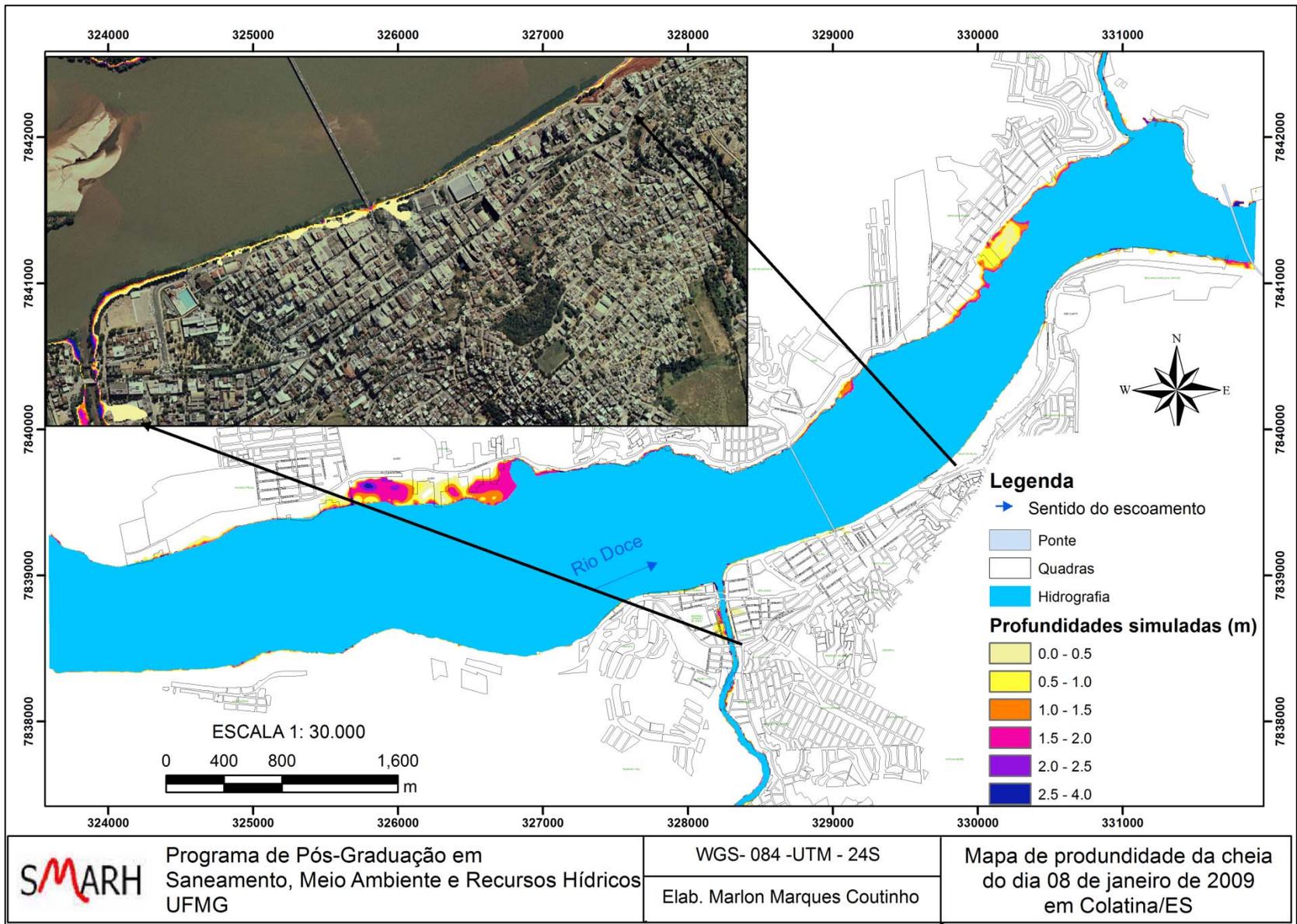


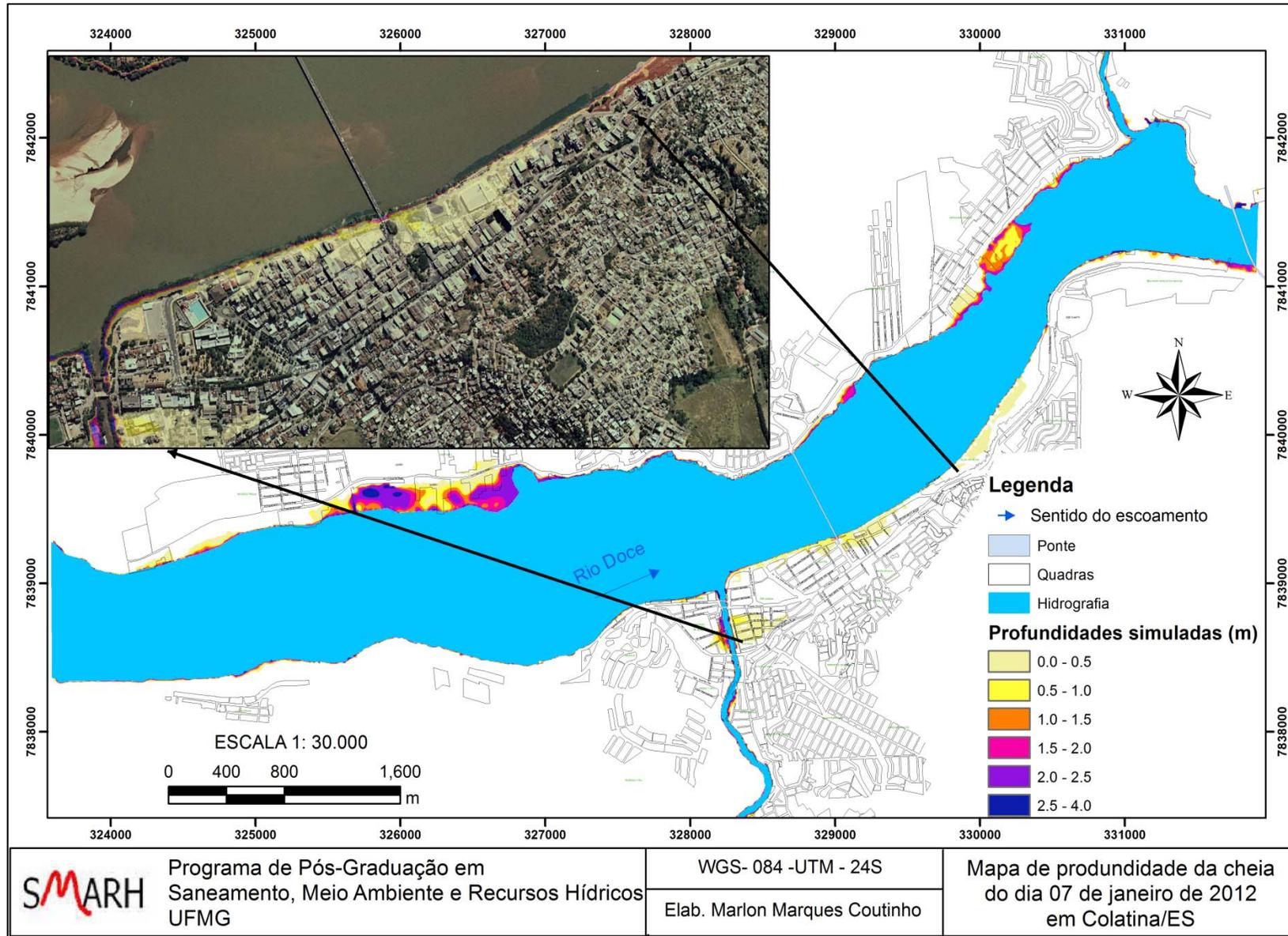
Legenda

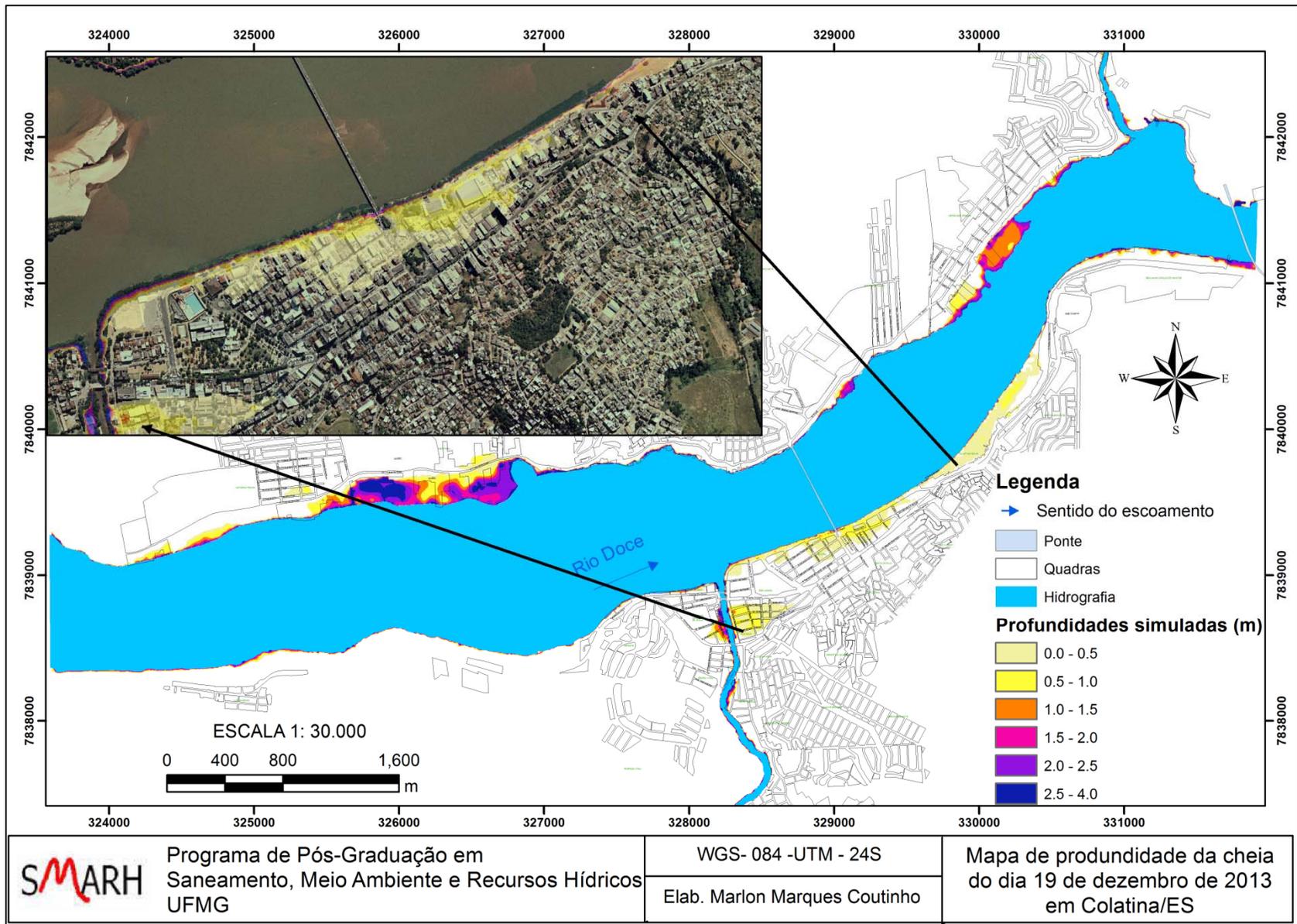
- 23-12-2013 03:00 - Início da inundação
- 23-12-2013 12:00 - 09 horas após o início da inundação
- 23-12-2013 21:00 - 18 horas após o início da inundação
- 24-12-2013 06:00 - 32 horas após o início da inundação
- 24-12-2013 15:00 - 40 horas após o início da inundação

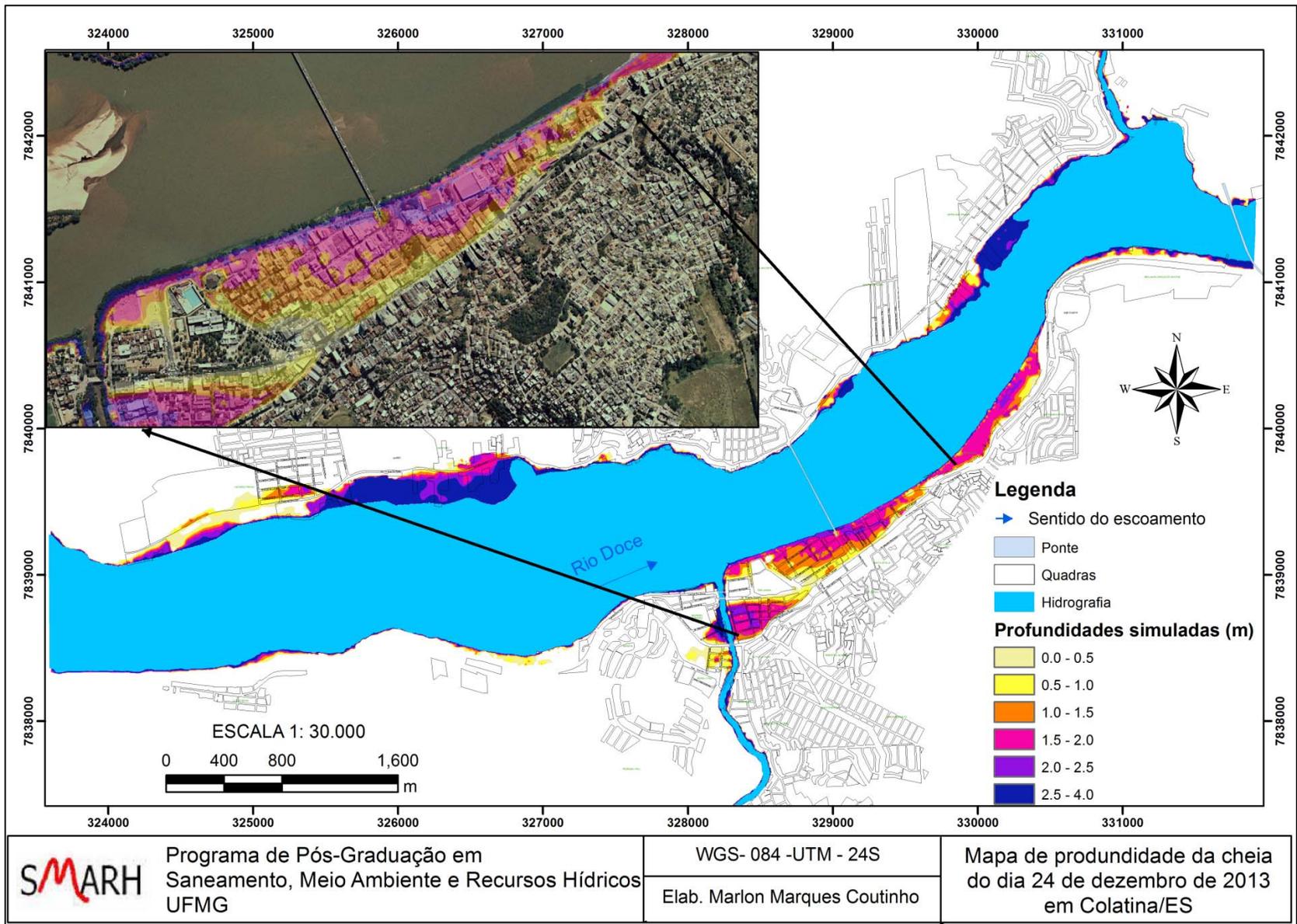
ANEXO III – MAPAS DAS PROFUNDIDADES DAS MANCHAS DE INUNDAÇÃO OBTIDAS DAS SIMULAÇÕES COM HEC-RAS 2D 5.0 BETA DOS EVENTOS ESTUDADOS











RN Padrão RN 2 6383 RN 1 3812 RN

VERIFICAÇÃO DO NIVELAMENTO DA ESCALA

SITUAÇÃO ENCONTRADA				SITUAÇÃO CORRIGIDA					
ESTACAS	RÉ	VANTE	PLANO DE REF.	COTAS	ESTACAS	RÉ	VANTE	PLANO DE REF.	COTAS
RN2	0602		6,985	6383					
RN1		3,130		3815					
6m 201		0,983		6002					
Bis	0298		6300						
NA		3,772		2528					
		NA	253						

CPRM
CONFERIDO
[Assinatura]

OBSERVAÇÕES: Fizemos levantamento da cota a som a jusante da ponte. Fizemos uma medição de descarga rolida.

Echenta máxima em Colatina 9,68 m
A mesma foi tirada através de medição da RN2 6383 até a marca da echenta na riga ponte

RN2	6383		
	3297		medição da mina
	<u>9680</u>		

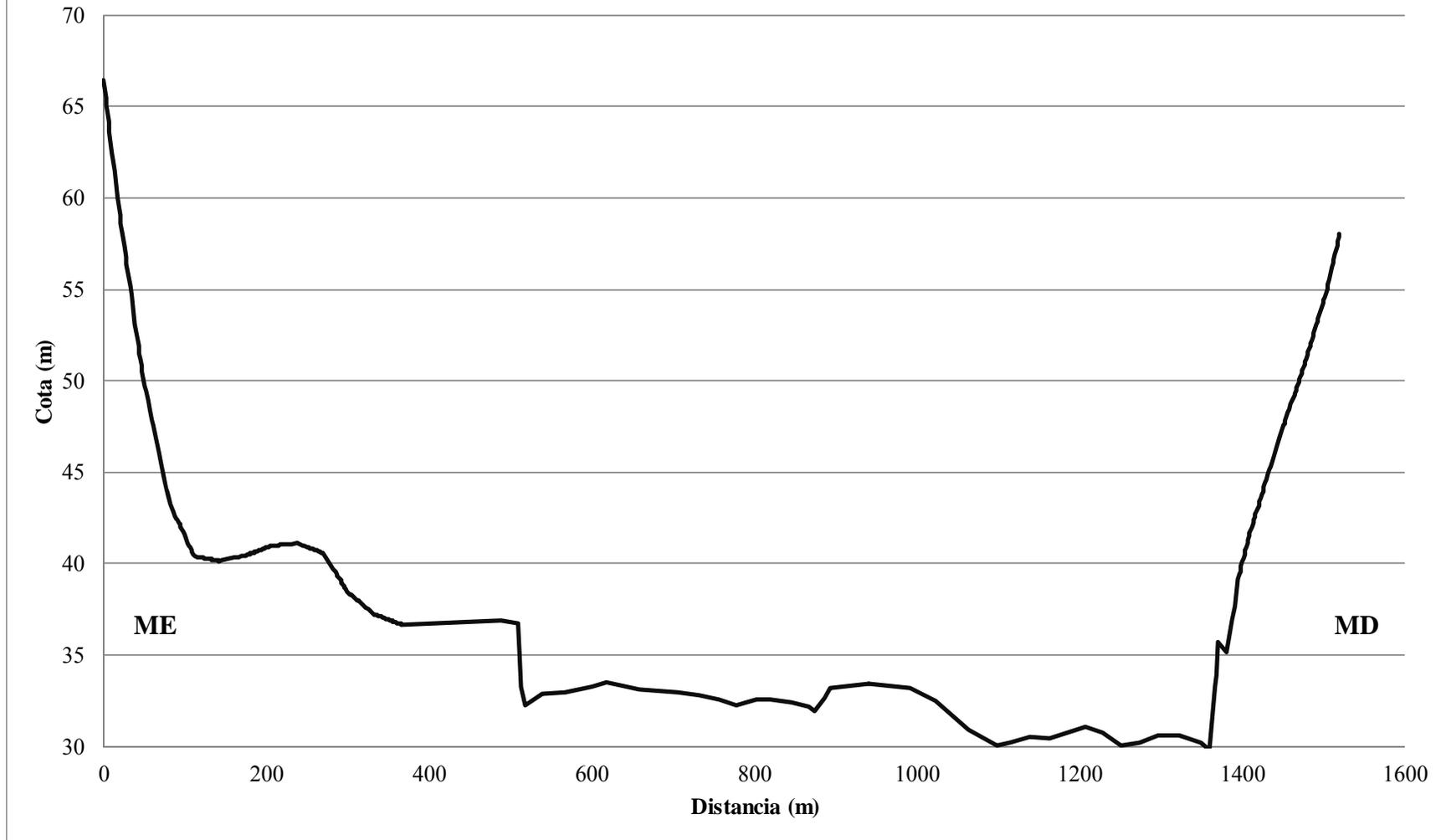
Colatina jusante . 17 de março . 80
RESPONSÁVEL PELA INSPEÇÃO

ANEXO V – SEÇÕES TRANSVERSAIS DO RIO DOCE EM COLATINA UTILIZADAS NO MODELO HIDRÁULICO

Rio Doce - Seção 1500													
Dist (m)	Cota	Dist (m)	Cota	Dist (m)	Cota	Dist (m)	Cota	Dist (m)	Cota	Dist (m)	Cota	Dist (m)	Cota
0,00	35,03	48,68	18,75	109,04	9,28	167,06	9,00	206,39	9,59	269,87	9,19	319,33	6,36
1,17	34,58	50,62	18,33	110,21	9,17	169,40	9,03	208,73	9,61	272,99	8,98	320,88	6,31
2,34	34,14	51,79	18,08	111,37	9,06	171,74	9,05	210,29	9,61	282,33	8,33	322,83	6,23
3,51	33,69	53,35	17,75	112,54	9,02	173,29	9,06	212,62	9,62	284,67	8,17	325,17	6,15
5,84	32,80	55,30	17,33	115,27	9,00	174,85	9,08	214,57	9,63	286,62	8,03	327,89	6,05
7,40	32,21	57,24	16,91	117,61	8,98	176,41	9,10	216,91	9,64	287,78	7,95	331,79	5,91
10,51	31,02	60,75	16,17	119,55	8,97	177,58	9,12	219,63	9,66	289,34	7,84	332,96	5,87
11,68	30,58	67,76	14,67	121,11	8,95	178,74	9,14	222,75	9,67	290,51	7,76	334,51	5,84
12,85	30,13	71,26	13,93	122,67	8,94	179,91	9,16	226,25	9,69	291,68	7,69	335,68	5,82
16,74	28,65	73,21	13,51	124,23	8,93	181,08	9,18	231,32	9,71	293,24	7,58	336,85	5,80
18,30	28,16	76,72	12,77	125,39	8,92	182,25	9,20	237,94	9,75	294,40	7,50	338,80	5,76
19,86	27,67	77,88	12,52	126,56	8,91	183,42	9,22	241,44	9,69	295,57	7,42	339,97	5,75
21,42	27,19	79,44	12,19	128,12	8,89	184,98	9,25	244,56	9,63	296,74	7,34	341,91	5,71
22,59	26,82	81,78	11,89	129,29	8,88	186,14	9,27	247,28	9,59	298,30	7,23	343,08	5,69
25,31	25,97	85,67	11,51	130,46	8,87	187,70	9,29	249,62	9,55	300,24	7,10	344,64	5,67
27,26	25,37	88,01	11,28	132,40	8,86	188,87	9,31	251,96	9,50	301,41	7,02	345,81	5,65
28,43	25,00	89,57	11,13	133,57	8,85	190,04	9,33	253,90	9,47	302,97	6,96	346,97	5,63
32,32	23,79	90,74	11,02	135,13	8,83	191,21	9,35	255,46	9,44	304,53	6,91	348,53	5,60
33,88	23,31	92,29	10,87	136,30	8,82	193,15	9,38	257,41	9,41	305,70	6,86	349,70	5,58
36,61	22,46	93,46	10,76	137,86	8,81	194,32	9,40	258,97	9,38	306,86	6,82	350,87	5,56
38,94	21,73	94,63	10,64	139,02	8,80	195,88	9,42	260,52	9,36	308,81	6,75	352,43	5,53
41,67	20,89	96,97	10,42	140,19	8,79	197,05	9,44	262,08	9,33	309,98	6,70	353,60	5,51
42,84	20,53	98,91	10,23	141,36	8,78	198,61	9,47	263,64	9,30	311,93	6,63	355,15	5,49
44,00	20,17	103,59	9,79	142,53	8,77	200,16	9,49	264,81	9,28	313,49	6,58	356,32	5,47
45,17	19,80	105,53	9,61	145,64	8,78	201,72	9,52	266,37	9,25	314,65	6,53	357,88	5,44
46,34	19,44	106,70	9,50	160,83	8,94	203,28	9,54	267,53	9,23	316,21	6,48	359,05	5,42
47,51	19,08	107,87	9,39	164,34	8,98	205,23	9,57	268,70	9,21	317,77	6,42	360,60	5,40

Rio Doce – Seção 1500 (continuação)											
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
361,77	5,38	990,86	1,84	1401,60	8,90	1436,19	14,14	1476,69	19,52	1516,70	26,01
362,94	5,36	1023,27	1,12	1402,96	9,14	1438,16	14,43	1477,80	19,69	1518,05	26,27
364,11	5,34	1063,39	-0,46	1404,06	9,33	1440,25	14,73	1478,91	19,85	1519,28	26,51
365,67	5,32	1098,15	-1,31	1405,17	9,53	1441,73	14,93	1480,01	20,02	1520,14	26,68
366,83	5,31	1115,12	-1,17	1406,28	9,72	1447,64	15,70	1481,25	20,20		
488,19	5,52	1139,60	-0,83	1407,39	9,92	1449,86	15,98	1482,35	20,37		
509,99	5,32	1162,91	-0,90	1408,62	10,14	1451,33	16,17	1483,46	20,53		
512,00	3,74	1207,13	-0,32	1409,73	10,31	1452,44	16,32	1484,57	20,70		
513,62	1,87	1227,55	-0,61	1410,83	10,47	1453,55	16,46	1485,68	20,86		
517,64	0,88	1251,37	-1,34	1411,94	10,63	1455,27	16,68	1487,03	21,06		
539,75	1,51	1273,91	-1,16	1413,42	10,84	1456,87	16,89	1488,14	21,22		
567,95	1,59	1297,15	-0,80	1414,53	11,00	1458,10	17,05	1489,49	21,42		
600,62	1,87	1322,72	-0,81	1415,63	11,16	1459,33	17,20	1491,09	21,66		
618,91	2,11	1349,41	-1,15	1416,74	11,32	1460,57	17,36	1492,20	21,82		
658,84	1,73	1360,06	-1,57	1417,85	11,48	1461,67	17,50	1493,56	22,02		
706,24	1,57	1366,00	1,93	1419,08	11,66	1463,03	17,68	1499,22	22,85		
731,92	1,46	1368,17	2,54	1420,31	11,84	1464,14	17,82	1500,70	23,07		
756,70	1,19	1371,03	4,36	1421,54	12,02	1465,24	17,96	1501,80	23,23		
777,24	0,89	1381,62	3,79	1422,90	12,21	1466,47	18,12	1503,40	23,46		
801,75	1,21	1387,72	5,62	1424,25	12,41	1467,58	18,26	1504,51	23,65		
819,53	1,23	1390,57	6,27	1425,61	12,60	1468,69	18,40	1505,62	23,86		
846,52	1,07	1394,09	7,82	1427,08	12,82	1469,80	18,54	1507,10	24,15		
866,51	0,82	1395,32	7,79	1428,56	13,03	1470,91	18,68	1510,54	24,82		
873,88	0,60	1396,55	8,01	1430,04	13,25	1472,14	18,84	1511,77	25,06		
886,24	1,28	1397,79	8,22	1431,76	13,50	1473,24	19,00	1512,88	25,27		
893,37	1,84	1399,14	8,46	1433,36	13,73	1474,35	19,17	1514,36	25,56		
940,58	2,09	1400,49	8,70	1434,47	13,89	1475,46	19,33	1515,59	25,80		

Seção transversal 1500 - Rio Doce em Colatina/ES

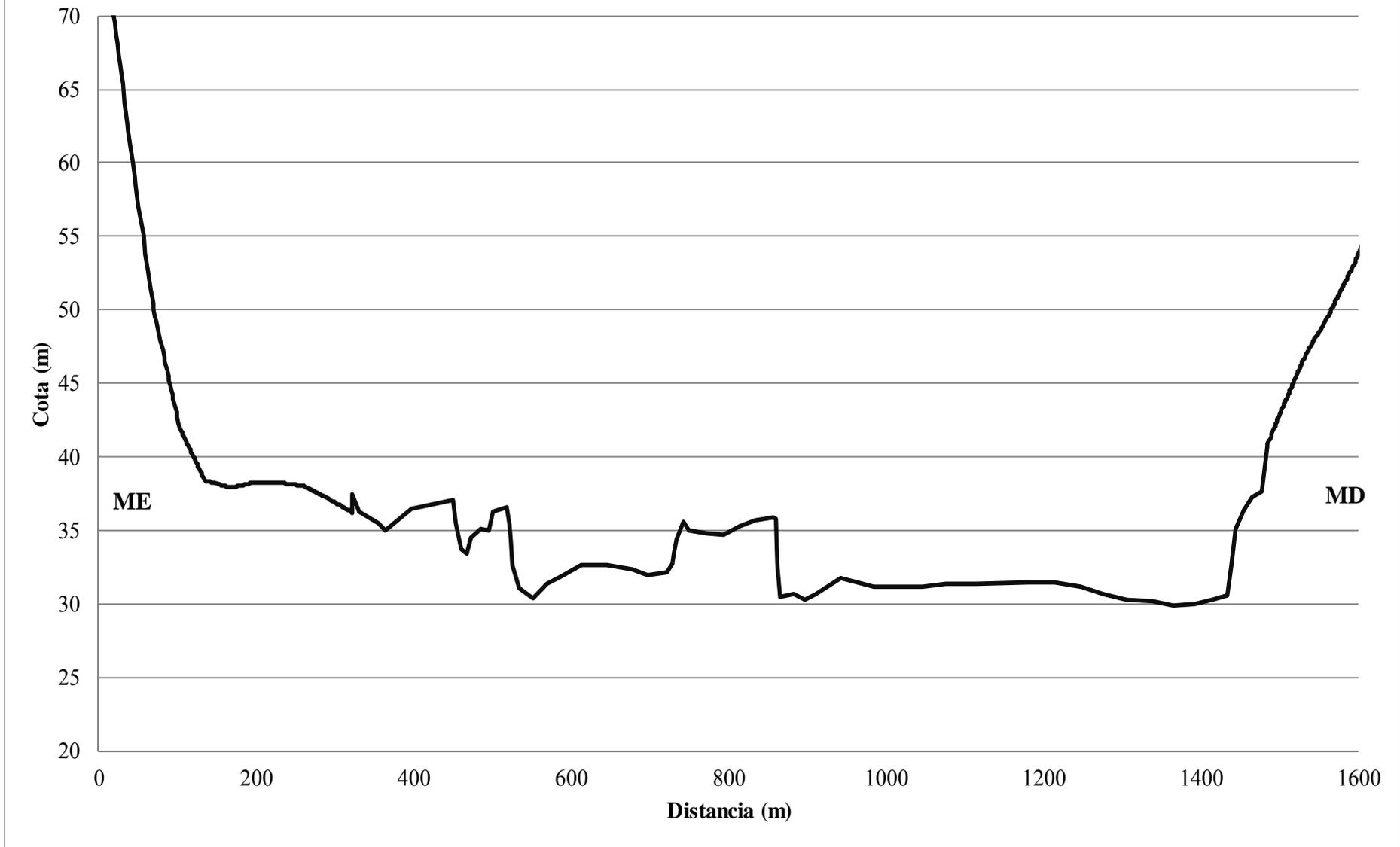


Rio Doce - Seção 1400													
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
0,00	57,13	39,99	39,55	95,09	22,30	130,67	17,28	183,25	16,46	224,19	16,62	261,03	16,37
1,26	56,59	41,25	39,06	96,35	22,00	131,93	17,14	185,14	16,49	225,45	16,62	262,28	16,35
2,52	56,05	43,14	38,37	97,61	21,70	133,19	17,01	187,35	16,51	227,33	16,62	265,75	16,26
3,78	55,50	44,71	37,80	98,87	21,40	135,08	16,80	189,24	16,54	229,22	16,62	267,95	16,19
5,04	54,96	47,23	36,88	100,13	21,09	136,34	16,75	191,12	16,56	230,48	16,61	269,84	16,14
6,30	54,42	51,32	35,38	102,02	20,64	137,91	16,73	193,01	16,58	231,74	16,61	271,73	16,09
7,56	53,88	56,68	33,43	103,28	20,34	139,17	16,71	195,22	16,61	233,00	16,60	273,30	16,04
8,82	53,34	60,14	32,16	104,54	20,15	141,37	16,68	197,11	16,63	234,26	16,59	275,19	15,99
10,07	52,78	63,29	31,01	105,79	20,01	142,95	16,65	198,37	16,65	235,84	16,58	276,77	15,95
11,96	51,94	65,18	30,32	107,05	19,87	144,84	16,62	199,63	16,65	237,10	16,57	278,03	15,91
13,22	51,39	66,75	29,75	108,31	19,73	147,67	16,58	200,89	16,65	238,67	16,55	279,60	15,87
14,48	50,83	68,01	29,28	110,20	19,53	153,34	16,49	202,14	16,64	239,93	16,54	280,86	15,83
15,74	50,27	69,27	28,82	111,46	19,39	156,49	16,44	203,40	16,64	241,19	16,53	282,12	15,80
17,00	49,71	70,53	28,36	112,72	19,25	158,38	16,41	204,66	16,64	242,45	16,53	283,69	15,75
18,58	49,02	71,79	27,90	113,98	19,12	159,64	16,39	205,92	16,64	243,71	16,52	284,95	15,72
19,84	48,46	73,05	27,57	115,24	18,98	160,90	16,37	207,18	16,64	244,97	16,51	286,21	15,69
21,10	47,90	78,72	26,22	116,50	18,84	162,16	16,35	208,44	16,64	246,23	16,50	288,42	15,62
22,98	47,07	81,23	25,62	117,76	18,70	163,42	16,32	209,70	16,63	247,49	16,49	289,68	15,59
24,24	46,51	83,12	25,17	119,02	18,57	164,99	16,30	210,96	16,63	248,74	16,48	291,57	15,54
26,45	45,54	84,38	24,87	120,28	18,43	166,25	16,28	212,54	16,63	250,00	16,47	292,83	15,50
27,71	44,98	85,64	24,57	121,54	18,29	167,51	16,27	213,80	16,63	251,26	16,45	294,08	15,47
29,28	44,28	86,90	24,26	122,80	18,15	170,66	16,31	215,05	16,63	252,52	16,44	297,23	15,37
30,54	43,73	88,48	23,89	124,06	18,01	172,86	16,34	216,31	16,63	253,78	16,43	299,44	15,30
33,38	42,47	89,74	23,59	125,32	17,87	174,75	16,36	217,89	16,62	255,04	16,42	301,33	15,24
34,95	41,78	91,00	23,29	126,58	17,74	176,95	16,39	219,15	16,62	256,62	16,41	303,53	15,17
36,52	41,08	92,57	22,91	128,15	17,56	179,16	16,41	220,41	16,62	257,88	16,40	305,73	15,10
38,41	40,25	93,83	22,61	129,41	17,42	181,05	16,44	222,61	16,62	259,77	16,38	307,94	15,03

Rio Doce – Seção 1400 (continuação)													
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
309,83	14,97	586,60	10,27	1113,87	9,69	1497,36	20,91	1525,47	24,43	1560,33	27,81	1589,32	30,93
312,03	14,90	613,74	11,00	1180,42	9,86	1498,53	21,07	1526,50	24,56	1561,50	27,91	1590,49	31,05
314,24	14,83	646,94	10,98	1215,15	9,81	1499,55	21,20	1527,67	24,70	1562,52	28,01	1591,52	31,16
316,44	14,77	677,32	10,69	1247,99	9,56	1500,58	21,33	1528,69	24,83	1563,55	28,13	1592,54	31,26
318,33	14,71	697,68	10,35	1275,13	9,05	1501,60	21,46	1529,87	24,97	1564,57	28,24	1593,57	31,37
320,53	14,64	721,89	10,52	1306,28	8,67	1502,63	21,58	1530,89	25,09	1565,60	28,36	1594,59	31,49
322,42	14,58	728,31	11,10	1338,40	8,56	1503,65	21,71	1532,06	25,20	1566,62	28,48	1595,77	31,65
322,42	15,83	731,05	11,79	1364,96	8,24	1504,68	21,84	1533,23	25,32	1567,65	28,59	1596,79	31,78
331,59	14,69	733,99	12,78	1390,47	8,35	1505,70	21,97	1536,46	25,62	1568,67	28,71	1597,82	31,92
355,59	13,88	742,65	13,93	1414,32	8,65	1506,73	22,10	1537,48	25,72	1569,70	28,82	1598,84	32,06
364,93	13,40	749,23	13,41	1433,28	8,93	1507,75	22,23	1538,51	25,82	1570,72	28,94	1599,87	32,20
397,94	14,80	772,29	13,16	1438,05	11,04	1508,78	22,35	1539,53	25,91	1571,75	29,05	1600,89	32,33
450,22	15,40	793,81	13,06	1443,54	13,45	1509,80	22,48	1540,56	26,01	1572,77	29,17	1601,92	32,47
452,79	13,88	815,06	13,64	1454,09	14,77	1510,83	22,61	1541,58	26,11	1573,80	29,28	1602,94	32,60
460,13	12,11	833,64	14,01	1465,83	15,59	1511,85	22,74	1542,61	26,20	1574,97	29,41	1603,97	32,74
467,38	11,80	856,02	14,25	1476,76	16,02	1512,88	22,87	1543,63	26,30	1577,02	29,63	1605,14	32,89
472,84	12,85	859,54	14,11	1483,88	19,08	1513,90	22,99	1544,66	26,39	1578,05	29,74	1606,16	33,02
486,02	13,47	862,80	11,03	1484,91	19,22	1514,93	23,12	1545,68	26,49	1579,07	29,85	1607,33	33,18
496,14	13,33	865,83	8,83	1486,67	19,46	1516,10	23,27	1546,71	26,58	1580,10	29,96	1608,51	33,33
500,64	14,68	882,59	9,05	1487,69	19,59	1517,13	23,39	1547,73	26,68	1581,12	30,07	1609,68	33,48
519,22	14,90	896,81	8,69	1489,01	19,77	1518,15	23,52	1548,76	26,77	1582,15	30,18	1610,70	33,61
522,48	13,78	911,90	9,09	1490,18	19,93	1519,18	23,65	1549,78	26,86	1583,17	30,29	1611,87	33,76
524,45	12,57	943,15	10,15	1491,50	20,11	1520,20	23,78	1550,81	26,96	1584,20	30,40	1612,90	33,89
525,94	10,98	984,95	9,58	1492,96	20,31	1521,23	23,90	1551,83	27,05	1585,22	30,51	1613,92	34,02
533,67	9,47	1016,81	9,53	1493,99	20,45	1522,25	24,03	1552,86	27,14	1586,25	30,61	1614,95	34,15
551,13	8,74	1045,75	9,56	1495,16	20,61	1523,28	24,16	1553,88	27,24	1587,27	30,72	1615,97	34,28
569,81	9,76	1076,39	9,78	1496,33	20,77	1524,30	24,29	1555,79	27,41	1588,30	30,83	1617,00	34,41

Rio Doce – Seção 1400	
Dist (m)	Cota (m)
1618,02	34,54
1619,05	34,67
1620,07	34,80
1621,10	34,92
1622,27	35,07
1625,05	35,41
1626,08	35,56
1627,25	35,79
1628,28	35,99
1629,45	36,23
1630,47	36,43
1633,84	37,10

Seção transversal 1400 - Rio Doce em Colatina/ES

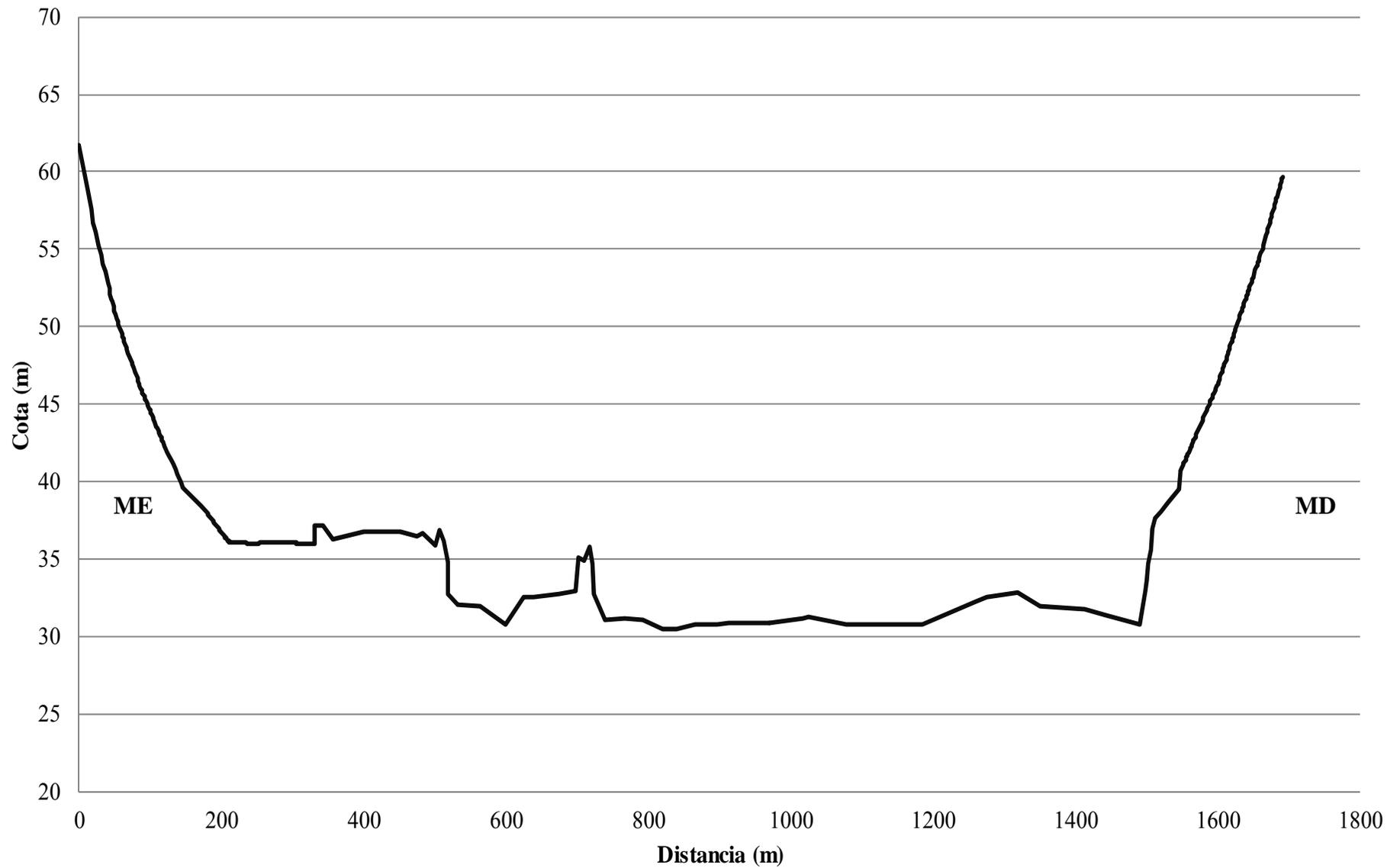


Rio Doce - Seção 1300

Dist (m)	Cota (m)												
0,00	38,69	63,71	26,01	100,91	21,42	147,80	16,53	217,66	13,09	260,03	13,03	296,90	13,03
11,00	35,97	65,01	25,84	102,20	21,28	171,09	15,38	218,95	13,08	261,32	13,03	298,19	13,03
16,49	34,61	66,30	25,67	103,49	21,13	178,53	15,01	220,89	13,08	263,26	13,04	299,48	13,02
20,05	33,73	67,59	25,50	104,79	20,98	180,14	14,91	222,19	13,07	264,56	13,04	300,78	13,02
21,35	33,44	69,21	25,28	106,08	20,84	181,44	14,83	224,13	13,06	265,85	13,04	302,07	13,02
23,29	33,07	70,83	25,07	107,37	20,69	183,70	14,70	225,42	13,06	267,79	13,05	303,36	13,02
27,81	32,20	72,12	24,90	108,67	20,54	184,99	14,62	227,04	13,05	269,08	13,05	304,66	13,02
31,05	31,59	73,74	24,69	109,96	20,40	186,94	14,51	228,33	13,05	271,02	13,06	305,95	13,02
33,96	31,03	75,03	24,52	111,26	20,25	188,23	14,43	229,63	13,04	272,32	13,06	307,57	13,01
36,22	30,60	76,33	24,35	112,55	20,11	189,52	14,35	231,57	13,03	273,61	13,06	308,86	13,01
38,49	30,16	78,27	24,09	113,84	19,96	191,46	14,24	232,86	13,03	274,90	13,06	310,48	13,01
40,43	29,79	79,88	23,88	115,14	19,81	192,76	14,16	234,80	13,02	276,20	13,06	311,77	13,01
42,04	29,48	81,50	23,66	116,43	19,68	194,05	14,08	236,09	13,01	277,49	13,05	313,39	13,01
43,99	29,11	82,79	23,49	118,05	19,51	196,31	13,95	238,03	13,01	278,79	13,05	314,68	13,01
45,60	28,80	84,09	23,32	120,31	19,28	197,61	13,87	239,33	13,00	280,08	13,05	316,30	13,01
46,90	28,56	85,38	23,18	122,25	19,09	199,55	13,76	241,27	12,99	281,37	13,05	317,60	13,00
48,51	28,25	86,68	23,03	124,52	18,86	200,84	13,68	242,56	12,99	282,67	13,05	319,21	13,00
49,81	28,00	87,97	22,88	126,78	18,63	202,14	13,60	244,50	13,00	283,96	13,05	320,51	13,00
51,10	27,75	89,26	22,74	129,04	18,40	204,08	13,49	245,80	13,00	285,25	13,04	322,12	13,00
52,39	27,51	90,56	22,59	130,98	18,20	205,37	13,41	247,74	13,00	286,55	13,04	323,42	13,00
54,01	27,29	91,85	22,45	133,25	17,97	206,66	13,33	249,03	13,01	287,84	13,04	325,03	13,00
55,63	27,08	93,14	22,30	135,51	17,74	208,93	13,20	250,97	13,01	289,13	13,04	326,33	12,99
56,92	26,91	94,44	22,15	137,78	17,51	210,22	13,12	252,27	13,01	290,43	13,04	327,94	12,99
58,54	26,69	95,73	22,01	139,72	17,31	211,51	13,11	253,56	13,02	291,72	13,04	329,24	12,99
59,83	26,52	97,03	21,86	141,98	17,08	213,46	13,11	255,50	13,02	293,02	13,03	330,86	12,99
61,13	26,35	98,32	21,71	144,24	16,85	214,75	13,10	256,79	13,02	294,31	13,03	331,18	15,87
62,42	26,18	99,61	21,57	146,51	16,62	216,37	13,09	258,09	13,03	295,60	13,03	343,52	14,16

Rio Doce – Seção 1300 (continuação)													
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
356,44	13,24	840,15	7,47	1546,78	17,55	1592,16	22,41	1624,24	26,69	1655,06	30,96	1690,11	36,54
399,32	13,71	865,61	7,72	1547,91	17,67	1593,43	22,55	1625,37	26,85	1656,19	31,11	1690,96	36,68
452,17	13,75	897,54	7,74	1549,04	17,79	1594,98	22,71	1626,51	27,01	1657,32	31,27		
474,03	13,42	913,01	7,82	1550,17	17,91	1596,26	22,85	1627,64	27,17	1658,59	31,44		
483,66	13,64	941,00	7,90	1551,31	18,03	1597,53	22,98	1628,77	27,33	1659,72	31,59		
499,69	12,91	969,99	7,85	1552,44	18,16	1599,08	23,15	1629,90	27,50	1660,85	31,74		
507,34	13,81	1016,12	8,18	1553,57	18,28	1600,21	23,27	1631,17	27,68	1663,12	32,05		
512,91	13,18	1024,51	8,27	1554,70	18,40	1601,34	23,43	1632,44	27,86	1664,25	32,23		
517,46	11,82	1078,12	7,76	1555,83	18,52	1602,48	23,59	1633,57	28,01	1668,35	32,92		
519,09	9,71	1184,82	7,73	1556,96	18,65	1603,61	23,75	1634,70	28,17	1669,62	33,14		
531,96	9,01	1259,00	9,20	1558,09	18,77	1604,88	23,93	1635,84	28,33	1670,75	33,33		
564,28	8,92	1275,34	9,49	1559,22	18,89	1606,01	24,09	1636,97	28,48	1671,88	33,52		
599,85	7,77	1318,77	9,81	1560,35	19,01	1607,14	24,25	1638,10	28,64	1673,01	33,71		
624,02	9,53	1350,58	8,92	1561,48	19,14	1608,27	24,41	1639,23	28,79	1674,14	33,90		
639,09	9,49	1413,15	8,73	1562,61	19,26	1609,40	24,57	1640,36	28,95	1675,27	34,09		
673,19	9,70	1442,63	8,30	1563,74	19,38	1610,53	24,74	1641,49	29,11	1676,40	34,28		
697,54	9,90	1482,05	7,85	1564,88	19,50	1611,66	24,90	1642,62	29,26	1677,53	34,47		
701,52	12,12	1490,50	7,72	1566,01	19,63	1612,79	25,06	1643,75	29,42	1678,67	34,65		
709,13	11,91	1498,54	9,88	1567,14	19,75	1613,92	25,22	1644,88	29,57	1679,80	34,84		
718,04	12,77	1500,68	10,56	1568,27	19,87	1615,06	25,38	1646,01	29,73	1680,93	35,03		
721,55	11,70	1501,84	11,72	1569,96	20,05	1616,19	25,54	1647,14	29,88	1682,06	35,22		
723,69	9,68	1506,59	12,58	1578,30	20,94	1617,46	25,72	1648,27	30,04	1683,19	35,40		
740,06	8,06	1507,09	13,92	1579,58	21,07	1618,59	25,88	1649,40	30,19	1684,32	35,59		
765,76	8,15	1512,98	14,62	1584,66	21,61	1619,72	26,05	1650,54	30,34	1685,45	35,78		
793,13	8,08	1519,21	15,00	1585,94	21,75	1620,85	26,21	1651,67	30,50	1686,58	35,96		
819,43	7,48	1529,85	15,58	1588,76	22,05	1621,98	26,37	1652,80	30,65	1687,71	36,15		
831,01	7,43	1545,90	16,54	1589,89	22,17	1623,11	26,53	1653,93	30,81	1688,84	36,34		

Seção transversal 1300 - Rio Doce em Colatina/ES

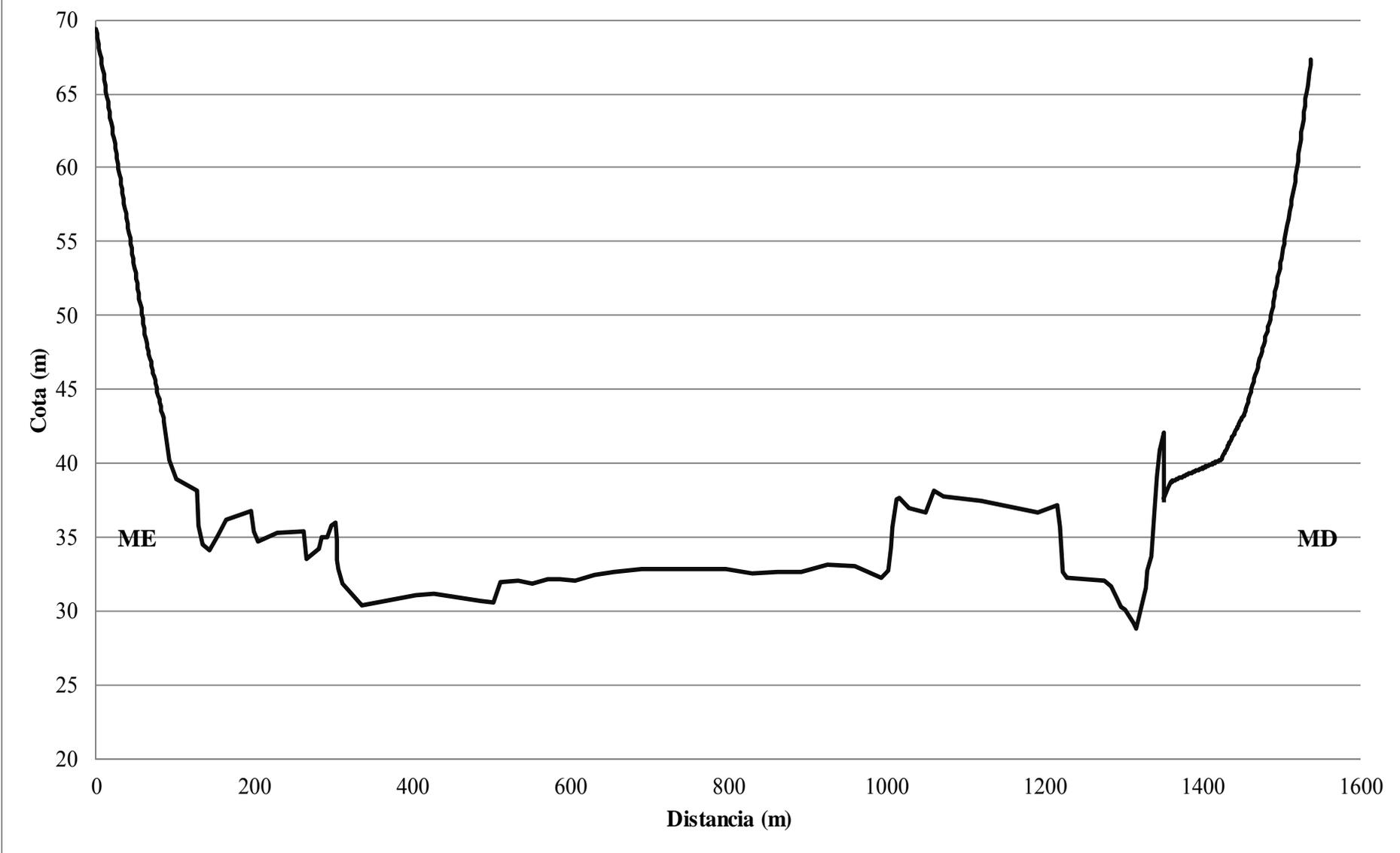


Rio Doce - Seção 1200

Dist (m)	Cota (m)												
0,00	38,12	28,49	28,71	55,80	19,61	83,87	12,12	404,35	-0,09	1059,77	6,96	1362,21	7,60
1,01	37,86	29,50	28,38	56,81	19,27	84,88	11,88	427,86	-0,05	1072,21	6,52	1363,30	7,63
2,02	37,53	30,51	28,04	57,82	18,93	85,89	11,64	487,75	-0,52	1120,09	6,23	1364,94	7,67
3,03	37,19	31,51	27,70	58,83	18,60	91,96	8,99	502,60	-0,67	1192,32	5,43	1366,04	7,69
4,03	36,86	32,52	27,36	59,84	18,26	100,53	7,76	512,29	0,76	1215,22	5,99	1367,13	7,72
5,04	36,52	33,53	27,03	60,84	17,92	126,86	6,91	534,12	0,87	1218,90	4,52	1369,13	7,76
6,14	36,16	34,54	26,70	61,85	17,59	129,03	4,61	551,84	0,69	1223,28	1,48	1370,23	7,79
7,14	35,83	35,55	26,37	62,95	17,22	133,83	3,29	571,08	0,95	1228,20	1,05	1371,32	7,81
8,32	35,44	36,56	26,03	63,95	16,89	142,65	2,92	587,57	0,98	1276,16	0,88	1372,60	7,84
9,33	35,10	37,57	25,70	64,96	16,64	154,18	3,86	606,25	0,88	1283,81	0,42	1373,69	7,87
10,59	34,68	38,57	25,37	65,97	16,39	164,36	4,94	629,86	1,22	1291,44	-0,30	1374,97	7,90
11,68	34,32	39,58	25,04	67,06	16,13	196,44	5,60	655,58	1,41	1296,50	-0,94	1376,43	7,93
12,77	33,96	40,59	24,70	68,07	15,89	199,01	4,19	689,71	1,60	1301,38	-1,11	1377,70	7,96
13,87	33,59	41,68	24,34	69,08	15,65	204,78	3,53	796,64	1,67	1312,09	-1,98	1379,16	7,99
14,88	33,26	42,69	24,00	70,26	15,37	229,31	4,08	830,53	1,33	1316,17	-2,44	1380,80	8,03
15,97	32,89	43,70	23,66	71,27	15,13	262,25	4,14	861,87	1,41	1327,43	0,36	1382,44	8,06
17,06	32,53	44,71	23,32	72,27	14,89	266,67	2,34	891,23	1,40	1329,54	1,54	1384,09	8,10
18,07	32,19	45,72	22,98	73,28	14,65	282,37	3,00	925,92	1,90	1334,83	2,56	1386,09	8,15
19,16	31,83	46,73	22,65	74,29	14,41	285,25	3,77	960,99	1,87	1338,39	5,23	1388,10	8,19
20,25	31,47	47,73	22,31	75,30	14,17	292,57	3,79	993,53	1,07	1342,04	7,91	1390,47	8,24
21,26	31,13	48,74	21,97	76,31	13,93	298,07	4,58	1002,23	1,54	1345,36	9,73	1391,74	8,27
22,27	30,79	49,75	21,63	77,65	13,61	302,77	4,73	1005,23	3,11	1350,35	10,83	1392,84	8,30
23,45	30,40	50,76	21,30	78,66	13,37	303,84	3,60	1007,90	4,44	1350,35	6,32	1393,93	8,33
24,46	30,06	51,77	20,96	79,67	13,13	305,32	2,19	1012,07	6,33	1351,63	6,48	1395,03	8,35
25,46	29,73	52,78	20,62	80,68	12,88	306,51	1,59	1016,40	6,49	1356,74	7,16	1396,12	8,38
26,47	29,39	53,78	20,28	81,85	12,60	312,29	0,69	1029,07	5,71	1359,65	7,54	1397,21	8,40
27,48	29,05	54,79	19,95	82,86	12,36	336,89	-0,83	1049,52	5,50	1360,75	7,57	1398,31	8,43

Rio Doce – Seção 1200 (continuação)									
Dist (m)	Cota	Dist (m)	Cota	Dist (m)	Cota	Dist (m)	Cota	Dist (m)	Cota
1399,40	8,45	1430,95	9,85	1460,85	13,60	1493,12	20,70	1522,84	30,17
1400,50	8,48	1432,04	9,96	1461,94	13,82	1494,21	21,03	1524,12	30,70
1401,77	8,51	1433,13	10,08	1463,22	14,07	1495,31	21,36	1525,21	31,15
1402,87	8,53	1434,23	10,19	1464,31	14,29	1496,40	21,68	1526,30	31,61
1403,96	8,56	1435,32	10,31	1465,41	14,50	1497,50	22,01	1527,40	32,06
1405,05	8,59	1436,60	10,44	1466,86	14,79	1498,59	22,33	1528,49	32,52
1406,15	8,61	1437,69	10,56	1467,96	15,01	1499,68	22,66	1529,59	32,97
1407,24	8,64	1438,79	10,68	1469,42	15,30	1500,78	22,99	1530,68	33,43
1408,34	8,66	1439,88	10,79	1470,51	15,52	1501,87	23,31	1531,77	33,88
1409,43	8,69	1440,97	10,91	1472,15	15,84	1502,97	23,64	1532,87	34,34
1410,71	8,72	1442,07	11,02	1473,25	16,06	1504,06	23,96	1533,96	34,79
1411,80	8,74	1443,16	11,14	1474,70	16,35	1505,15	24,29	1535,06	35,25
1413,08	8,77	1444,26	11,25	1475,80	16,57	1506,25	24,62	1536,15	35,70
1414,17	8,80	1445,35	11,37	1476,89	16,79	1507,34	24,94	1537,06	36,08
1415,63	8,83	1446,44	11,49	1478,17	17,04	1508,44	25,27		
1416,72	8,86	1447,54	11,60	1479,63	17,33	1509,53	25,59		
1418,00	8,89	1448,63	11,72	1480,72	17,55	1510,62	25,92		
1419,09	8,91	1449,72	11,83	1481,81	17,76	1511,72	26,25		
1420,73	8,95	1450,82	11,95	1483,27	18,05	1512,81	26,57		
1421,83	8,97	1451,91	12,06	1484,37	18,27	1513,91	26,90		
1422,92	9,00	1453,01	12,18	1485,46	18,49	1515,00	27,22		
1424,02	9,12	1454,10	12,30	1486,56	18,75	1516,09	27,55		
1425,11	9,23	1455,19	12,48	1487,65	19,07	1517,19	27,88		
1426,39	9,37	1456,29	12,69	1488,74	19,40	1518,28	28,27		
1427,48	9,48	1457,38	12,91	1489,84	19,73	1519,38	28,73		
1428,76	9,62	1458,48	13,13	1490,93	20,05	1520,65	29,26		
1429,85	9,73	1459,75	13,38	1492,03	20,38	1521,75	29,71		

Seção transversal 1200 - Rio Doce em Colatina/ES

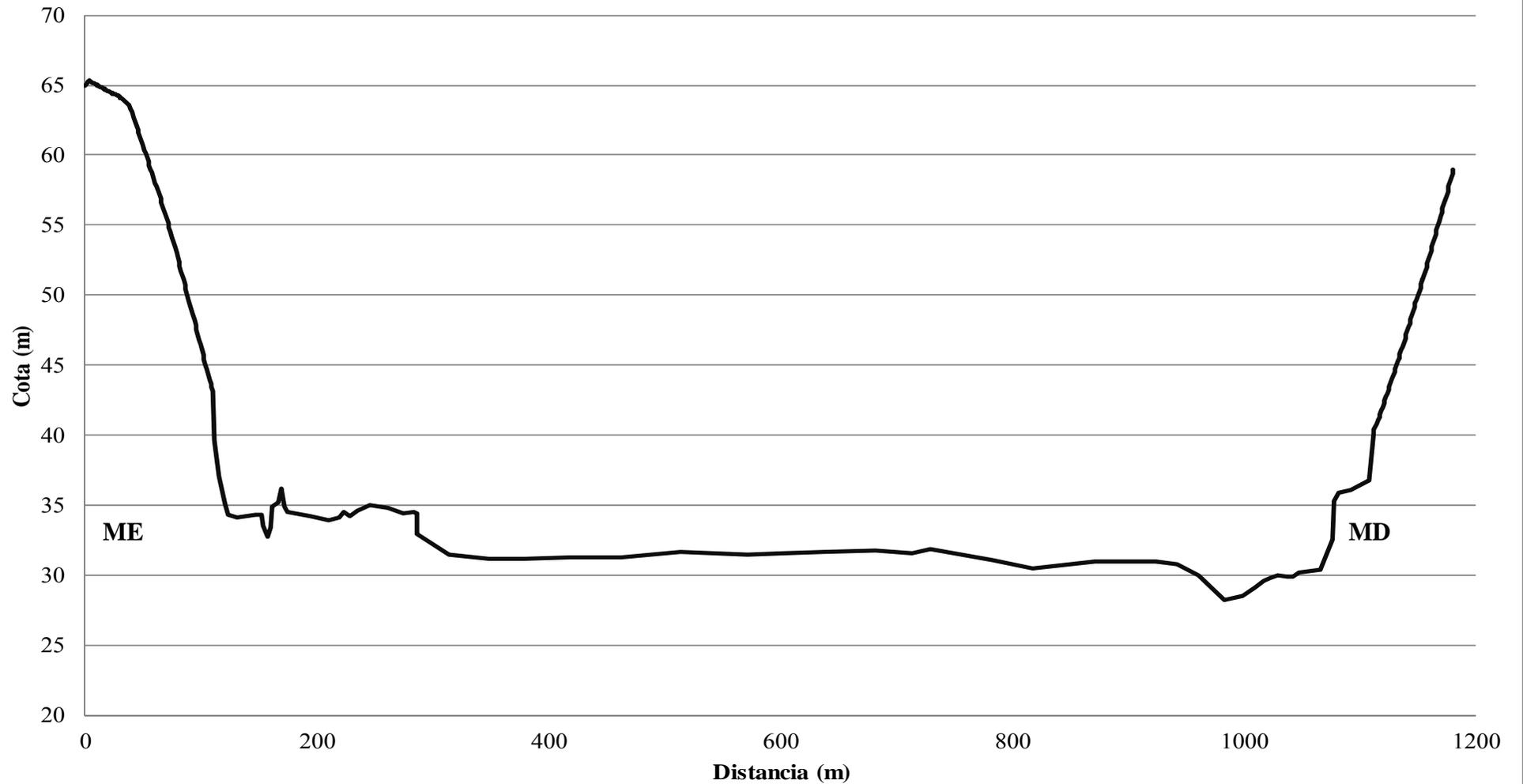


Rio Doce – Seção 1100

Dist (m)	Cota (m)												
0,00	43,83	29,38	43,04	60,50	36,89	90,76	28,14	157,12	11,61	637,16	10,48	1113,46	19,46
1,09	43,95	30,47	42,97	61,59	36,60	91,84	27,80	159,97	12,28	682,30	10,63	1114,47	19,69
2,18	44,06	31,56	42,90	62,68	36,32	93,04	27,42	162,09	13,75	713,65	10,45	1115,48	19,92
3,26	44,17	32,65	42,83	63,77	36,04	94,13	27,08	166,19	14,08	729,00	10,67	1116,49	20,15
4,35	44,12	33,73	42,75	64,86	35,75	95,22	26,73	168,87	15,00	782,75	9,96	1117,51	20,38
5,44	44,08	34,82	42,68	65,95	35,46	96,31	26,39	172,30	13,81	817,75	9,38	1118,52	20,62
6,53	44,03	35,91	42,60	67,03	35,18	97,39	26,04	174,53	13,33	870,67	9,83	1119,53	20,85
7,62	43,98	37,00	42,52	68,12	34,89	98,59	25,66	194,76	13,12	923,88	9,82	1120,54	21,09
8,71	43,93	38,09	42,42	69,32	34,57	99,68	25,31	210,40	12,76	942,76	9,66	1121,56	21,34
9,79	43,89	39,18	42,17	70,41	34,27	100,77	24,96	219,24	12,94	960,21	8,87	1122,57	21,59
10,88	43,84	40,26	41,91	71,50	33,98	101,86	24,61	223,65	13,36	982,94	7,12	1123,58	21,84
11,97	43,79	41,90	41,52	72,58	33,69	102,95	24,25	228,85	13,06	998,40	7,40	1124,59	22,09
13,06	43,75	43,09	41,23	73,67	33,36	104,03	23,90	234,60	13,50	1009,91	7,95	1125,60	22,34
14,15	43,70	44,18	40,97	74,76	33,04	105,12	23,54	244,97	13,82	1017,62	8,44	1126,62	22,59
15,23	43,65	45,27	40,71	75,85	32,71	106,21	23,17	261,96	13,66	1021,88	8,62	1127,63	22,85
16,32	43,60	46,36	40,44	76,94	32,39	107,30	22,80	274,60	13,30	1028,98	8,90	1128,64	23,11
17,41	43,56	47,45	40,18	78,13	32,02	108,39	22,52	283,88	13,34	1037,44	8,77	1129,65	23,36
18,50	43,51	48,53	39,91	79,55	31,60	109,47	22,26	285,99	13,27	1042,63	8,80	1130,67	23,62
19,59	43,46	49,95	39,56	80,64	31,27	110,56	22,01	286,50	11,78	1047,13	9,02	1131,68	23,88
20,68	43,42	51,25	39,23	81,72	30,93	111,43	18,44	313,85	10,30	1065,48	9,22	1132,69	24,14
21,76	43,37	52,34	38,96	82,81	30,60	115,09	15,95	348,51	10,07	1076,44	11,44	1133,70	24,41
22,85	43,32	53,43	38,69	83,90	30,27	120,69	13,92	380,16	10,05	1078,27	14,14	1134,71	24,67
23,94	43,28	54,52	38,42	84,99	29,93	123,16	13,21	417,99	10,16	1081,27	14,77	1135,73	24,94
25,03	43,23	55,61	38,14	86,08	29,60	130,77	12,97	462,44	10,16	1091,64	14,93	1136,74	25,20
26,12	43,18	56,70	37,86	87,17	29,26	146,33	13,15	513,94	10,50	1107,67	15,58	1137,75	25,47
27,20	43,13	57,78	37,59	88,25	28,92	152,76	13,14	571,27	10,31	1111,43	19,01	1138,83	25,76
28,29	43,09	59,31	37,20	89,56	28,51	154,21	12,37	602,82	10,47	1112,45	19,23	1139,91	26,05

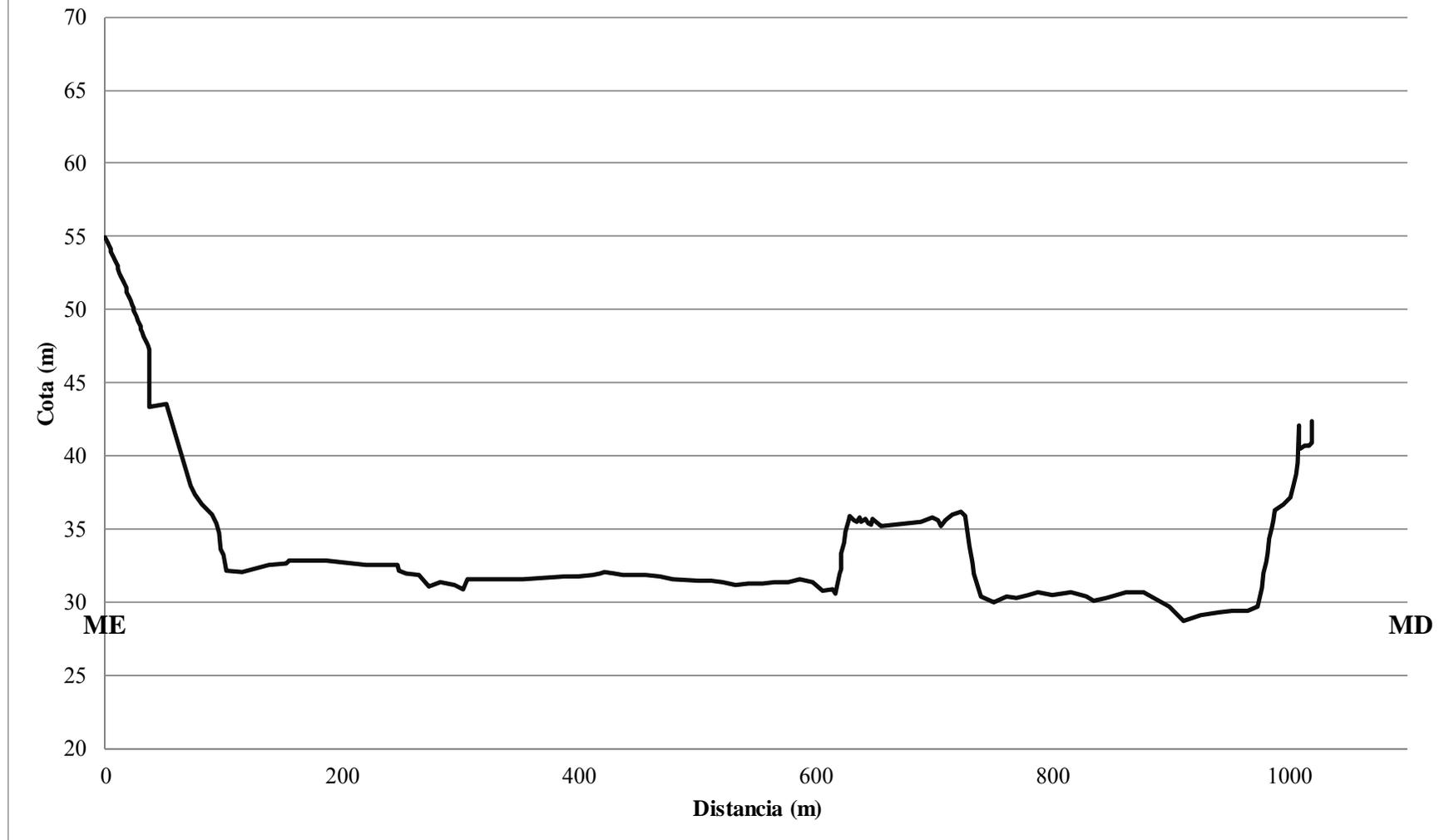
Rio Doce – Seção 1100			
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
1140,92	26,32	1168,39	34,10
1141,94	26,60	1169,60	34,46
1142,95	26,87	1170,61	34,77
1143,96	27,15	1171,63	35,07
1144,97	27,42	1172,64	35,38
1145,98	27,70	1173,65	35,68
1147,00	27,98	1174,66	35,99
1148,01	28,26	1175,68	36,29
1149,02	28,54	1176,69	36,60
1150,03	28,82	1177,70	36,91
1151,05	29,10	1178,71	37,22
1152,06	29,39	1179,72	37,54
1153,20	29,71	1180,53	37,79
1154,22	30,00		
1155,23	30,28		
1156,24	30,57		
1157,25	30,86		
1158,27	31,15		
1159,28	31,44		
1160,29	31,73		
1161,30	32,02		
1162,31	32,32		
1163,33	32,61		
1164,34	32,91		
1165,35	33,21		
1166,36	33,50		
1167,38	33,80		

Seção transversal 1100 - Rio Doce em Colatina/ES



Rio Doce – Seção 1000											
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
0,00	24,04	27,46	18,40	246,28	1,62	554,87	0,37	706,25	4,35	973,38	-1,19
1,02	23,88	28,48	18,18	247,97	1,25	565,06	0,47	708,97	4,73	977,04	0,14
2,03	23,69	29,49	17,97	253,84	1,05	576,39	0,45	715,52	5,13	978,76	1,05
3,05	23,49	30,51	17,75	264,94	0,94	587,03	0,65	722,59	5,26	981,06	1,83
4,07	23,29	31,53	17,54	272,92	0,23	597,57	0,47	726,91	5,03	982,32	2,49
5,09	23,09	32,54	17,32	283,50	0,47	606,01	-0,10	729,80	2,93	983,57	3,48
6,10	22,89	33,56	17,10	294,73	0,32	613,90	0,00	731,95	1,84	984,90	4,17
7,12	22,68	34,58	16,88	302,61	0,00	616,40	-0,31	733,21	1,05	986,66	4,71
8,14	22,48	35,59	16,66	306,43	0,67	620,48	1,05	739,26	-0,52	987,74	5,43
9,15	22,27	36,61	16,44	317,23	0,68	621,56	1,36	750,19	-0,88	995,41	5,75
10,17	22,07	37,19	12,49	340,27	0,64	621,82	2,47	761,75	-0,50	1000,94	6,26
11,19	21,86	51,23	12,70	352,54	0,73	624,15	3,17	769,31	-0,60	1004,05	7,06
12,20	21,65	71,89	7,09	387,26	0,89	625,61	3,96	779,34	-0,44	1006,10	7,87
13,22	21,44	75,30	6,48	399,87	0,85	627,80	4,66	787,80	-0,20	1007,45	8,65
14,24	21,22	82,00	5,75	411,89	1,01	629,00	4,97	799,88	-0,40	1007,81	11,19
15,26	21,01	90,07	5,13	417,43	1,05	632,87	4,67	816,00	-0,16	1007,97	9,68
16,27	20,80	94,23	4,49	421,97	1,16	635,38	4,66	828,28	-0,49	1010,09	9,65
17,29	20,58	96,30	3,79	429,47	1,05	637,08	4,86	835,38	-0,83	1013,74	9,86
18,31	20,36	97,80	2,71	437,65	0,96	638,90	4,59	846,22	-0,60	1017,14	9,84
19,32	20,14	100,09	2,33	456,76	1,00	642,07	4,80	862,27	-0,16	1018,97	10,00
20,34	19,92	101,70	1,25	468,19	0,89	643,95	4,55	877,24	-0,20	1019,11	11,50
21,36	19,70	115,02	1,21	479,54	0,67	646,35	4,40	898,16	-1,19		
22,37	19,48	138,39	1,63	501,18	0,57	648,67	4,82	911,15	-2,17		
23,39	19,26	152,22	1,72	511,69	0,58	655,25	4,36	925,66	-1,77		
24,41	19,03	155,50	1,96	521,66	0,49	689,36	4,60	941,48	-1,59		
25,42	18,82	186,92	2,00	532,10	0,33	698,27	4,95	952,16	-1,43		
26,44	18,61	219,75	1,70	542,83	0,40	703,39	4,72	965,14	-1,43		

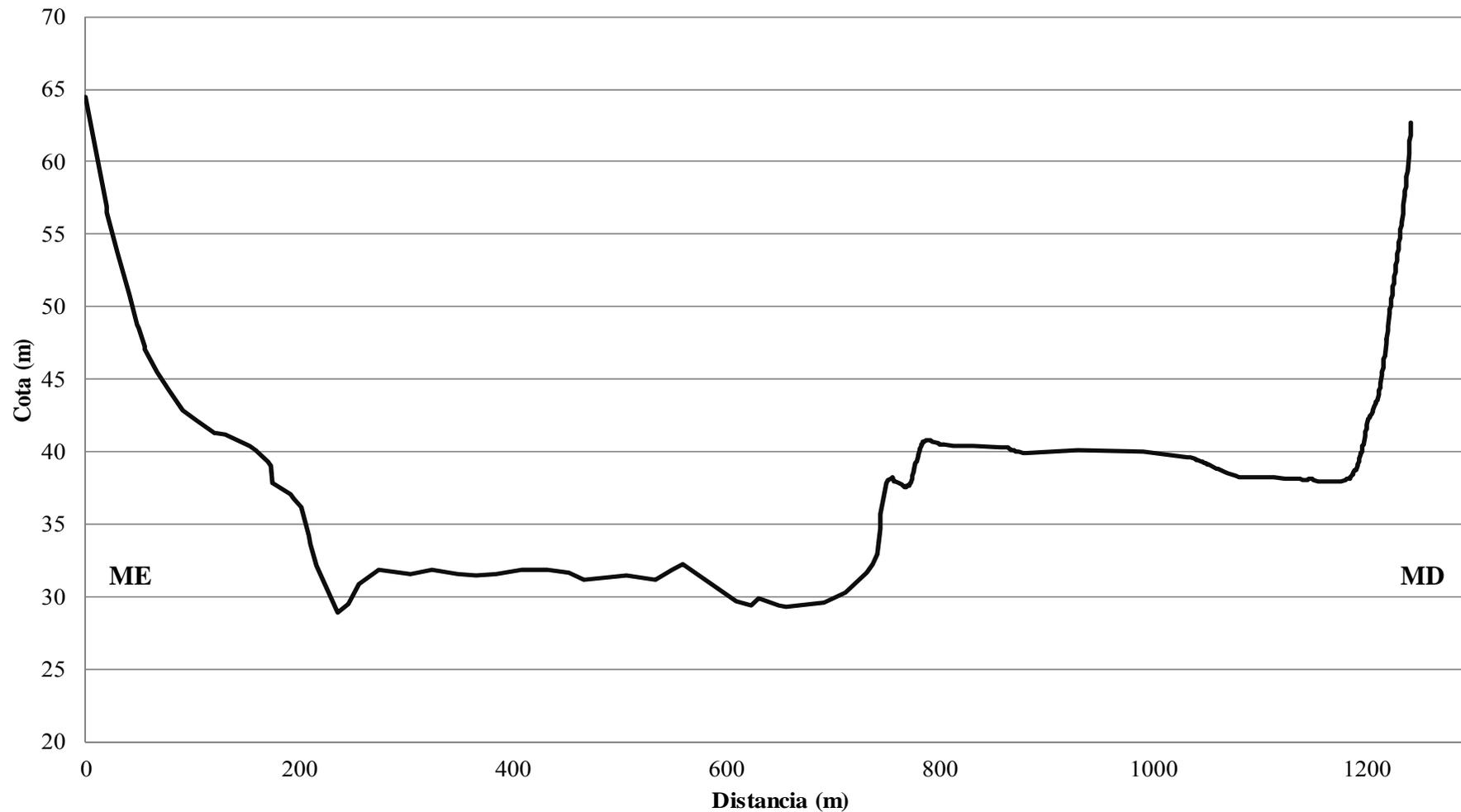
Seção transversal 1000 - Rio Doce em Colatina/ES



Rio Doce – Seção 900													
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
0,00	41,59	60,95	23,48	144,68	17,92	348,30	8,77	924,01	9,39	1000,67	17,47	1292,01	15,26
2,57	40,57	63,01	23,21	146,73	17,84	365,91	8,67	927,32	10,06	1002,05	17,47	1295,70	15,31
5,82	39,28	65,06	22,94	147,76	17,80	384,67	8,73	928,71	10,97	1036,16	17,23	1300,77	15,40
7,88	38,47	67,29	22,66	150,84	17,68	408,04	9,00	930,25	11,85	1044,00	17,23	1306,30	15,50
10,96	37,27	70,37	22,28	153,93	17,54	431,96	9,02	931,34	12,82	1058,29	17,26	1310,91	15,60
14,04	36,07	72,08	22,07	156,49	17,42	452,74	8,80	933,43	13,95	1071,66	17,31	1315,06	15,70
16,09	35,28	76,19	21,57	159,58	17,27	467,53	8,35	935,77	14,99	1106,69	17,34	1316,90	15,75
19,35	34,03	77,56	21,41	160,60	17,21	506,60	8,67	937,40	15,00	1126,06	17,25	1318,28	15,85
20,38	33,65	80,64	21,06	162,66	17,07	533,13	8,37	940,89	15,27	1141,73	17,16	1320,13	16,04
22,43	33,05	81,67	20,95	163,86	16,99	548,98	9,03	943,23	16,12	1176,76	16,82	1321,51	16,19
24,66	32,41	84,07	20,68	165,91	16,84	560,00	9,37	945,61	15,93	1187,37	16,73	1322,89	16,34
27,74	31,52	87,15	20,35	167,97	16,69	591,23	9,78	949,94	15,85	1197,51	16,63	1324,28	16,50
29,96	30,89	90,23	20,02	171,05	16,44	637,54	9,43	955,03	16,75	1210,41	16,47	1326,12	16,71
32,19	30,27	92,29	19,91	174,13	16,18	663,95	9,19	963,79	17,20	1211,80	16,45	1327,97	16,93
35,27	29,41	98,62	19,57	175,33	14,98	685,44	6,57	965,63	17,29	1221,02	16,20	1329,35	17,10
37,33	28,84	103,07	19,34	191,75	14,21	716,07	6,81	967,02	17,30	1232,08	15,91	1330,73	17,27
40,58	27,95	109,24	19,04	194,72	13,97	740,96	7,60	969,78	17,28	1242,22	15,66	1332,58	17,50
41,61	27,68	115,06	18,77	202,04	13,32	760,23	7,87	971,63	17,27	1246,37	15,57	1333,96	17,68
43,83	27,08	121,22	18,49	208,73	11,33	777,34	7,90	974,85	17,25	1247,75	15,55	1335,80	17,93
45,89	26,53	122,25	18,46	210,26	10,81	795,47	6,88	978,08	17,25	1256,05	15,48	1337,19	18,12
48,11	25,94	125,33	18,43	216,56	9,36	810,05	6,59	981,31	17,26	1265,27	15,39	1339,03	18,38
49,14	25,68	127,56	18,39	235,70	6,08	816,99	7,08	983,61	17,28	1272,19	15,30	1340,41	18,58
51,19	25,19	130,64	18,32	245,56	6,70	834,99	6,58	985,92	17,30	1280,02	15,19	1342,72	18,91
53,59	24,63	133,55	18,26	255,93	8,04	841,97	6,44	988,22	17,32	1281,41	15,16	1344,10	19,12
54,62	24,39	136,63	18,18	274,51	8,97	878,01	6,78	991,45	17,37	1282,79	15,15	1345,94	19,40
55,65	24,20	139,20	18,10	304,22	8,73	897,87	7,44	993,75	17,41	1284,17	15,16	1347,33	19,62
58,73	23,78	142,28	18,00	324,19	8,97	917,91	8,79	996,06	17,45	1286,48	15,18	1349,63	19,99

Rio Doce – Seção 900 (continuação)			
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
1351,48	20,29	1402,64	36,83
1352,86	20,56	1404,95	37,74
1354,24	20,94	1406,79	38,48
1355,62	21,33	1409,10	39,40
1357,01	21,71	1410,48	39,96
1358,39	22,11	1412,79	40,90
1360,23	22,64	1415,09	41,84
1362,08	23,17	1416,94	42,59
1363,46	23,57	1419,24	43,54
1365,31	24,12	1421,08	44,31
1367,15	24,66	1422,47	44,88
1370,84	25,76	1423,85	45,47
1373,60	26,60	1427,08	46,84
1374,99	27,03		
1376,83	27,59		
1378,67	28,17		
1380,52	28,74		
1383,28	29,61		
1385,13	30,20		
1386,97	30,79		
1388,35	31,28		
1390,20	31,98		
1392,04	32,69		
1394,35	33,58		
1395,73	34,12		
1398,04	35,01		
1400,80	36,10		

Seção transversal 900 - Rio Doce em Colatina/ES

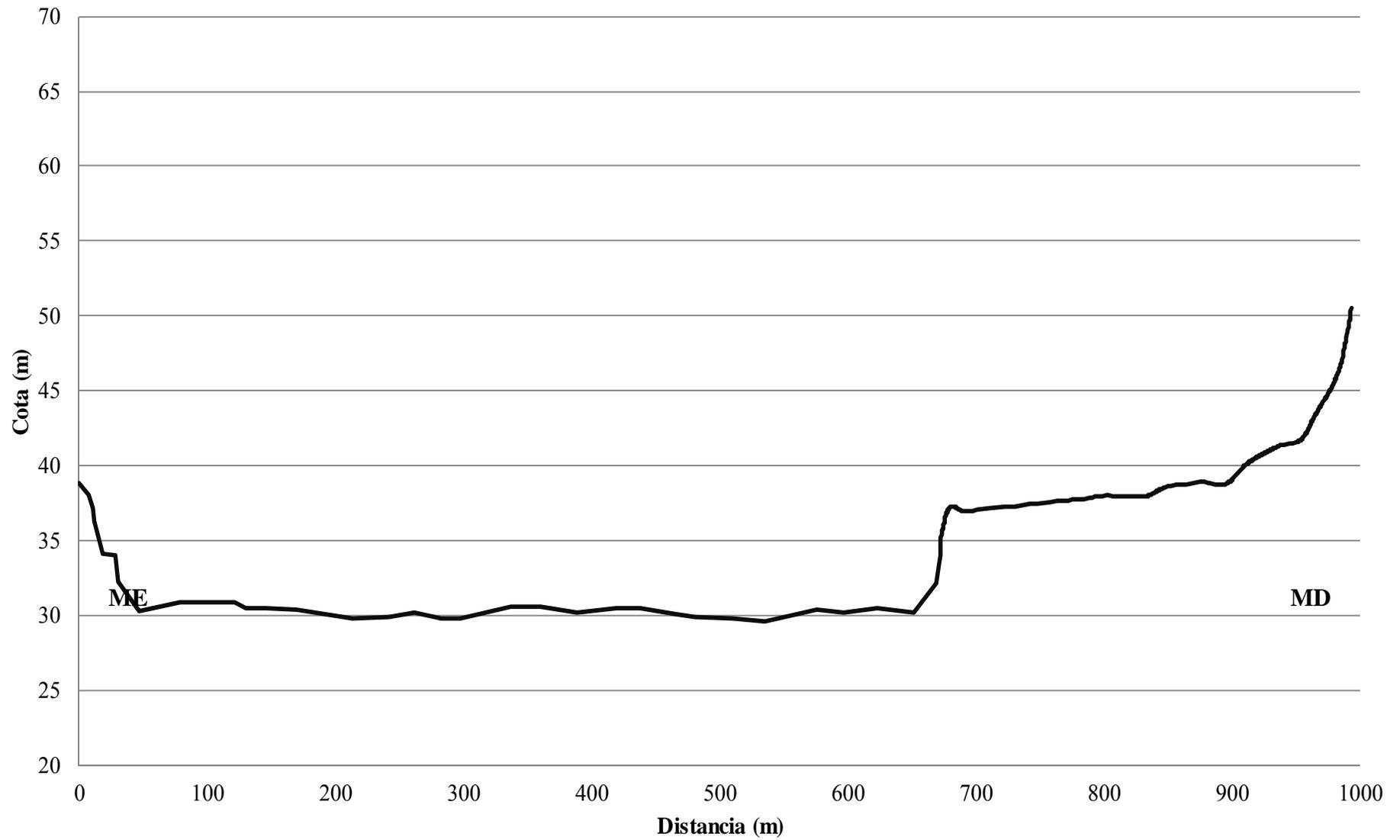


Rio Doce – Seção 800													
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
0,00	26,58	30,85	23,45	61,45	18,36	94,01	12,64	137,25	5,71	722,89	-0,40	833,02	6,27
1,11	26,51	31,95	23,24	62,55	18,15	98,68	11,76	144,62	3,51	749,17	-0,10	834,14	6,32
2,21	26,43	33,06	23,07	63,66	17,95	100,28	11,46	154,10	3,41	777,51	-0,39	835,64	6,37
3,56	26,33	34,16	22,90	64,89	17,72	101,51	11,23	156,22	1,70	794,92	1,58	838,27	6,47
4,67	26,25	35,27	22,73	65,99	17,51	102,86	10,98	172,21	-0,25	797,00	2,86	839,77	6,51
5,78	26,16	36,38	22,57	67,10	17,30	103,97	10,77	204,87	0,28	798,49	3,88	840,90	6,55
7,25	26,04	37,48	22,40	68,20	17,09	105,19	10,55	247,05	0,30	799,99	4,03	842,40	6,59
8,36	25,95	38,59	22,23	69,31	16,88	106,42	10,32	256,30	-0,10	801,12	4,14	845,03	6,66
9,46	25,85	39,69	22,05	70,42	16,67	107,65	10,09	271,45	-0,04	803,00	4,33	846,90	6,71
10,57	25,75	40,80	21,88	71,52	16,46	109,13	9,81	295,52	-0,20	804,50	4,48	848,03	6,72
11,68	25,65	41,91	21,70	72,63	16,29	110,23	9,61	339,17	-0,73	805,62	4,58	850,66	6,71
12,78	25,54	43,01	21,53	73,73	16,12	111,34	9,44	367,66	-0,69	807,50	4,77	852,16	6,72
13,89	25,44	44,12	21,35	75,09	15,91	112,44	9,27	387,88	-0,42	808,63	4,87	853,28	6,73
14,99	25,33	45,35	21,15	76,31	15,72	113,55	9,10	408,38	-0,81	810,13	5,02	854,41	6,74
16,10	25,21	46,45	20,97	77,42	15,55	114,66	8,93	424,09	-0,76	811,25	5,12	855,91	6,75
17,33	25,08	47,56	20,78	78,53	15,37	115,76	8,76	440,35	-0,42	812,38	5,20	857,03	6,76
18,43	24,97	48,67	20,60	79,63	15,20	116,87	8,59	463,16	0,00	813,88	5,30	859,29	6,77
19,54	24,84	49,77	20,41	80,74	15,02	117,97	8,42	486,00	0,00	815,38	5,39	862,29	6,80
20,65	24,72	50,88	20,22	81,84	14,85	119,20	8,24	516,23	-0,56	818,01	5,55	864,54	6,82
21,87	24,58	52,35	19,97	82,95	14,67	120,43	8,05	545,38	-0,03	820,26	5,67	865,67	6,83
22,98	24,45	53,46	19,78	84,67	14,39	121,66	7,86	563,41	-0,06	821,38	5,73	866,79	6,84
24,09	24,32	54,56	19,59	85,90	14,16	123,26	7,61	591,75	-0,43	822,51	5,79	867,92	6,85
25,19	24,18	55,67	19,39	87,13	13,93	124,49	7,42	606,77	-0,68	824,01	5,87	869,04	6,86
26,30	24,04	56,78	19,20	88,36	13,70	125,72	7,23	635,79	-0,81	825,14	5,92	870,17	6,87
27,40	23,90	57,88	19,00	89,59	13,47	125,84	8,23	661,58	-1,00	826,64	6,00	871,67	6,88
28,63	23,74	59,11	18,78	90,82	13,23	133,65	7,45	676,72	-0,66	828,89	6,10	873,17	6,90
29,74	23,60	60,34	18,56	92,90	12,84	136,16	6,65	702,27	-0,16	831,52	6,21	878,42	6,95

Rio Doce – Seção 800 (continuação)

Dist (m)	Cota (m)												
879,92	6,97	932,46	7,44	969,99	7,82	1019,15	8,42	1066,06	12,07	1106,22	20,96	1152,00	35,92
881,05	6,98	934,71	7,45	974,87	7,92	1023,28	8,47	1067,94	12,41	1107,72	21,38	1153,50	36,45
882,18	7,00	936,22	7,45	975,99	7,95	1024,40	8,49	1069,06	12,61	1109,59	21,91	1156,88	37,65
883,30	7,01	937,72	7,46	977,12	7,97	1025,53	8,51	1070,94	12,96	1111,10	22,34	1158,01	38,05
884,43	7,02	939,22	7,47	978,25	8,00	1027,03	8,58	1072,07	13,17	1113,35	22,99	1159,13	38,45
886,30	7,04	940,34	7,47	983,87	8,13	1029,28	8,69	1073,94	13,53	1114,47	23,31	1162,13	39,52
887,43	7,05	941,47	7,48	985,00	8,16	1031,16	8,79	1075,82	13,90	1115,60	23,64	1163,26	39,92
889,31	7,07	942,59	7,48	986,13	8,19	1033,79	8,94	1076,94	14,12	1117,10	24,08	1164,39	40,33
890,43	7,08	943,72	7,49	987,25	8,21	1036,04	9,07	1078,45	14,42	1118,60	24,53	1165,51	40,73
891,56	7,09	945,22	7,49	988,38	8,23	1037,91	9,19	1079,95	14,72	1120,48	25,09	1167,76	41,54
892,68	7,10	946,35	7,50	989,50	8,25	1039,79	9,31	1081,07	14,95	1122,35	25,65	1168,89	41,89
893,81	7,11	947,47	7,50	990,63	8,26	1042,42	9,48	1082,57	15,26	1123,48	26,02	1170,02	42,23
895,31	7,13	948,60	7,51	994,01	8,26	1044,29	9,61	1084,45	15,66	1125,73	26,79	1171,52	42,67
896,44	7,14	949,73	7,51	995,13	8,26	1046,17	9,74	1085,95	15,98	1127,61	27,43	1173,39	43,23
897,94	7,15	950,85	7,52	996,63	8,26	1048,80	9,94	1087,45	16,30	1129,11	27,95	1174,89	43,67
899,44	7,17	952,35	7,52	999,64	8,27	1049,92	10,02	1088,95	16,63	1130,61	28,47	1177,15	44,34
900,94	7,18	953,48	7,53	1000,76	8,27	1051,05	10,11	1090,45	16,96	1132,11	28,99	1178,27	44,67
902,44	7,20	954,60	7,54	1002,26	8,28	1052,93	10,26	1091,96	17,30	1133,24	29,38	1179,40	45,00
903,94	7,21	955,73	7,55	1005,64	8,29	1054,43	10,39	1093,46	17,64	1134,36	29,77	1180,52	45,33
905,82	7,23	957,23	7,58	1006,77	8,30	1055,55	10,51	1094,96	17,98	1135,49	30,16	1182,03	45,77
908,07	7,25	958,36	7,60	1008,27	8,31	1056,68	10,64	1096,08	18,24	1139,62	31,59	1182,78	45,99
910,32	7,28	959,48	7,62	1010,89	8,33	1057,80	10,78	1097,21	18,52	1140,74	31,98		
912,57	7,30	961,36	7,65	1012,02	8,34	1059,68	11,02	1099,09	19,02	1143,37	32,89		
915,58	7,33	964,74	7,71	1013,15	8,35	1060,81	11,16	1100,21	19,32	1145,62	33,68		
918,20	7,36	966,24	7,74	1014,27	8,36	1061,93	11,34	1101,34	19,63	1146,75	34,08		
920,45	7,37	967,36	7,77	1016,90	8,39	1063,81	11,67	1102,84	20,03	1147,87	34,47		
929,84	7,42	968,86	7,80	1018,02	8,40	1064,93	11,87	1104,72	20,55	1150,88	35,53		

Seção transversal 800 - Rio Doce em Colatina/ES

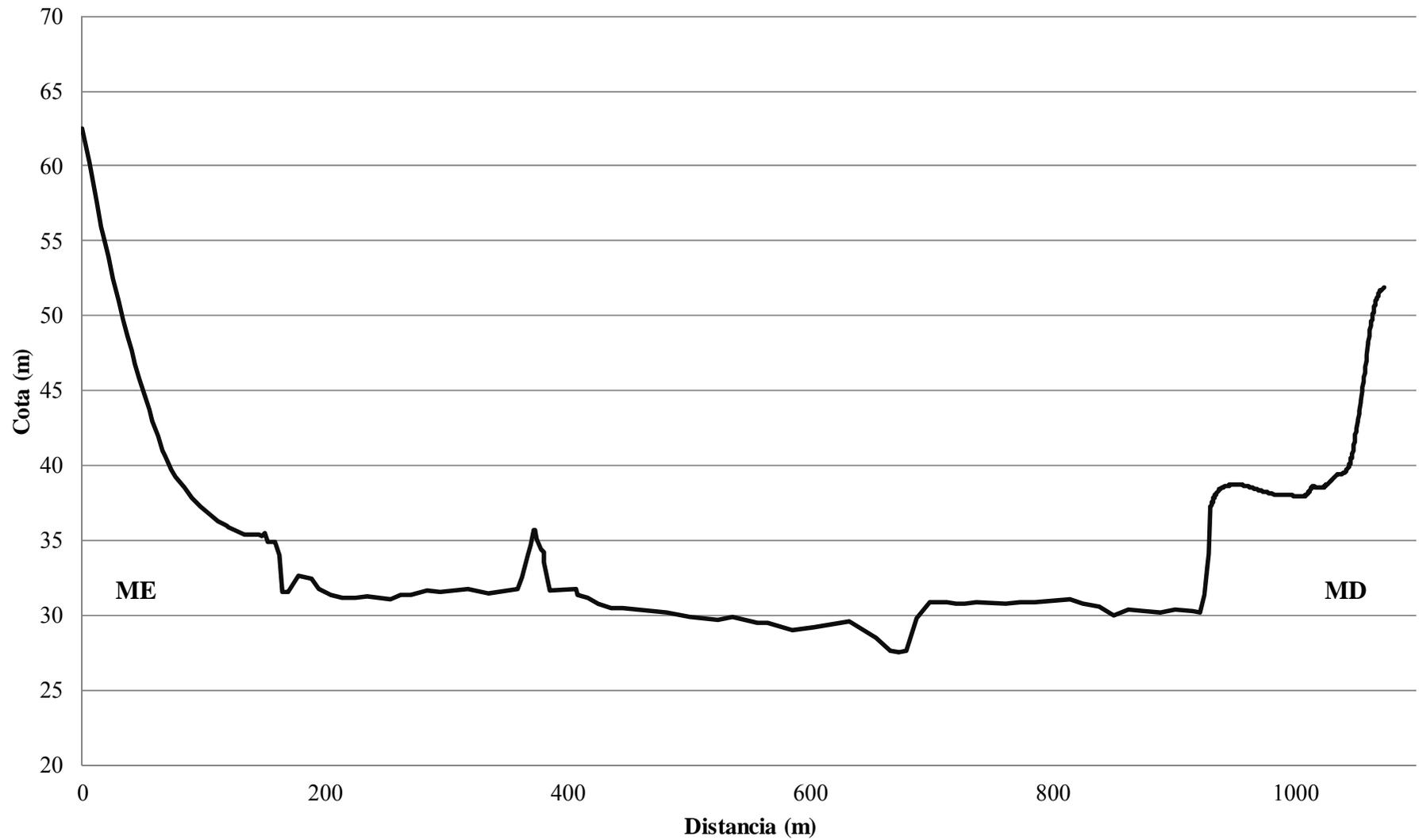


Rio Doce – Seção 700

Dist (m)	Cota (m)												
0	62,463	117,185	36,043	334,876	31,47	632,446	29,64	929,74	37,05	939,5	38,512	957,8	38,663
5,356	60,206	118,883	35,94	359,436	31,8	654,447	28,53	930	37,11	939,6	38,52	958,8	38,646
11,626	57,631	119,928	35,885	363,006	32,5	666,256	27,63	930,4	37,235	940,8	38,571	958,9	38,643
15,808	55,954	133,254	35,348	367,197	34,03	673,286	27,56	930,6	37,296	940,9	38,579	960,1	38,621
16,853	55,554	133,776	35,39	370,016	34,69	679,276	27,63	930,7	37,341	941,5	38,598	960,2	38,618
21,295	53,975	145,927	35,4	371,246	35,18	687,587	29,77	930,9	37,387	942,1	38,608	961,4	38,595
25,606	52,49	148,367	35,3	372,456	35,64	698,896	30,89	931,7	37,561	942,2	38,611	961,5	38,591
29,917	51,051	150,117	35,48	373,866	35,64	712,976	30,9	931,9	37,603	943,4	38,631	962,7	38,564
34,098	49,699	153,266	34,93	375,066	35,07	720,106	30,8	932	37,645	943,5	38,634	962,8	38,559
37,364	48,674	158,776	34,88	377,996	34,4	727,976	30,81	932,6	37,766	944,7	38,659	964	38,531
40,63	47,692	160,516	34,61	379,976	34,17	737,396	30,9	933	37,844	944,8	38,664	964,1	38,526
43,765	46,779	162,157	34,06	381,156	33,55	761,396	30,75	933,2	37,881	945,2	38,674	965,3	38,498
47,161	45,823	164,347	31,55	385,207	31,66	772,976	30,87	933,3	37,919	946	38,685	965,4	38,493
51,603	44,624	169,836	31,6	406,566	31,76	785,256	30,87	933,7	37,992	946,1	38,687	966,6	38,464
54,869	43,779	178,576	32,61	408,107	31,4	813,807	31,09	934,1	38,062	947,3	38,695	966,7	38,459
58,135	42,966	188,807	32,49	416,557	31,13	825,737	30,8	934,3	38,093	947,4	38,697	967,9	38,429
62,316	41,972	195,277	31,78	425,636	30,75	838,427	30,62	934,5	38,114	948,6	38,708	968	38,423
66,496	41,029	204,386	31,4	435,767	30,49	851,047	30,04	934,6	38,135	948,7	38,71	969,2	38,393
67,541	40,801	213,876	31,14	445,426	30,5	862,257	30,34	935,6	38,237	949,9	38,715	969,3	38,388
68,587	40,599	224,856	31,14	482,236	30,18	875,896	30,29	935,8	38,256	950	38,716	970,5	38,358
73,812	39,725	234,327	31,22	500,556	29,92	888,477	30,14	935,9	38,273	951,2	38,72	970,6	38,353
77,078	39,211	253,816	31,12	524,146	29,7	900,636	30,34	937,1	38,372	951,3	38,721	971,8	38,324
84,002	38,491	262,737	31,38	536,136	29,85	915,276	30,3	937,2	38,388	952,5	38,718	971,9	38,319
90,665	37,867	270,777	31,4	556,407	29,52	921,166	30,21	937,8	38,435	955,1	38,699	973,1	38,29
97,589	37,29	283,746	31,65	564,776	29,47	925,247	31,4	938	38,447	955,2	38,697	973,2	38,285
104,774	36,766	294,517	31,53	585,046	28,99	927,346	33,21	938,4	38,463	956,4	38,687	974,4	38,256
112,091	36,313	317,897	31,73	603,396	29,19	928,497	34,09	938,5	38,471	957,7	38,666	974,5	38,251

Rio Doce – Seção 700 (Continuação)													
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
975,7	38,225	1001,4	37,955	1014,8	38,618	1029,8	39,048	1043,8	39,827	1052,5	43,477	1063,1	49,617
975,8	38,221	1002,6	37,943	1015	38,63	1031	39,146	1043,9	39,851	1052,7	43,573	1063,2	49,7
976,8	38,2	1002,7	37,941	1015,4	38,617	1031,1	39,162	1044,3	39,9	1052,8	43,669	1063,6	49,866
976,9	38,196	1004	37,928	1015,5	38,61	1032,3	39,255	1044,5	39,94	1054	44,252	1064,2	50,108
978,1	38,17	1005,2	37,937	1016,7	38,573	1032,4	39,27	1044,7	39,987	1054,1	44,35	1064,4	50,187
978,2	38,166	1005,3	37,939	1016,8	38,567	1033,4	39,344	1044,9	40,036	1055,3	44,947	1064,5	50,265
979,4	38,144	1006,5	37,951	1018	38,535	1033,5	39,353	1045,1	40,09	1055,4	45,049	1064,9	50,42
979,5	38,14	1006,6	37,953	1018,1	38,529	1034,5	39,397	1045,2	40,15	1055,8	45,254	1065,3	50,571
980,7	38,119	1007,6	37,965	1018,9	38,51	1034,7	39,403	1045,6	40,274	1056,4	45,568	1065,7	50,719
980,8	38,115	1007,8	37,972	1019,6	38,505	1034,8	39,407	1046,2	40,468	1056,6	45,675	1065,8	50,79
982,5	38,087	1007,9	37,983	1020,6	38,503	1036	39,43	1046,4	40,535	1056,7	45,782	1066,4	50,98
983,3	38,076	1008,5	38,017	1020,7	38,504	1036,1	39,433	1046,5	40,602	1056,9	45,889	1067	51,094
984,6	38,058	1008,9	38,044	1021,9	38,507	1037,3	39,448	1046,7	40,67	1057,5	46,216	1067,1	51,131
986,2	38,039	1009,1	38,059	1022,4	38,513	1037,4	39,45	1047,1	40,81	1057,9	46,438	1067,7	51,24
989,4	38,016	1009,2	38,073	1023,2	38,543	1038,6	39,463	1047,7	41,027	1058	46,55	1068,3	51,345
989,8	38,015	1010,4	38,165	1023,3	38,551	1038,7	39,466	1047,8	41,102	1058,8	47,006	1068,4	51,379
989,9	38,014	1010,5	38,182	1024,1	38,585	1039,7	39,48	1048	41,177	1059	47,122	1069	51,479
993,7	38,007	1011,3	38,248	1024,5	38,607	1039,9	39,484	1048,4	41,359	1059,2	47,242	1069,6	51,575
993,8	38,006	1011,7	38,287	1024,6	38,618	1040	39,49	1048,8	41,546	1059,3	47,367	1069,7	51,606
995	38,004	1011,8	38,307	1025,6	38,677	1040,6	39,507	1049	41,641	1060,5	48,118	1069,9	51,637
995,1	38,003	1012,4	38,369	1025,8	38,69	1040,8	39,518	1049,1	41,737	1060,6	48,239	1070,1	51,664
998,1	37,999	1013	38,434	1025,9	38,702	1041,2	39,549	1049,7	42,03	1061,4	48,686	1070,9	51,726
998,7	37,993	1013,1	38,457	1027,1	38,795	1041,3	39,566	1050,1	42,231	1061,8	48,905	1071	51,741
998,8	37,99	1013,7	38,526	1027,2	38,811	1041,9	39,618	1050,3	42,329	1061,9	49,014	1072	51,813
1000	37,975	1013,9	38,545	1028,4	38,909	1042,5	39,675	1050,4	42,425	1062,5	49,336	1072,1	51,827
1000,1	37,972	1014,3	38,577	1028,5	38,926	1042,6	39,695	1051,6	43,002	1062,7	49,442	1073,3	51,914
1001,3	37,958	1014,4	38,591	1029,7	39,031	1043,4	39,781	1051,7	43,098	1062,9	49,532	1073,4	51,929

Seção transversal 700 - Rio Doce em Colatina/ES

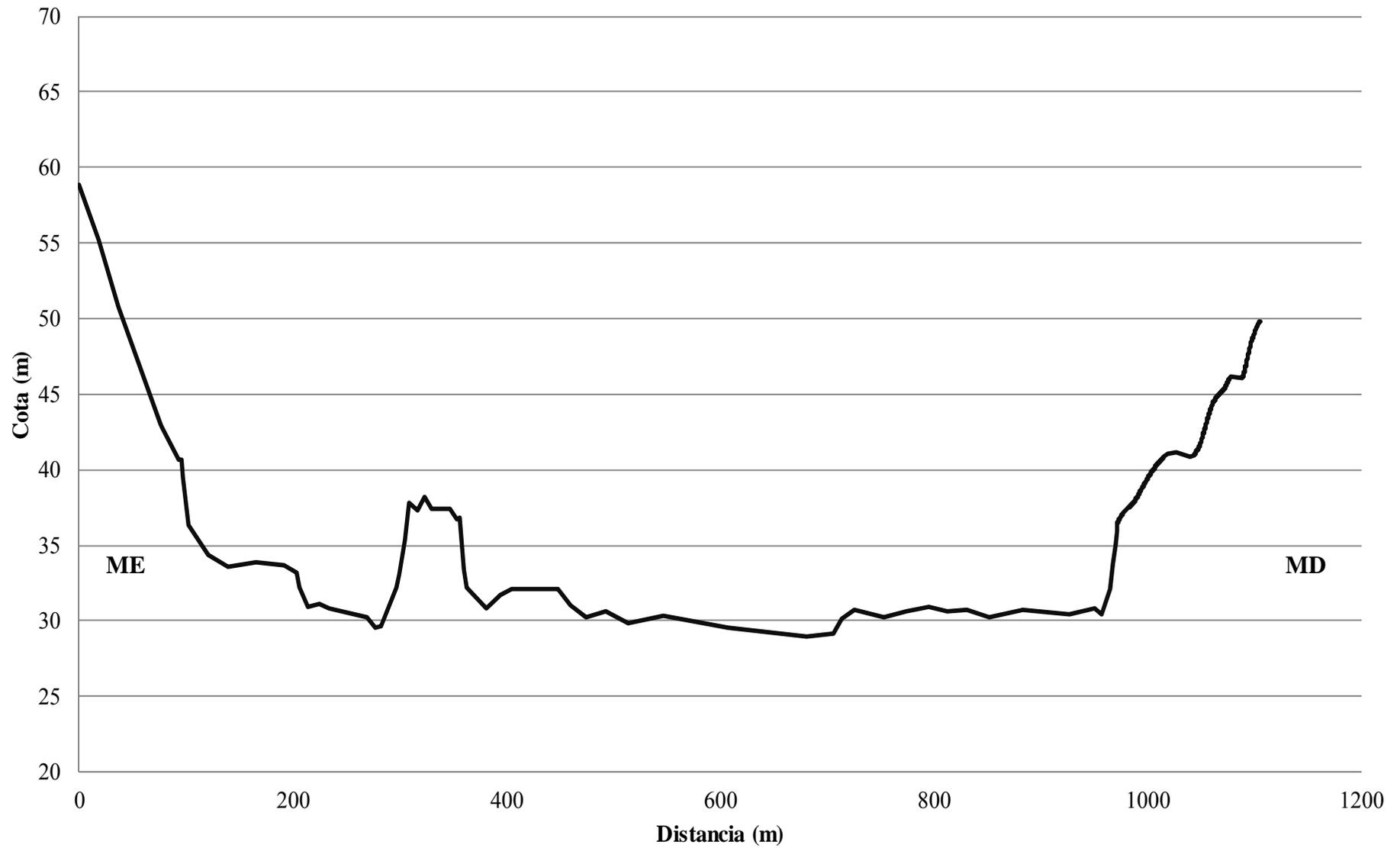


Rio Doce – Seção 600

Dist (m)	Cota (m)												
0,00	28,67	27,15	23,07	54,68	17,30	82,65	11,97	277,71	-0,64	645,96	-0,94	976,11	5,10
1,01	28,49	28,16	22,83	55,86	17,07	83,66	11,83	283,16	-0,49	663,74	-1,02	977,89	5,20
2,01	28,30	29,17	22,60	56,87	16,87	84,67	11,69	297,07	2,02	680,39	-1,23	978,96	5,26
3,02	28,11	30,17	22,36	57,88	16,67	85,67	11,56	299,41	2,94	688,60	-1,08	980,74	5,35
4,02	27,92	31,18	22,12	58,88	16,47	86,68	11,42	304,25	5,22	705,84	-0,97	981,81	5,40
5,03	27,73	32,18	21,88	59,89	16,27	87,68	11,28	308,98	7,66	714,37	0,03	983,41	5,47
6,03	27,54	33,19	21,64	60,89	16,06	88,69	11,13	317,29	7,18	725,61	0,58	984,47	5,52
7,04	27,35	34,20	21,39	61,90	15,86	89,79	10,96	322,63	8,06	739,89	0,25	986,08	5,58
8,05	27,15	35,20	21,15	62,90	15,66	90,79	10,79	329,41	7,26	753,58	0,08	987,14	5,62
9,05	26,95	36,21	20,90	63,91	15,46	91,80	10,63	346,79	7,29	767,23	0,32	989,10	5,69
10,06	26,75	37,21	20,65	64,92	15,25	92,80	10,47	353,53	6,62	774,70	0,53	990,17	5,72
11,06	26,55	38,22	20,46	65,92	15,05	95,43	10,49	356,28	6,65	795,05	0,74	991,24	5,75
12,07	26,35	39,22	20,27	66,93	14,84	96,53	9,34	359,54	3,27	812,98	0,52	992,30	5,80
13,07	26,14	40,23	20,08	67,93	14,63	99,71	7,68	363,07	2,02	831,15	0,57	993,37	5,90
14,08	25,93	41,23	19,89	68,94	14,43	102,66	6,15	381,74	0,64	851,76	0,08	994,44	6,00
15,09	25,72	42,24	19,70	70,04	14,20	120,69	4,20	393,72	1,58	859,58	0,22	996,04	6,15
16,09	25,51	43,25	19,51	71,13	13,97	139,01	3,48	404,77	2,00	884,00	0,57	997,11	6,25
17,10	25,30	44,25	19,32	72,50	13,69	165,27	3,78	448,62	2,01	905,97	0,50	998,17	6,36
18,10	25,08	45,26	19,13	73,60	13,46	191,75	3,54	459,99	0,86	927,34	0,30	1000,31	6,57
19,11	24,87	46,26	18,94	74,61	13,25	204,03	3,07	474,82	0,08	950,42	0,72	1001,38	6,68
20,11	24,65	47,27	18,74	75,61	13,04	206,88	2,06	492,87	0,46	956,58	0,34	1002,44	6,80
21,12	24,43	48,28	18,55	76,62	12,83	214,38	0,74	514,11	-0,27	964,90	1,98	1003,51	6,91
22,13	24,21	49,28	18,36	77,62	12,65	224,82	1,01	546,83	0,16	967,27	3,67	1005,11	7,08
23,13	23,98	50,29	18,16	78,63	12,51	233,48	0,69	571,75	-0,17	969,71	4,92	1006,18	7,19
24,14	23,76	51,38	17,95	79,64	12,38	252,13	0,36	592,18	-0,32	972,54	5,06	1007,25	7,31
25,14	23,53	52,48	17,73	80,64	12,24	260,37	0,31	607,97	-0,58	973,09	4,92	1008,85	7,49
26,15	23,30	53,49	17,54	81,65	12,10	269,67	0,06	626,17	-0,68	975,04	5,04	1010,09	7,63

Rio Doce – Seção 600 (continuação)									
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
1011,16	7,75	1045,15	12,68	1077,89	17,70	1110,27	24,69	1144,08	32,63
1012,23	7,88	1046,75	12,91	1079,31	17,97	1111,34	24,92	1145,14	32,91
1014,90	8,19	1047,81	13,07	1080,38	18,18	1112,40	25,15	1146,21	33,19
1015,97	8,32	1048,88	13,22	1081,44	18,38	1113,47	25,38	1147,46	33,52
1017,03	8,45	1049,95	13,38	1082,87	18,66	1114,72	25,65	1149,23	33,98
1018,64	8,65	1051,02	13,54	1083,93	18,88	1115,78	25,88	1150,30	34,19
1019,88	8,80	1052,09	13,70	1085,00	19,09	1116,85	26,11	1151,55	34,41
1020,95	8,94	1053,15	13,86	1086,60	19,41	1117,92	26,34	1152,62	34,60
1022,02	9,07	1054,22	14,02	1087,67	19,63	1118,99	26,58	1153,68	34,79
1023,08	9,21	1056,18	14,32	1088,92	19,89	1120,05	26,81	1154,93	35,00
1024,15	9,38	1057,25	14,48	1090,16	20,15	1121,12	27,04	1155,28	35,07
1025,22	9,58	1058,31	14,64	1091,23	20,37	1122,19	27,27		
1026,29	9,78	1059,38	14,81	1092,48	20,64	1123,26	27,51		
1027,35	9,98	1060,45	14,97	1093,90	20,94	1124,50	27,78		
1028,95	10,28	1061,52	15,13	1094,97	21,18	1125,57	28,01		
1030,56	10,57	1062,58	15,30	1096,75	21,57	1129,48	28,87		
1031,62	10,76	1063,65	15,47	1097,81	21,80	1130,91	29,23		
1032,69	10,90	1064,72	15,63	1098,88	22,04	1131,98	29,50		
1033,76	11,05	1068,10	16,16	1100,13	22,32	1133,04	29,77		
1034,83	11,20	1069,17	16,33	1101,19	22,56	1134,11	30,05		
1036,25	11,40	1070,23	16,50	1102,26	22,81	1135,18	30,32		
1037,85	11,63	1071,48	16,69	1103,51	23,09	1136,42	30,64		
1038,92	11,78	1072,55	16,85	1104,57	23,34	1138,74	31,24		
1039,99	11,93	1073,62	17,01	1105,64	23,59	1139,80	31,52		
1041,05	12,08	1074,68	17,17	1107,07	23,93	1140,87	31,79		
1042,12	12,24	1075,75	17,33	1108,13	24,18	1141,94	32,07		
1043,19	12,39	1076,82	17,50	1109,20	24,44	1143,01	32,35		

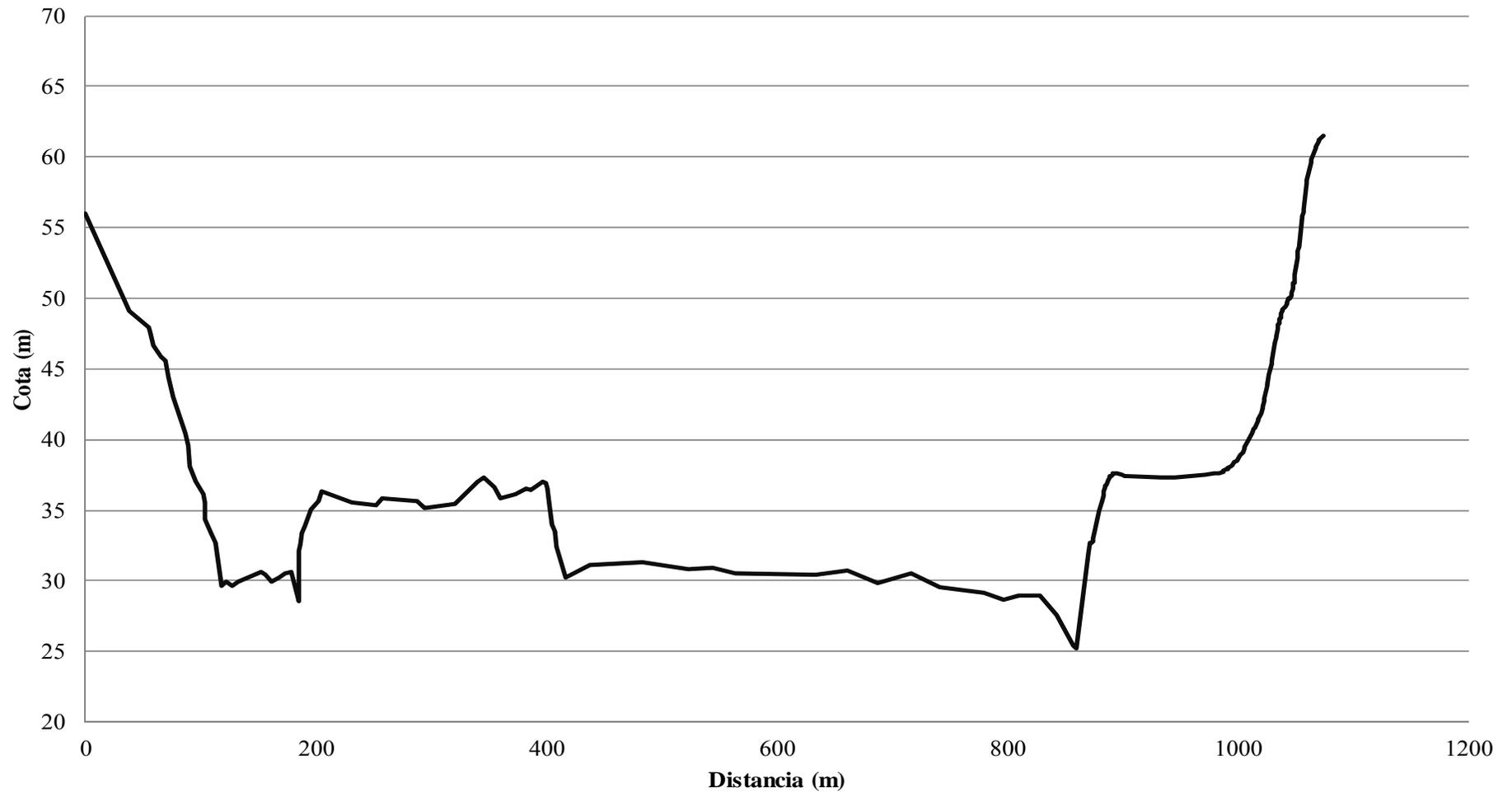
Seção transversal 600 - Rio Doce em Colatina/ES



Rio Doce – Seção 500													
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
0,00	29,45	28,13	24,22	109,22	6,85	309,08	8,67	607,59	3,87	895,16	7,97	929,99	7,53
1,02	29,25	29,15	24,04	113,21	6,12	320,01	8,85	633,30	3,81	896,32	8,04	931,38	7,51
2,09	29,05	30,17	23,85	118,17	3,05	334,76	9,99	660,97	4,13	897,48	8,10	932,78	7,50
3,22	28,84	31,19	23,67	122,49	3,37	340,88	10,45	687,77	3,27	898,64	8,16	933,94	7,50
4,24	28,65	32,21	23,49	127,43	3,09	345,02	10,71	716,23	3,93	900,04	8,23	935,10	7,49
5,31	28,45	33,23	23,30	132,41	3,34	354,99	10,09	741,75	2,95	901,43	8,28	936,26	7,48
6,33	28,27	34,24	23,12	138,88	3,54	360,33	9,28	761,47	2,71	902,82	8,34	937,42	7,47
7,35	28,08	35,26	22,94	144,99	3,79	373,76	9,51	779,71	2,58	904,22	8,39	940,44	7,46
8,37	27,89	36,28	22,76	152,28	4,04	382,26	9,94	796,82	2,08	905,61	8,43	941,60	7,46
9,39	27,70	37,30	22,57	156,79	3,84	386,24	9,88	810,52	2,39	907,23	8,47	942,76	7,45
10,41	27,51	54,96	21,35	161,36	3,39	397,32	10,42	827,63	2,36	908,63	8,50	943,92	7,45
11,43	27,31	56,16	21,00	167,48	3,61	399,28	10,33	842,34	0,99	909,79	8,52	945,08	7,45
12,45	27,12	59,02	20,08	173,22	3,96	401,16	9,99	856,88	-1,18	911,18	8,46	946,24	7,45
13,47	26,93	60,05	19,96	178,37	4,04	402,48	9,06	859,22	-1,31	912,58	8,38	947,64	7,45
14,55	26,73	65,58	19,32	185,37	1,99	405,26	7,38	870,29	5,40	913,74	8,32	950,19	7,45
15,57	26,54	69,62	18,95	185,40	5,49	407,97	6,90	872,14	6,84	915,13	8,23	951,35	7,45
16,64	26,34	72,45	17,79	186,71	6,03	409,16	5,83	873,24	7,70	916,29	8,16	952,51	7,45
17,82	26,12	76,17	16,46	188,26	6,76	416,73	3,67	882,91	7,56	917,68	8,06	953,67	7,45
18,84	25,93	81,91	15,11	190,26	7,33	428,50	4,08	883,46	7,41	918,84	7,98	954,84	7,46
19,97	25,72	86,88	13,92	195,16	8,46	438,24	4,52	884,01	7,15	920,01	7,89	956,00	7,59
20,99	25,53	89,19	12,99	201,76	9,08	461,43	4,66	885,18	7,25	921,40	7,77	957,85	7,82
22,01	25,34	90,77	11,53	205,11	9,73	483,76	4,73	886,34	7,35	922,56	7,67	959,02	7,96
23,03	25,15	95,30	10,41	231,53	8,99	502,46	4,43	887,73	7,46	923,72	7,59	961,80	8,30
24,05	24,97	102,50	9,52	252,23	8,72	523,00	4,21	889,12	7,57	925,11	7,58	962,96	8,44
25,07	24,78	103,67	9,01	257,97	9,24	544,08	4,30	890,75	7,69	926,28	7,56	965,75	8,76
26,09	24,59	104,30	7,82	288,26	9,08	563,70	3,93	892,14	7,79	927,44	7,55	966,91	8,90
27,11	24,41	106,13	7,32	294,36	8,56	584,24	3,84	893,77	7,89	928,60	7,54	968,07	9,03

Rio Doce – Seção 500 (continuação)									
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
969,70	9,23	1007,78	14,12	1047,48	22,85	1082,55	32,98	1119,93	43,39
970,86	9,37	1008,94	14,35	1048,65	23,16	1083,71	33,35	1121,09	43,70
972,02	9,51	1010,10	14,57	1049,81	23,48	1085,33	33,86	1121,79	43,89
973,18	9,64	1011,73	14,88	1050,97	23,80	1086,50	34,23		
974,34	9,78	1013,35	15,21	1052,59	24,24	1088,12	34,74		
975,50	9,92	1014,51	15,44	1053,75	24,57	1089,51	35,19		
976,66	10,05	1016,37	15,81	1055,84	25,15	1090,67	35,56		
980,61	10,51	1017,53	16,05	1057,01	25,47	1091,84	35,90		
981,77	10,65	1019,39	16,44	1058,17	25,79	1093,00	36,24		
982,93	10,78	1020,55	16,68	1059,79	26,25	1094,62	36,72		
984,09	10,91	1022,87	17,17	1060,95	26,57	1095,78	37,07		
985,25	11,05	1024,03	17,42	1062,11	26,90	1097,18	37,49		
986,41	11,18	1025,43	17,71	1063,27	27,23	1098,34	37,84		
987,58	11,31	1026,59	17,97	1064,67	27,63	1099,73	38,27		
988,74	11,44	1027,98	18,27	1065,83	27,96	1100,89	38,56		
991,76	11,78	1029,60	18,63	1066,99	28,30	1103,21	39,13		
993,15	11,93	1030,77	18,89	1068,38	28,70	1104,37	39,41		
994,31	12,06	1032,16	19,20	1069,54	29,04	1105,77	39,76		
995,47	12,19	1033,32	19,46	1070,71	29,39	1107,16	40,11		
996,63	12,32	1035,41	19,94	1072,33	29,87	1108,32	40,40		
997,79	12,45	1036,57	20,20	1073,49	30,21	1109,48	40,69		
998,95	12,57	1038,43	20,63	1074,65	30,56	1111,11	41,11		
1000,12	12,70	1039,59	20,91	1076,05	30,98	1112,27	41,40		
1001,51	12,95	1042,14	21,51	1077,21	31,34	1113,43	41,70		
1003,37	13,29	1043,31	21,79	1079,06	31,90	1115,52	42,24		
1004,53	13,51	1045,16	22,24	1080,23	32,26	1116,68	42,54		
1005,69	13,73	1046,32	22,54	1081,39	32,62	1117,84	42,84		

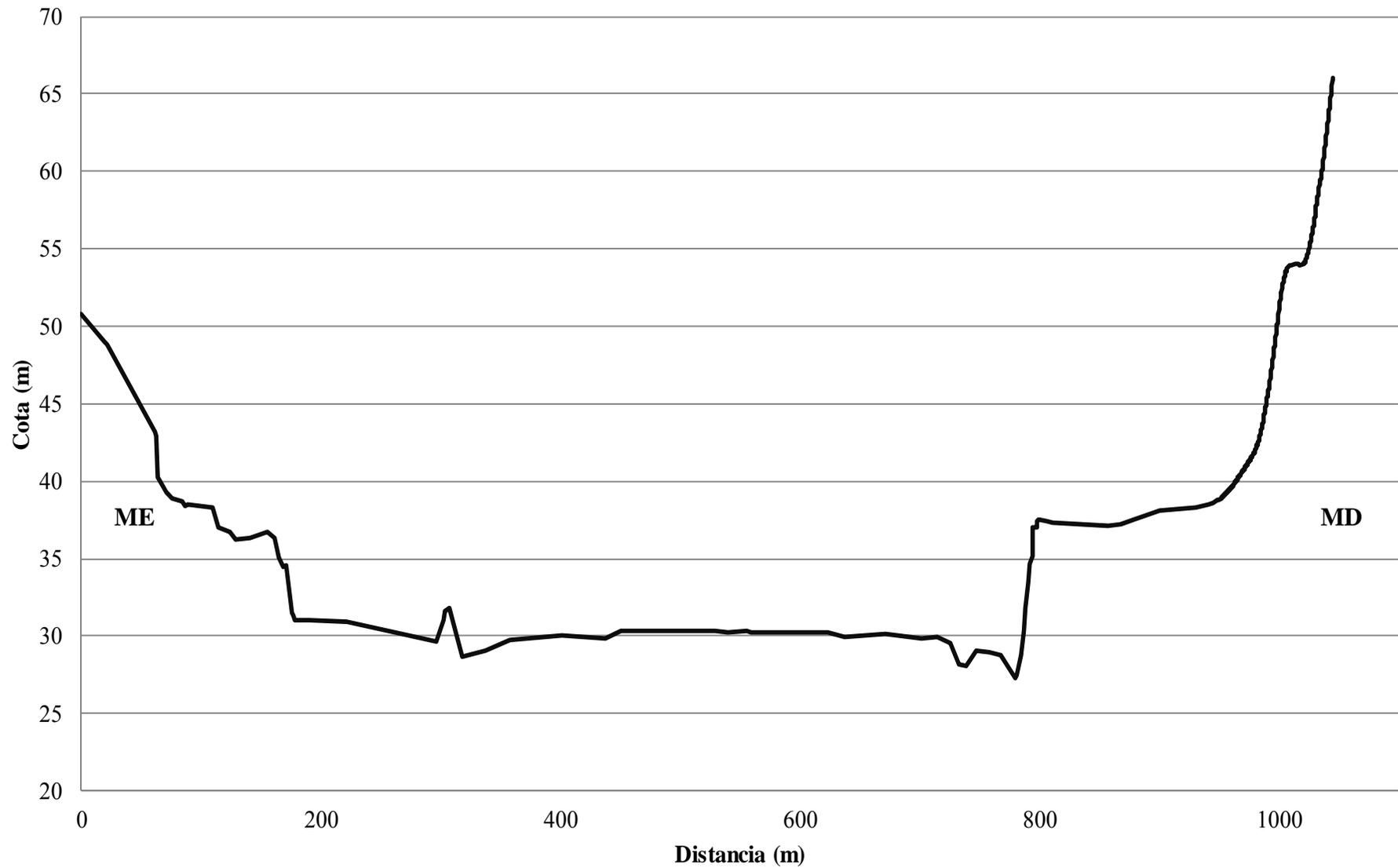
Seção transversal 500 - Rio Doce em Colatina/ES



Rio Doce – Seção 400													
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
0,00	20,52	29,45	17,33	58,66	13,16	204,00	0,77	450,73	-0,01	767,57	-1,51	947,62	9,99
1,19	20,42	30,52	17,18	59,72	13,01	212,83	0,75	457,73	-0,02	780,31	-2,99	948,68	10,13
2,25	20,33	31,58	17,03	60,78	12,87	222,20	0,62	470,56	-0,12	781,51	-2,81	949,82	10,28
3,31	20,24	32,64	16,88	61,84	12,74	231,43	0,43	481,60	-0,06	784,07	-1,52	950,96	10,44
4,37	20,15	33,70	16,73	62,90	12,61	241,07	0,26	493,18	-0,04	787,03	0,08	952,02	10,58
5,43	20,06	34,76	16,57	63,90	10,00	250,24	0,13	505,16	-0,08	788,20	1,48	953,09	10,73
6,49	19,97	36,01	16,39	70,48	8,98	258,37	0,08	518,14	0,01	790,45	3,17	954,15	10,88
7,55	19,87	37,07	16,23	75,70	8,54	260,95	0,03	529,22	0,01	792,01	4,38	955,21	11,04
8,61	19,77	38,25	16,06	84,34	8,36	272,00	-0,22	540,27	-0,11	793,71	4,89	956,76	11,26
9,67	19,67	39,31	15,91	86,36	8,07	281,59	-0,38	555,01	0,00	793,89	7,17	957,82	11,42
11,29	19,52	40,44	15,75	88,78	8,24	291,59	-0,58	559,41	-0,10	846,64	6,79	958,88	11,63
12,36	19,41	41,56	15,58	100,18	8,18	296,05	-0,61	570,42	0,01	897,37	6,98	960,02	11,87
13,42	19,31	42,62	15,43	109,52	8,04	302,89	0,77	583,43	0,01	906,46	7,10	961,08	12,09
14,48	19,20	43,74	15,27	113,98	6,69	303,98	1,28	597,54	-0,05	907,07	6,88	962,15	12,32
15,54	19,09	44,80	15,12	124,44	6,39	305,87	1,37	607,77	0,01	909,08	7,24	963,21	12,54
16,60	18,98	45,87	14,97	129,22	5,96	307,41	1,47	622,77	-0,05	911,92	7,22	964,27	12,77
17,66	18,86	46,99	14,81	140,51	5,99	318,04	-1,60	638,01	-0,40	919,05	7,38	965,33	13,00
18,72	18,75	48,05	14,65	155,80	6,42	326,10	-1,45	656,38	-0,24	933,48	7,29	966,80	13,33
19,84	18,63	49,11	14,50	161,79	6,05	337,28	-1,29	670,73	-0,17	937,44	7,13	967,86	13,56
20,97	18,50	50,17	14,35	165,08	4,75	357,46	-0,52	687,58	-0,42	938,80	9,16	968,92	13,80
22,03	18,36	51,23	14,20	168,77	4,19	374,01	-0,41	700,80	-0,48	939,86	9,24	969,98	14,04
23,09	18,21	52,29	14,05	171,22	4,27	389,66	-0,45	715,03	-0,34	940,92	9,33	971,04	14,29
24,15	18,07	53,35	13,90	175,68	1,25	401,82	-0,30	725,47	-0,80	941,98	9,42	972,10	14,53
25,21	17,92	54,41	13,75	177,09	1,03	414,06	-0,38	732,61	-2,12	943,37	9,53	973,16	14,78
26,27	17,77	55,48	13,60	178,47	0,77	422,42	-0,39	739,18	-2,21	944,43	9,63	974,31	15,05
27,33	17,63	56,54	13,45	189,64	0,72	432,88	-0,52	747,13	-1,29	945,49	9,72	975,37	15,30
28,39	17,48	57,60	13,31	190,77	0,77	437,92	-0,50	758,62	-1,30	946,56	9,85	976,43	15,56

Rio Doce – Seção 400 (continuação)			
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
977,49	15,81	1006,22	24,04
978,55	16,07	1007,37	24,44
979,69	16,35	1008,43	24,82
980,76	16,61	1009,57	25,22
981,82	16,88	1010,63	25,60
982,88	17,15	1011,69	25,98
983,94	17,42	1012,75	26,36
985,00	17,69	1013,81	26,74
986,06	17,96	1014,88	27,13
987,12	18,24	1015,94	27,51
988,18	18,52	1017,08	27,93
989,24	18,80	1018,14	28,31
990,31	19,08	1019,20	28,70
991,37	19,37	1020,26	29,09
992,43	19,66	1021,32	29,48
993,49	19,95	1022,38	29,87
994,55	20,24		
995,61	20,53		
996,67	20,83		
997,73	21,16		
998,79	21,49		
999,86	21,82		
1000,92	22,18		
1001,98	22,55		
1003,04	22,92		
1004,10	23,29		
1005,16	23,66		

Seção transversal 400 - Rio Doce em Colatina/ES

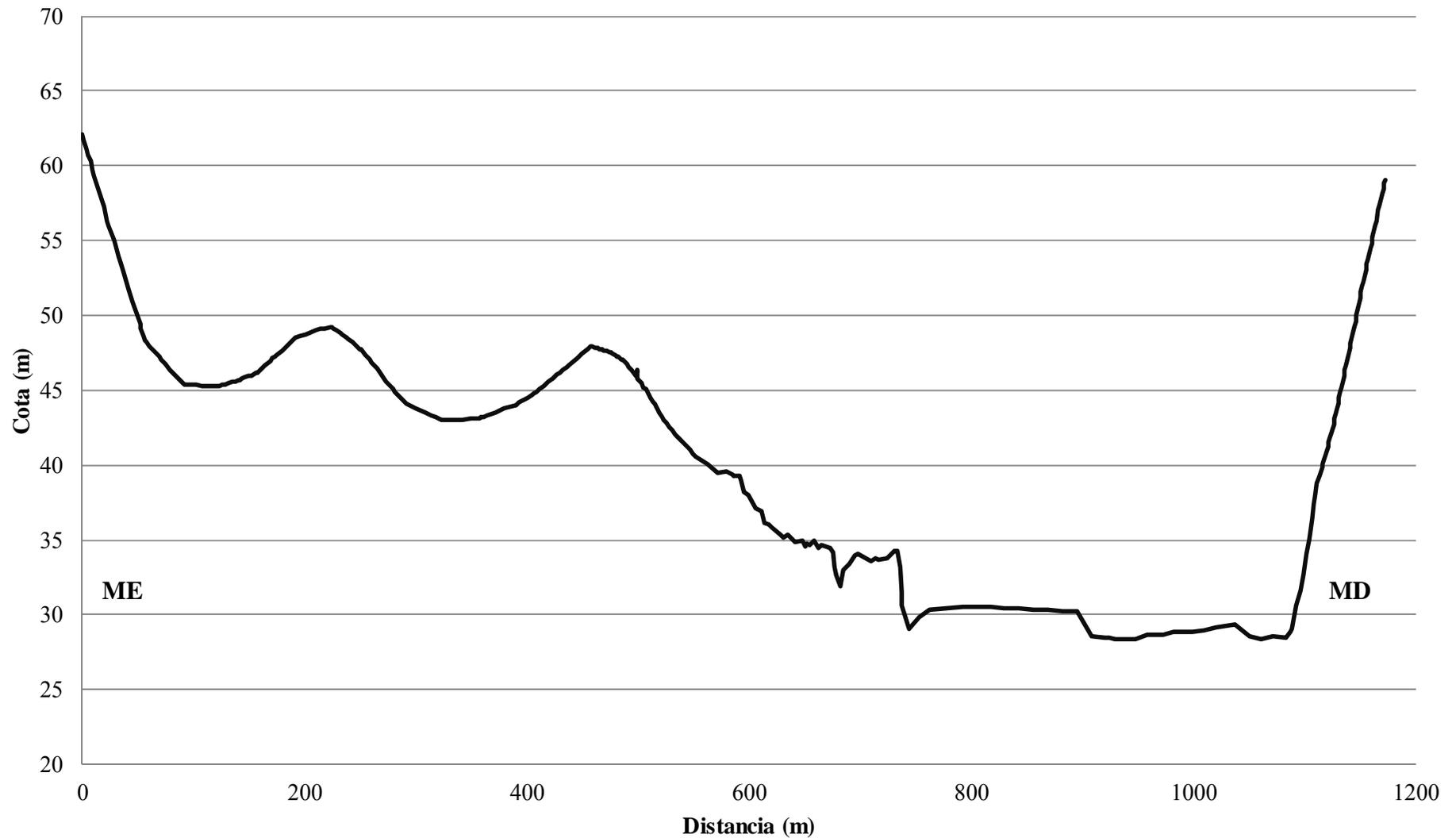


Rio Doce – Seção 300

Dist (m)	Cota (m)												
0,00	32,17	74,57	16,83	160,48	16,45	249,63	17,86	333,92	13,10	419,29	15,63	480,89	17,35
1,62	31,75	78,89	16,47	164,80	16,75	250,71	17,78	337,16	13,11	423,07	15,86	482,51	17,27
3,78	31,19	90,23	15,52	169,12	17,04	255,03	17,42	338,24	13,11	424,15	15,92	484,67	17,17
5,40	30,77	91,31	15,50	171,28	17,19	256,65	17,29	342,02	13,13	427,40	16,11	485,75	17,11
7,02	30,36	93,48	15,48	172,90	17,30	257,73	17,19	349,05	13,16	429,56	16,23	487,37	17,02
9,19	29,80	95,64	15,46	175,06	17,45	258,81	17,09	351,75	13,17	432,26	16,39	489,53	16,90
10,81	29,39	97,26	15,45	179,39	17,76	260,43	16,93	354,99	13,19	436,58	16,65	490,61	16,82
17,83	27,60	102,66	15,42	189,11	18,45	262,60	16,73	356,61	13,20	438,20	16,75	492,24	16,67
18,91	27,33	106,98	15,40	190,19	18,53	264,76	16,53	357,69	13,22	445,23	17,19	494,40	16,45
22,69	26,38	112,39	15,39	191,27	18,57	267,46	16,28	358,77	13,25	448,47	17,40	498,18	16,06
23,77	26,11	117,25	15,39	192,35	18,60	273,94	15,68	362,02	13,34	450,09	17,51	499,02	16,46
28,10	25,06	121,03	15,39	195,60	18,68	278,27	15,30	364,18	13,39	454,95	17,85	499,80	15,89
32,42	24,02	123,73	15,40	200,46	18,81	279,35	15,20	367,42	13,48	456,57	17,96	500,88	15,78
33,50	23,76	125,90	15,43	210,19	19,05	281,51	15,01	371,74	13,60	457,65	17,98	503,04	15,54
35,12	23,37	129,14	15,49	214,51	19,15	287,45	14,49	376,07	13,72	458,74	17,97	505,20	15,30
40,52	22,09	131,84	15,55	218,29	19,23	290,15	14,26	380,39	13,83	460,90	17,94	506,82	15,12
42,15	21,71	135,08	15,62	223,15	19,34	291,23	14,21	390,11	14,10	461,98	17,93	508,45	14,93
44,31	21,20	137,78	15,68	224,23	19,32	294,48	14,09	391,19	14,14	463,06	17,91	510,07	14,74
47,01	20,57	141,02	15,77	226,39	19,22	297,18	13,99	393,36	14,24	464,14	17,89	511,69	14,55
51,87	19,44	142,10	15,80	229,10	19,08	299,34	13,91	395,52	14,34	465,76	17,85	513,85	14,29
52,95	19,19	143,19	15,82	232,34	18,90	309,06	13,56	397,68	14,45	467,38	17,82	514,93	14,16
55,11	18,74	145,89	15,90	234,50	18,79	314,47	13,38	400,92	14,61	469,54	17,76	516,55	13,96
56,73	18,40	149,67	16,02	237,20	18,63	318,25	13,25	404,16	14,78	471,70	17,70	518,17	13,76
57,81	18,26	151,83	16,09	239,36	18,50	320,41	13,18	406,32	14,89	473,86	17,63	519,79	13,55
60,52	18,03	156,15	16,20	242,60	18,31	323,65	13,08	408,49	15,01	475,48	17,57	521,95	13,27
69,16	17,29	157,23	16,24	244,77	18,17	327,44	13,08	411,19	15,16	477,65	17,49	523,03	13,13
71,32	17,11	158,31	16,31	247,47	18,00	330,68	13,09	414,97	15,37	479,27	17,42	524,11	13,01

Rio Doce – Seção 300 (continuação)											
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
525,74	12,86	630,37	5,21	735,64	3,24	1049,93	-1,31	1126,25	12,80	1154,31	22,76
528,44	12,62	635,50	5,41	737,15	1,55	1061,16	-1,54	1127,29	13,15	1155,34	23,11
530,60	12,43	641,33	4,98	738,19	0,67	1071,71	-1,40	1128,32	13,51	1156,37	23,47
533,84	12,16	647,68	5,06	744,17	-0,90	1083,84	-1,44	1129,35	13,87	1157,45	23,85
535,46	12,02	651,04	4,63	753,37	-0,12	1087,93	-1,11	1130,38	14,23	1158,48	24,21
537,62	11,84	652,63	4,82	762,42	0,39	1089,25	-0,84	1131,41	14,59	1159,51	24,57
541,41	11,54	654,65	4,69	792,65	0,59	1092,93	0,67	1132,44	14,95	1160,55	24,93
543,57	11,37	658,28	5,02	817,88	0,61	1096,10	1,70	1133,47	15,31	1161,63	25,31
546,27	11,16	662,03	4,53	829,99	0,52	1098,90	2,78	1134,50	15,67	1162,66	25,67
547,35	11,08	663,94	4,60	842,82	0,52	1101,94	4,13	1135,53	16,03	1163,69	26,03
550,05	10,87	665,46	4,73	856,12	0,44	1103,96	5,13	1136,56	16,40	1164,78	26,41
552,75	10,66	672,78	4,57	869,57	0,45	1106,93	6,47	1137,65	16,78	1165,81	26,77
563,10	10,11	676,16	4,28	882,23	0,36	1108,18	7,54	1138,68	17,14	1166,84	27,14
572,28	9,60	677,66	3,28	894,97	0,31	1110,18	8,08	1139,71	17,51	1167,87	27,50
579,99	9,65	678,86	2,76	908,07	-1,37	1111,60	8,86	1140,74	17,88	1168,90	27,86
584,63	9,50	681,67	2,01	920,81	-1,42	1113,83	9,36	1141,77	18,24	1169,93	28,22
586,75	9,38	685,44	3,10	924,07	-1,44	1114,86	9,64	1142,80	18,61	1170,96	28,58
591,51	9,40	689,69	3,47	929,44	-1,52	1115,89	9,92	1143,83	18,98	1172,00	28,94
593,38	9,10	694,90	4,07	937,61	-1,56	1116,92	10,20	1144,86	19,35	1172,45	29,10
595,86	8,31	697,52	4,15	947,84	-1,51	1117,95	10,47	1145,89	19,72		
598,83	8,06	709,34	3,69	958,65	-1,28	1118,98	10,75	1146,92	20,09		
605,99	7,20	713,78	3,84	972,82	-1,23	1120,01	11,03	1147,95	20,46		
611,34	7,01	716,37	3,76	981,70	-1,05	1121,05	11,32	1148,98	20,84		
614,41	6,19	724,28	3,90	998,84	-1,02	1122,08	11,60	1150,01	21,21		
617,52	6,11	728,27	4,16	1009,91	-0,93	1123,11	11,88	1151,10	21,61		
620,84	5,96	730,46	4,32	1019,87	-0,76	1124,14	12,16	1152,19	22,00		
628,01	5,41	733,71	4,31	1036,76	-0,57	1125,22	12,47	1153,22	22,38		

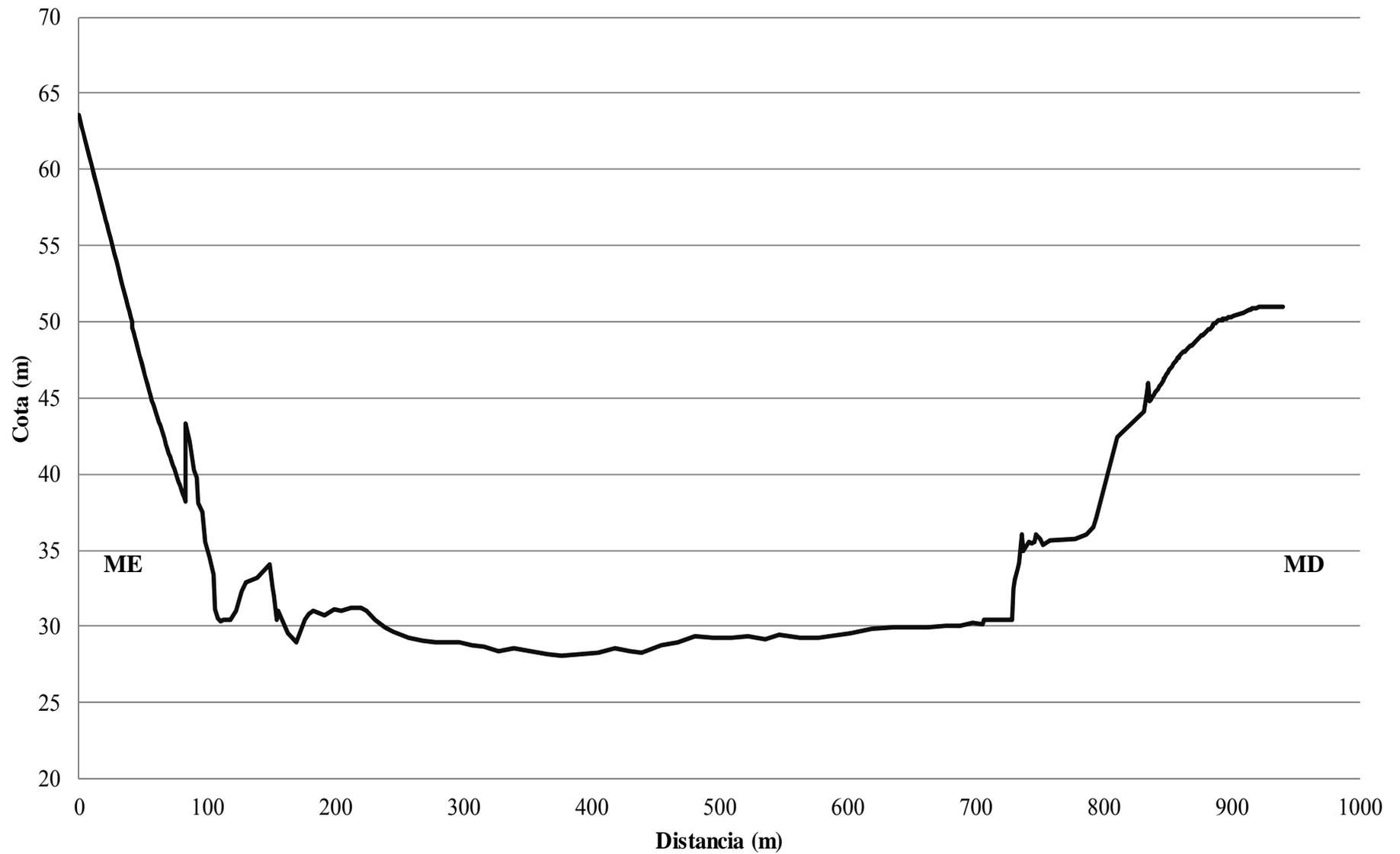
Seção transversal 300 - Rio Doce em Colatina/ES



Rio Doce – Seção 200													
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
0,00	34,00	29,02	24,33	58,12	15,01	91,45	10,19	199,47	1,53	495,42	-0,28	745,81	6,03
1,14	33,61	30,08	23,98	59,18	14,73	92,61	8,56	205,19	1,48	509,48	-0,30	747,17	6,44
2,20	33,25	31,22	23,61	60,24	14,46	96,08	7,96	212,26	1,70	522,06	-0,22	750,38	6,17
3,26	32,88	32,44	23,20	61,38	14,16	98,69	5,99	220,58	1,65	536,20	-0,41	752,89	5,79
4,32	32,52	33,50	22,85	62,44	13,89	101,82	5,01	224,78	1,50	546,81	-0,06	758,39	6,14
5,38	32,16	34,56	22,51	63,50	13,62	104,52	3,81	230,71	0,87	562,92	-0,34	778,35	6,22
6,44	31,81	35,62	22,16	64,56	13,34	106,52	1,58	239,15	0,37	577,46	-0,27	786,46	6,48
7,50	31,45	36,68	21,81	65,70	13,05	108,42	0,98	244,83	0,13	602,93	0,00	792,57	6,94
8,56	31,09	37,74	21,47	66,93	12,74	110,10	0,79	256,95	-0,34	618,95	0,27	794,09	7,53
9,62	30,74	38,80	21,12	68,15	12,42	112,36	0,89	268,00	-0,47	635,48	0,39	810,89	12,92
10,68	30,38	39,86	20,78	69,37	12,11	118,20	0,90	278,29	-0,57	650,55	0,42	831,46	14,53
11,74	30,03	40,92	20,43	70,43	11,84	122,50	1,52	287,33	-0,58	662,56	0,38	833,70	15,73
12,80	29,67	41,98	20,09	71,49	11,57	127,27	2,71	297,15	-0,57	677,41	0,49	835,01	16,37
13,86	29,32	43,04	19,75	72,55	11,30	130,65	3,32	307,07	-0,77	687,58	0,47	836,31	15,24
14,92	28,97	44,10	19,40	73,61	11,03	139,24	3,64	316,45	-0,91	697,78	0,66	837,32	15,38
16,06	28,59	45,24	19,04	74,67	10,76	144,20	4,17	327,54	-1,14	705,04	0,62	838,33	15,51
17,28	28,19	46,30	18,70	75,73	10,50	148,31	4,56	339,61	-1,02	706,56	0,85	839,34	15,65
18,34	27,84	47,44	18,33	76,79	10,23	151,06	3,00	353,24	-1,14	721,20	0,85	840,35	15,78
19,40	27,49	48,50	17,99	77,85	9,96	152,62	2,42	365,59	-1,39	728,35	0,87	841,36	15,92
20,46	27,15	49,56	17,65	78,91	9,69	154,76	0,87	376,97	-1,48	730,07	2,91	842,37	16,05
21,52	26,80	50,62	17,32	79,97	9,43	155,64	1,43	405,16	-1,32	731,20	3,49	843,38	16,18
22,58	26,46	51,76	16,95	81,03	9,16	162,78	-0,03	418,53	-0,99	732,61	4,26	844,39	16,32
23,64	26,11	52,82	16,62	82,09	8,90	170,05	-0,56	430,52	-1,16	733,91	4,64	845,40	16,45
24,70	25,77	53,88	16,28	83,15	8,63	176,58	0,87	439,20	-1,24	736,71	6,49	846,41	16,59
25,84	25,39	54,94	15,95	83,47	13,75	179,45	1,25	454,31	-0,76	737,45	5,42	847,42	16,72
26,90	25,04	56,00	15,61	85,94	12,57	183,33	1,49	467,65	-0,64	741,33	5,96	848,43	16,86
27,96	24,69	57,06	15,28	89,71	10,68	192,06	1,19	480,84	-0,19	744,24	5,85	849,44	16,99

Rio Doce – Seção 200 (continuação)					
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
850,45	17,13	877,73	19,60	918,34	21,35
851,46	17,26	878,74	19,68	919,35	21,38
852,47	17,39	879,75	19,76	920,97	21,43
853,48	17,53	880,76	19,84	921,98	21,42
854,49	17,66	881,77	19,91	922,99	21,42
855,50	17,80	882,78	19,99	924,00	21,42
856,51	17,93	883,79	20,07	925,01	21,42
857,52	18,05	884,80	20,15	926,02	21,41
858,53	18,13	885,81	20,23	927,03	21,41
859,54	18,20	886,82	20,30	928,04	21,41
860,55	18,28	887,83	20,38	929,05	21,41
861,56	18,36	888,84	20,46	930,06	21,41
862,57	18,44	889,85	20,50	931,07	21,40
863,58	18,52	891,47	20,55	932,08	21,40
864,59	18,59	892,48	20,58	933,09	21,40
865,60	18,67	893,49	20,61	934,10	21,40
866,61	18,75	894,60	20,65	935,11	21,39
867,62	18,83	895,91	20,69	936,12	21,39
868,63	18,90	897,33	20,73	937,13	21,39
869,64	18,98	899,04	20,78	938,14	21,39
870,65	19,06	901,67	20,86	939,15	21,39
871,66	19,14	909,15	21,08	939,76	21,38
872,68	19,22	911,67	21,16		
873,69	19,29	913,49	21,21		
874,70	19,37	914,90	21,25		
875,71	19,45	916,12	21,29		

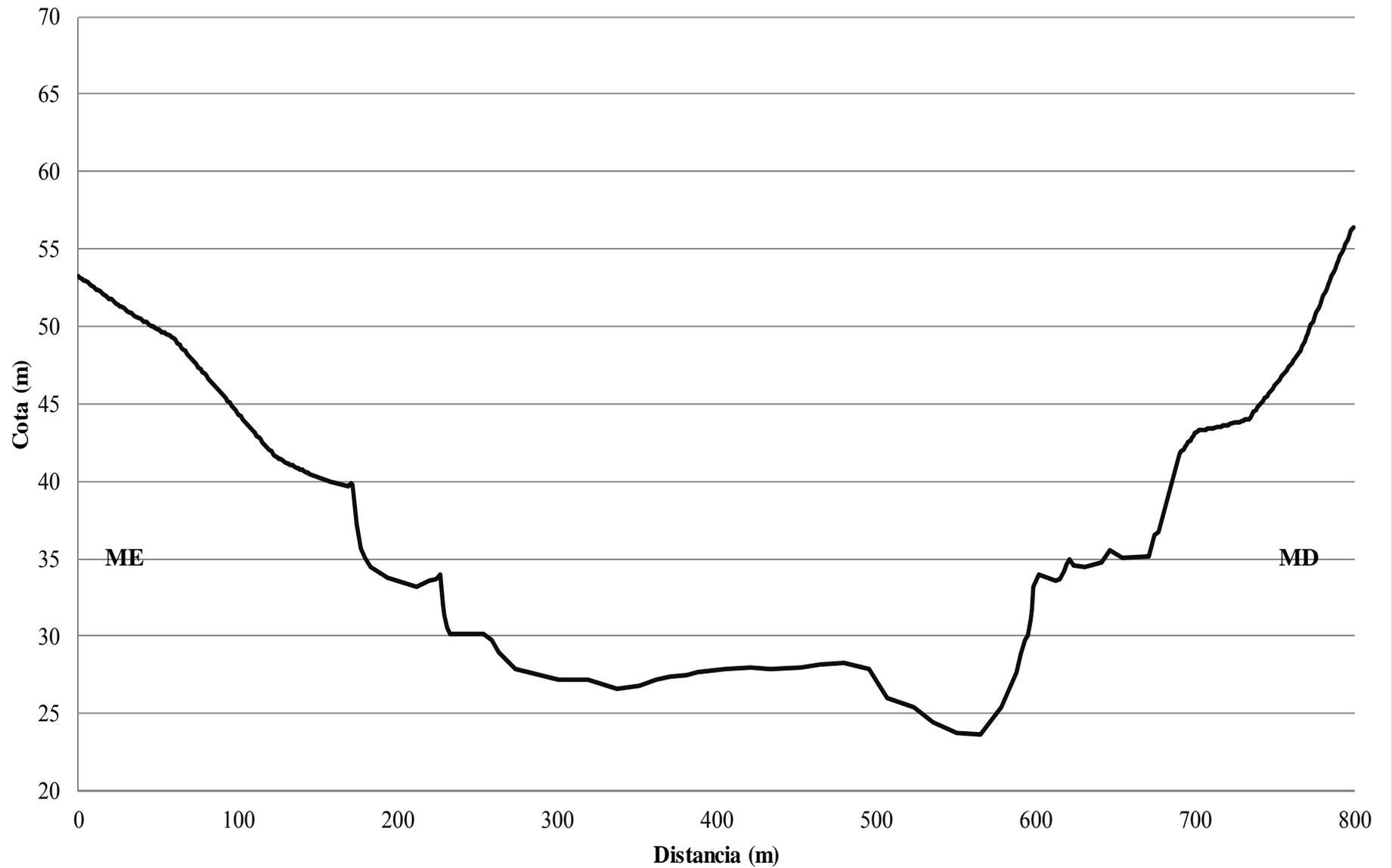
Seção transversal 200 - Rio Doce em Colatina/ES



Rio Doce – Seção 100													
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
0,00	24,03	30,63	21,78	64,39	19,45	98,14	15,39	132,74	11,84	233,26	0,90	588,05	-1,53
1,13	23,95	31,77	21,71	65,52	19,31	100,41	15,10	133,88	11,78	245,61	0,91	590,39	-0,37
2,27	23,86	32,90	21,63	66,66	19,17	101,54	14,96	135,01	11,73	254,18	0,90	593,57	0,49
3,40	23,77	34,04	21,56	67,93	19,02	102,68	14,82	136,57	11,65	258,89	0,49	595,47	0,85
4,54	23,69	35,17	21,49	69,07	18,88	103,81	14,68	137,71	11,59	263,89	-0,25	597,15	1,77
5,67	23,60	36,31	21,41	72,75	18,44	104,95	14,54	138,84	11,54	273,87	-1,32	598,16	2,50
6,81	23,52	39,00	21,24	74,03	18,29	106,08	14,40	139,98	11,49	300,57	-1,99	598,69	3,96
7,94	23,43	40,14	21,17	75,31	18,14	107,22	14,26	141,11	11,44	319,49	-2,08	602,45	4,79
9,08	23,35	41,27	21,10	76,58	17,98	109,49	13,99	142,81	11,37	337,39	-2,66	612,67	4,34
10,21	23,26	42,40	21,03	77,72	17,85	110,62	13,85	143,95	11,32	351,83	-2,46	615,62	4,46
11,35	23,18	43,54	20,96	78,85	17,72	111,76	13,72	145,08	11,28	362,52	-2,04	617,95	4,99
12,48	23,09	44,67	20,89	79,99	17,58	112,89	13,59	158,26	10,79	370,99	-1,86	619,61	5,45
13,62	23,01	45,81	20,82	81,12	17,45	114,03	13,46	169,38	10,45	380,95	-1,77	621,70	5,71
14,75	22,93	46,94	20,76	82,26	17,32	115,16	13,33	170,93	10,66	388,02	-1,58	623,91	5,31
15,88	22,84	48,08	20,69	83,39	17,19	116,29	13,20	172,02	10,57	405,69	-1,33	631,36	5,29
17,02	22,76	49,21	20,62	84,53	17,05	118,70	12,93	174,49	8,04	421,14	-1,29	641,53	5,54
18,15	22,67	50,35	20,56	85,66	16,92	119,84	12,80	176,96	6,39	434,11	-1,38	646,72	6,36
19,29	22,59	51,48	20,49	86,80	16,79	120,97	12,68	179,35	5,88	452,81	-1,23	654,49	5,79
20,42	22,51	52,62	20,42	87,93	16,66	122,11	12,55	183,28	5,26	465,07	-1,03	671,39	5,95
21,56	22,42	54,03	20,34	89,06	16,53	123,24	12,43	193,41	4,59	480,28	-0,98	674,58	7,29
22,69	22,34	55,17	20,28	90,20	16,40	124,38	12,33	212,32	4,00	495,93	-1,33	677,03	7,52
23,83	22,26	57,58	20,14	91,33	16,27	125,51	12,26	219,72	4,38	507,19	-3,18	690,21	12,56
24,96	22,18	58,71	20,08	92,47	16,13	126,65	12,19	224,59	4,47	523,97	-3,78	691,38	12,71
26,09	22,09	59,85	20,00	93,60	15,98	127,78	12,12	226,89	4,71	536,07	-4,78	692,55	12,86
27,23	22,01	60,98	19,86	94,74	15,83	128,92	12,05	228,26	2,77	550,68	-5,45	693,61	13,00
28,36	21,93	62,12	19,72	95,87	15,68	130,48	11,97	229,78	2,06	565,37	-5,56	694,67	13,14
29,50	21,86	63,25	19,59	97,01	15,53	131,61	11,90	231,21	1,30	578,50	-3,79	695,73	13,28

Rio Doce – Seção 100 (continuação)							
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
696,90	13,43	729,33	14,67	761,76	18,58	791,11	25,30
697,97	13,57	730,40	14,70	762,93	18,75	792,17	25,56
699,14	13,72	731,46	14,74	764,10	18,91	793,23	25,81
700,20	13,86	732,52	14,78	765,27	19,08	794,40	26,09
701,26	14,00	733,59	14,81	766,33	19,25	795,68	26,39
702,33	14,08	734,65	14,92	767,40	19,52	796,85	26,66
703,39	14,09	735,93	15,08	768,46	19,78	798,02	26,94
704,45	14,10	736,99	15,22	769,52	20,05	799,08	27,18
705,52	14,12	738,37	15,41	770,59	20,31		
706,58	14,13	739,43	15,55	771,65	20,57		
707,64	14,15	742,73	15,98	772,71	20,84		
708,71	14,16	743,90	16,13	773,78	21,10		
709,77	14,18	745,18	16,30	774,84	21,36		
711,05	14,20	746,35	16,46	776,01	21,65		
713,49	14,25	747,51	16,61	777,18	21,94		
714,55	14,27	748,58	16,75	778,24	22,20		
715,62	14,29	749,75	16,90	779,41	22,48		
716,68	14,32	750,92	17,05	780,48	22,74		
717,74	14,34	751,98	17,19	781,54	23,00		
718,81	14,37	753,04	17,34	782,60	23,26		
719,87	14,39	754,21	17,51	783,66	23,51		
720,93	14,42	755,28	17,66	784,73	23,77		
722,00	14,45	756,34	17,81	785,79	24,03		
725,08	14,53	757,40	17,96	786,85	24,28		
726,14	14,57	758,47	18,11	787,92	24,54		
727,21	14,60	759,53	18,26	788,98	24,79		
728,27	14,63	760,70	18,43	790,04	25,05		

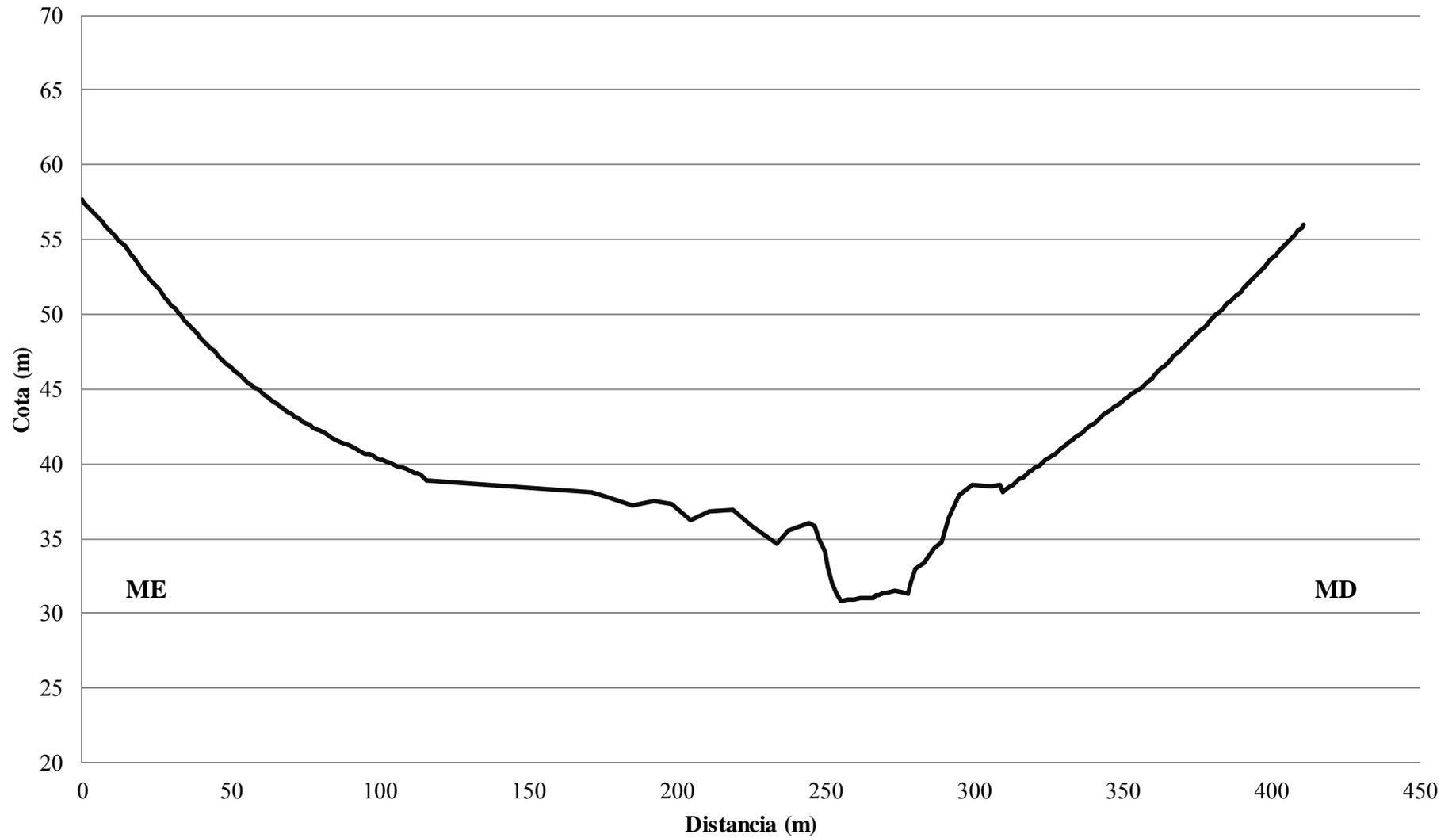
Seção transversal 100 - Rio Doce em Colatina/ES



Rio Pancas – Seção Montante													
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
0,00	27,35	29,96	20,33	59,09	14,65	89,55	10,93	192,33	7,17	271,34	1,12	322,97	9,77
1,00	27,12	31,13	20,06	60,09	14,50	90,56	10,84	198,08	7,03	273,55	1,17	324,07	9,93
2,01	26,89	32,14	19,83	61,43	14,29	91,56	10,74	204,73	5,90	275,76	1,10	325,17	10,08
3,18	26,62	33,14	19,60	62,44	14,15	94,41	10,49	210,95	6,53	277,66	1,02	326,27	10,24
4,18	26,39	34,31	19,34	63,44	14,00	95,41	10,40	219,07	6,65	278,80	1,78	327,37	10,40
5,69	26,06	35,32	19,11	64,78	13,81	96,42	10,31	225,23	5,50	280,39	2,73	328,47	10,58
6,70	25,84	36,32	18,89	65,78	13,67	97,42	10,23	233,57	4,38	283,09	3,13	329,57	10,75
7,87	25,59	37,33	18,67	66,79	13,53	99,09	10,09	237,40	5,20	284,36	3,41	330,67	10,92
8,87	25,38	38,67	18,38	67,79	13,39	100,10	10,01	244,22	5,73	286,90	4,07	331,77	11,10
9,88	25,17	39,84	18,13	68,80	13,25	101,10	9,93	246,61	5,58	289,31	4,44	332,87	11,27
11,05	24,92	40,84	17,92	69,80	13,12	102,11	9,85	247,72	4,68	291,55	6,15	333,97	11,44
12,39	24,65	42,35	17,60	70,80	12,99	103,44	9,74	249,71	3,85	295,11	7,65	335,07	11,61
13,56	24,41	43,35	17,40	71,81	12,86	104,45	9,66	250,90	2,83	299,61	8,31	336,17	11,78
14,56	24,18	44,36	17,19	73,15	12,69	105,45	9,59	252,43	1,75	305,66	8,15	337,27	11,95
15,57	23,93	45,53	16,95	74,15	12,57	106,46	9,51	253,60	1,01	308,68	8,26	338,37	12,12
16,57	23,66	46,53	16,75	75,16	12,45	107,46	9,44	255,48	0,52	309,78	7,84	339,47	12,29
17,58	23,40	47,54	16,56	76,50	12,29	108,97	9,33	257,46	0,58	310,87	8,01	340,57	12,46
18,58	23,14	48,54	16,39	77,50	12,17	109,97	9,26	258,54	0,65	311,97	8,17	341,67	12,63
19,58	22,88	49,55	16,21	78,67	12,03	110,98	9,19	259,64	0,67	313,07	8,33	342,77	12,80
20,76	22,58	50,55	16,04	79,84	11,90	111,98	9,12	261,67	0,72	314,17	8,49	343,87	12,97
21,76	22,33	51,56	15,87	80,85	11,79	112,99	9,05	262,71	0,75	315,27	8,65	344,97	13,14
23,10	21,99	52,89	15,64	81,85	11,69	113,99	8,94	263,80	0,70	316,37	8,81	346,07	13,30
24,10	21,74	53,90	15,47	84,03	11,47	114,99	8,77	264,85	0,72	317,47	8,97	347,16	13,47
25,78	21,33	54,90	15,31	85,03	11,37	116,00	8,61	265,88	0,77	318,57	9,13	348,26	13,64
26,78	21,09	56,07	15,12	86,04	11,27	171,41	7,83	266,90	0,95	319,67	9,29	349,46	13,82
27,95	20,81	57,08	14,96	87,04	11,17	176,23	7,51	267,91	0,94	320,77	9,45	350,66	14,00
28,96	20,57	58,08	14,80	88,21	11,06	185,06	6,95	269,06	1,02	321,87	9,61	351,76	14,17

Rio Pancas – Seção Montante			
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
352,96	14,35	383,95	20,13
354,16	14,53	385,05	20,34
356,16	14,83	386,15	20,55
357,36	15,01	387,25	20,76
358,56	15,19	388,35	20,97
359,66	15,40	389,55	21,20
360,76	15,62	390,65	21,42
361,86	15,83	391,85	21,67
362,96	16,05	392,95	21,90
364,06	16,27	394,15	22,15
365,16	16,48	395,45	22,42
366,26	16,70	396,65	22,67
367,36	16,91	397,95	22,94
368,46	17,13	399,15	23,19
369,56	17,34	400,25	23,42
370,66	17,56	401,35	23,65
371,76	17,77	402,45	23,88
372,86	17,98	403,65	24,13
373,96	18,20	404,75	24,35
375,06	18,41	405,85	24,58
376,16	18,62	406,95	24,81
377,26	18,84	408,05	25,04
378,36	19,05	409,15	25,27
379,46	19,26	410,25	25,50
380,56	19,47	411,05	25,66
381,66	19,69		
382,76	19,90		

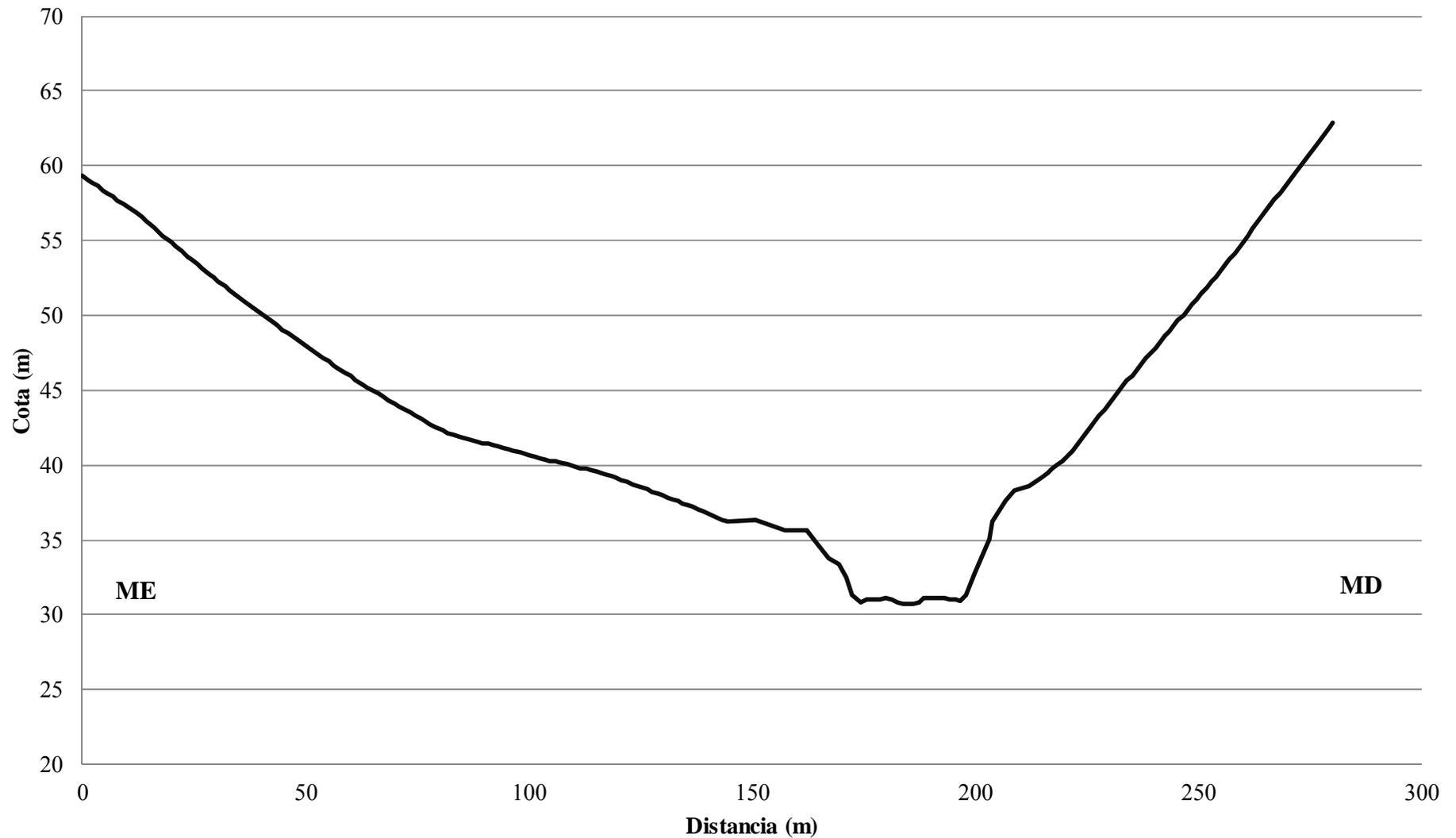
Seção transversal Pancas Montante - Rio Pancas em Colatina/ES



Rio Pancas – Seção Jusante													
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
0,00	29,09	33,07	21,44	65,01	14,75	98,07	10,59	133,40	7,34	188,63	0,85	226,86	12,66
1,13	28,85	34,20	21,18	66,28	14,52	100,19	10,42	134,53	7,21	190,02	0,93	227,92	13,06
2,26	28,61	35,75	20,83	67,41	14,31	101,32	10,34	135,66	7,07	191,51	0,93	228,92	13,44
3,39	28,38	36,88	20,57	68,54	14,11	102,45	10,25	136,79	6,94	192,99	0,88	229,99	13,85
4,52	28,14	38,01	20,32	69,95	13,86	103,58	10,17	138,07	6,79	194,35	0,82	230,99	14,22
5,65	27,91	39,14	20,07	71,08	13,66	104,72	10,08	139,20	6,66	195,57	0,75	232,06	14,63
6,78	27,68	40,27	19,82	72,21	13,47	105,85	10,00	143,44	6,15	196,68	0,67	233,06	15,01
7,91	27,47	41,41	19,58	73,48	13,25	106,98	9,92	144,57	6,01	198,01	1,13	234,12	15,40
9,04	27,25	42,54	19,34	74,61	13,07	108,53	9,80	151,00	6,13	200,05	2,61	235,19	15,78
10,17	27,03	43,67	19,10	75,75	12,88	109,66	9,72	157,41	5,42	203,30	4,79	236,26	16,16
12,01	26,68	44,94	18,83	76,88	12,70	111,64	9,58	162,34	5,39	203,91	6,01	237,26	16,51
13,28	26,35	46,07	18,59	78,01	12,51	112,77	9,51	164,62	4,51	206,87	7,34	238,33	16,89
14,41	26,05	47,20	18,36	79,14	12,34	113,90	9,43	167,18	3,54	208,83	8,07	239,33	17,25
15,83	25,67	48,33	18,11	80,69	12,09	115,03	9,35	169,50	3,20	211,92	8,31	240,39	17,62
16,96	25,38	49,46	17,86	81,82	11,94	116,16	9,28	171,09	2,30	212,92	8,54	241,39	17,98
18,09	25,09	50,59	17,62	82,95	11,84	117,29	9,17	172,58	1,13	213,98	8,77	242,46	18,35
19,78	24,66	51,72	17,38	84,08	11,74	118,42	9,04	174,34	0,64	214,99	8,99	243,46	18,70
20,91	24,37	52,85	17,14	85,21	11,64	119,55	8,92	175,68	0,76	216,19	9,26	244,53	19,08
22,05	24,09	53,98	16,91	86,48	11,53	120,68	8,79	177,04	0,79	217,45	9,55	245,53	19,43
23,46	23,73	55,11	16,68	88,61	11,35	121,96	8,65	178,52	0,79	218,59	9,80	246,59	19,80
24,59	23,45	56,24	16,45	89,74	11,26	123,23	8,51	179,91	0,86	219,65	10,05	247,66	20,17
25,72	23,18	57,37	16,22	90,87	11,17	126,62	8,12	181,38	0,82	220,65	10,31	248,66	20,52
26,85	22,90	58,93	15,91	92,00	11,07	127,75	7,99	182,70	0,63	221,72	10,71	249,73	20,89
28,26	22,56	60,06	15,69	93,13	10,98	128,88	7,86	183,88	0,54	222,72	11,09	250,80	21,25
29,39	22,30	61,19	15,47	94,26	10,89	130,01	7,73	184,91	0,51	223,79	11,50	251,86	21,62
30,52	22,03	62,74	15,17	95,39	10,80	131,14	7,60	186,20	0,52	224,79	11,88	252,93	21,99
31,94	21,70	63,87	14,96	96,66	10,70	132,27	7,47	187,38	0,63	225,85	12,28	254,00	22,35

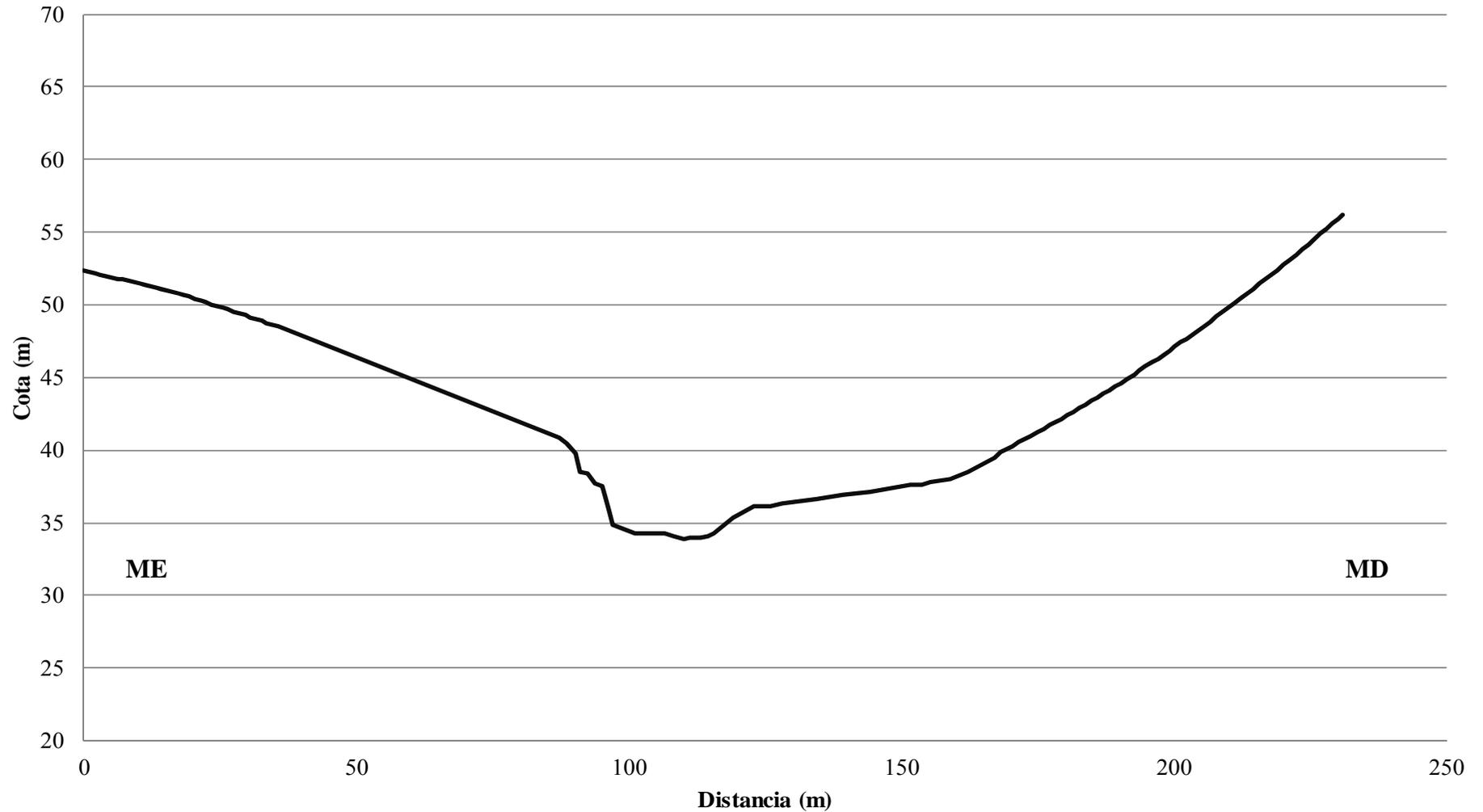
Rio Pancas – Seção Jusante	
Dist (m)	Cota (m)
255,00	22,69
256,06	23,09
257,06	23,49
258,07	23,89
259,13	24,32
260,13	24,72
261,13	25,12
262,13	25,52
263,13	25,92
264,20	26,35
265,20	26,74
266,20	27,14
267,20	27,54
268,20	27,93
269,20	28,33
270,20	28,72
271,27	29,14
272,27	29,53
273,27	29,93
274,27	30,32
275,41	30,76
276,41	31,15
277,47	31,56
278,47	31,95
279,54	32,37
280,21	32,62

Seção transversal Pancas Jusante - Rio Pancas em Colatina/ES



Rio Santa Maria – Seção Montante									
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
0,00	18,55	27,53	15,69	119,06	1,53	183,86	9,30	213,64	16,97
1,02	18,45	28,54	15,56	122,90	2,25	184,93	9,55	214,71	17,28
2,04	18,36	29,56	15,43	125,92	2,31	186,01	9,79	215,79	17,60
3,05	18,26	30,58	15,30	128,28	2,47	187,08	10,04	216,86	17,92
4,07	18,16	31,60	15,17	134,54	2,75	188,16	10,29	217,94	18,24
5,09	18,07	32,62	15,04	139,23	3,11	189,23	10,54	219,01	18,56
6,11	17,97	33,63	14,91	144,21	3,27	190,31	10,80	220,09	18,89
7,13	17,88	34,65	14,78	151,73	3,76	191,38	11,05	221,16	19,22
8,15	17,79	35,67	14,65	153,70	3,72	192,67	11,37	222,56	19,65
9,16	17,69	87,17	6,99	155,56	3,93	193,75	11,63	223,64	19,98
10,18	17,60	88,73	6,59	159,03	4,13	194,82	11,89	224,71	20,31
11,20	17,51	90,12	5,94	162,38	4,68	196,01	12,19	225,79	20,65
12,22	17,42	91,19	4,70	167,16	5,66	197,08	12,46	226,97	21,03
13,24	17,33	92,45	4,54	168,16	6,05	198,16	12,73	228,04	21,37
14,25	17,24	93,91	3,88	169,24	6,25	199,23	13,01	229,12	21,71
15,27	17,15	95,25	3,68	170,31	6,46	200,31	13,28	230,19	22,06
16,33	17,05	96,22	2,21	171,60	6,71	201,38	13,56	230,95	22,30
17,34	16,97	97,06	1,00	172,68	6,92	202,46	13,84		
18,36	16,84	101,07	0,47	173,75	7,14	203,53	14,13		
19,38	16,71	105,03	0,41	175,04	7,41	204,61	14,42		
20,40	16,58	106,72	0,38	176,12	7,63	205,68	14,72		
21,42	16,46	108,27	0,27	177,19	7,85	206,76	15,02		
22,43	16,33	110,25	0,08	178,27	8,08	207,94	15,34		
23,45	16,20	111,32	0,11	179,45	8,33	209,02	15,65		
24,47	16,07	113,13	0,15	180,53	8,57	210,09	15,95		
25,49	15,95	114,44	0,27	181,60	8,80	211,17	16,26		
26,51	15,82	115,72	0,47	182,68	9,04	212,56	16,66		

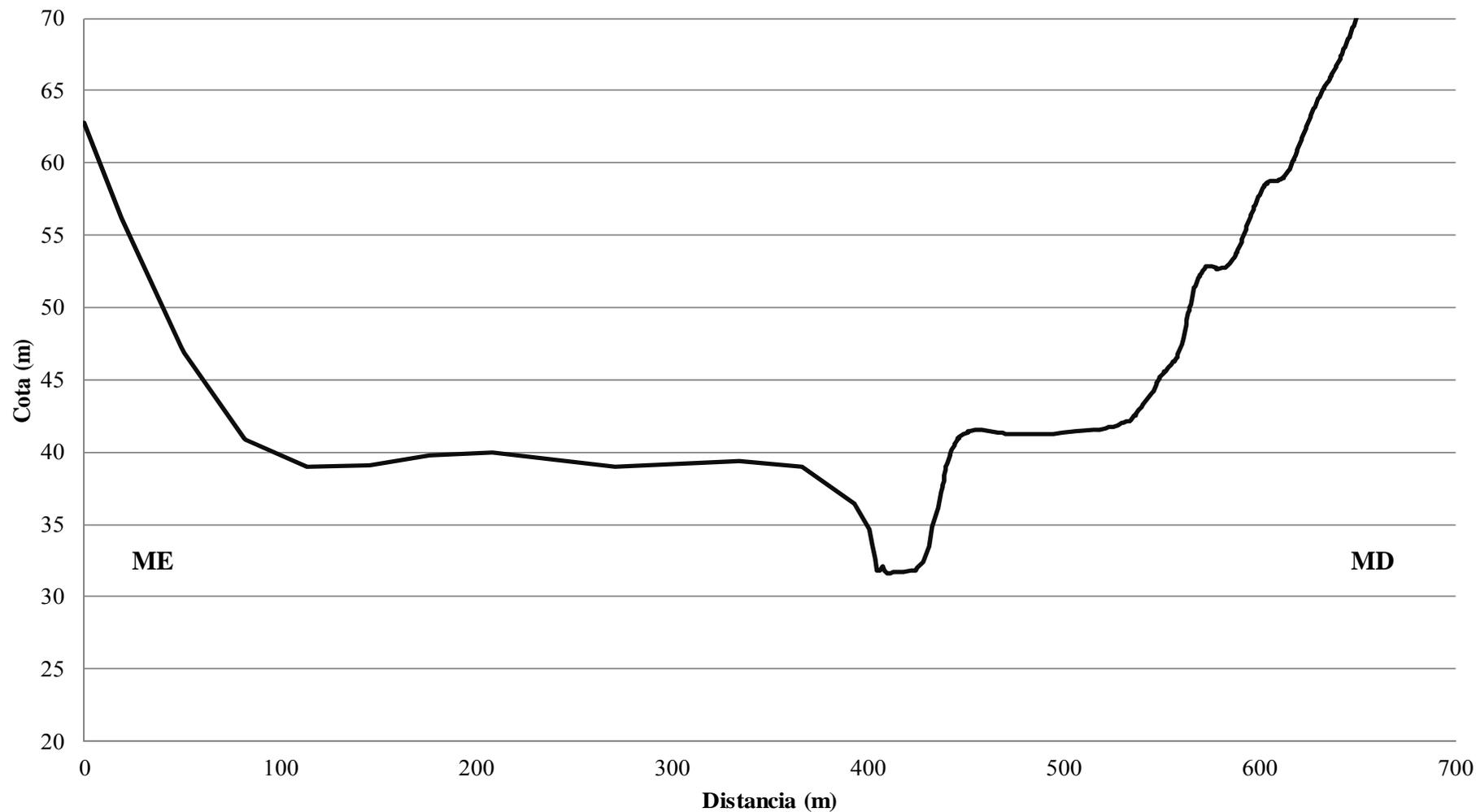
Seção transversal Santa Maria Montante - Rio Pancas em Colatina/ES



Rio Santa Maria – Seção Jusante													
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
0,00	31,25	50,79	15,34	96,58	8,48	142,76	7,55	198,17	8,35	229,72	8,10	304,37	7,61
1,92	30,58	52,72	14,97	101,59	8,18	144,30	7,55	199,32	8,35	230,88	8,08	305,53	7,62
3,08	30,18	53,87	14,75	106,20	7,90	145,45	7,56	200,48	8,36	232,03	8,06	307,07	7,62
4,62	29,64	55,41	14,46	110,82	7,62	148,53	7,62	201,63	8,37	233,19	8,05	308,22	7,63
6,93	28,84	56,57	14,24	113,52	7,46	153,53	7,73	202,79	8,38	234,34	8,03	309,76	7,64
8,85	28,17	58,10	13,94	114,67	7,45	158,54	7,83	203,94	8,38	235,49	8,01	310,91	7,65
10,01	27,77	59,26	13,72	116,59	7,46	163,15	7,93	205,10	8,39	236,65	7,99	312,45	7,66
12,31	26,96	60,80	13,43	117,75	7,46	168,16	8,04	206,25	8,40	237,80	7,98	313,61	7,67
14,24	26,30	61,95	13,21	118,90	7,47	173,16	8,14	207,40	8,40	238,96	7,96	315,15	7,68
16,16	25,63	63,11	12,99	120,44	7,47	176,62	8,21	208,56	8,41	243,19	7,90	316,30	7,68
17,32	25,22	64,26	12,77	121,60	7,48	177,78	8,22	209,71	8,39	248,58	7,81	317,84	7,69
18,86	24,69	65,42	12,54	122,75	7,48	179,32	8,23	210,87	8,37	253,58	7,73	319,00	7,70
20,01	24,34	66,57	12,32	123,90	7,48	180,47	8,24	212,02	8,36	258,58	7,65	320,53	7,71
22,32	23,67	68,11	12,03	125,44	7,49	181,62	8,25	213,18	8,34	263,20	7,58	321,69	7,72
23,86	23,21	69,26	11,81	126,60	7,49	182,78	8,25	214,33	8,32	267,82	7,51	322,84	7,72
26,17	22,54	70,80	11,51	127,75	7,50	183,93	8,26	215,48	8,31	271,28	7,45	324,38	7,73
27,32	22,20	71,96	11,29	128,91	7,50	185,09	8,27	216,64	8,29	272,43	7,45	325,54	7,74
30,01	21,41	73,50	11,00	130,45	7,51	186,24	8,28	217,79	8,27	275,51	7,47	327,08	7,75
31,17	21,07	74,65	10,78	131,60	7,51	187,78	8,28	218,95	8,26	278,59	7,48	328,23	7,76
33,48	20,39	76,19	10,48	132,75	7,51	188,94	8,29	220,10	8,24	281,67	7,50	329,77	7,77
35,02	19,94	77,34	10,26	133,91	7,52	190,09	8,30	221,26	8,22	285,13	7,51	330,92	7,78
37,33	19,27	78,88	9,97	135,45	7,52	191,24	8,31	222,41	8,20	288,21	7,53	332,46	7,78
40,79	18,25	80,04	9,75	136,60	7,53	192,40	8,31	223,57	8,19	291,68	7,54	333,62	7,79
42,71	17,69	81,58	9,45	137,76	7,53	193,55	8,32	224,72	8,17	295,14	7,56	334,77	7,80
46,18	16,67	82,73	9,31	139,30	7,54	194,71	8,33	225,87	8,15	298,60	7,58	339,39	7,75
47,72	16,22	86,96	9,06	140,45	7,54	195,86	8,33	227,41	8,13	302,06	7,60	346,32	7,68
49,64	15,66	91,97	8,76	141,61	7,54	197,01	8,34	228,57	8,11	303,22	7,60	352,86	7,61

Rio Santa Maria – Seção Jusante											
Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)	Dist (m)	Cota (m)
359,02	7,55	407,46	0,53	463,15	7,41	491,76	10,20	527,05	15,34	555,66	21,48
364,40	7,50	408,56	0,27	464,21	7,52	492,82	10,32	528,11	15,57	556,72	21,75
366,33	7,48	409,96	0,09	465,27	7,62	495,26	10,66	529,17	15,79	558,00	22,09
367,87	7,33	411,85	0,05	466,33	7,73	497,17	10,93	530,23	16,02	559,48	22,48
369,02	7,22	412,86	0,18	467,39	7,83	498,97	11,18	531,29	16,25	560,65	22,79
370,17	7,10	413,97	0,17	468,45	7,93	500,45	11,39	532,35	16,48	0,00	0,00
371,33	6,99	416,59	0,20	469,51	8,04	502,04	11,62	533,41	16,71	0,00	0,00
373,25	6,81	417,62	0,17	470,57	8,14	503,10	11,76	534,47	16,93	0,00	0,00
374,41	6,69	418,71	0,15	471,63	8,24	504,69	11,99	535,53	17,16	0,00	0,00
375,56	6,58	419,82	0,19	472,69	8,35	505,86	12,15	536,59	17,39	0,00	0,00
377,49	6,39	422,06	0,26	473,75	8,45	507,02	12,32	537,65	17,62	0,00	0,00
378,64	6,28	423,21	0,26	474,81	8,55	508,19	12,48	538,71	17,84	0,00	0,00
379,80	6,17	424,36	0,27	475,87	8,66	509,25	12,63	539,77	18,07	0,00	0,00
381,72	5,98	425,64	0,50	476,93	8,76	510,31	12,78	540,83	18,30	0,00	0,00
382,87	5,87	428,23	0,81	477,99	8,86	511,37	12,93	541,89	18,53	0,00	0,00
384,80	5,68	431,61	1,98	479,05	8,97	513,17	13,18	542,95	18,75	0,00	0,00
385,95	5,57	432,78	3,28	480,11	9,07	514,23	13,33	544,01	18,98	0,00	0,00
387,11	5,46	435,91	4,57	481,17	9,17	515,82	13,55	545,07	19,21	0,00	0,00
389,03	5,27	437,48	5,65	482,23	9,28	516,88	13,70	546,13	19,44	0,00	0,00
390,18	5,16	452,13	6,04	483,29	9,38	518,25	13,89	547,19	19,66	0,00	0,00
392,11	4,97	453,40	6,20	484,35	9,48	519,31	14,04	548,25	19,89	0,00	0,00
393,26	4,86	455,21	6,44	485,40	9,59	520,59	14,22	549,31	20,12	0,00	0,00
400,55	3,16	456,26	6,58	486,46	9,69	521,65	14,37	550,36	20,34	0,00	0,00
402,02	2,03	458,28	6,84	487,52	9,79	522,81	14,53	551,43	20,57	0,00	0,00
403,84	1,07	459,34	6,98	488,58	9,90	523,87	14,68	552,49	20,80	0,00	0,00
404,99	0,27	461,03	7,21	489,64	10,00	524,93	14,88	553,54	21,03	0,00	0,00
406,15	0,27	462,09	7,31	490,70	10,10	525,99	15,11	554,60	21,25	0,00	0,00

Seção transversal Santa Maria Jusante - Rio Pancas em Colatina/ES



ANEXO VI – HIDROGRAMAS DOS ANOS HIDROLÓGICOS 1978/1979, 2008/2009, 2011/2012 E 2013/2014

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 1978/1979							
Data/hora	Vazão (m ³ /s)	Data/hora	Vazão (m ³ /s)	Data/hora	Vazão (m ³ /s)	Data/hora	Vazão (m ³ /s)
01/01/1979	1310	25/01/1979	4330	18/02/1979	5482	14/03/1979	2131
02/01/1979	1007	26/01/1979	5049	19/02/1979	5272	15/03/1979	1926
03/01/1979	874	27/01/1979	5808	20/02/1979	4914	16/03/1979	1811
04/01/1979	811	28/01/1979	6054	21/02/1979	4748	17/03/1979	3422
05/01/1979	777	29/01/1979	6242	22/02/1979	4666	18/03/1979	3215
06/01/1979	764	30/01/1979	6575	23/02/1979	4699	19/03/1979	3960
07/01/1979	757	31/01/1979	6511	24/02/1979	4472	20/03/1979	3637
08/01/1979	1007	01/02/1979	6768	25/02/1979	4282	21/03/1979	3724
09/01/1979	1182	02/02/1979	6881	26/02/1979	3563	22/03/1979	3608
10/01/1979	1631	03/02/1979	7712	27/02/1979	3242	23/03/1979	3409
11/01/1979	1700	04/02/1979	8226	28/02/1979	2834	24/03/1979	2950
12/01/1979	1536	05/02/1979	11200	01/03/1979	2621	25/03/1979	2708
13/01/1979	1740	06/02/1979	10399	02/03/1979	2416	26/03/1979	2796
14/01/1979	1811	07/02/1979	9472	03/03/1979	2187	27/03/1979	2560
15/01/1979	1811	08/02/1979	7543	04/03/1979	2597	28/03/1979	2405
16/01/1979	1770	09/02/1979	7045	05/03/1979	2098	29/03/1979	2266
17/01/1979	1750	10/02/1979	6511	06/03/1979	2369	30/03/1979	2131
18/01/1979	1651	11/02/1979	5808	07/03/1979	2745	31/03/1979	2043
19/01/1979	1565	12/02/1979	5326	08/03/1979	3352		
20/01/1979	2120	13/02/1979	4781	09/03/1979	3202		
21/01/1979	2358	14/02/1979	4081	10/03/1979	2796		
22/01/1979	2695	15/02/1979	3679	11/03/1979	2671		
23/01/1979	3479	16/02/1979	3945	12/03/1979	2381		
24/01/1979	4142	17/02/1979	4537	13/03/1979	2198		

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2008/2009									
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
13/12/08 14:00	612,7	15/12/08 14:00	754	17/12/08 14:00	1512,5	19/12/08 14:00	3721,7	21/12/08 14:00	4493,6
13/12/08 16:00	612,7	15/12/08 16:00	778,6	17/12/08 16:00	1528,3	19/12/08 16:00	3831,8	21/12/08 16:00	4517,1
13/12/08 18:00	595,8	15/12/08 18:00	791	17/12/08 18:00	1624,3	19/12/08 18:00	3887,4	21/12/08 18:00	4540,7
13/12/08 20:00	584,7	15/12/08 20:00	791	17/12/08 20:00	1681,3	19/12/08 20:00	3887,4	21/12/08 20:00	4540,7
13/12/08 22:00	579,1	15/12/08 22:00	816	17/12/08 22:00	1706	19/12/08 22:00	3854	21/12/08 22:00	4493,6
14/12/08 0:00	557,1	16/12/08 0:00	879,8	18/12/08 0:00	1722,5	20/12/08 0:00	3831,8	22/12/08 0:00	4493,6
14/12/08 2:00	557,1	16/12/08 2:00	965,3	18/12/08 2:00	1772,3	20/12/08 2:00	3887,4	22/12/08 2:00	4470,2
14/12/08 4:00	535,3	16/12/08 4:00	972	18/12/08 4:00	1890,7	20/12/08 4:00	3943,2	22/12/08 4:00	4458,5
14/12/08 6:00	535,3	16/12/08 6:00	972	18/12/08 6:00	1959,6	20/12/08 6:00	3965,6	22/12/08 6:00	4458,5
14/12/08 8:00	535,3	16/12/08 8:00	972	18/12/08 8:00	2029,3	20/12/08 8:00	3976,8	22/12/08 8:00	4435,1
14/12/08 10:00	546,2	16/12/08 10:00	972	18/12/08 10:00	2135,6	20/12/08 10:00	4055,7	22/12/08 10:00	4423,4
14/12/08 12:00	557,1	16/12/08 12:00	985,4	18/12/08 12:00	2298,8	20/12/08 12:00	4123,7	22/12/08 12:00	4376,8
14/12/08 14:00	590,2	16/12/08 14:00	1039,9	18/12/08 14:00	2419,4	20/12/08 14:00	4055,7	22/12/08 14:00	4284,1
14/12/08 16:00	601,4	16/12/08 16:00	1067,5	18/12/08 16:00	2551,7	20/12/08 16:00	4101	22/12/08 16:00	4226,6
14/12/08 18:00	612,7	16/12/08 18:00	1067,5	18/12/08 18:00	2784,5	20/12/08 18:00	4238,1	22/12/08 18:00	4215,1
14/12/08 20:00	612,7	16/12/08 20:00	1081,4	18/12/08 20:00	2953,9	20/12/08 20:00	4238,1	22/12/08 20:00	4146,5
14/12/08 22:00	635,5	16/12/08 22:00	1102,4	18/12/08 22:00	3085,8	20/12/08 22:00	4238,1	22/12/08 22:00	4146,5
15/12/08 0:00	647	17/12/08 0:00	1151,9	19/12/08 0:00	3178,4	21/12/08 0:00	4284,1	23/12/08 0:00	4146,5
15/12/08 2:00	670,3	17/12/08 2:00	1224,1	19/12/08 2:00	3261,5	21/12/08 2:00	4307,2	23/12/08 2:00	4123,7
15/12/08 4:00	682	17/12/08 4:00	1342,8	19/12/08 4:00	3345,5	21/12/08 4:00	4342	23/12/08 4:00	3988
15/12/08 6:00	682	17/12/08 6:00	1357,9	19/12/08 6:00	3515,6	21/12/08 6:00	4353,6	23/12/08 6:00	3865,1
15/12/08 8:00	682	17/12/08 8:00	1419	19/12/08 8:00	3558,6	21/12/08 8:00	4376,8	23/12/08 8:00	3623,5
15/12/08 10:00	693,9	17/12/08 10:00	1481,1	19/12/08 10:00	3591	21/12/08 10:00	4423,4	23/12/08 10:00	3483,5
15/12/08 12:00	717,7	17/12/08 12:00	1512,5	19/12/08 12:00	3645,3	21/12/08 12:00	4458,5	23/12/08 12:00	3345,5

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2008/2009 (Continuação)

Data/hora	Vazão (m³/s)								
23/12/08 14:00	3240,7	25/12/08 14:00	1624,3	27/12/08 14:00	1789,1	29/12/08 14:00	2298,8	31/12/08 14:00	3377,1
23/12/08 16:00	3106,3	25/12/08 16:00	1560,1	27/12/08 16:00	1789,1	29/12/08 16:00	2135,6	31/12/08 16:00	3356
23/12/08 18:00	2804,2	25/12/08 18:00	1481,1	27/12/08 18:00	1856,6	29/12/08 18:00	1994,3	31/12/08 18:00	3356
23/12/08 20:00	2804,2	25/12/08 20:00	1528,3	27/12/08 20:00	1942,3	29/12/08 20:00	1942,3	31/12/08 20:00	3345,5
23/12/08 22:00	2784,5	25/12/08 22:00	1624,3	27/12/08 22:00	2100	29/12/08 22:00	2082,2	31/12/08 22:00	3345,5
24/12/08 0:00	2745,2	26/12/08 0:00	1789,1	28/12/08 0:00	2262,2	30/12/08 0:00	2298,8	1/1/09 0:00	3345,5
24/12/08 2:00	2609,2	26/12/08 2:00	1873,6	28/12/08 2:00	2335,7	30/12/08 2:00	2628,5	1/1/09 2:00	3345,5
24/12/08 4:00	2317,2	26/12/08 4:00	1890,7	28/12/08 4:00	2335,7	30/12/08 4:00	2725,6	1/1/09 4:00	3313,9
24/12/08 6:00	2262,2	26/12/08 6:00	1873,6	28/12/08 6:00	2280,5	30/12/08 6:00	2893,7	1/1/09 6:00	3303,4
24/12/08 8:00	2207,6	26/12/08 8:00	1848,1	28/12/08 8:00	2262,2	30/12/08 8:00	2933,7	1/1/09 8:00	3303,4
24/12/08 10:00	2135,6	26/12/08 10:00	1822,7	28/12/08 10:00	2225,7	30/12/08 10:00	2913,7	1/1/09 10:00	3377,1
24/12/08 12:00	2055,7	26/12/08 12:00	1755,7	28/12/08 12:00	2171,5	30/12/08 12:00	2814,1	1/1/09 12:00	3398,3
24/12/08 14:00	2003,1	26/12/08 14:00	1640,6	28/12/08 14:00	2117,8	30/12/08 14:00	2667,2	1/1/09 14:00	3419,5
24/12/08 16:00	1968,2	26/12/08 16:00	1544,2	28/12/08 16:00	2046,9	30/12/08 16:00	2590	1/1/09 16:00	3440,8
24/12/08 18:00	1882,1	26/12/08 18:00	1481,1	28/12/08 18:00	2011,8	30/12/08 18:00	2667,2	1/1/09 18:00	3451,4
24/12/08 20:00	1865,1	26/12/08 20:00	1544,2	28/12/08 20:00	2046,9	30/12/08 20:00	2843,9	1/1/09 20:00	3451,4
24/12/08 22:00	1822,7	26/12/08 22:00	1592,1	28/12/08 22:00	2082,2	30/12/08 22:00	3065,4	1/1/09 22:00	3419,5
25/12/08 0:00	1780,7	27/12/08 0:00	1656,8	29/12/08 0:00	2153,6	31/12/08 0:00	3292,9	2/1/09 0:00	3356
25/12/08 2:00	1780,7	27/12/08 2:00	1722,5	29/12/08 2:00	2243,9	31/12/08 2:00	3451,4	2/1/09 2:00	3240,7
25/12/08 4:00	1780,7	27/12/08 4:00	1772,3	29/12/08 4:00	2317,2	31/12/08 4:00	3515,6	2/1/09 4:00	3240,7
25/12/08 6:00	1797,5	27/12/08 6:00	1822,7	29/12/08 6:00	2410	31/12/08 6:00	3537,1	2/1/09 6:00	3096
25/12/08 8:00	1822,7	27/12/08 8:00	1839,6	29/12/08 8:00	2447,5	31/12/08 8:00	3537,1	2/1/09 8:00	3055,2
25/12/08 10:00	1822,7	27/12/08 10:00	1856,6	29/12/08 10:00	2494,7	31/12/08 10:00	3483,5	2/1/09 10:00	2984,1
25/12/08 12:00	1755,7	27/12/08 12:00	1839,6	29/12/08 12:00	2447,5	31/12/08 12:00	3398,3	2/1/09 12:00	2903,7

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2008/2009 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
2/1/09 14:00	2833,9	4/1/09 14:00	2863,7	6/1/09 14:00	3732,6	8/1/09 14:00	5722,5	10/1/09 14:00	4376,8
2/1/09 16:00	2804,2	4/1/09 16:00	2943,8	6/1/09 16:00	3721,7	8/1/09 16:00	5748,2	10/1/09 16:00	4226,6
2/1/09 18:00	2774,6	4/1/09 18:00	2963,9	6/1/09 18:00	3809,7	8/1/09 18:00	5748,2	10/1/09 18:00	4055,7
2/1/09 20:00	2745,2	4/1/09 20:00	2984,1	6/1/09 20:00	3887,4	8/1/09 20:00	5812,6	10/1/09 20:00	3854
2/1/09 22:00	2725,6	4/1/09 22:00	2984,1	6/1/09 22:00	3943,2	8/1/09 22:00	5812,6	10/1/09 22:00	3721,7
3/1/09 0:00	2696,3	5/1/09 0:00	3004,4	7/1/09 0:00	4010,5	9/1/09 0:00	5773,9	11/1/09 0:00	3591
3/1/09 2:00	2570,8	5/1/09 2:00	3075,6	7/1/09 2:00	4021,8	9/1/09 2:00	5722,5	11/1/09 2:00	3504,9
3/1/09 4:00	2504,1	5/1/09 4:00	3147,4	7/1/09 4:00	4033,1	9/1/09 4:00	5722,5	11/1/09 4:00	3504,9
3/1/09 6:00	2485,2	5/1/09 6:00	3147,4	7/1/09 6:00	4089,7	9/1/09 6:00	5696,9	11/1/09 6:00	3419,5
3/1/09 8:00	2447,5	5/1/09 8:00	3199,1	7/1/09 8:00	4169,3	9/1/09 8:00	5696,9	11/1/09 8:00	3345,5
3/1/09 10:00	2419,4	5/1/09 10:00	3219,9	7/1/09 10:00	4192,2	9/1/09 10:00	5722,5	11/1/09 10:00	3209,5
3/1/09 12:00	2400,7	5/1/09 12:00	3240,7	7/1/09 12:00	4238,1	9/1/09 12:00	5773,9	11/1/09 12:00	3004,4
3/1/09 14:00	2400,7	5/1/09 14:00	3345,5	7/1/09 14:00	4353,6	9/1/09 14:00	5722,5	11/1/09 14:00	2843,9
3/1/09 16:00	2400,7	5/1/09 16:00	3558,6	7/1/09 16:00	4458,5	9/1/09 16:00	5594,8	11/1/09 16:00	2784,5
3/1/09 18:00	2400,7	5/1/09 18:00	3667	7/1/09 18:00	4587,9	9/1/09 18:00	5493,4	11/1/09 18:00	2833,9
3/1/09 20:00	2447,5	5/1/09 20:00	3732,6	7/1/09 20:00	4754,6	9/1/09 20:00	5392,6	11/1/09 20:00	2883,7
3/1/09 22:00	2456,9	5/1/09 22:00	3776,6	7/1/09 22:00	4935,6	9/1/09 22:00	5342,5	11/1/09 22:00	2984,1
4/1/09 0:00	2475,8	6/1/09 0:00	3798,7	8/1/09 0:00	5070	10/1/09 0:00	5267,7	12/1/09 0:00	3045
4/1/09 2:00	2504,1	6/1/09 2:00	3798,7	8/1/09 2:00	5218	10/1/09 2:00	5180,8	12/1/09 2:00	3034,8
4/1/09 4:00	2618,8	6/1/09 4:00	3787,6	8/1/09 4:00	5342,5	10/1/09 4:00	5119,1	12/1/09 4:00	2943,8
4/1/09 6:00	2676,9	6/1/09 6:00	3798,7	8/1/09 6:00	5493,4	10/1/09 6:00	4875	12/1/09 6:00	2883,7
4/1/09 8:00	2676,9	6/1/09 8:00	3754,6	8/1/09 8:00	5569,4	10/1/09 8:00	4778,6	12/1/09 8:00	2706,1
4/1/09 10:00	2638,1	6/1/09 10:00	3743,6	8/1/09 10:00	5620,3	10/1/09 10:00	4635,3	12/1/09 10:00	2590
4/1/09 12:00	2735,4	6/1/09 12:00	3754,6	8/1/09 12:00	5696,9	10/1/09 12:00	4517,1	12/1/09 12:00	2447,5

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2008/2009 (Continuação)					
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
12/1/09 14:00	2271,3	14/1/09 14:00	1822,7	16/1/09 14:00	1584,1
12/1/09 16:00	2198,6	14/1/09 16:00	1697,8	16/1/09 16:00	1536,3
12/1/09 18:00	2198,6	14/1/09 18:00	1665	16/1/09 18:00	1473,3
12/1/09 20:00	2271,3	14/1/09 20:00	1764	16/1/09 20:00	1426,8
12/1/09 22:00	2400,7	14/1/09 22:00	1916,4	16/1/09 22:00	1380,7
13/1/09 0:00	2363,4	15/1/09 0:00	1994,3	17/1/09 0:00	1473,3
13/1/09 2:00	2271,3	15/1/09 2:00	1976,9	17/1/09 2:00	1576,1
13/1/09 4:00	2308	15/1/09 4:00	1882,1	17/1/09 4:00	1697,8
13/1/09 6:00	2326,4	15/1/09 6:00	1873,6	17/1/09 6:00	1739
13/1/09 8:00	2382	15/1/09 8:00	1822,7	17/1/09 8:00	1632,4
13/1/09 10:00	2363,4	15/1/09 10:00	1764	17/1/09 10:00	1442,2
13/1/09 12:00	2271,3	15/1/09 12:00	1730,8	17/1/09 12:00	1305,3
13/1/09 14:00	2091,1	15/1/09 14:00	1681,3		
13/1/09 16:00	1950,9	15/1/09 16:00	1632,4		
13/1/09 18:00	1994,3	15/1/09 18:00	1600,1		
13/1/09 20:00	2108,9	15/1/09 20:00	1600,1		
13/1/09 22:00	2144,6	15/1/09 22:00	1600,1		
14/1/09 0:00	2198,6	16/1/09 0:00	1600,1		
14/1/09 2:00	2234,8	16/1/09 2:00	1600,1		
14/1/09 4:00	2180,5	16/1/09 4:00	1600,1		
14/1/09 6:00	2126,7	16/1/09 6:00	1624,3		
14/1/09 8:00	2091,1	16/1/09 8:00	1624,3		
14/1/09 10:00	2038,1	16/1/09 10:00	1600,1		
14/1/09 12:00	1933,6	16/1/09 12:00	1600,1		

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2011/2012

Data/hora	Vazão (m³/s)								
12/11/11 0:00	911,70	13/11/11 0:00	905,49	14/11/11 0:00	987,44	15/11/11 0:00	2216,32	16/11/11 0:00	2301,0
12/11/11 1:00	911,70	13/11/11 1:00	868,48	14/11/11 1:00	981,05	15/11/11 1:00	2266,98	16/11/11 1:00	2216,3
12/11/11 2:00	911,70	13/11/11 2:00	825,97	14/11/11 2:00	993,84	15/11/11 2:00	2292,46	16/11/11 2:00	2141,0
12/11/11 3:00	911,70	13/11/11 3:00	784,19	14/11/11 3:00	1006,69	15/11/11 3:00	2258,51	16/11/11 3:00	2083,1
12/11/11 4:00	911,70	13/11/11 4:00	760,65	14/11/11 4:00	1013,14	15/11/11 4:00	2199,51	16/11/11 4:00	2033,9
12/11/11 5:00	917,94	13/11/11 5:00	748,97	14/11/11 5:00	1026,07	15/11/11 5:00	2149,37	16/11/11 5:00	2009,4
12/11/11 6:00	930,45	13/11/11 6:00	748,97	14/11/11 6:00	1032,56	15/11/11 6:00	2107,88	16/11/11 6:00	1985,1
12/11/11 7:00	949,32	13/11/11 7:00	754,80	14/11/11 7:00	1032,56	15/11/11 7:00	2116,15	16/11/11 7:00	1977,0
12/11/11 8:00	968,31	13/11/11 8:00	766,51	14/11/11 8:00	1039,06	15/11/11 8:00	2141,05	16/11/11 8:00	1968,9
12/11/11 9:00	1000,26	13/11/11 9:00	784,19	14/11/11 9:00	1091,56	15/11/11 9:00	2191,13	16/11/11 9:00	1960,8
12/11/11 10:00	1039,06	13/11/11 10:00	796,05	14/11/11 10:00	1171,94	15/11/11 10:00	2250,05	16/11/11 10:00	1952,7
12/11/11 11:00	1098,18	13/11/11 11:00	802,01	14/11/11 11:00	1296,08	15/11/11 11:00	2300,98	16/11/11 11:00	1936,6
12/11/11 12:00	1144,93	13/11/11 12:00	813,96	14/11/11 12:00	1409,93	15/11/11 12:00	2326,58	16/11/11 12:00	1920,6
12/11/11 13:00	1171,94	13/11/11 13:00	813,96	14/11/11 13:00	1504,80	15/11/11 13:00	2335,14	16/11/11 13:00	1888,6
12/11/11 14:00	1192,33	13/11/11 14:00	825,97	14/11/11 14:00	1586,70	15/11/11 14:00	2343,71	16/11/11 14:00	1856,9
12/11/11 15:00	1192,33	13/11/11 15:00	838,04	14/11/11 15:00	1662,41	15/11/11 15:00	2352,29	16/11/11 15:00	1809,5
12/11/11 16:00	1178,72	13/11/11 16:00	868,48	14/11/11 16:00	1716,12	15/11/11 16:00	2360,88	16/11/11 16:00	1754,8
12/11/11 17:00	1144,93	13/11/11 17:00	899,28	14/11/11 17:00	1778,20	15/11/11 17:00	2369,47	16/11/11 17:00	1731,6
12/11/11 18:00	1104,82	13/11/11 18:00	930,45	14/11/11 18:00	1841,03	15/11/11 18:00	2395,34	16/11/11 18:00	1731,6
12/11/11 19:00	1071,77	13/11/11 19:00	955,63	14/11/11 19:00	1888,63	15/11/11 19:00	2421,29	16/11/11 19:00	1762,6
12/11/11 20:00	1026,07	13/11/11 20:00	968,31	14/11/11 20:00	1952,74	15/11/11 20:00	2456,05	16/11/11 20:00	1809,5
12/11/11 21:00	1000,26	13/11/11 21:00	981,05	14/11/11 21:00	2025,73	15/11/11 21:00	2473,49	16/11/11 21:00	1856,9
12/11/11 22:00	974,68	13/11/11 22:00	987,44	14/11/11 22:00	2099,61	15/11/11 22:00	2438,65	16/11/11 22:00	1904,6
12/11/11 23:00	943,01	13/11/11 23:00	987,44	14/11/11 23:00	2157,70	15/11/11 23:00	2386,71	16/11/11 23:00	1944,7

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
17/11/11 0:00	1985,1	18/11/11 0:00	2803,6	19/11/11 0:00	3484,8	20/11/11 0:00	3591,0	21/11/11 0:00	3223,5
17/11/11 1:00	2009,4	18/11/11 1:00	2886,0	19/11/11 1:00	3504,9	20/11/11 1:00	3580,2	21/11/11 1:00	3194,9
17/11/11 2:00	2033,9	18/11/11 2:00	2941,4	19/11/11 2:00	3515,6	20/11/11 2:00	3537,1	21/11/11 2:00	3147,4
17/11/11 3:00	2042,1	18/11/11 3:00	2959,9	19/11/11 3:00	3537,1	20/11/11 3:00	3537,1	21/11/11 3:00	3090,7
17/11/11 4:00	2050,3	18/11/11 4:00	2969,2	19/11/11 4:00	3526,4	20/11/11 4:00	3537,1	21/11/11 4:00	3053,2
17/11/11 5:00	2058,5	18/11/11 5:00	2987,8	19/11/11 5:00	3515,6	20/11/11 5:00	3537,1	21/11/11 5:00	3006,4
17/11/11 6:00	2091,4	18/11/11 6:00	3034,4	19/11/11 6:00	3494,7	20/11/11 6:00	3526,4	21/11/11 6:00	2969,2
17/11/11 7:00	2124,4	18/11/11 7:00	3071,9	19/11/11 7:00	3475,0	20/11/11 7:00	3504,9	21/11/11 7:00	2941,4
17/11/11 8:00	2166,0	18/11/11 8:00	3100,2	19/11/11 8:00	3445,7	20/11/11 8:00	3504,9	21/11/11 8:00	2941,4
17/11/11 9:00	2199,5	18/11/11 9:00	3156,9	19/11/11 9:00	3416,4	20/11/11 9:00	3504,9	21/11/11 9:00	2932,1
17/11/11 10:00	2241,6	18/11/11 10:00	3223,5	19/11/11 10:00	3416,4	20/11/11 10:00	3494,7	21/11/11 10:00	2932,1
17/11/11 11:00	2275,5	18/11/11 11:00	3290,6	19/11/11 11:00	3465,3	20/11/11 11:00	3494,7	21/11/11 11:00	2913,6
17/11/11 12:00	2301,0	18/11/11 12:00	3367,8	19/11/11 12:00	3537,1	20/11/11 12:00	3484,8	21/11/11 12:00	2876,8
17/11/11 13:00	2352,3	18/11/11 13:00	3435,9	19/11/11 13:00	3591,0	20/11/11 13:00	3465,3	21/11/11 13:00	2858,4
17/11/11 14:00	2386,7	18/11/11 14:00	3494,7	19/11/11 14:00	3645,3	20/11/11 14:00	3455,5	21/11/11 14:00	2876,8
17/11/11 15:00	2412,6	18/11/11 15:00	3526,4	19/11/11 15:00	3677,9	20/11/11 15:00	3426,2	21/11/11 15:00	2895,2
17/11/11 16:00	2430,0	18/11/11 16:00	3537,1	19/11/11 16:00	3688,9	20/11/11 16:00	3387,3	21/11/11 16:00	2913,6
17/11/11 17:00	2430,0	18/11/11 17:00	3526,4	19/11/11 17:00	3710,7	20/11/11 17:00	3358,2	21/11/11 17:00	2913,6
17/11/11 18:00	2456,0	18/11/11 18:00	3494,7	19/11/11 18:00	3721,7	20/11/11 18:00	3329,2	21/11/11 18:00	2876,8
17/11/11 19:00	2499,7	18/11/11 19:00	3475,0	19/11/11 19:00	3721,7	20/11/11 19:00	3309,9	21/11/11 19:00	2831,0
17/11/11 20:00	2552,5	18/11/11 20:00	3445,7	19/11/11 20:00	3710,7	20/11/11 20:00	3290,6	21/11/11 20:00	2794,5
17/11/11 21:00	2605,6	18/11/11 21:00	3435,9	19/11/11 21:00	3677,9	20/11/11 21:00	3271,4	21/11/11 21:00	2767,2
17/11/11 22:00	2659,1	18/11/11 22:00	3445,7	19/11/11 22:00	3645,3	20/11/11 22:00	3252,2	21/11/11 22:00	2740,1
17/11/11 23:00	2722,0	18/11/11 23:00	3455,5	19/11/11 23:00	3612,7	20/11/11 23:00	3233,1	21/11/11 23:00	2722,0

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)

Data/hora	Vazão (m³/s)								
22/11/11 0:00	2722,0	23/11/11 0:00	2803,6	24/11/11 0:00	2543,7	25/11/11 0:00	2267,0	26/11/11 0:00	2025,7
22/11/11 1:00	2731,0	23/11/11 1:00	2776,3	24/11/11 1:00	2517,3	25/11/11 1:00	2149,4	26/11/11 1:00	1960,8
22/11/11 2:00	2740,1	23/11/11 2:00	2776,3	24/11/11 2:00	2482,2	25/11/11 2:00	2033,9	26/11/11 2:00	1872,7
22/11/11 3:00	2749,1	23/11/11 3:00	2803,6	24/11/11 3:00	2438,7	25/11/11 3:00	1920,6	26/11/11 3:00	1809,5
22/11/11 4:00	2758,2	23/11/11 4:00	2831,0	24/11/11 4:00	2395,3	25/11/11 4:00	1825,3	26/11/11 4:00	1801,7
22/11/11 5:00	2776,3	23/11/11 5:00	2840,1	24/11/11 5:00	2318,0	25/11/11 5:00	1778,2	26/11/11 5:00	1825,3
22/11/11 6:00	2776,3	23/11/11 6:00	2831,0	24/11/11 6:00	2224,7	25/11/11 6:00	1770,4	26/11/11 6:00	1872,7
22/11/11 7:00	2794,5	23/11/11 7:00	2831,0	24/11/11 7:00	2141,0	25/11/11 7:00	1786,0	26/11/11 7:00	1928,6
22/11/11 8:00	2840,1	23/11/11 8:00	2812,7	24/11/11 8:00	2058,5	25/11/11 8:00	1817,4	26/11/11 8:00	1952,7
22/11/11 9:00	2913,6	23/11/11 9:00	2794,5	24/11/11 9:00	2066,7	25/11/11 9:00	1856,9	26/11/11 9:00	1936,6
22/11/11 10:00	2978,5	23/11/11 10:00	2776,3	24/11/11 10:00	2116,2	25/11/11 10:00	1888,6	26/11/11 10:00	1888,6
22/11/11 11:00	3015,7	23/11/11 11:00	2749,1	24/11/11 11:00	2191,1	25/11/11 11:00	1896,6	26/11/11 11:00	1825,3
22/11/11 12:00	3015,7	23/11/11 12:00	2731,0	24/11/11 12:00	2258,5	25/11/11 12:00	1888,6	26/11/11 12:00	1786,0
22/11/11 13:00	2987,8	23/11/11 13:00	2722,0	24/11/11 13:00	2292,5	25/11/11 13:00	1864,8	26/11/11 13:00	1739,3
22/11/11 14:00	2941,4	23/11/11 14:00	2713,0	24/11/11 14:00	2326,6	25/11/11 14:00	1841,0	26/11/11 14:00	1708,4
22/11/11 15:00	2913,6	23/11/11 15:00	2713,0	24/11/11 15:00	2301,0	25/11/11 15:00	1825,3	26/11/11 15:00	1693,0
22/11/11 16:00	2922,9	23/11/11 16:00	2713,0	24/11/11 16:00	2275,5	25/11/11 16:00	1833,1	26/11/11 16:00	1716,1
22/11/11 17:00	2922,9	23/11/11 17:00	2695,0	24/11/11 17:00	2275,5	25/11/11 17:00	1880,7	26/11/11 17:00	1747,1
22/11/11 18:00	2941,4	23/11/11 18:00	2686,0	24/11/11 18:00	2292,5	25/11/11 18:00	1952,7	26/11/11 18:00	1801,7
22/11/11 19:00	2950,6	23/11/11 19:00	2668,1	24/11/11 19:00	2352,3	25/11/11 19:00	2017,6	26/11/11 19:00	1864,8
22/11/11 20:00	2950,6	23/11/11 20:00	2659,1	24/11/11 20:00	2395,3	25/11/11 20:00	2058,5	26/11/11 20:00	1928,6
22/11/11 21:00	2941,4	23/11/11 21:00	2641,3	24/11/11 21:00	2412,6	25/11/11 21:00	2074,9	26/11/11 21:00	1985,1
22/11/11 22:00	2895,2	23/11/11 22:00	2605,6	24/11/11 22:00	2404,0	25/11/11 22:00	2074,9	26/11/11 22:00	2025,7
22/11/11 23:00	2840,1	23/11/11 23:00	2579,0	24/11/11 23:00	2360,9	25/11/11 23:00	2066,7	26/11/11 23:00	2042,1

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
27/11/11 0:00	2017,6	28/11/11 0:00	1708,4	29/11/11 0:00	1762,6	30/11/11 0:00	1409,9	1/12/11 0:00	1527,0
27/11/11 1:00	1936,6	28/11/11 1:00	1708,4	29/11/11 1:00	1739,3	30/11/11 1:00	1381,2	1/12/11 1:00	1475,4
27/11/11 2:00	1848,9	28/11/11 2:00	1700,7	29/11/11 2:00	1716,1	30/11/11 2:00	1374,0	1/12/11 2:00	1424,4
27/11/11 3:00	1762,6	28/11/11 3:00	1677,7	29/11/11 3:00	1685,4	30/11/11 3:00	1402,7	1/12/11 3:00	1395,5
27/11/11 4:00	1685,4	28/11/11 4:00	1677,7	29/11/11 4:00	1662,4	30/11/11 4:00	1446,2	1/12/11 4:00	1381,2
27/11/11 5:00	1639,6	28/11/11 5:00	1670,0	29/11/11 5:00	1639,6	30/11/11 5:00	1504,8	1/12/11 5:00	1381,2
27/11/11 6:00	1632,0	28/11/11 6:00	1670,0	29/11/11 6:00	1632,0	30/11/11 6:00	1556,7	1/12/11 6:00	1424,4
27/11/11 7:00	1632,0	28/11/11 7:00	1654,8	29/11/11 7:00	1632,0	30/11/11 7:00	1609,3	1/12/11 7:00	1490,1
27/11/11 8:00	1647,2	28/11/11 8:00	1624,4	29/11/11 8:00	1624,4	30/11/11 8:00	1647,2	1/12/11 8:00	1556,7
27/11/11 9:00	1662,4	28/11/11 9:00	1616,8	29/11/11 9:00	1624,4	30/11/11 9:00	1670,0	1/12/11 9:00	1639,6
27/11/11 10:00	1677,7	28/11/11 10:00	1632,0	29/11/11 10:00	1601,7	30/11/11 10:00	1677,7	1/12/11 10:00	1731,6
27/11/11 11:00	1693,0	28/11/11 11:00	1677,7	29/11/11 11:00	1586,7	30/11/11 11:00	1654,8	1/12/11 11:00	1841,0
27/11/11 12:00	1693,0	28/11/11 12:00	1723,8	29/11/11 12:00	1556,7	30/11/11 12:00	1647,2	1/12/11 12:00	1952,7
27/11/11 13:00	1693,0	28/11/11 13:00	1770,4	29/11/11 13:00	1541,8	30/11/11 13:00	1632,0	1/12/11 13:00	2050,3
27/11/11 14:00	1693,0	28/11/11 14:00	1786,0	29/11/11 14:00	1519,6	30/11/11 14:00	1616,8	1/12/11 14:00	2116,2
27/11/11 15:00	1693,0	28/11/11 15:00	1786,0	29/11/11 15:00	1490,1	30/11/11 15:00	1601,7	1/12/11 15:00	2166,0
27/11/11 16:00	1700,7	28/11/11 16:00	1770,4	29/11/11 16:00	1468,1	30/11/11 16:00	1579,2	1/12/11 16:00	2174,4
27/11/11 17:00	1700,7	28/11/11 17:00	1747,1	29/11/11 17:00	1453,5	30/11/11 17:00	1571,7	1/12/11 17:00	2174,4
27/11/11 18:00	1700,7	28/11/11 18:00	1700,7	29/11/11 18:00	1453,5	30/11/11 18:00	1564,2	1/12/11 18:00	2149,4
27/11/11 19:00	1700,7	28/11/11 19:00	1677,7	29/11/11 19:00	1460,8	30/11/11 19:00	1564,2	1/12/11 19:00	2107,9
27/11/11 20:00	1700,7	28/11/11 20:00	1662,4	29/11/11 20:00	1482,7	30/11/11 20:00	1571,7	1/12/11 20:00	2058,5
27/11/11 21:00	1700,7	28/11/11 21:00	1693,0	29/11/11 21:00	1490,1	30/11/11 21:00	1586,7	1/12/11 21:00	1993,2
27/11/11 22:00	1693,0	28/11/11 22:00	1731,6	29/11/11 22:00	1475,4	30/11/11 22:00	1579,2	1/12/11 22:00	1936,6
27/11/11 23:00	1700,7	28/11/11 23:00	1754,8	29/11/11 23:00	1438,9	30/11/11 23:00	1564,2	1/12/11 23:00	1872,7

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
2/12/11 0:00	1786,0	3/12/11 0:00	1880,7	4/12/11 0:00	1770,4	5/12/11 0:00	1431,6	6/12/11 0:00	1579,2
2/12/11 1:00	1685,4	3/12/11 1:00	1833,1	4/12/11 1:00	1700,7	5/12/11 1:00	1374,0	6/12/11 1:00	1571,7
2/12/11 2:00	1564,2	3/12/11 2:00	1770,4	4/12/11 2:00	1616,8	5/12/11 2:00	1310,1	6/12/11 2:00	1564,2
2/12/11 3:00	1438,9	3/12/11 3:00	1693,0	4/12/11 3:00	1541,8	5/12/11 3:00	1261,2	6/12/11 3:00	1534,4
2/12/11 4:00	1359,7	3/12/11 4:00	1632,0	4/12/11 4:00	1468,1	5/12/11 4:00	1233,5	6/12/11 4:00	1504,8
2/12/11 5:00	1324,2	3/12/11 5:00	1594,2	4/12/11 5:00	1417,2	5/12/11 5:00	1219,7	6/12/11 5:00	1482,7
2/12/11 6:00	1345,5	3/12/11 6:00	1601,7	4/12/11 6:00	1374,0	5/12/11 6:00	1219,7	6/12/11 6:00	1475,4
2/12/11 7:00	1409,9	3/12/11 7:00	1624,4	4/12/11 7:00	1366,9	5/12/11 7:00	1206,0	6/12/11 7:00	1490,1
2/12/11 8:00	1504,8	3/12/11 8:00	1647,2	4/12/11 8:00	1366,9	5/12/11 8:00	1212,8	6/12/11 8:00	1527,0
2/12/11 9:00	1624,4	3/12/11 9:00	1685,4	4/12/11 9:00	1381,2	5/12/11 9:00	1240,4	6/12/11 9:00	1579,2
2/12/11 10:00	1739,3	3/12/11 10:00	1723,8	4/12/11 10:00	1424,4	5/12/11 10:00	1289,1	6/12/11 10:00	1654,8
2/12/11 11:00	1833,1	3/12/11 11:00	1762,6	4/12/11 11:00	1475,4	5/12/11 11:00	1338,4	6/12/11 11:00	1723,8
2/12/11 12:00	1896,6	3/12/11 12:00	1809,5	4/12/11 12:00	1556,7	5/12/11 12:00	1402,7	6/12/11 12:00	1809,5
2/12/11 13:00	1928,6	3/12/11 13:00	1833,1	4/12/11 13:00	1639,6	5/12/11 13:00	1453,5	6/12/11 13:00	1896,6
2/12/11 14:00	1928,6	3/12/11 14:00	1825,3	4/12/11 14:00	1700,7	5/12/11 14:00	1482,7	6/12/11 14:00	2001,3
2/12/11 15:00	1896,6	3/12/11 15:00	1793,8	4/12/11 15:00	1731,6	5/12/11 15:00	1482,7	6/12/11 15:00	2124,4
2/12/11 16:00	1848,9	3/12/11 16:00	1754,8	4/12/11 16:00	1739,3	5/12/11 16:00	1475,4	6/12/11 16:00	2241,6
2/12/11 17:00	1817,4	3/12/11 17:00	1723,8	4/12/11 17:00	1731,6	5/12/11 17:00	1468,1	6/12/11 17:00	2360,9
2/12/11 18:00	1801,7	3/12/11 18:00	1716,1	4/12/11 18:00	1708,4	5/12/11 18:00	1475,4	6/12/11 18:00	2456,0
2/12/11 19:00	1817,4	3/12/11 19:00	1731,6	4/12/11 19:00	1662,4	5/12/11 19:00	1497,4	6/12/11 19:00	2534,9
2/12/11 20:00	1841,0	3/12/11 20:00	1762,6	4/12/11 20:00	1616,8	5/12/11 20:00	1519,6	6/12/11 20:00	2605,6
2/12/11 21:00	1864,8	3/12/11 21:00	1793,8	4/12/11 21:00	1571,7	5/12/11 21:00	1549,3	6/12/11 21:00	2659,1
2/12/11 22:00	1888,6	3/12/11 22:00	1809,5	4/12/11 22:00	1527,0	5/12/11 22:00	1571,7	6/12/11 22:00	2695,0
2/12/11 23:00	1888,6	3/12/11 23:00	1809,5	4/12/11 23:00	1482,7	5/12/11 23:00	1579,2	6/12/11 23:00	2722,0

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)

Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
7/12/11 0:00	2740,1	8/12/11 0:00	3494,7	9/12/11 0:00	3699,8	10/12/11 0:00	3526,4	11/12/11 0:00	4067,0
7/12/11 1:00	2767,2	8/12/11 1:00	3406,7	9/12/11 1:00	3677,9	10/12/11 1:00	3558,6	11/12/11 1:00	4044,4
7/12/11 2:00	2803,6	8/12/11 2:00	3329,2	9/12/11 2:00	3645,3	10/12/11 2:00	3591,0	11/12/11 2:00	4033,1
7/12/11 3:00	2840,1	8/12/11 3:00	3233,1	9/12/11 3:00	3634,4	10/12/11 3:00	3623,5	11/12/11 3:00	4033,1
7/12/11 4:00	2886,0	8/12/11 4:00	3194,9	9/12/11 4:00	3634,4	10/12/11 4:00	3645,3	11/12/11 4:00	4067,0
7/12/11 5:00	2922,9	8/12/11 5:00	3214,0	9/12/11 5:00	3634,4	10/12/11 5:00	3667,0	11/12/11 5:00	4078,3
7/12/11 6:00	2987,8	8/12/11 6:00	3271,4	9/12/11 6:00	3634,4	10/12/11 6:00	3699,8	11/12/11 6:00	4078,3
7/12/11 7:00	3034,4	8/12/11 7:00	3309,9	9/12/11 7:00	3623,5	10/12/11 7:00	3732,6	11/12/11 7:00	4078,3
7/12/11 8:00	3071,9	8/12/11 8:00	3358,2	9/12/11 8:00	3591,0	10/12/11 8:00	3765,6	11/12/11 8:00	4112,4
7/12/11 9:00	3119,0	8/12/11 9:00	3406,7	9/12/11 9:00	3537,1	10/12/11 9:00	3809,7	11/12/11 9:00	4146,5
7/12/11 10:00	3137,9	8/12/11 10:00	3455,5	9/12/11 10:00	3504,9	10/12/11 10:00	3854,0	11/12/11 10:00	4192,2
7/12/11 11:00	3137,9	8/12/11 11:00	3494,7	9/12/11 11:00	3484,8	10/12/11 11:00	3876,2	11/12/11 11:00	4261,1
7/12/11 12:00	3109,6	8/12/11 12:00	3547,9	9/12/11 12:00	3484,8	10/12/11 12:00	3909,7	11/12/11 12:00	4307,2
7/12/11 13:00	3062,5	8/12/11 13:00	3580,2	9/12/11 13:00	3494,7	10/12/11 13:00	3887,4	11/12/11 13:00	4342,0
7/12/11 14:00	3034,4	8/12/11 14:00	3612,7	9/12/11 14:00	3515,6	10/12/11 14:00	3887,4	11/12/11 14:00	4365,2
7/12/11 15:00	3043,8	8/12/11 15:00	3634,4	9/12/11 15:00	3537,1	10/12/11 15:00	3887,4	11/12/11 15:00	4365,2
7/12/11 16:00	3090,7	8/12/11 16:00	3667,0	9/12/11 16:00	3569,4	10/12/11 16:00	3898,5	11/12/11 16:00	4353,6
7/12/11 17:00	3175,9	8/12/11 17:00	3699,8	9/12/11 17:00	3612,7	10/12/11 17:00	3909,7	11/12/11 17:00	4318,8
7/12/11 18:00	3281,0	8/12/11 18:00	3732,6	9/12/11 18:00	3645,3	10/12/11 18:00	3954,4	11/12/11 18:00	4261,1
7/12/11 19:00	3367,8	8/12/11 19:00	3754,6	9/12/11 19:00	3634,4	10/12/11 19:00	4010,5	11/12/11 19:00	4203,7
7/12/11 20:00	3455,5	8/12/11 20:00	3743,6	9/12/11 20:00	3612,7	10/12/11 20:00	4055,7	11/12/11 20:00	4135,1
7/12/11 21:00	3515,6	8/12/11 21:00	3743,6	9/12/11 21:00	3569,4	10/12/11 21:00	4089,7	11/12/11 21:00	4055,7
7/12/11 22:00	3558,6	8/12/11 22:00	3721,7	9/12/11 22:00	3526,4	10/12/11 22:00	4101,0	11/12/11 22:00	3988,0
7/12/11 23:00	3547,9	8/12/11 23:00	3721,7	9/12/11 23:00	3504,9	10/12/11 23:00	4101,0	11/12/11 23:00	3932,0

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
12/12/11 0:00	3887,4	13/12/11 0:00	2704,0	14/12/11 0:00	2132,7	15/12/11 0:00	1904,6	16/12/11 0:00	1632,0
12/12/11 1:00	3831,8	13/12/11 1:00	2668,1	14/12/11 1:00	2132,7	15/12/11 1:00	1896,6	16/12/11 1:00	1586,7
12/12/11 2:00	3776,6	13/12/11 2:00	2614,5	14/12/11 2:00	2132,7	15/12/11 2:00	1888,6	16/12/11 2:00	1519,6
12/12/11 3:00	3732,6	13/12/11 3:00	2570,2	14/12/11 3:00	2132,7	15/12/11 3:00	1856,9	16/12/11 3:00	1482,7
12/12/11 4:00	3688,9	13/12/11 4:00	2526,1	14/12/11 4:00	2124,4	15/12/11 4:00	1801,7	16/12/11 4:00	1468,1
12/12/11 5:00	3656,1	13/12/11 5:00	2473,5	14/12/11 5:00	2099,6	15/12/11 5:00	1747,1	16/12/11 5:00	1482,7
12/12/11 6:00	3623,5	13/12/11 6:00	2412,6	14/12/11 6:00	2083,1	15/12/11 6:00	1685,4	16/12/11 6:00	1497,4
12/12/11 7:00	3601,9	13/12/11 7:00	2352,3	14/12/11 7:00	2083,1	15/12/11 7:00	1632,0	16/12/11 7:00	1490,1
12/12/11 8:00	3558,6	13/12/11 8:00	2309,5	14/12/11 8:00	2074,9	15/12/11 8:00	1624,4	16/12/11 8:00	1468,1
12/12/11 9:00	3504,9	13/12/11 9:00	2292,5	14/12/11 9:00	2091,4	15/12/11 9:00	1624,4	16/12/11 9:00	1468,1
12/12/11 10:00	3455,5	13/12/11 10:00	2309,5	14/12/11 10:00	2099,6	15/12/11 10:00	1639,6	16/12/11 10:00	1482,7
12/12/11 11:00	3406,7	13/12/11 11:00	2335,1	14/12/11 11:00	2099,6	15/12/11 11:00	1670,0	16/12/11 11:00	1504,8
12/12/11 12:00	3338,8	13/12/11 12:00	2360,9	14/12/11 12:00	2116,2	15/12/11 12:00	1708,4	16/12/11 12:00	1527,0
12/12/11 13:00	3281,0	13/12/11 13:00	2378,1	14/12/11 13:00	2116,2	15/12/11 13:00	1739,3	16/12/11 13:00	1549,3
12/12/11 14:00	3223,5	13/12/11 14:00	2395,3	14/12/11 14:00	2116,2	15/12/11 14:00	1754,8	16/12/11 14:00	1571,7
12/12/11 15:00	3166,4	13/12/11 15:00	2378,1	14/12/11 15:00	2091,4	15/12/11 15:00	1754,8	16/12/11 15:00	1579,2
12/12/11 16:00	3100,2	13/12/11 16:00	2360,9	14/12/11 16:00	2074,9	15/12/11 16:00	1754,8	16/12/11 16:00	1586,7
12/12/11 17:00	3034,4	13/12/11 17:00	2318,0	14/12/11 17:00	2050,3	15/12/11 17:00	1739,3	16/12/11 17:00	1586,7
12/12/11 18:00	2959,9	13/12/11 18:00	2275,5	14/12/11 18:00	2025,7	15/12/11 18:00	1731,6	16/12/11 18:00	1579,2
12/12/11 19:00	2904,4	13/12/11 19:00	2224,7	14/12/11 19:00	2009,4	15/12/11 19:00	1716,1	16/12/11 19:00	1541,8
12/12/11 20:00	2849,3	13/12/11 20:00	2182,8	14/12/11 20:00	1993,2	15/12/11 20:00	1700,7	16/12/11 20:00	1512,2
12/12/11 21:00	2812,7	13/12/11 21:00	2157,7	14/12/11 21:00	1968,9	15/12/11 21:00	1677,7	16/12/11 21:00	1475,4
12/12/11 22:00	2785,4	13/12/11 22:00	2141,0	14/12/11 22:00	1936,6	15/12/11 22:00	1670,0	16/12/11 22:00	1446,2
12/12/11 23:00	2749,1	13/12/11 23:00	2132,7	14/12/11 23:00	1920,6	15/12/11 23:00	1662,4	16/12/11 23:00	1424,4

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)

Data/hora	Vazão (m³/s)								
17/12/11 0:00	1402,7	18/12/11 0:00	1219,7	19/12/11 0:00	2284,0	20/12/11 0:00	3166,4	21/12/11 0:00	3233,1
17/12/11 1:00	1388,3	18/12/11 1:00	1268,1	19/12/11 1:00	2275,5	20/12/11 1:00	3175,9	21/12/11 1:00	3271,4
17/12/11 2:00	1381,2	18/12/11 2:00	1317,2	19/12/11 2:00	2275,5	20/12/11 2:00	3214,0	21/12/11 2:00	3309,9
17/12/11 3:00	1374,0	18/12/11 3:00	1381,2	19/12/11 3:00	2275,5	20/12/11 3:00	3252,2	21/12/11 3:00	3377,5
17/12/11 4:00	1366,9	18/12/11 4:00	1460,8	19/12/11 4:00	2318,0	20/12/11 4:00	3300,2	21/12/11 4:00	3426,2
17/12/11 5:00	1366,9	18/12/11 5:00	1579,2	19/12/11 5:00	2378,1	20/12/11 5:00	3358,2	21/12/11 5:00	3484,8
17/12/11 6:00	1366,9	18/12/11 6:00	1716,1	19/12/11 6:00	2438,7	20/12/11 6:00	3416,4	21/12/11 6:00	3504,9
17/12/11 7:00	1374,0	18/12/11 7:00	1856,9	19/12/11 7:00	2508,5	20/12/11 7:00	3455,5	21/12/11 7:00	3515,6
17/12/11 8:00	1395,5	18/12/11 8:00	1968,9	19/12/11 8:00	2579,0	20/12/11 8:00	3494,7	21/12/11 8:00	3475,0
17/12/11 9:00	1438,9	18/12/11 9:00	2058,5	19/12/11 9:00	2632,3	20/12/11 9:00	3537,1	21/12/11 9:00	3445,7
17/12/11 10:00	1490,1	18/12/11 10:00	2099,6	19/12/11 10:00	2677,0	20/12/11 10:00	3547,9	21/12/11 10:00	3406,7
17/12/11 11:00	1527,0	18/12/11 11:00	2141,0	19/12/11 11:00	2713,0	20/12/11 11:00	3515,6	21/12/11 11:00	3406,7
17/12/11 12:00	1556,7	18/12/11 12:00	2157,7	19/12/11 12:00	2740,1	20/12/11 12:00	3475,0	21/12/11 12:00	3406,7
17/12/11 13:00	1564,2	18/12/11 13:00	2191,1	19/12/11 13:00	2749,1	20/12/11 13:00	3455,5	21/12/11 13:00	3406,7
17/12/11 14:00	1564,2	18/12/11 14:00	2216,3	19/12/11 14:00	2749,1	20/12/11 14:00	3435,9	21/12/11 14:00	3406,7
17/12/11 15:00	1527,0	18/12/11 15:00	2233,2	19/12/11 15:00	2749,1	20/12/11 15:00	3465,3	21/12/11 15:00	3406,7
17/12/11 16:00	1482,7	18/12/11 16:00	2224,7	19/12/11 16:00	2767,2	20/12/11 16:00	3475,0	21/12/11 16:00	3406,7
17/12/11 17:00	1431,6	18/12/11 17:00	2216,3	19/12/11 17:00	2821,8	20/12/11 17:00	3445,7	21/12/11 17:00	3397,0
17/12/11 18:00	1359,7	18/12/11 18:00	2199,5	19/12/11 18:00	2876,8	20/12/11 18:00	3406,7	21/12/11 18:00	3397,0
17/12/11 19:00	1303,1	18/12/11 19:00	2191,1	19/12/11 19:00	2969,2	20/12/11 19:00	3348,5	21/12/11 19:00	3387,3
17/12/11 20:00	1247,3	18/12/11 20:00	2191,1	19/12/11 20:00	3053,2	20/12/11 20:00	3300,2	21/12/11 20:00	3367,8
17/12/11 21:00	1226,6	18/12/11 21:00	2224,7	19/12/11 21:00	3100,2	20/12/11 21:00	3261,8	21/12/11 21:00	3358,2
17/12/11 22:00	1178,7	18/12/11 22:00	2250,1	19/12/11 22:00	3147,4	20/12/11 22:00	3242,6	21/12/11 22:00	3338,8
17/12/11 23:00	1185,5	18/12/11 23:00	2275,5	19/12/11 23:00	3166,4	20/12/11 23:00	3233,1	21/12/11 23:00	3319,5

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)

Data/hora	Vazão (m³/s)								
22/12/11 0:00	3281,0	23/12/11 0:00	3976,8	24/12/11 0:00	4778,6	25/12/11 0:00	4984,3	26/12/11 0:00	5607,5
22/12/11 1:00	3233,1	23/12/11 1:00	4044,4	24/12/11 1:00	4778,6	25/12/11 1:00	4984,3	26/12/11 1:00	5607,5
22/12/11 2:00	3204,4	23/12/11 2:00	4067,0	24/12/11 2:00	4766,6	25/12/11 2:00	4972,1	26/12/11 2:00	5620,3
22/12/11 3:00	3156,9	23/12/11 3:00	4101,0	24/12/11 3:00	4730,7	25/12/11 3:00	4996,5	26/12/11 3:00	5594,8
22/12/11 4:00	3128,5	23/12/11 4:00	4135,1	24/12/11 4:00	4706,8	25/12/11 4:00	5008,7	26/12/11 4:00	5582,1
22/12/11 5:00	3090,7	23/12/11 5:00	4192,2	24/12/11 5:00	4682,9	25/12/11 5:00	5070,0	26/12/11 5:00	5633,0
22/12/11 6:00	3015,7	23/12/11 6:00	4261,1	24/12/11 6:00	4682,9	25/12/11 6:00	5119,1	26/12/11 6:00	5684,1
22/12/11 7:00	2959,9	23/12/11 7:00	4342,0	24/12/11 7:00	4706,8	25/12/11 7:00	5168,5	26/12/11 7:00	5735,4
22/12/11 8:00	2932,1	23/12/11 8:00	4446,8	24/12/11 8:00	4730,7	25/12/11 8:00	5218,0	26/12/11 8:00	5799,7
22/12/11 9:00	2950,6	23/12/11 9:00	4528,9	24/12/11 9:00	4790,6	25/12/11 9:00	5267,7	26/12/11 9:00	5851,3
22/12/11 10:00	2997,1	23/12/11 10:00	4587,9	24/12/11 10:00	4826,7	25/12/11 10:00	5292,6	26/12/11 10:00	5903,1
22/12/11 11:00	3034,4	23/12/11 11:00	4611,6	24/12/11 11:00	4850,9	25/12/11 11:00	5305,0	26/12/11 11:00	5955,1
22/12/11 12:00	3071,9	23/12/11 12:00	4635,3	24/12/11 12:00	4862,9	25/12/11 12:00	5305,0	26/12/11 12:00	5981,2
22/12/11 13:00	3128,5	23/12/11 13:00	4635,3	24/12/11 13:00	4850,9	25/12/11 13:00	5305,0	26/12/11 13:00	6020,3
22/12/11 14:00	3204,4	23/12/11 14:00	4611,6	24/12/11 14:00	4838,8	25/12/11 14:00	5305,0	26/12/11 14:00	6046,5
22/12/11 15:00	3271,4	23/12/11 15:00	4599,7	24/12/11 15:00	4802,7	25/12/11 15:00	5317,5	26/12/11 15:00	6072,7
22/12/11 16:00	3300,2	23/12/11 16:00	4599,7	24/12/11 16:00	4778,6	25/12/11 16:00	5330,0	26/12/11 16:00	6098,9
22/12/11 17:00	3319,5	23/12/11 17:00	4599,7	24/12/11 17:00	4778,6	25/12/11 17:00	5355,0	26/12/11 17:00	6151,5
22/12/11 18:00	3367,8	23/12/11 18:00	4623,5	24/12/11 18:00	4802,7	25/12/11 18:00	5367,6	26/12/11 18:00	6191,1
22/12/11 19:00	3445,7	23/12/11 19:00	4635,3	24/12/11 19:00	4826,7	25/12/11 19:00	5417,8	26/12/11 19:00	6230,7
22/12/11 20:00	3558,6	23/12/11 20:00	4659,1	24/12/11 20:00	4875,0	25/12/11 20:00	5455,5	26/12/11 20:00	6257,2
22/12/11 21:00	3667,0	23/12/11 21:00	4694,8	24/12/11 21:00	4911,4	25/12/11 21:00	5506,0	26/12/11 21:00	6283,7
22/12/11 22:00	3776,6	23/12/11 22:00	4730,7	24/12/11 22:00	4935,6	25/12/11 22:00	5544,0	26/12/11 22:00	6336,9
22/12/11 23:00	3865,1	23/12/11 23:00	4754,6	24/12/11 23:00	4972,1	25/12/11 23:00	5594,8	26/12/11 23:00	6390,2

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)

Data/hora	Vazão (m³/s)								
27/12/11 0:00	6430,3	28/12/11 0:00	5556,7	29/12/11 0:00	4376,8	30/12/11 0:00	4318,8	31/12/11 0:00	4635,3
27/12/11 1:00	6484,0	28/12/11 1:00	5480,8	29/12/11 1:00	4353,6	30/12/11 1:00	4342,0	31/12/11 1:00	4647,2
27/12/11 2:00	6497,4	28/12/11 2:00	5405,2	29/12/11 2:00	4342,0	30/12/11 2:00	4353,6	31/12/11 2:00	4671,0
27/12/11 3:00	6484,0	28/12/11 3:00	5367,6	29/12/11 3:00	4318,8	30/12/11 3:00	4365,2	31/12/11 3:00	4694,8
27/12/11 4:00	6484,0	28/12/11 4:00	5342,5	29/12/11 4:00	4249,6	30/12/11 4:00	4376,8	31/12/11 4:00	4742,6
27/12/11 5:00	6484,0	28/12/11 5:00	5267,7	29/12/11 5:00	4169,3	30/12/11 5:00	4365,2	31/12/11 5:00	4766,6
27/12/11 6:00	6470,5	28/12/11 6:00	5156,1	29/12/11 6:00	4135,1	30/12/11 6:00	4376,8	31/12/11 6:00	4790,6
27/12/11 7:00	6443,7	28/12/11 7:00	5057,7	29/12/11 7:00	4123,7	30/12/11 7:00	4365,2	31/12/11 7:00	4802,7
27/12/11 8:00	6403,6	28/12/11 8:00	4996,5	29/12/11 8:00	4146,5	30/12/11 8:00	4400,1	31/12/11 8:00	4814,7
27/12/11 9:00	6350,2	28/12/11 9:00	4935,6	29/12/11 9:00	4180,8	30/12/11 9:00	4446,8	31/12/11 9:00	4826,7
27/12/11 10:00	6297,0	28/12/11 10:00	4911,4	29/12/11 10:00	4226,6	30/12/11 10:00	4481,9	31/12/11 10:00	4838,8
27/12/11 11:00	6243,9	28/12/11 11:00	4887,1	29/12/11 11:00	4238,1	30/12/11 11:00	4481,9	31/12/11 11:00	4850,9
27/12/11 12:00	6204,3	28/12/11 12:00	4850,9	29/12/11 12:00	4261,1	30/12/11 12:00	4481,9	31/12/11 12:00	4850,9
27/12/11 13:00	6138,3	28/12/11 13:00	4814,7	29/12/11 13:00	4261,1	30/12/11 13:00	4481,9	31/12/11 13:00	4862,9
27/12/11 14:00	6046,5	28/12/11 14:00	4766,6	29/12/11 14:00	4272,6	30/12/11 14:00	4458,5	31/12/11 14:00	4862,9
27/12/11 15:00	5994,2	28/12/11 15:00	4706,8	29/12/11 15:00	4284,1	30/12/11 15:00	4435,1	31/12/11 15:00	4862,9
27/12/11 16:00	5929,1	28/12/11 16:00	4659,1	29/12/11 16:00	4284,1	30/12/11 16:00	4435,1	31/12/11 16:00	4862,9
27/12/11 17:00	5864,3	28/12/11 17:00	4635,3	29/12/11 17:00	4272,6	30/12/11 17:00	4446,8	31/12/11 17:00	4862,9
27/12/11 18:00	5786,8	28/12/11 18:00	4587,9	29/12/11 18:00	4295,7	30/12/11 18:00	4481,9	31/12/11 18:00	4850,9
27/12/11 19:00	5709,7	28/12/11 19:00	4540,7	29/12/11 19:00	4284,1	30/12/11 19:00	4528,9	31/12/11 19:00	4875,0
27/12/11 20:00	5671,3	28/12/11 20:00	4505,4	29/12/11 20:00	4307,2	30/12/11 20:00	4528,9	31/12/11 20:00	4875,0
27/12/11 21:00	5645,8	28/12/11 21:00	4446,8	29/12/11 21:00	4307,2	30/12/11 21:00	4564,3	31/12/11 21:00	4850,9
27/12/11 22:00	5620,3	28/12/11 22:00	4411,7	29/12/11 22:00	4307,2	30/12/11 22:00	4576,1	31/12/11 22:00	4814,7
27/12/11 23:00	5582,1	28/12/11 23:00	4400,1	29/12/11 23:00	4318,8	30/12/11 23:00	4611,6	31/12/11 23:00	4778,6

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)

Data/hora	Vazão (m³/s)								
1/1/12 0:00	4754,6	2/1/12 0:00	4180,8	3/1/12 0:00	3484,8	4/1/12 0:00	2932,1	5/1/12 0:00	2318,0
1/1/12 1:00	4718,7	2/1/12 1:00	4135,1	3/1/12 1:00	3435,9	4/1/12 1:00	2922,9	5/1/12 1:00	2233,2
1/1/12 2:00	4682,9	2/1/12 2:00	4101,0	3/1/12 2:00	3319,5	4/1/12 2:00	2886,0	5/1/12 2:00	2174,4
1/1/12 3:00	4635,3	2/1/12 3:00	4067,0	3/1/12 3:00	3147,4	4/1/12 3:00	2849,3	5/1/12 3:00	2157,7
1/1/12 4:00	4576,1	2/1/12 4:00	4021,8	3/1/12 4:00	2987,8	4/1/12 4:00	2831,0	5/1/12 4:00	2250,1
1/1/12 5:00	4528,9	2/1/12 5:00	3988,0	3/1/12 5:00	2886,0	4/1/12 5:00	2831,0	5/1/12 5:00	2386,7
1/1/12 6:00	4517,1	2/1/12 6:00	3920,8	3/1/12 6:00	2886,0	4/1/12 6:00	2831,0	5/1/12 6:00	2491,0
1/1/12 7:00	4528,9	2/1/12 7:00	3865,1	3/1/12 7:00	3081,3	4/1/12 7:00	2840,1	5/1/12 7:00	2534,9
1/1/12 8:00	4599,7	2/1/12 8:00	3820,8	3/1/12 8:00	3338,8	4/1/12 8:00	2812,7	5/1/12 8:00	2552,5
1/1/12 9:00	4647,2	2/1/12 9:00	3798,7	3/1/12 9:00	3537,1	4/1/12 9:00	2776,3	5/1/12 9:00	2534,9
1/1/12 10:00	4730,7	2/1/12 10:00	3798,7	3/1/12 10:00	3601,9	4/1/12 10:00	2704,0	5/1/12 10:00	2526,1
1/1/12 11:00	4742,6	2/1/12 11:00	3787,6	3/1/12 11:00	3591,0	4/1/12 11:00	2623,4	5/1/12 11:00	2491,0
1/1/12 12:00	4742,6	2/1/12 12:00	3809,7	3/1/12 12:00	3547,9	4/1/12 12:00	2561,3		
1/1/12 13:00	4706,8	2/1/12 13:00	3831,8	3/1/12 13:00	3465,3	4/1/12 13:00	2499,7		
1/1/12 14:00	4647,2	2/1/12 14:00	3820,8	3/1/12 14:00	3397,0	4/1/12 14:00	2473,5		
1/1/12 15:00	4576,1	2/1/12 15:00	3798,7	3/1/12 15:00	3300,2	4/1/12 15:00	2473,5		
1/1/12 16:00	4493,6	2/1/12 16:00	3787,6	3/1/12 16:00	3223,5	4/1/12 16:00	2482,2		
1/1/12 17:00	4411,7	2/1/12 17:00	3765,6	3/1/12 17:00	3156,9	4/1/12 17:00	2499,7		
1/1/12 18:00	4342,0	2/1/12 18:00	3743,6	3/1/12 18:00	3100,2	4/1/12 18:00	2499,7		
1/1/12 19:00	4295,7	2/1/12 19:00	3699,8	3/1/12 19:00	3062,5	4/1/12 19:00	2482,2		
1/1/12 20:00	4249,6	2/1/12 20:00	3634,4	3/1/12 20:00	3025,1	4/1/12 20:00	2473,5		
1/1/12 21:00	4238,1	2/1/12 21:00	3580,2	3/1/12 21:00	2997,1	4/1/12 21:00	2447,3		
1/1/12 22:00	4226,6	2/1/12 22:00	3537,1	3/1/12 22:00	2969,2	4/1/12 22:00	2421,3		
1/1/12 23:00	4203,7	2/1/12 23:00	3515,6	3/1/12 23:00	2941,4	4/1/12 23:00	2386,7		

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2013/2014

Data/hora	Vazão (m³/s)								
		11/12/13 0:00	1138,2	12/12/13 0:00	1402,7	13/12/13 0:00	1677,7	14/12/13 0:00	3290,6
10/12/13 1:00	1331,3	11/12/13 1:00	1138,2	12/12/13 1:00	1395,5	13/12/13 1:00	1762,6	14/12/13 1:00	3252,2
10/12/13 2:00	1331,3	11/12/13 2:00	1138,2	12/12/13 2:00	1381,2	13/12/13 2:00	1928,6	14/12/13 2:00	3223,5
10/12/13 3:00	1324,2	11/12/13 3:00	1138,2	12/12/13 3:00	1366,9	13/12/13 3:00	2149,4	14/12/13 3:00	3166,4
10/12/13 4:00	1324,2	11/12/13 4:00	1124,8	12/12/13 4:00	1345,5	13/12/13 4:00	2369,5	14/12/13 4:00	3090,8
10/12/13 5:00	1324,2	11/12/13 5:00	1104,8	12/12/13 5:00	1352,6	13/12/13 5:00	2543,7	14/12/13 5:00	3034,4
10/12/13 6:00	1324,2	11/12/13 6:00	1091,6	12/12/13 6:00	1338,4	13/12/13 6:00	2641,3	14/12/13 6:00	2978,5
10/12/13 7:00	1324,2	11/12/13 7:00	1078,4	12/12/13 7:00	1324,2	13/12/13 7:00	2686,0	14/12/13 7:00	2941,4
10/12/13 8:00	1324,2	11/12/13 8:00	1071,8	12/12/13 8:00	1324,2	13/12/13 8:00	2695,0	14/12/13 8:00	2904,4
10/12/13 9:00	1317,2	11/12/13 9:00	1065,2	12/12/13 9:00	1345,5	13/12/13 9:00	2686,0	14/12/13 9:00	2858,4
10/12/13 10:00	1310,1	11/12/13 10:00	1058,6	12/12/13 10:00	1366,9	13/12/13 10:00	2650,2	14/12/13 10:00	2840,1
10/12/13 11:00	1296,1	11/12/13 11:00	1045,6	12/12/13 11:00	1388,3	13/12/13 11:00	2605,6	14/12/13 11:00	2821,8
10/12/13 12:00	1282,1	11/12/13 12:00	1045,6	12/12/13 12:00	1417,2	13/12/13 12:00	2561,3	14/12/13 12:00	2803,6
10/12/13 13:00	1261,2	11/12/13 13:00	1045,6	12/12/13 13:00	1460,8	13/12/13 13:00	2534,9	14/12/13 13:00	2758,2
10/12/13 14:00	1247,3	11/12/13 14:00	1074,0	12/12/13 14:00	1541,8	13/12/13 14:00	2570,2	14/12/13 14:00	2722,0
10/12/13 15:00	1240,4	11/12/13 15:00	1102,6	12/12/13 15:00	1677,7	13/12/13 15:00	2659,1	14/12/13 15:00	2722,0
10/12/13 16:00	1233,5	11/12/13 16:00	1131,5	12/12/13 16:00	1801,7	13/12/13 16:00	2794,5	14/12/13 16:00	2776,3
10/12/13 17:00	1226,6	11/12/13 17:00	1178,7	12/12/13 17:00	1888,6	13/12/13 17:00	2932,1	14/12/13 17:00	2858,4
10/12/13 18:00	1219,7	11/12/13 18:00	1219,7	12/12/13 18:00	1880,7	13/12/13 18:00	3062,6	14/12/13 18:00	2932,1
10/12/13 19:00	1212,9	11/12/13 19:00	1261,2	12/12/13 19:00	1809,5	13/12/13 19:00	3166,4	14/12/13 19:00	3006,4
10/12/13 20:00	1199,2	11/12/13 20:00	1303,1	12/12/13 20:00	1762,6	13/12/13 20:00	3233,1	14/12/13 20:00	3053,2
10/12/13 21:00	1185,5	11/12/13 21:00	1345,5	12/12/13 21:00	1747,1	13/12/13 21:00	3281,0	14/12/13 21:00	3062,6
10/12/13 22:00	1165,2	11/12/13 22:00	1381,2	12/12/13 22:00	1700,7	13/12/13 22:00	3300,2	14/12/13 22:00	3043,8
10/12/13 23:00	1151,7	11/12/13 23:00	1402,7	12/12/13 23:00	1654,8	13/12/13 23:00	3309,9	14/12/13 23:00	3025,1

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2013/2014 (Continuação)

Data/hora	Vazão (m³/s)								
15/12/13 0:00	3006,4	16/12/13 0:00	2821,8	17/12/13 0:00	2447,4	18/12/13 0:00	3156,9	19/12/13 0:00	6672,9
15/12/13 1:00	3006,4	16/12/13 1:00	2849,3	17/12/13 1:00	2404,0	18/12/13 1:00	3300,2	19/12/13 1:00	6850,2
15/12/13 2:00	3015,7	16/12/13 2:00	2858,4	17/12/13 2:00	2404,0	18/12/13 2:00	3426,2	19/12/13 2:00	6918,8
15/12/13 3:00	3034,4	16/12/13 3:00	2840,1	17/12/13 3:00	2438,7	18/12/13 3:00	3569,4	19/12/13 3:00	6918,8
15/12/13 4:00	3053,2	16/12/13 4:00	2812,7	17/12/13 4:00	2526,1	18/12/13 4:00	3754,6	19/12/13 4:00	6918,8
15/12/13 5:00	3071,9	16/12/13 5:00	2776,3	17/12/13 5:00	2659,1	18/12/13 5:00	3943,2	19/12/13 5:00	6918,8
15/12/13 6:00	3081,3	16/12/13 6:00	2731,0	17/12/13 6:00	2785,4	18/12/13 6:00	4135,1	19/12/13 6:00	6905,0
15/12/13 7:00	3081,3	16/12/13 7:00	2695,0	17/12/13 7:00	2876,8	18/12/13 7:00	4295,7	19/12/13 7:00	6891,3
15/12/13 8:00	3071,9	16/12/13 8:00	2668,1	17/12/13 8:00	2922,9	18/12/13 8:00	4411,7	19/12/13 8:00	6850,2
15/12/13 9:00	3071,9	16/12/13 9:00	2659,1	17/12/13 9:00	2932,1	18/12/13 9:00	4493,6	19/12/13 9:00	6795,4
15/12/13 10:00	3062,6	16/12/13 10:00	2659,1	17/12/13 10:00	2895,2	18/12/13 10:00	4552,5	19/12/13 10:00	6754,5
15/12/13 11:00	3034,4	16/12/13 11:00	2668,1	17/12/13 11:00	2849,3	18/12/13 11:00	4587,9	19/12/13 11:00	6700,1
15/12/13 12:00	2987,8	16/12/13 12:00	2695,0	17/12/13 12:00	2812,7	18/12/13 12:00	4647,2	19/12/13 12:00	6645,8
15/12/13 13:00	2922,9	16/12/13 13:00	2713,0	17/12/13 13:00	2758,2	18/12/13 13:00	4694,8	19/12/13 13:00	6571,5
15/12/13 14:00	2831,0	16/12/13 14:00	2740,1	17/12/13 14:00	2695,0	18/12/13 14:00	4730,7	19/12/13 14:00	6497,4
15/12/13 15:00	2749,1	16/12/13 15:00	2776,3	17/12/13 15:00	2641,3	18/12/13 15:00	4766,6	19/12/13 15:00	6376,9
15/12/13 16:00	2704,0	16/12/13 16:00	2812,7	17/12/13 16:00	2587,9	18/12/13 16:00	4802,7	19/12/13 16:00	6257,2
15/12/13 17:00	2677,0	16/12/13 17:00	2831,0	17/12/13 17:00	2534,9	18/12/13 17:00	4826,7	19/12/13 17:00	6125,2
15/12/13 18:00	2641,3	16/12/13 18:00	2803,6	17/12/13 18:00	2499,7	18/12/13 18:00	4850,9	19/12/13 18:00	6007,3
15/12/13 19:00	2614,5	16/12/13 19:00	2776,3	17/12/13 19:00	2508,5	18/12/13 19:00	4911,4	19/12/13 19:00	5838,4
15/12/13 20:00	2596,7	16/12/13 20:00	2717,5	17/12/13 20:00	2579,0	18/12/13 20:00	5082,2	19/12/13 20:00	5696,9
15/12/13 21:00	2632,3	16/12/13 21:00	2659,1	17/12/13 21:00	2695,0	18/12/13 21:00	5430,3	19/12/13 21:00	5582,1
15/12/13 22:00	2695,0	16/12/13 22:00	2579,0	17/12/13 22:00	2858,4	18/12/13 22:00	5903,1	19/12/13 22:00	5480,8
15/12/13 23:00	2767,2	16/12/13 23:00	2508,5	17/12/13 23:00	3015,7	18/12/13 23:00	6350,2	19/12/13 23:00	5392,6

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2013/2014 (Continuação)

Data/hora	Vazão (m³/s)								
20/12/13 0:00	5292,6	21/12/13 0:00	3435,9	22/12/13 0:00	6217,5	23/12/13 0:00	4802,7	24/12/13 0:00	5955,1
20/12/13 1:00	5168,5	21/12/13 1:00	3455,5	22/12/13 1:00	6323,6	23/12/13 1:00	4802,7	24/12/13 1:00	6033,4
20/12/13 2:00	5033,2	21/12/13 2:00	3455,5	22/12/13 2:00	6376,9	23/12/13 2:00	4814,7	24/12/13 2:00	6072,7
20/12/13 3:00	4911,4	21/12/13 3:00	3435,9	22/12/13 3:00	6390,2	23/12/13 3:00	4826,7	24/12/13 3:00	6112,0
20/12/13 4:00	4790,6	21/12/13 4:00	3397,0	22/12/13 4:00	6363,5	23/12/13 4:00	4850,9	24/12/13 4:00	6164,7
20/12/13 5:00	4682,9	21/12/13 5:00	3358,2	22/12/13 5:00	6310,3	23/12/13 5:00	4862,9	24/12/13 5:00	6243,9
20/12/13 6:00	4587,9	21/12/13 6:00	3377,6	22/12/13 6:00	6243,9	23/12/13 6:00	4899,2	24/12/13 6:00	6350,2
20/12/13 7:00	4493,6	21/12/13 7:00	3465,3	22/12/13 7:00	6164,7	23/12/13 7:00	4947,8	24/12/13 7:00	6497,4
20/12/13 8:00	4400,1	21/12/13 8:00	3634,4	22/12/13 8:00	6059,6	23/12/13 8:00	4996,5	24/12/13 8:00	6700,1
20/12/13 9:00	4284,1	21/12/13 9:00	3854,0	22/12/13 9:00	5994,2	23/12/13 9:00	5070,0	24/12/13 9:00	6973,9
20/12/13 10:00	4169,3	21/12/13 10:00	4112,4	22/12/13 10:00	5929,1	23/12/13 10:00	5119,1	24/12/13 10:00	7377,9
20/12/13 11:00	4055,7	21/12/13 11:00	4400,1	22/12/13 11:00	5864,3	23/12/13 11:00	5168,5	24/12/13 11:00	7934,3
20/12/13 12:00	3932,0	21/12/13 12:00	4659,1	22/12/13 12:00	5812,6	23/12/13 12:00	5205,6	24/12/13 12:00	8416,5
20/12/13 13:00	3831,8	21/12/13 13:00	4862,9	22/12/13 13:00	5773,9	23/12/13 13:00	5242,8	24/12/13 13:00	8773,8
20/12/13 14:00	3732,6	21/12/13 14:00	5008,7	22/12/13 14:00	5696,9	23/12/13 14:00	5292,6	24/12/13 14:00	8999,8
20/12/13 15:00	3623,5	21/12/13 15:00	5094,5	22/12/13 15:00	5620,3	23/12/13 15:00	5380,1	24/12/13 15:00	9195,9
20/12/13 16:00	3475,1	21/12/13 16:00	5168,5	22/12/13 16:00	5544,0	23/12/13 16:00	5468,1	24/12/13 16:00	8954,4
20/12/13 17:00	3329,2	21/12/13 17:00	5255,2	22/12/13 17:00	5455,5	23/12/13 17:00	5569,4	24/12/13 17:00	8818,8
20/12/13 18:00	3233,1	21/12/13 18:00	5330,0	22/12/13 18:00	5367,6	23/12/13 18:00	5633,0	24/12/13 18:00	8579,6
20/12/13 19:00	3204,4	21/12/13 19:00	5430,3	22/12/13 19:00	5242,8	23/12/13 19:00	5671,3	24/12/13 19:00	8342,8
20/12/13 20:00	3223,5	21/12/13 20:00	5556,7	22/12/13 20:00	5106,8	23/12/13 20:00	5709,7	24/12/13 20:00	8137,6
20/12/13 21:00	3252,2	21/12/13 21:00	5735,4	22/12/13 21:00	5008,7	23/12/13 21:00	5761,1	24/12/13 21:00	7992,2
20/12/13 22:00	3309,9	21/12/13 22:00	5916,1	22/12/13 22:00	4911,4	23/12/13 22:00	5825,5	24/12/13 22:00	7891,0
20/12/13 23:00	3377,6	21/12/13 23:00	6085,8	22/12/13 23:00	4850,9	23/12/13 23:00	5890,2	24/12/13 23:00	7833,3

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2013/2014 (Continuação)

Data/hora	Vazão (m³/s)								
25/12/13 0:00	7804,6	26/12/13 0:00	6046,5	27/12/13 0:00	5230,4	28/12/13 0:00	3798,7	29/12/13 0:00	3319,5
25/12/13 1:00	7761,5	26/12/13 1:00	5968,1	27/12/13 1:00	5156,1	28/12/13 1:00	3721,7	29/12/13 1:00	3252,2
25/12/13 2:00	7704,2	26/12/13 2:00	5903,1	27/12/13 2:00	5082,2	28/12/13 2:00	3677,9	29/12/13 2:00	3175,9
25/12/13 3:00	7632,9	26/12/13 3:00	5877,2	27/12/13 3:00	5033,2	28/12/13 3:00	3645,3	29/12/13 3:00	3119,0
25/12/13 4:00	7533,3	26/12/13 4:00	5838,4	27/12/13 4:00	4996,5	28/12/13 4:00	3601,9	29/12/13 4:00	3062,6
25/12/13 5:00	7448,4	26/12/13 5:00	5838,4	27/12/13 5:00	4947,8	28/12/13 5:00	3558,6	29/12/13 5:00	3025,1
25/12/13 6:00	7349,8	26/12/13 6:00	5825,5	27/12/13 6:00	4899,2	28/12/13 6:00	3515,6	29/12/13 6:00	2997,1
25/12/13 7:00	7237,6	26/12/13 7:00	5825,5	27/12/13 7:00	4850,9	28/12/13 7:00	3494,7	29/12/13 7:00	2987,8
25/12/13 8:00	7154,0	26/12/13 8:00	5825,5	27/12/13 8:00	4766,6	28/12/13 8:00	3465,3	29/12/13 8:00	2969,2
25/12/13 9:00	7070,6	26/12/13 9:00	5786,8	27/12/13 9:00	4671,0	28/12/13 9:00	3455,5	29/12/13 9:00	2959,9
25/12/13 10:00	6973,9	26/12/13 10:00	5722,5	27/12/13 10:00	4587,9	28/12/13 10:00	3445,7	29/12/13 10:00	2950,6
25/12/13 11:00	6877,6	26/12/13 11:00	5607,5	27/12/13 11:00	4528,9	28/12/13 11:00	3416,4	29/12/13 11:00	2932,1
25/12/13 12:00	6700,1	26/12/13 12:00	5506,0	27/12/13 12:00	4435,1	28/12/13 12:00	3377,6	29/12/13 12:00	2904,4
25/12/13 13:00	6524,3	26/12/13 13:00	5417,8	27/12/13 13:00	4295,7	28/12/13 13:00	3319,5	29/12/13 13:00	2867,6
25/12/13 14:00	6363,5	26/12/13 14:00	5355,0	27/12/13 14:00	4089,7	28/12/13 14:00	3281,0	29/12/13 14:00	2831,0
25/12/13 15:00	6243,9	26/12/13 15:00	5305,1	27/12/13 15:00	3898,5	28/12/13 15:00	3233,1	29/12/13 15:00	2803,6
25/12/13 16:00	6125,2	26/12/13 16:00	5267,7	27/12/13 16:00	3842,9	28/12/13 16:00	3185,4	29/12/13 16:00	2776,3
25/12/13 17:00	6059,6	26/12/13 17:00	5230,4	27/12/13 17:00	3954,4	28/12/13 17:00	3166,4	29/12/13 17:00	2767,2
25/12/13 18:00	6046,5	26/12/13 18:00	5218,0	27/12/13 18:00	4146,5	28/12/13 18:00	3175,9	29/12/13 18:00	2749,1
25/12/13 19:00	6072,7	26/12/13 19:00	5230,4	27/12/13 19:00	4295,7	28/12/13 19:00	3223,5	29/12/13 19:00	2749,1
25/12/13 20:00	6098,9	26/12/13 20:00	5267,7	27/12/13 20:00	4307,2	28/12/13 20:00	3300,2	29/12/13 20:00	2749,1
25/12/13 21:00	6125,2	26/12/13 21:00	5317,5	27/12/13 21:00	4203,7	28/12/13 21:00	3377,6	29/12/13 21:00	2749,1
25/12/13 22:00	6138,3	26/12/13 22:00	5317,5	27/12/13 22:00	4055,7	28/12/13 22:00	3406,7	29/12/13 22:00	2749,1
25/12/13 23:00	6112,0	26/12/13 23:00	5292,6	27/12/13 23:00	3909,7	28/12/13 23:00	3387,3	29/12/13 23:00	2776,3

Hidrograma observado na seção 600 – Ano hidrológico – 2013/2014 (Continuação)			
Data/hora	Vazão (m ³ /s)	Data/hora	Vazão (m ³ /s)
30/12/13 0:00	2821,8	31/12/13 0:00	2233,2
30/12/13 1:00	2858,4	31/12/13 1:00	2258,5
30/12/13 2:00	2895,2	31/12/13 2:00	2275,5
30/12/13 3:00	2913,6	31/12/13 3:00	2284,0
30/12/13 4:00	2913,6	31/12/13 4:00	2284,0
30/12/13 5:00	2904,4	31/12/13 5:00	2292,5
30/12/13 6:00	2867,6	31/12/13 6:00	2292,5
30/12/13 7:00	2812,7	31/12/13 7:00	2275,5
30/12/13 8:00	2758,2	31/12/13 8:00	2250,1
30/12/13 9:00	2704,0	31/12/13 9:00	2224,7
30/12/13 10:00	2650,2	31/12/13 10:00	2199,5
30/12/13 11:00	2596,7	31/12/13 11:00	2191,1
30/12/13 12:00	2561,3	31/12/13 12:00	2174,4
30/12/13 13:00	2526,1	31/12/13 13:00	2157,7
30/12/13 14:00	2499,7	31/12/13 14:00	2116,2
30/12/13 15:00	2464,8	31/12/13 15:00	2083,1
30/12/13 16:00	2412,6	31/12/13 16:00	2033,9
30/12/13 17:00	2352,3	31/12/13 17:00	2017,6
30/12/13 18:00	2284,0	31/12/13 18:00	2025,7
30/12/13 19:00	2182,8	31/12/13 19:00	2025,7
30/12/13 20:00	2083,1	31/12/13 20:00	2001,3
30/12/13 21:00	2058,5	31/12/13 21:00	1968,9
30/12/13 22:00	2116,2	31/12/13 22:00	1936,7
30/12/13 23:00	2191,1	31/12/13 23:00	1896,6

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 1978/1979							
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
01/01/1979	1566,3	25/01/1979	3707,4	18/02/1979	4429,7	14/03/1979	2209,7
02/01/1979	1309,8	26/01/1979	4157,9	19/02/1979	4299,5	15/03/1979	2060,6
03/01/1979	1188,1	27/01/1979	4748,1	20/02/1979	4081,5	16/03/1979	1973,1
04/01/1979	1132,9	28/01/1979	5006,1	21/02/1979	3980,4	17/03/1979	3114,7
05/01/1979	1101,8	29/01/1979	5199,5	22/02/1979	3930,2	18/03/1979	2978,3
06/01/1979	1086,4	30/01/1979	5537,5	23/02/1979	3942,8	19/03/1979	3477,6
07/01/1979	1078,7	31/01/1979	5480,6	24/02/1979	3805,8	20/03/1979	3068,9
08/01/1979	1309,8	01/02/1979	5738,3	25/02/1979	3683	21/03/1979	3114,7
09/01/1979	1461,6	02/02/1979	5868,8	26/02/1979	3218,5	22/03/1979	3046,2
10/01/1979	1830,5	03/02/1979	6736,3	27/02/1979	3000,9	23/03/1979	2911
11/01/1979	1887	04/02/1979	7281,4	28/02/1979	2712,5	24/03/1979	2615,3
12/01/1979	1756,1	05/02/1979	11264,9	01/03/1979	2572,5	25/03/1979	2445,7
13/01/1979	1915,6	06/02/1979	9617,8	02/03/1979	2424,9	26/03/1979	2508,8
14/01/1979	1973,1	07/02/1979	8620,1	03/03/1979	2250,1	27/03/1979	2342
15/01/1979	1973,1	08/02/1979	6553,1	04/03/1979	2551,2	28/03/1979	2239,9
16/01/1979	1934,7	09/02/1979	6029,9	05/03/1979	2189,6	29/03/1979	2139,6
17/01/1979	1925,1	10/02/1979	5480,6	06/03/1979	2383,3	30/03/1979	2041,1
18/01/1979	1849,3	11/02/1979	4748,1	07/03/1979	2658,3	31/03/1979	1982,8
19/01/1979	1774,6	12/02/1979	4312,4	08/03/1979	3068,9		
20/01/1979	2199,6	13/02/1979	3993	09/03/1979	2967		
21/01/1979	2383,3	14/02/1979	3549,6	10/03/1979	2690,8		
22/01/1979	2615,3	15/02/1979	3288,4	11/03/1979	2604,5		
23/01/1979	3160,6	16/02/1979	3465,6	12/03/1979	2393,7		
24/01/1979	3597,8	17/02/1979	3843	13/03/1979	2260,2		

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2008/2009

Data/hora	Vazão (m³/s)								
13/12/08 14:00	829,7	15/12/08 14:00	987,2	17/12/08 14:00	1741,7	19/12/08 14:00	3633,3	21/12/08 14:00	4227,9
13/12/08 16:00	829,7	15/12/08 16:00	1011,3	17/12/08 16:00	1759,8	19/12/08 16:00	3718,6	21/12/08 16:00	4249,9
13/12/08 18:00	814,3	15/12/08 18:00	1027,5	17/12/08 18:00	1851,2	19/12/08 18:00	3761,4	21/12/08 18:00	4271,9
13/12/08 20:00	798,9	15/12/08 20:00	1027,5	17/12/08 20:00	1897,3	19/12/08 20:00	3761,4	21/12/08 20:00	4271,9
13/12/08 22:00	791,2	15/12/08 22:00	1051,8	17/12/08 22:00	1925	19/12/08 22:00	3740	21/12/08 22:00	4227,9
14/12/08 0:00	768,4	16/12/08 0:00	1117,3	18/12/08 0:00	1943,6	20/12/08 0:00	3718,6	22/12/08 0:00	4227,9
14/12/08 2:00	768,4	16/12/08 2:00	1208,7	18/12/08 2:00	1980,8	20/12/08 2:00	3761,4	22/12/08 2:00	4216,9
14/12/08 4:00	745,7	16/12/08 4:00	1217,1	18/12/08 4:00	2093,4	20/12/08 4:00	3804,3	22/12/08 4:00	4206
14/12/08 6:00	745,7	16/12/08 6:00	1217,1	18/12/08 6:00	2150,2	20/12/08 6:00	3825,8	22/12/08 6:00	4206
14/12/08 8:00	745,7	16/12/08 8:00	1217,1	18/12/08 8:00	2216,8	20/12/08 8:00	3836,5	22/12/08 8:00	4184
14/12/08 10:00	753,2	16/12/08 10:00	1217,1	18/12/08 10:00	2312,8	20/12/08 10:00	3890,4	22/12/08 10:00	4184
14/12/08 12:00	768,4	16/12/08 12:00	1225,5	18/12/08 12:00	2448,7	20/12/08 12:00	3944,4	22/12/08 12:00	4140,2
14/12/08 14:00	806,6	16/12/08 14:00	1284,7	18/12/08 14:00	2556,5	20/12/08 14:00	3890,4	22/12/08 14:00	4074,7
14/12/08 16:00	822	16/12/08 16:00	1310,2	18/12/08 16:00	2675,4	20/12/08 16:00	3933,6	22/12/08 16:00	4031,2
14/12/08 18:00	829,7	16/12/08 18:00	1310,2	18/12/08 18:00	2865,9	20/12/08 18:00	4031,2	22/12/08 18:00	4020,3
14/12/08 20:00	829,7	16/12/08 20:00	1327,3	18/12/08 20:00	3008	20/12/08 20:00	4031,2	22/12/08 20:00	3966,1
14/12/08 22:00	860,7	16/12/08 22:00	1344,4	18/12/08 22:00	3120,7	20/12/08 22:00	4031,2	22/12/08 22:00	3966,1
15/12/08 0:00	868,5	17/12/08 0:00	1396,1	19/12/08 0:00	3192,9	21/12/08 0:00	4074,7	23/12/08 0:00	3966,1
15/12/08 2:00	892	17/12/08 2:00	1465,6	19/12/08 2:00	3265,4	21/12/08 2:00	4085,6	23/12/08 2:00	3944,4
15/12/08 4:00	907,7	17/12/08 4:00	1580,1	19/12/08 4:00	3327,9	21/12/08 4:00	4118,4	23/12/08 4:00	3836,5
15/12/08 6:00	907,7	17/12/08 6:00	1597,9	19/12/08 6:00	3464,1	21/12/08 6:00	4129,3	23/12/08 6:00	3740
15/12/08 8:00	907,7	17/12/08 8:00	1651,5	19/12/08 8:00	3506,3	21/12/08 8:00	4140,2	23/12/08 8:00	3548,5
15/12/08 10:00	923,5	17/12/08 10:00	1714,5	19/12/08 10:00	3527,4	21/12/08 10:00	4184	23/12/08 10:00	3443,1
15/12/08 12:00	947,3	17/12/08 12:00	1741,7	19/12/08 12:00	3569,7	21/12/08 12:00	4206	23/12/08 12:00	3327,9

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2008/2009 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
23/12/08 14:00	3244,7	25/12/08 14:00	1851,2	27/12/08 14:00	1999,5	29/12/08 14:00	2448,7	31/12/08 14:00	3359,2
23/12/08 16:00	3131	25/12/08 16:00	1787,1	27/12/08 16:00	1999,5	29/12/08 16:00	2312,8	31/12/08 16:00	3338,3
23/12/08 18:00	2886,1	25/12/08 18:00	1714,5	27/12/08 18:00	2065,1	29/12/08 18:00	2188,2	31/12/08 18:00	3338,3
23/12/08 20:00	2886,1	25/12/08 20:00	1759,8	27/12/08 20:00	2140,7	29/12/08 20:00	2140,7	31/12/08 20:00	3327,9
23/12/08 22:00	2865,9	25/12/08 22:00	1851,2	27/12/08 22:00	2274,3	29/12/08 22:00	2264,7	31/12/08 22:00	3327,9
24/12/08 0:00	2835,6	26/12/08 0:00	1999,5	28/12/08 0:00	2419,4	30/12/08 0:00	2448,7	1/1/09 0:00	3327,9
24/12/08 2:00	2715,2	26/12/08 2:00	2074,5	28/12/08 2:00	2487,8	30/12/08 2:00	2735,2	1/1/09 2:00	3327,9
24/12/08 4:00	2468,2	26/12/08 4:00	2093,4	28/12/08 4:00	2487,8	30/12/08 4:00	2815,5	1/1/09 4:00	3307,1
24/12/08 6:00	2419,4	26/12/08 6:00	2074,5	28/12/08 6:00	2438,9	30/12/08 6:00	2957,1	1/1/09 6:00	3296,6
24/12/08 8:00	2370,8	26/12/08 8:00	2055,7	28/12/08 8:00	2419,4	30/12/08 8:00	2987,6	1/1/09 8:00	3296,6
24/12/08 10:00	2312,8	26/12/08 10:00	2027,6	28/12/08 10:00	2390,2	30/12/08 10:00	2977,4	1/1/09 10:00	3359,2
24/12/08 12:00	2236	26/12/08 12:00	1971,5	28/12/08 12:00	2341,8	30/12/08 12:00	2896,2	1/1/09 12:00	3369,7
24/12/08 14:00	2197,7	26/12/08 14:00	1860,4	28/12/08 14:00	2293,6	30/12/08 14:00	2765,2	1/1/09 14:00	3390,6
24/12/08 16:00	2159,7	26/12/08 16:00	1778	28/12/08 16:00	2236	30/12/08 16:00	2705,3	1/1/09 16:00	3411,6
24/12/08 18:00	2084	26/12/08 18:00	1714,5	28/12/08 18:00	2197,7	30/12/08 18:00	2765,2	1/1/09 18:00	3411,6
24/12/08 20:00	2065,1	26/12/08 20:00	1778	28/12/08 20:00	2236	30/12/08 20:00	2916,5	1/1/09 20:00	3411,6
24/12/08 22:00	2027,6	26/12/08 22:00	1814,5	28/12/08 22:00	2264,7	30/12/08 22:00	3100,2	1/1/09 22:00	3390,6
25/12/08 0:00	1990,1	27/12/08 0:00	1878,8	29/12/08 0:00	2322,5	31/12/08 0:00	3286,2	2/1/09 0:00	3338,3
25/12/08 2:00	1990,1	27/12/08 2:00	1943,6	29/12/08 2:00	2409,7	31/12/08 2:00	3411,6	2/1/09 2:00	3244,7
25/12/08 4:00	1990,1	27/12/08 4:00	1980,8	29/12/08 4:00	2468,2	31/12/08 4:00	3464,1	2/1/09 4:00	3244,7
25/12/08 6:00	2008,8	27/12/08 6:00	2027,6	29/12/08 6:00	2546,7	31/12/08 6:00	3485,2	2/1/09 6:00	3131
25/12/08 8:00	2027,6	27/12/08 8:00	2046,3	29/12/08 8:00	2586,1	31/12/08 8:00	3485,2	2/1/09 8:00	3089,9
25/12/08 10:00	2027,6	27/12/08 10:00	2065,1	29/12/08 10:00	2625,7	31/12/08 10:00	3443,1	2/1/09 10:00	3038,7
25/12/08 12:00	1971,5	27/12/08 12:00	2046,3	29/12/08 12:00	2586,1	31/12/08 12:00	3369,7	2/1/09 12:00	2967,2

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2008/2009 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m ³ /s)	Data/hora	Vazão (m ³ /s)	Data/hora	Vazão (m ³ /s)	Data/hora	Vazão (m ³ /s)	Data/hora	Vazão (m ³ /s)
2/1/09 14:00	2906,3	4/1/09 14:00	2936,7	6/1/09 14:00	3644	8/1/09 14:00	5518,3	10/1/09 14:00	4140,2
2/1/09 16:00	2886,1	4/1/09 16:00	2997,8	6/1/09 16:00	3633,3	8/1/09 16:00	5541,6	10/1/09 16:00	4031,2
2/1/09 18:00	2855,8	4/1/09 18:00	3018,2	6/1/09 18:00	3697,2	8/1/09 18:00	5541,6	10/1/09 18:00	3890,4
2/1/09 20:00	2835,6	4/1/09 20:00	3038,7	6/1/09 20:00	3761,4	8/1/09 20:00	5611,5	10/1/09 20:00	3740
2/1/09 22:00	2815,5	4/1/09 22:00	3038,7	6/1/09 22:00	3804,3	8/1/09 22:00	5611,5	10/1/09 22:00	3633,3
3/1/09 0:00	2795,3	5/1/09 0:00	3048,9	7/1/09 0:00	3858,1	9/1/09 0:00	5576,5	11/1/09 0:00	3527,4
3/1/09 2:00	2685,3	5/1/09 2:00	3110,4	7/1/09 2:00	3868,8	9/1/09 2:00	5518,3	11/1/09 2:00	3453,6
3/1/09 4:00	2625,7	5/1/09 4:00	3172,2	7/1/09 4:00	3879,6	9/1/09 4:00	5518,3	11/1/09 4:00	3453,6
3/1/09 6:00	2615,8	5/1/09 6:00	3172,2	7/1/09 6:00	3922,8	9/1/09 6:00	5495	11/1/09 6:00	3390,6
3/1/09 8:00	2586,1	5/1/09 8:00	3213,6	7/1/09 8:00	3987,8	9/1/09 8:00	5495	11/1/09 8:00	3327,9
3/1/09 10:00	2556,5	5/1/09 10:00	3224	7/1/09 10:00	3998,6	9/1/09 10:00	5518,3	11/1/09 10:00	3224
3/1/09 12:00	2536,9	5/1/09 12:00	3244,7	7/1/09 12:00	4031,2	9/1/09 12:00	5576,5	11/1/09 12:00	3048,9
3/1/09 14:00	2536,9	5/1/09 14:00	3327,9	7/1/09 14:00	4129,3	9/1/09 14:00	5518,3	11/1/09 14:00	2916,5
3/1/09 16:00	2536,9	5/1/09 16:00	3506,3	7/1/09 16:00	4206	9/1/09 16:00	5379	11/1/09 16:00	2865,9
3/1/09 18:00	2536,9	5/1/09 18:00	3590,9	7/1/09 18:00	4305	9/1/09 18:00	5275,1	11/1/09 18:00	2906,3
3/1/09 20:00	2586,1	5/1/09 20:00	3644	7/1/09 20:00	4482,2	9/1/09 20:00	5171,6	11/1/09 20:00	2946,9
3/1/09 22:00	2586,1	5/1/09 22:00	3675,9	7/1/09 22:00	4672,2	9/1/09 22:00	5114,3	11/1/09 22:00	3038,7
4/1/09 0:00	2605,9	6/1/09 0:00	3697,2	8/1/09 0:00	4818,6	10/1/09 0:00	5034,3	12/1/09 0:00	3079,6
4/1/09 2:00	2625,7	6/1/09 2:00	3697,2	8/1/09 2:00	4977,3	10/1/09 2:00	4943,2	12/1/09 2:00	3079,6
4/1/09 4:00	2725,2	6/1/09 4:00	3686,6	8/1/09 4:00	5114,3	10/1/09 4:00	4875,2	12/1/09 4:00	2997,8
4/1/09 6:00	2775,3	6/1/09 6:00	3697,2	8/1/09 6:00	5275,1	10/1/09 6:00	4616,1	12/1/09 6:00	2946,9
4/1/09 8:00	2775,3	6/1/09 8:00	3654,6	8/1/09 8:00	5355,9	10/1/09 8:00	4504,5	12/1/09 8:00	2805,4
4/1/09 10:00	2745,2	6/1/09 10:00	3644	8/1/09 10:00	5413,8	10/1/09 10:00	4349,1	12/1/09 10:00	2705,3
4/1/09 12:00	2825,5	6/1/09 12:00	3654,6	8/1/09 12:00	5495	10/1/09 12:00	4249,9	12/1/09 12:00	2586,1

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2008/2009 (Continuação)					
Data/hora	Vazão (m ³ /s)	Data/hora	Vazão (m ³ /s)	Data/hora	Vazão (m ³ /s)
12/1/09 14:00	2429,1	14/1/09 14:00	2027,6	16/1/09 14:00	1814,5
12/1/09 16:00	2361,1	14/1/09 16:00	1915,8	16/1/09 16:00	1768,9
12/1/09 18:00	2361,1	14/1/09 18:00	1888	16/1/09 18:00	1705,5
12/1/09 20:00	2429,1	14/1/09 20:00	1980,8	16/1/09 20:00	1660,5
12/1/09 22:00	2536,9	14/1/09 22:00	2112,3	16/1/09 22:00	1615,7
13/1/09 0:00	2507,4	15/1/09 0:00	2188,2	17/1/09 0:00	1705,5
13/1/09 2:00	2429,1	15/1/09 2:00	2169,2	17/1/09 2:00	1805,4
13/1/09 4:00	2458,4	15/1/09 4:00	2084	17/1/09 4:00	1915,8
13/1/09 6:00	2478	15/1/09 6:00	2074,5	17/1/09 6:00	1952,9
13/1/09 8:00	2527	15/1/09 8:00	2027,6	17/1/09 8:00	1860,4
13/1/09 10:00	2507,4	15/1/09 10:00	1980,8	17/1/09 10:00	1678,4
13/1/09 12:00	2429,1	15/1/09 12:00	1943,6	17/1/09 12:00	1544,7
13/1/09 14:00	2274,3	15/1/09 14:00	1897,3		
13/1/09 16:00	2150,2	15/1/09 16:00	1860,4		
13/1/09 18:00	2188,2	15/1/09 18:00	1823,7		
13/1/09 20:00	2283,9	15/1/09 20:00	1823,7		
13/1/09 22:00	2322,5	15/1/09 22:00	1823,7		
14/1/09 0:00	2361,1	16/1/09 0:00	1823,7		
14/1/09 2:00	2400	16/1/09 2:00	1823,7		
14/1/09 4:00	2351,5	16/1/09 4:00	1823,7		
14/1/09 6:00	2303,2	16/1/09 6:00	1851,2		
14/1/09 8:00	2274,3	16/1/09 8:00	1851,2		
14/1/09 10:00	2226,4	16/1/09 10:00	1823,7		
14/1/09 12:00	2131,2	16/1/09 12:00	1823,7		

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2011/2012

Data/hora	Vazão (m³/s)								
		24/11/11 0:00	1276,2	25/11/11 0:00	899,8	26/11/11 0:00	1615,7	27/11/11 0:00	2409,7
		24/11/11 1:00	1301,7	25/11/11 1:00	915,6	26/11/11 1:00	1696,4	27/11/11 1:00	2409,7
		24/11/11 2:00	1301,7	25/11/11 2:00	931,4	26/11/11 2:00	1768,9	27/11/11 2:00	2419,4
		24/11/11 3:00	1284,7	25/11/11 3:00	963,2	26/11/11 3:00	1814,5	27/11/11 3:00	2429,1
		24/11/11 4:00	1250,8	25/11/11 4:00	995,2	26/11/11 4:00	1878,8	27/11/11 4:00	2438,9
		24/11/11 5:00	1208,7	25/11/11 5:00	1027,5	26/11/11 5:00	1943,6	27/11/11 5:00	2458,4
		24/11/11 6:00	1175,3	25/11/11 6:00	1051,8	26/11/11 6:00	1980,8	27/11/11 6:00	2487,8
		24/11/11 7:00	1125,6	25/11/11 7:00	1068,1	26/11/11 7:00	2046,3	27/11/11 7:00	2517,2
		24/11/11 8:00	1100,9	25/11/11 8:00	1076,3	26/11/11 8:00	2112,3	27/11/11 8:00	2536,9
		24/11/11 9:00	1076,3	25/11/11 9:00	1084,5	26/11/11 9:00	2188,2	27/11/11 9:00	2497,6
		24/11/11 10:00	1035,6	25/11/11 10:00	1084,5	26/11/11 10:00	2236	27/11/11 10:00	2448,7
23/11/11 11:00	1003,3	24/11/11 11:00	1003,3	25/11/11 11:00	1084,5	26/11/11 11:00	2293,6	27/11/11 11:00	2370,8
23/11/11 12:00	1003,3	24/11/11 12:00	963,2	25/11/11 12:00	1076,3	26/11/11 12:00	2341,8	27/11/11 12:00	2293,6
23/11/11 13:00	1003,3	24/11/11 13:00	915,6	25/11/11 13:00	1092,7	26/11/11 13:00	2361,1	27/11/11 13:00	2226,4
23/11/11 14:00	1003,3	24/11/11 14:00	868,5	25/11/11 14:00	1109,1	26/11/11 14:00	2332,1	27/11/11 14:00	2169,2
23/11/11 15:00	1003,3	24/11/11 15:00	845,2	25/11/11 15:00	1109,1	26/11/11 15:00	2274,3	27/11/11 15:00	2121,7
23/11/11 16:00	1011,3	24/11/11 16:00	829,7	25/11/11 16:00	1125,6	26/11/11 16:00	2236	27/11/11 16:00	2102,8
23/11/11 17:00	1027,5	24/11/11 17:00	829,7	25/11/11 17:00	1133,8	26/11/11 17:00	2197,7	27/11/11 17:00	2074,5
23/11/11 18:00	1043,7	24/11/11 18:00	837,4	25/11/11 18:00	1133,8	26/11/11 18:00	2197,7	27/11/11 18:00	2065,1
23/11/11 19:00	1068,1	24/11/11 19:00	852,9	25/11/11 19:00	1142,1	26/11/11 19:00	2226,4	27/11/11 19:00	2065,1
23/11/11 20:00	1100,9	24/11/11 20:00	868,5	25/11/11 20:00	1192	26/11/11 20:00	2274,3	27/11/11 20:00	2055,7
23/11/11 21:00	1142,1	24/11/11 21:00	884,1	25/11/11 21:00	1276,2	26/11/11 21:00	2322,5	27/11/11 21:00	2046,3
23/11/11 22:00	1200,4	24/11/11 22:00	892	25/11/11 22:00	1404,7	26/11/11 22:00	2370,8	27/11/11 22:00	2027,6
23/11/11 23:00	1250,8	24/11/11 23:00	899,8	25/11/11 23:00	1518,2	26/11/11 23:00	2400	27/11/11 23:00	2018,2

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
28/11/11 0:00	1980,8	29/11/11 0:00	2419,4	30/11/11 0:00	3401,1	1/12/11 0:00	3527,4	2/12/11 0:00	3422,1
28/11/11 1:00	1952,9	29/11/11 1:00	2448,7	30/11/11 1:00	3453,6	1/12/11 1:00	3569,7	2/12/11 1:00	3411,6
28/11/11 2:00	1906,5	29/11/11 2:00	2478	30/11/11 2:00	3474,6	1/12/11 2:00	3601,5	2/12/11 2:00	3390,6
28/11/11 3:00	1860,4	29/11/11 3:00	2497,6	30/11/11 3:00	3485,2	1/12/11 3:00	3601,5	2/12/11 3:00	3359,2
28/11/11 4:00	1832,9	29/11/11 4:00	2497,6	30/11/11 4:00	3474,6	1/12/11 4:00	3622,7	2/12/11 4:00	3327,9
28/11/11 5:00	1832,9	29/11/11 5:00	2517,2	30/11/11 5:00	3453,6	1/12/11 5:00	3633,3	2/12/11 5:00	3307,1
28/11/11 6:00	1860,4	29/11/11 6:00	2556,5	30/11/11 6:00	3432,6	1/12/11 6:00	3633,3	2/12/11 6:00	3286,2
28/11/11 7:00	1906,5	29/11/11 7:00	2605,9	30/11/11 7:00	3411,6	1/12/11 7:00	3622,7	2/12/11 7:00	3265,4
28/11/11 8:00	1952,9	29/11/11 8:00	2655,5	30/11/11 8:00	3401,1	1/12/11 8:00	3601,5	2/12/11 8:00	3255,1
28/11/11 9:00	1999,5	29/11/11 9:00	2705,3	30/11/11 9:00	3411,6	1/12/11 9:00	3569,7	2/12/11 9:00	3234,3
28/11/11 10:00	2036,9	29/11/11 10:00	2765,2	30/11/11 10:00	3411,6	1/12/11 10:00	3548,5	2/12/11 10:00	3224
28/11/11 11:00	2074,5	29/11/11 11:00	2835,6	30/11/11 11:00	3443,1	1/12/11 11:00	3527,4	2/12/11 11:00	3213,6
28/11/11 12:00	2102,8	29/11/11 12:00	2906,3	30/11/11 12:00	3453,6	1/12/11 12:00	3516,8	2/12/11 12:00	3182,6
28/11/11 13:00	2121,7	29/11/11 13:00	2957,1	30/11/11 13:00	3464,1	1/12/11 13:00	3485,2	2/12/11 13:00	3141,3
28/11/11 14:00	2131,2	29/11/11 14:00	2977,4	30/11/11 14:00	3485,2	1/12/11 14:00	3485,2	2/12/11 14:00	3089,9
28/11/11 15:00	2140,7	29/11/11 15:00	2987,6	30/11/11 15:00	3474,6	1/12/11 15:00	3485,2	2/12/11 15:00	3059,1
28/11/11 16:00	2150,2	29/11/11 16:00	2997,8	30/11/11 16:00	3464,1	1/12/11 16:00	3485,2	2/12/11 16:00	3018,2
28/11/11 17:00	2178,7	29/11/11 17:00	3038,7	30/11/11 17:00	3453,6	1/12/11 17:00	3474,6	2/12/11 17:00	2987,6
28/11/11 18:00	2207,3	29/11/11 18:00	3079,6	30/11/11 18:00	3432,6	1/12/11 18:00	3453,6	2/12/11 18:00	2957,1
28/11/11 19:00	2245,5	29/11/11 19:00	3100,2	30/11/11 19:00	3411,6	1/12/11 19:00	3453,6	2/12/11 19:00	2957,1
28/11/11 20:00	2274,3	29/11/11 20:00	3151,6	30/11/11 20:00	3380,2	1/12/11 20:00	3453,6	2/12/11 20:00	2946,9
28/11/11 21:00	2322,5	29/11/11 21:00	3213,6	30/11/11 21:00	3380,2	1/12/11 21:00	3453,6	2/12/11 21:00	2946,9
28/11/11 22:00	2351,5	29/11/11 22:00	3265,4	30/11/11 22:00	3422,1	1/12/11 22:00	3453,6	2/12/11 22:00	2936,7
28/11/11 23:00	2370,8	29/11/11 23:00	3338,3	30/11/11 23:00	3485,2	1/12/11 23:00	3443,1	2/12/11 23:00	2896,2

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m ³ /s)	Data/hora	Vazão (m ³ /s)	Data/hora	Vazão (m ³ /s)	Data/hora	Vazão (m ³ /s)	Data/hora	Vazão (m ³ /s)
3/12/11 0:00	2886,1	4/12/11 0:00	2997,8	5/12/11 0:00	2765,2	6/12/11 0:00	2361,1	7/12/11 0:00	1962,2
3/12/11 1:00	2896,2	4/12/11 1:00	2957,1	5/12/11 1:00	2755,2	6/12/11 1:00	2400	7/12/11 1:00	1943,6
3/12/11 2:00	2916,5	4/12/11 2:00	2936,7	5/12/11 2:00	2755,2	6/12/11 2:00	2370,8	7/12/11 2:00	1925
3/12/11 3:00	2936,7	4/12/11 3:00	2946,9	5/12/11 3:00	2755,2	6/12/11 3:00	2351,5	7/12/11 3:00	1934,3
3/12/11 4:00	2936,7	4/12/11 4:00	2946,9	5/12/11 4:00	2735,2	6/12/11 4:00	2351,5	7/12/11 4:00	1980,8
3/12/11 5:00	2896,2	4/12/11 5:00	2957,1	5/12/11 5:00	2725,2	6/12/11 5:00	2361,1	7/12/11 5:00	2046,3
3/12/11 6:00	2855,8	4/12/11 6:00	2967,2	5/12/11 6:00	2715,2	6/12/11 6:00	2419,4	7/12/11 6:00	2112,3
3/12/11 7:00	2825,5	4/12/11 7:00	2967,2	5/12/11 7:00	2705,3	6/12/11 7:00	2458,4	7/12/11 7:00	2150,2
3/12/11 8:00	2805,4	4/12/11 8:00	2957,1	5/12/11 8:00	2685,3	6/12/11 8:00	2478	7/12/11 8:00	2159,7
3/12/11 9:00	2775,3	4/12/11 9:00	2916,5	5/12/11 9:00	2655,5	6/12/11 9:00	2468,2	7/12/11 9:00	2159,7
3/12/11 10:00	2765,2	4/12/11 10:00	2865,9	5/12/11 10:00	2625,7	6/12/11 10:00	2429,1	7/12/11 10:00	2150,2
3/12/11 11:00	2765,2	4/12/11 11:00	2835,6	5/12/11 11:00	2596	6/12/11 11:00	2341,8	7/12/11 11:00	2112,3
3/12/11 12:00	2765,2	4/12/11 12:00	2805,4	5/12/11 12:00	2576,3	6/12/11 12:00	2236	7/12/11 12:00	2055,7
3/12/11 13:00	2775,3	4/12/11 13:00	2805,4	5/12/11 13:00	2536,9	6/12/11 13:00	2121,7	7/12/11 13:00	1971,5
3/12/11 14:00	2785,3	4/12/11 14:00	2835,6	5/12/11 14:00	2497,6	6/12/11 14:00	2018,2	7/12/11 14:00	1906,5
3/12/11 15:00	2795,3	4/12/11 15:00	2855,8	5/12/11 15:00	2458,4	6/12/11 15:00	1925	7/12/11 15:00	1897,3
3/12/11 16:00	2805,4	4/12/11 16:00	2865,9	5/12/11 16:00	2390,2	6/12/11 16:00	1878,8	7/12/11 16:00	1925
3/12/11 17:00	2805,4	4/12/11 17:00	2855,8	5/12/11 17:00	2303,2	6/12/11 17:00	1869,6	7/12/11 17:00	1971,5
3/12/11 18:00	2825,5	4/12/11 18:00	2855,8	5/12/11 18:00	2226,4	6/12/11 18:00	1888	7/12/11 18:00	2027,6
3/12/11 19:00	2865,9	4/12/11 19:00	2845,7	5/12/11 19:00	2150,2	6/12/11 19:00	1915,8	7/12/11 19:00	2046,3
3/12/11 20:00	2936,7	4/12/11 20:00	2825,5	5/12/11 20:00	2150,2	6/12/11 20:00	1952,9	7/12/11 20:00	2027,6
3/12/11 21:00	2987,6	4/12/11 21:00	2805,4	5/12/11 21:00	2197,7	6/12/11 21:00	1980,8	7/12/11 21:00	1980,8
3/12/11 22:00	3028,4	4/12/11 22:00	2785,3	5/12/11 22:00	2274,3	6/12/11 22:00	1990,1	7/12/11 22:00	1925
3/12/11 23:00	3028,4	4/12/11 23:00	2765,2	5/12/11 23:00	2332,1	6/12/11 23:00	1980,8	7/12/11 23:00	1888

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
8/12/11 0:00	1842	9/12/11 0:00	1796,3	10/12/11 0:00	1869,6	11/12/11 0:00	1651,5	12/12/11 0:00	1732,6
8/12/11 1:00	1814,5	9/12/11 1:00	1796,3	10/12/11 1:00	1888	11/12/11 1:00	1624,6	12/12/11 1:00	1723,5
8/12/11 2:00	1796,3	9/12/11 2:00	1796,3	10/12/11 2:00	1888	11/12/11 2:00	1597,9	12/12/11 2:00	1705,5
8/12/11 3:00	1814,5	9/12/11 3:00	1805,4	10/12/11 3:00	1869,6	11/12/11 3:00	1571,2	12/12/11 3:00	1687,4
8/12/11 4:00	1851,2	9/12/11 4:00	1805,4	10/12/11 4:00	1851,2	11/12/11 4:00	1562,4	12/12/11 4:00	1678,4
8/12/11 5:00	1897,3	9/12/11 5:00	1805,4	10/12/11 5:00	1805,4	11/12/11 5:00	1562,4	12/12/11 5:00	1669,4
8/12/11 6:00	1962,2	9/12/11 6:00	1805,4	10/12/11 6:00	1778	11/12/11 6:00	1571,2	12/12/11 6:00	1669,4
8/12/11 7:00	2027,6	9/12/11 7:00	1805,4	10/12/11 7:00	1768,9	11/12/11 7:00	1589	12/12/11 7:00	1678,4
8/12/11 8:00	2074,5	9/12/11 8:00	1805,4	10/12/11 8:00	1796,3	11/12/11 8:00	1597,9	12/12/11 8:00	1696,4
8/12/11 9:00	2112,3	9/12/11 9:00	1796,3	10/12/11 9:00	1832,9	11/12/11 9:00	1580,1	12/12/11 9:00	1687,4
8/12/11 10:00	2131,2	9/12/11 10:00	1805,4	10/12/11 10:00	1860,4	11/12/11 10:00	1544,7	12/12/11 10:00	1669,4
8/12/11 11:00	2112,3	9/12/11 11:00	1814,5	10/12/11 11:00	1860,4	11/12/11 11:00	1518,2	12/12/11 11:00	1633,6
8/12/11 12:00	2027,6	9/12/11 12:00	1814,5	10/12/11 12:00	1842	11/12/11 12:00	1491,8	12/12/11 12:00	1580,1
8/12/11 13:00	1943,6	9/12/11 13:00	1805,4	10/12/11 13:00	1814,5	11/12/11 13:00	1483,1	12/12/11 13:00	1535,8
8/12/11 14:00	1860,4	9/12/11 14:00	1778	10/12/11 14:00	1787,1	11/12/11 14:00	1509,4	12/12/11 14:00	1500,6
8/12/11 15:00	1787,1	9/12/11 15:00	1778	10/12/11 15:00	1768,9	11/12/11 15:00	1553,5	12/12/11 15:00	1491,8
8/12/11 16:00	1741,7	9/12/11 16:00	1778	10/12/11 16:00	1741,7	11/12/11 16:00	1615,7	12/12/11 16:00	1491,8
8/12/11 17:00	1732,6	9/12/11 17:00	1778	10/12/11 17:00	1732,6	11/12/11 17:00	1660,5	12/12/11 17:00	1535,8
8/12/11 18:00	1732,6	9/12/11 18:00	1759,8	10/12/11 18:00	1732,6	11/12/11 18:00	1714,5	12/12/11 18:00	1597,9
8/12/11 19:00	1750,7	9/12/11 19:00	1732,6	10/12/11 19:00	1732,6	11/12/11 19:00	1750,7	12/12/11 19:00	1660,5
8/12/11 20:00	1768,9	9/12/11 20:00	1723,5	10/12/11 20:00	1732,6	11/12/11 20:00	1778	12/12/11 20:00	1741,7
8/12/11 21:00	1778	9/12/11 21:00	1732,6	10/12/11 21:00	1705,5	11/12/11 21:00	1778	12/12/11 21:00	1832,9
8/12/11 22:00	1796,3	9/12/11 22:00	1778	10/12/11 22:00	1696,4	11/12/11 22:00	1759,8	12/12/11 22:00	1943,6
8/12/11 23:00	1796,3	9/12/11 23:00	1823,7	10/12/11 23:00	1660,5	11/12/11 23:00	1750,7	12/12/11 23:00	2046,3

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
13/12/11 0:00	2140,7	14/12/11 0:00	2027,6	15/12/11 0:00	1934,3	16/12/11 0:00	1741,7	17/12/11 0:00	1562,4
13/12/11 1:00	2197,7	14/12/11 1:00	2027,6	15/12/11 1:00	1925	16/12/11 1:00	1805,4	17/12/11 1:00	1589
13/12/11 2:00	2245,5	14/12/11 2:00	1990,1	15/12/11 2:00	1897,3	16/12/11 2:00	1832,9	17/12/11 2:00	1589
13/12/11 3:00	2255,1	14/12/11 3:00	1943,6	15/12/11 3:00	1860,4	16/12/11 3:00	1842	17/12/11 3:00	1580,1
13/12/11 4:00	2255,1	14/12/11 4:00	1915,8	15/12/11 4:00	1823,7	16/12/11 4:00	1832,9	17/12/11 4:00	1571,2
13/12/11 5:00	2236	14/12/11 5:00	1897,3	15/12/11 5:00	1814,5	16/12/11 5:00	1814,5	17/12/11 5:00	1580,1
13/12/11 6:00	2197,7	14/12/11 6:00	1915,8	15/12/11 6:00	1832,9	16/12/11 6:00	1768,9	17/12/11 6:00	1606,8
13/12/11 7:00	2150,2	14/12/11 7:00	1943,6	15/12/11 7:00	1860,4	16/12/11 7:00	1723,5	17/12/11 7:00	1624,6
13/12/11 8:00	2084	14/12/11 8:00	1962,2	15/12/11 8:00	1897,3	16/12/11 8:00	1678,4	17/12/11 8:00	1651,5
13/12/11 9:00	2027,6	14/12/11 9:00	1980,8	15/12/11 9:00	1906,5	16/12/11 9:00	1633,6	17/12/11 9:00	1678,4
13/12/11 10:00	1971,5	14/12/11 10:00	1980,8	15/12/11 10:00	1906,5	16/12/11 10:00	1589	17/12/11 10:00	1687,4
13/12/11 11:00	1888	14/12/11 11:00	1980,8	15/12/11 11:00	1869,6	16/12/11 11:00	1535,8	17/12/11 11:00	1687,4
13/12/11 12:00	1787,1	14/12/11 12:00	1934,3	15/12/11 12:00	1805,4	16/12/11 12:00	1483,1	17/12/11 12:00	1678,4
13/12/11 13:00	1669,4	14/12/11 13:00	1869,6	15/12/11 13:00	1723,5	16/12/11 13:00	1413,4	17/12/11 13:00	1669,4
13/12/11 14:00	1544,7	14/12/11 14:00	1796,3	15/12/11 14:00	1651,5	16/12/11 14:00	1370,2	17/12/11 14:00	1642,5
13/12/11 15:00	1465,6	14/12/11 15:00	1732,6	15/12/11 15:00	1571,2	16/12/11 15:00	1335,8	17/12/11 15:00	1615,7
13/12/11 16:00	1430,7	14/12/11 16:00	1696,4	15/12/11 16:00	1527	16/12/11 16:00	1327,3	17/12/11 16:00	1589
13/12/11 17:00	1456,9	14/12/11 17:00	1705,5	15/12/11 17:00	1483,1	16/12/11 17:00	1327,3	17/12/11 17:00	1580,1
13/12/11 18:00	1518,2	14/12/11 18:00	1732,6	15/12/11 18:00	1474,3	16/12/11 18:00	1310,2	17/12/11 18:00	1597,9
13/12/11 19:00	1615,7	14/12/11 19:00	1750,7	15/12/11 19:00	1474,3	16/12/11 19:00	1318,7	17/12/11 19:00	1633,6
13/12/11 20:00	1732,6	14/12/11 20:00	1787,1	15/12/11 20:00	1491,8	16/12/11 20:00	1344,4	17/12/11 20:00	1687,4
13/12/11 21:00	1842	14/12/11 21:00	1823,7	15/12/11 21:00	1535,8	16/12/11 21:00	1396,1	17/12/11 21:00	1759,8
13/12/11 22:00	1934,3	14/12/11 22:00	1860,4	15/12/11 22:00	1580,1	16/12/11 22:00	1448,1	17/12/11 22:00	1823,7
13/12/11 23:00	1990,1	14/12/11 23:00	1906,5	15/12/11 23:00	1660,5	16/12/11 23:00	1509,4	17/12/11 23:00	1906,5

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
18/12/11 0:00	1990,1	19/12/11 0:00	3069,4	20/12/11 0:00	3516,8	21/12/11 0:00	3453,6	22/12/11 0:00	3761,4
18/12/11 1:00	2093,4	19/12/11 1:00	3038,7	20/12/11 1:00	3548,5	21/12/11 1:00	3464,1	22/12/11 1:00	3761,4
18/12/11 2:00	2207,3	19/12/11 2:00	3048,9	20/12/11 2:00	3559,1	21/12/11 2:00	3485,2	22/12/11 2:00	3761,4
18/12/11 3:00	2322,5	19/12/11 3:00	3089,9	20/12/11 3:00	3590,9	21/12/11 3:00	3506,3	22/12/11 3:00	3772,1
18/12/11 4:00	2429,1	19/12/11 4:00	3172,2	20/12/11 4:00	3612,1	21/12/11 4:00	3548,5	22/12/11 4:00	3782,8
18/12/11 5:00	2517,2	19/12/11 5:00	3265,4	20/12/11 5:00	3644	21/12/11 5:00	3569,7	22/12/11 5:00	3815
18/12/11 6:00	2586,1	19/12/11 6:00	3338,3	20/12/11 6:00	3654,6	21/12/11 6:00	3559,1	22/12/11 6:00	3858,1
18/12/11 7:00	2655,5	19/12/11 7:00	3411,6	20/12/11 7:00	3644	21/12/11 7:00	3548,5	22/12/11 7:00	3890,4
18/12/11 8:00	2705,3	19/12/11 8:00	3464,1	20/12/11 8:00	3644	21/12/11 8:00	3506,3	22/12/11 8:00	3922,8
18/12/11 9:00	2735,2	19/12/11 9:00	3506,3	20/12/11 9:00	3633,3	21/12/11 9:00	3474,6	22/12/11 9:00	3933,6
18/12/11 10:00	2765,2	19/12/11 10:00	3495,7	20/12/11 10:00	3633,3	21/12/11 10:00	3453,6	22/12/11 10:00	3933,6
18/12/11 11:00	2775,3	19/12/11 11:00	3453,6	20/12/11 11:00	3612,1	21/12/11 11:00	3474,6	22/12/11 11:00	3901,2
18/12/11 12:00	2805,4	19/12/11 12:00	3369,7	20/12/11 12:00	3601,5	21/12/11 12:00	3506,3	22/12/11 12:00	3890,4
18/12/11 13:00	2835,6	19/12/11 13:00	3307,1	20/12/11 13:00	3569,7	21/12/11 13:00	3527,4	22/12/11 13:00	3879,6
18/12/11 14:00	2865,9	19/12/11 14:00	3224	20/12/11 14:00	3559,1	21/12/11 14:00	3548,5	22/12/11 14:00	3879,6
18/12/11 15:00	2906,3	19/12/11 15:00	3182,6	20/12/11 15:00	3559,1	21/12/11 15:00	3569,7	22/12/11 15:00	3901,2
18/12/11 16:00	2946,9	19/12/11 16:00	3203,2	20/12/11 16:00	3559,1	21/12/11 16:00	3590,9	22/12/11 16:00	3912
18/12/11 17:00	2997,8	19/12/11 17:00	3255,1	20/12/11 17:00	3559,1	21/12/11 17:00	3612,1	22/12/11 17:00	3912
18/12/11 18:00	3038,7	19/12/11 18:00	3286,2	20/12/11 18:00	3548,5	21/12/11 18:00	3644	22/12/11 18:00	3912
18/12/11 19:00	3079,6	19/12/11 19:00	3327,9	20/12/11 19:00	3527,4	21/12/11 19:00	3665,3	22/12/11 19:00	3933,6
18/12/11 20:00	3120,7	19/12/11 20:00	3369,7	20/12/11 20:00	3485,2	21/12/11 20:00	3697,2	22/12/11 20:00	3966,1
18/12/11 21:00	3131	19/12/11 21:00	3411,6	20/12/11 21:00	3453,6	21/12/11 21:00	3740	22/12/11 21:00	3998,6
18/12/11 22:00	3131	19/12/11 22:00	3453,6	20/12/11 22:00	3443,1	21/12/11 22:00	3750,7	22/12/11 22:00	4053
18/12/11 23:00	3110,4	19/12/11 23:00	3495,7	20/12/11 23:00	3443,1	21/12/11 23:00	3782,8	22/12/11 23:00	4085,6

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
23/12/11 0:00	4118,4	24/12/11 0:00	3265,4	25/12/11 0:00	2448,7	26/12/11 0:00	2197,7	27/12/11 0:00	1842
23/12/11 1:00	4129,3	24/12/11 1:00	3213,6	25/12/11 1:00	2458,4	26/12/11 1:00	2197,7	27/12/11 1:00	1860,4
23/12/11 2:00	4129,3	24/12/11 2:00	3161,9	25/12/11 2:00	2448,7	26/12/11 2:00	2178,7	27/12/11 2:00	1860,4
23/12/11 3:00	4129,3	24/12/11 3:00	3100,2	25/12/11 3:00	2429,1	26/12/11 3:00	2159,7	27/12/11 3:00	1860,4
23/12/11 4:00	4096,6	24/12/11 4:00	3038,7	25/12/11 4:00	2390,2	26/12/11 4:00	2140,7	27/12/11 4:00	1842
23/12/11 5:00	4053	24/12/11 5:00	2977,4	25/12/11 5:00	2351,5	26/12/11 5:00	2112,3	27/12/11 5:00	1832,9
23/12/11 6:00	4009,5	24/12/11 6:00	2926,6	25/12/11 6:00	2303,2	26/12/11 6:00	2102,8	27/12/11 6:00	1814,5
23/12/11 7:00	3955,2	24/12/11 7:00	2876	25/12/11 7:00	2264,7	26/12/11 7:00	2084	27/12/11 7:00	1805,4
23/12/11 8:00	3890,4	24/12/11 8:00	2845,7	25/12/11 8:00	2236	26/12/11 8:00	2065,1	27/12/11 8:00	1778
23/12/11 9:00	3836,5	24/12/11 9:00	2815,5	25/12/11 9:00	2226,4	26/12/11 9:00	2027,6	27/12/11 9:00	1778
23/12/11 10:00	3793,6	24/12/11 10:00	2785,3	25/12/11 10:00	2216,8	26/12/11 10:00	2018,2	27/12/11 10:00	1768,9
23/12/11 11:00	3761,4	24/12/11 11:00	2745,2	25/12/11 11:00	2216,8	26/12/11 11:00	1999,5	27/12/11 11:00	1732,6
23/12/11 12:00	3718,6	24/12/11 12:00	2715,2	25/12/11 12:00	2216,8	26/12/11 12:00	1990,1	27/12/11 12:00	1696,4
23/12/11 13:00	3675,9	24/12/11 13:00	2665,4	25/12/11 13:00	2216,8	26/12/11 13:00	1980,8	27/12/11 13:00	1624,6
23/12/11 14:00	3644	24/12/11 14:00	2625,7	25/12/11 14:00	2216,8	26/12/11 14:00	1952,9	27/12/11 14:00	1589
23/12/11 15:00	3601,5	24/12/11 15:00	2586,1	25/12/11 15:00	2207,3	26/12/11 15:00	1897,3	27/12/11 15:00	1571,2
23/12/11 16:00	3580,3	24/12/11 16:00	2536,9	25/12/11 16:00	2188,2	26/12/11 16:00	1851,2	27/12/11 16:00	1589
23/12/11 17:00	3548,5	24/12/11 17:00	2478	25/12/11 17:00	2169,2	26/12/11 17:00	1787,1	27/12/11 17:00	1606,8
23/12/11 18:00	3537,9	24/12/11 18:00	2419,4	25/12/11 18:00	2169,2	26/12/11 18:00	1732,6	27/12/11 18:00	1597,9
23/12/11 19:00	3506,3	24/12/11 19:00	2380,5	25/12/11 19:00	2159,7	26/12/11 19:00	1732,6	27/12/11 19:00	1571,2
23/12/11 20:00	3453,6	24/12/11 20:00	2361,1	25/12/11 20:00	2178,7	26/12/11 20:00	1732,6	27/12/11 20:00	1571,2
23/12/11 21:00	3411,6	24/12/11 21:00	2380,5	25/12/11 21:00	2188,2	26/12/11 21:00	1741,7	27/12/11 21:00	1589
23/12/11 22:00	3369,7	24/12/11 22:00	2409,7	25/12/11 22:00	2188,2	26/12/11 22:00	1778	27/12/11 22:00	1615,7
23/12/11 23:00	3317,5	24/12/11 23:00	2429,1	25/12/11 23:00	2197,7	26/12/11 23:00	1814,5	27/12/11 23:00	1633,6

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
28/12/11 0:00	1651,5	29/12/11 0:00	1669,4	30/12/11 0:00	2274,3	31/12/11 0:00	2785,3	1/1/12 0:00	3411,6
28/12/11 1:00	1678,4	29/12/11 1:00	1669,4	30/12/11 1:00	2293,6	31/12/11 1:00	2785,3	1/1/12 1:00	3401,1
28/12/11 2:00	1687,4	29/12/11 2:00	1633,6	30/12/11 2:00	2312,8	31/12/11 2:00	2785,3	1/1/12 2:00	3422,1
28/12/11 3:00	1696,4	29/12/11 3:00	1589	30/12/11 3:00	2303,2	31/12/11 3:00	2805,4	1/1/12 3:00	3432,6
28/12/11 4:00	1696,4	29/12/11 4:00	1535,8	30/12/11 4:00	2293,6	31/12/11 4:00	2855,8	1/1/12 4:00	3411,6
28/12/11 5:00	1687,4	29/12/11 5:00	1465,6	30/12/11 5:00	2274,3	31/12/11 5:00	2896,2	1/1/12 5:00	3369,7
28/12/11 6:00	1651,5	29/12/11 6:00	1413,4	30/12/11 6:00	2274,3	31/12/11 6:00	2987,6	1/1/12 6:00	3317,5
28/12/11 7:00	1615,7	29/12/11 7:00	1353	30/12/11 7:00	2274,3	31/12/11 7:00	3059,1	1/1/12 7:00	3275,8
28/12/11 8:00	1580,1	29/12/11 8:00	1335,8	30/12/11 8:00	2303,2	31/12/11 8:00	3100,2	1/1/12 8:00	3244,7
28/12/11 9:00	1553,5	29/12/11 9:00	1284,7	30/12/11 9:00	2322,5	31/12/11 9:00	3141,3	1/1/12 9:00	3224
28/12/11 10:00	1535,8	29/12/11 10:00	1293,1	30/12/11 10:00	2351,5	31/12/11 10:00	3161,9	1/1/12 10:00	3224
28/12/11 11:00	1509,4	29/12/11 11:00	1327,3	30/12/11 11:00	2361,1	31/12/11 11:00	3161,9	1/1/12 11:00	3224
28/12/11 12:00	1491,8	29/12/11 12:00	1378,8	30/12/11 12:00	2351,5	31/12/11 12:00	3172,2	1/1/12 12:00	3255,1
28/12/11 13:00	1491,8	29/12/11 13:00	1422	30/12/11 13:00	2351,5	31/12/11 13:00	3203,2	1/1/12 13:00	3286,2
28/12/11 14:00	1483,1	29/12/11 14:00	1491,8	30/12/11 14:00	2351,5	31/12/11 14:00	3234,3	1/1/12 14:00	3348,8
28/12/11 15:00	1474,3	29/12/11 15:00	1571,2	30/12/11 15:00	2390,2	31/12/11 15:00	3275,8	1/1/12 15:00	3390,6
28/12/11 16:00	1474,3	29/12/11 16:00	1687,4	30/12/11 16:00	2448,7	31/12/11 16:00	3327,9	1/1/12 16:00	3443,1
28/12/11 17:00	1474,3	29/12/11 17:00	1814,5	30/12/11 17:00	2497,6	31/12/11 17:00	3380,2	1/1/12 17:00	3453,6
28/12/11 18:00	1483,1	29/12/11 18:00	1952,9	30/12/11 18:00	2566,4	31/12/11 18:00	3411,6	1/1/12 18:00	3464,1
28/12/11 19:00	1500,6	29/12/11 19:00	2065,1	30/12/11 19:00	2625,7	31/12/11 19:00	3453,6	1/1/12 19:00	3432,6
28/12/11 20:00	1544,7	29/12/11 20:00	2150,2	30/12/11 20:00	2675,4	31/12/11 20:00	3485,2	1/1/12 20:00	3411,6
28/12/11 21:00	1597,9	29/12/11 21:00	2188,2	30/12/11 21:00	2715,2	31/12/11 21:00	3495,7	1/1/12 21:00	3369,7
28/12/11 22:00	1633,6	29/12/11 22:00	2226,4	30/12/11 22:00	2755,2	31/12/11 22:00	3464,1	1/1/12 22:00	3369,7
28/12/11 23:00	1660,5	29/12/11 23:00	2236	30/12/11 23:00	2775,3	31/12/11 23:00	3432,6	1/1/12 23:00	3369,7

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
2/1/12 0:00	3369,7	3/1/12 0:00	3131	4/1/12 0:00	4349,1	5/1/12 0:00	4582,6	6/1/12 0:00	5068,6
2/1/12 1:00	3369,7	3/1/12 1:00	3192,9	4/1/12 1:00	4327	5/1/12 1:00	4571,4	6/1/12 1:00	5068,6
2/1/12 2:00	3369,7	3/1/12 2:00	3255,1	4/1/12 2:00	4316	5/1/12 2:00	4537,9	6/1/12 2:00	5091,4
2/1/12 3:00	3369,7	3/1/12 3:00	3275,8	4/1/12 3:00	4316	5/1/12 3:00	4504,5	6/1/12 3:00	5102,9
2/1/12 4:00	3359,2	3/1/12 4:00	3296,6	4/1/12 4:00	4316	5/1/12 4:00	4504,5	6/1/12 4:00	5125,8
2/1/12 5:00	3359,2	3/1/12 5:00	3338,3	4/1/12 5:00	4338,1	5/1/12 5:00	4537,9	6/1/12 5:00	5137,2
2/1/12 6:00	3359,2	3/1/12 6:00	3411,6	4/1/12 6:00	4349,1	5/1/12 6:00	4560,2	6/1/12 6:00	5194,6
2/1/12 7:00	3338,3	3/1/12 7:00	3506,3	4/1/12 7:00	4382,3	5/1/12 7:00	4616,1	6/1/12 7:00	5229
2/1/12 8:00	3327,9	3/1/12 8:00	3590,9	4/1/12 8:00	4415,6	5/1/12 8:00	4649,7	6/1/12 8:00	5286,6
2/1/12 9:00	3317,5	3/1/12 9:00	3675,9	4/1/12 9:00	4460	5/1/12 9:00	4672,2	6/1/12 9:00	5332,8
2/1/12 10:00	3296,6	3/1/12 10:00	3740	4/1/12 10:00	4482,2	5/1/12 10:00	4717,1	6/1/12 10:00	5379
2/1/12 11:00	3265,4	3/1/12 11:00	3836,5	4/1/12 11:00	4504,5	5/1/12 11:00	4728,4	6/1/12 11:00	5390,6
2/1/12 12:00	3224	3/1/12 12:00	3890,4	4/1/12 12:00	4504,5	5/1/12 12:00	4728,4	6/1/12 12:00	5390,6
2/1/12 13:00	3192,9	3/1/12 13:00	3901,2	4/1/12 13:00	4493,3	5/1/12 13:00	4717,1	6/1/12 13:00	5413,8
2/1/12 14:00	3151,6	3/1/12 14:00	3933,6	4/1/12 14:00	4460	5/1/12 14:00	4739,6	6/1/12 14:00	5379
2/1/12 15:00	3131	3/1/12 15:00	3955,2	4/1/12 15:00	4426,7	5/1/12 15:00	4750,9	6/1/12 15:00	5367,5
2/1/12 16:00	3089,9	3/1/12 16:00	3998,6	4/1/12 16:00	4404,5	5/1/12 16:00	4818,6	6/1/12 16:00	5425,4
2/1/12 17:00	3028,4	3/1/12 17:00	4053	4/1/12 17:00	4404,5	5/1/12 17:00	4875,2	6/1/12 17:00	5471,8
2/1/12 18:00	2977,4	3/1/12 18:00	4118,4	4/1/12 18:00	4426,7	5/1/12 18:00	4931,9	6/1/12 18:00	5529,9
2/1/12 19:00	2946,9	3/1/12 19:00	4195	4/1/12 19:00	4460	5/1/12 19:00	4977,3	6/1/12 19:00	5599,9
2/1/12 20:00	2967,2	3/1/12 20:00	4260,9	4/1/12 20:00	4515,6	5/1/12 20:00	5034,3	6/1/12 20:00	5658,3
2/1/12 21:00	3008	3/1/12 21:00	4305	4/1/12 21:00	4560,2	5/1/12 21:00	5057,1	6/1/12 21:00	5705,1
2/1/12 22:00	3038,7	3/1/12 22:00	4327	4/1/12 22:00	4582,6	5/1/12 22:00	5068,6	6/1/12 22:00	5763,8
2/1/12 23:00	3079,6	3/1/12 23:00	4349,1	4/1/12 23:00	4593,7	5/1/12 23:00	5068,6	6/1/12 23:00	5787,3

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
7/1/12 0:00	5834,4	8/1/12 0:00	5952,4	9/1/12 0:00	4549,1	10/1/12 0:00	4053	11/1/12 0:00	4227,9
7/1/12 1:00	5857,9	8/1/12 1:00	5857,9	9/1/12 1:00	4493,3	10/1/12 1:00	4063,8	11/1/12 1:00	4206
7/1/12 2:00	5881,5	8/1/12 2:00	5799,1	9/1/12 2:00	4426,7	10/1/12 2:00	4074,7	11/1/12 2:00	4184
7/1/12 3:00	5916,9	8/1/12 3:00	5740,3	9/1/12 3:00	4382,3	10/1/12 3:00	4074,7	11/1/12 3:00	4184
7/1/12 4:00	5964,2	8/1/12 4:00	5670	9/1/12 4:00	4349,1	10/1/12 4:00	4063,8	11/1/12 4:00	4195
7/1/12 5:00	6011,6	8/1/12 5:00	5588,2	9/1/12 5:00	4305	10/1/12 5:00	4085,6	11/1/12 5:00	4227,9
7/1/12 6:00	6047,2	8/1/12 6:00	5506,6	9/1/12 6:00	4271,9	10/1/12 6:00	4074,7	11/1/12 6:00	4260,9
7/1/12 7:00	6082,8	8/1/12 7:00	5460,2	9/1/12 7:00	4238,9	10/1/12 7:00	4085,6	11/1/12 7:00	4260,9
7/1/12 8:00	6106,6	8/1/12 8:00	5437	9/1/12 8:00	4195	10/1/12 8:00	4085,6	11/1/12 8:00	4282,9
7/1/12 9:00	6166,1	8/1/12 9:00	5413,8	9/1/12 9:00	4173,1	10/1/12 9:00	4085,6	11/1/12 9:00	4293,9
7/1/12 10:00	6213,8	8/1/12 10:00	5367,5	9/1/12 10:00	4162,1	10/1/12 10:00	4096,6	11/1/12 10:00	4327
7/1/12 11:00	6261,6	8/1/12 11:00	5344,3	9/1/12 11:00	4140,2	10/1/12 11:00	4096,6	11/1/12 11:00	4349,1
7/1/12 12:00	6321,5	8/1/12 12:00	5263,6	9/1/12 12:00	4129,3	10/1/12 12:00	4118,4	11/1/12 12:00	4360,2
7/1/12 13:00	6333,5	8/1/12 13:00	5183,1	9/1/12 13:00	4118,4	10/1/12 13:00	4129,3	11/1/12 13:00	4393,4
7/1/12 14:00	6321,5	8/1/12 14:00	5137,2	9/1/12 14:00	4096,6	10/1/12 14:00	4129,3	11/1/12 14:00	4415,6
7/1/12 15:00	6321,5	8/1/12 15:00	5114,3	9/1/12 15:00	4042,1	10/1/12 15:00	4140,2	11/1/12 15:00	4471,1
7/1/12 16:00	6321,5	8/1/12 16:00	5034,3	9/1/12 16:00	3987,8	10/1/12 16:00	4129,3	11/1/12 16:00	4493,3
7/1/12 17:00	6297,5	8/1/12 17:00	4909,2	9/1/12 17:00	3955,2	10/1/12 17:00	4140,2	11/1/12 17:00	4515,6
7/1/12 18:00	6273,6	8/1/12 18:00	4807,3	9/1/12 18:00	3944,4	10/1/12 18:00	4129,3	11/1/12 18:00	4537,9
7/1/12 19:00	6237,7	8/1/12 19:00	4739,6	9/1/12 19:00	3966,1	10/1/12 19:00	4162,1	11/1/12 19:00	4549,1
7/1/12 20:00	6178	8/1/12 20:00	4672,2	9/1/12 20:00	3987,8	10/1/12 20:00	4195	11/1/12 20:00	4560,2
7/1/12 21:00	6118,5	8/1/12 21:00	4649,7	9/1/12 21:00	4031,2	10/1/12 21:00	4227,9	11/1/12 21:00	4571,4
7/1/12 22:00	6070,9	8/1/12 22:00	4627,3	9/1/12 22:00	4031,2	10/1/12 22:00	4227,9	11/1/12 22:00	4582,6
7/1/12 23:00	6023,5	8/1/12 23:00	4582,6	9/1/12 23:00	4053	10/1/12 23:00	4227,9	11/1/12 23:00	4582,6

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2011/2012 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
12/1/12 0:00	4593,7	13/1/12 0:00	4426,7	14/1/12 0:00	3718,6	15/1/12 0:00	3422,1	16/1/12 0:00	2556,5
12/1/12 1:00	4593,7	13/1/12 1:00	4360,2	14/1/12 1:00	3707,9	15/1/12 1:00	3359,2	16/1/12 1:00	2536,9
12/1/12 2:00	4593,7	13/1/12 2:00	4293,9	14/1/12 2:00	3697,2	15/1/12 2:00	3275,8	16/1/12 2:00	2536,9
12/1/12 3:00	4593,7	13/1/12 3:00	4227,9	14/1/12 3:00	3686,6	15/1/12 3:00	3213,6	16/1/12 3:00	2536,9
12/1/12 4:00	4593,7	13/1/12 4:00	4173,1	14/1/12 4:00	3665,3	15/1/12 4:00	3151,6	16/1/12 4:00	2556,5
12/1/12 5:00	4582,6	13/1/12 5:00	4118,4	14/1/12 5:00	3644	15/1/12 5:00	3100,2	16/1/12 5:00	2556,5
12/1/12 6:00	4616,1	13/1/12 6:00	4085,6	14/1/12 6:00	3612,1	15/1/12 6:00	3069,4	16/1/12 6:00	2536,9
12/1/12 7:00	4616,1	13/1/12 7:00	4042,1	14/1/12 7:00	3559,1	15/1/12 7:00	3038,7	16/1/12 7:00	2536,9
12/1/12 8:00	4582,6	13/1/12 8:00	4031,2	14/1/12 8:00	3516,8	15/1/12 8:00	3008	16/1/12 8:00	2507,4
12/1/12 9:00	4549,1	13/1/12 9:00	4031,2	14/1/12 9:00	3485,2	15/1/12 9:00	2987,6	16/1/12 9:00	2487,8
12/1/12 10:00	4504,5	13/1/12 10:00	4009,5	14/1/12 10:00	3464,1	15/1/12 10:00	2957,1	16/1/12 10:00	2448,7
12/1/12 11:00	4482,2	13/1/12 11:00	3987,8	14/1/12 11:00	3443,1	15/1/12 11:00	2946,9	16/1/12 11:00	2390,2
12/1/12 12:00	4437,7	13/1/12 12:00	3955,2	14/1/12 12:00	3401,1	15/1/12 12:00	2946,9	16/1/12 12:00	2312,8
12/1/12 13:00	4404,5	13/1/12 13:00	3933,6	14/1/12 13:00	3296,6	15/1/12 13:00	2906,3	16/1/12 13:00	2255,1
12/1/12 14:00	4349,1	13/1/12 14:00	3901,2	14/1/12 14:00	3141,3	15/1/12 14:00	2876	16/1/12 14:00	2236
12/1/12 15:00	4293,9	13/1/12 15:00	3868,8	14/1/12 15:00	2997,8	15/1/12 15:00	2855,8	16/1/12 15:00	2322,5
12/1/12 16:00	4260,9	13/1/12 16:00	3836,5	14/1/12 16:00	2906,3	15/1/12 16:00	2855,8	16/1/12 16:00	2448,7
12/1/12 17:00	4249,9	13/1/12 17:00	3793,6	14/1/12 17:00	2906,3	15/1/12 17:00	2855,8	16/1/12 17:00	2546,7
12/1/12 18:00	4260,9	13/1/12 18:00	3740	14/1/12 18:00	3079,6	15/1/12 18:00	2865,9	16/1/12 18:00	2586,1
12/1/12 19:00	4316	13/1/12 19:00	3707,9	14/1/12 19:00	3317,5	15/1/12 19:00	2845,7	16/1/12 19:00	2605,9
12/1/12 20:00	4360,2	13/1/12 20:00	3697,2	14/1/12 20:00	3485,2	15/1/12 20:00	2805,4	16/1/12 20:00	2586,1
12/1/12 21:00	4460	13/1/12 21:00	3697,2	14/1/12 21:00	3537,9	15/1/12 21:00	2745,2	16/1/12 21:00	2586,1
12/1/12 22:00	4471,1	13/1/12 22:00	3686,6	14/1/12 22:00	3527,4	15/1/12 22:00	2675,4	16/1/12 22:00	2546,7
12/1/12 23:00	4471,1	13/1/12 23:00	3697,2	14/1/12 23:00	3495,7	15/1/12 23:00	2615,8	16/1/12 23:00	2546,7

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2013/2014

Data/hora	Vazão (m³/s)								
10/12/13 1:00	1439,4	11/12/13 0:00	1242,3	12/12/13 0:00	1509,4	13/12/13 0:00	1778	14/12/13 0:00	3265,4
10/12/13 2:00	1439,4	11/12/13 1:00	1242,3	12/12/13 1:00	1500,6	13/12/13 1:00	1860,4	14/12/13 1:00	3234,3
10/12/13 3:00	1430,7	11/12/13 2:00	1242,3	12/12/13 2:00	1491,8	13/12/13 2:00	2027,6	14/12/13 2:00	3213,6
10/12/13 4:00	1430,7	11/12/13 3:00	1242,3	12/12/13 3:00	1474,3	13/12/13 3:00	2236	14/12/13 3:00	3161,9
10/12/13 5:00	1430,7	11/12/13 4:00	1225,5	12/12/13 4:00	1456,9	13/12/13 4:00	2438,9	14/12/13 4:00	3089,9
10/12/13 6:00	1430,7	11/12/13 5:00	1208,7	12/12/13 5:00	1456,9	13/12/13 5:00	2596	14/12/13 5:00	3038,7
10/12/13 7:00	1430,7	11/12/13 6:00	1192	12/12/13 6:00	1448,1	13/12/13 6:00	2685,3	14/12/13 6:00	2987,6
10/12/13 8:00	1430,7	11/12/13 7:00	1183,6	12/12/13 7:00	1430,7	13/12/13 7:00	2725,2	14/12/13 7:00	2957,1
10/12/13 9:00	1422	11/12/13 8:00	1175,3	12/12/13 8:00	1430,7	13/12/13 8:00	2735,2	14/12/13 8:00	2926,6
10/12/13 10:00	1413,4	11/12/13 9:00	1167	12/12/13 9:00	1456,9	13/12/13 9:00	2725,2	14/12/13 9:00	2886,1
10/12/13 11:00	1404,7	11/12/13 10:00	1158,7	12/12/13 10:00	1474,3	13/12/13 10:00	2695,3	14/12/13 10:00	2865,9
10/12/13 12:00	1387,4	11/12/13 11:00	1150,4	12/12/13 11:00	1491,8	13/12/13 11:00	2655,5	14/12/13 11:00	2855,8
10/12/13 13:00	1370,2	11/12/13 12:00	1150,4	12/12/13 12:00	1527	13/12/13 12:00	2615,8	14/12/13 12:00	2835,6
10/12/13 14:00	1353	11/12/13 13:00	1150,4	12/12/13 13:00	1571,2	13/12/13 13:00	2586,1	14/12/13 13:00	2795,3
10/12/13 15:00	1344,4	11/12/13 14:00	1175,3	12/12/13 14:00	1651,5	13/12/13 14:00	2625,7	14/12/13 14:00	2765,2
10/12/13 16:00	1335,8	11/12/13 15:00	1208,7	12/12/13 15:00	1778	13/12/13 15:00	2705,3	14/12/13 15:00	2765,2
10/12/13 17:00	1335,8	11/12/13 16:00	1233,9	12/12/13 16:00	1897,3	13/12/13 16:00	2825,5	14/12/13 16:00	2805,4
10/12/13 18:00	1327,3	11/12/13 17:00	1284,7	12/12/13 17:00	1980,8	13/12/13 17:00	2946,9	14/12/13 17:00	2886,1
10/12/13 19:00	1318,7	11/12/13 18:00	1327,3	12/12/13 18:00	1980,8	13/12/13 18:00	3069,4	14/12/13 18:00	2946,9
10/12/13 20:00	1301,7	11/12/13 19:00	1370,2	12/12/13 19:00	1906,5	13/12/13 19:00	3161,9	14/12/13 19:00	3018,2
10/12/13 21:00	1293,1	11/12/13 20:00	1413,4	12/12/13 20:00	1860,4	13/12/13 20:00	3224	14/12/13 20:00	3059,1
10/12/13 22:00	1267,7	11/12/13 21:00	1456,9	12/12/13 21:00	1851,2	13/12/13 21:00	3265,4	14/12/13 21:00	3069,4
10/12/13 23:00	1259,2	11/12/13 22:00	1491,8	12/12/13 22:00	1805,4	13/12/13 22:00	3275,8	14/12/13 22:00	3048,9
		11/12/13 23:00	1509,4	12/12/13 23:00	1759,8	13/12/13 23:00	3286,2	14/12/13 23:00	3038,7

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2013/2014 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
15/12/13 0:00	3018,2	16/12/13 0:00	2855,8	17/12/13 0:00	2507,4	18/12/13 0:00	3151,6	19/12/13 0:00	6513,8
15/12/13 1:00	3018,2	16/12/13 1:00	2876	17/12/13 1:00	2468,2	18/12/13 1:00	3275,8	19/12/13 1:00	6695,3
15/12/13 2:00	3028,4	16/12/13 2:00	2886,1	17/12/13 2:00	2468,2	18/12/13 2:00	3390,6	19/12/13 2:00	6768,2
15/12/13 3:00	3038,7	16/12/13 3:00	2865,9	17/12/13 3:00	2497,6	18/12/13 3:00	3506,3	19/12/13 3:00	6768,2
15/12/13 4:00	3059,1	16/12/13 4:00	2845,7	17/12/13 4:00	2586,1	18/12/13 4:00	3654,6	19/12/13 4:00	6768,2
15/12/13 5:00	3079,6	16/12/13 5:00	2805,4	17/12/13 5:00	2705,3	18/12/13 5:00	3804,3	19/12/13 5:00	6768,2
15/12/13 6:00	3079,6	16/12/13 6:00	2765,2	17/12/13 6:00	2815,5	18/12/13 6:00	3955,2	19/12/13 6:00	6756
15/12/13 7:00	3079,6	16/12/13 7:00	2735,2	17/12/13 7:00	2896,2	18/12/13 7:00	4085,6	19/12/13 7:00	6743,9
15/12/13 8:00	3079,6	16/12/13 8:00	2715,2	17/12/13 8:00	2946,9	18/12/13 8:00	4173,1	19/12/13 8:00	6695,3
15/12/13 9:00	3079,6	16/12/13 9:00	2705,3	17/12/13 9:00	2946,9	18/12/13 9:00	4227,9	19/12/13 9:00	6634,7
15/12/13 10:00	3069,4	16/12/13 10:00	2705,3	17/12/13 10:00	2916,5	18/12/13 10:00	4282,9	19/12/13 10:00	6598,4
15/12/13 11:00	3038,7	16/12/13 11:00	2715,2	17/12/13 11:00	2876	18/12/13 11:00	4305	19/12/13 11:00	6538
15/12/13 12:00	2997,8	16/12/13 12:00	2735,2	17/12/13 12:00	2845,7	18/12/13 12:00	4360,2	19/12/13 12:00	6489,7
15/12/13 13:00	2946,9	16/12/13 13:00	2755,2	17/12/13 13:00	2795,3	18/12/13 13:00	4415,6	19/12/13 13:00	6405,5
15/12/13 14:00	2855,8	16/12/13 14:00	2775,3	17/12/13 14:00	2735,2	18/12/13 14:00	4460	19/12/13 14:00	6333,5
15/12/13 15:00	2785,3	16/12/13 15:00	2805,4	17/12/13 15:00	2685,3	18/12/13 15:00	4493,3	19/12/13 15:00	6201,9
15/12/13 16:00	2745,2	16/12/13 16:00	2845,7	17/12/13 16:00	2635,6	18/12/13 16:00	4537,9	19/12/13 16:00	6082,8
15/12/13 17:00	2715,2	16/12/13 17:00	2855,8	17/12/13 17:00	2586,1	18/12/13 17:00	4560,2	19/12/13 17:00	5940,6
15/12/13 18:00	2685,3	16/12/13 18:00	2835,6	17/12/13 18:00	2556,5	18/12/13 18:00	4582,6	19/12/13 18:00	5822,6
15/12/13 19:00	2665,4	16/12/13 19:00	2805,4	17/12/13 19:00	2566,4	18/12/13 19:00	4649,7	19/12/13 19:00	5634,9
15/12/13 20:00	2645,6	16/12/13 20:00	2755,2	17/12/13 20:00	2625,7	18/12/13 20:00	4829,9	19/12/13 20:00	5495
15/12/13 21:00	2675,4	16/12/13 21:00	2705,3	17/12/13 21:00	2735,2	18/12/13 21:00	5206,1	19/12/13 21:00	5367,5
15/12/13 22:00	2735,2	16/12/13 22:00	2625,7	17/12/13 22:00	2886,1	18/12/13 22:00	5705,1	19/12/13 22:00	5263,6
15/12/13 23:00	2805,4	16/12/13 23:00	2566,4	17/12/13 23:00	3028,4	18/12/13 23:00	6178	19/12/13 23:00	5171,6

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2013/2014 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
20/12/13 0:00	5057,1	21/12/13 0:00	3401,1	22/12/13 0:00	6035,3	23/12/13 0:00	4537,9	24/12/13 0:00	5763,8
20/12/13 1:00	4931,9	21/12/13 1:00	3411,6	22/12/13 1:00	6154,2	23/12/13 1:00	4537,9	24/12/13 1:00	5846,1
20/12/13 2:00	4784,7	21/12/13 2:00	3411,6	22/12/13 2:00	6201,9	23/12/13 2:00	4549,1	24/12/13 2:00	5881,5
20/12/13 3:00	4649,7	21/12/13 3:00	3401,1	22/12/13 3:00	6213,8	23/12/13 3:00	4560,2	24/12/13 3:00	5928,7
20/12/13 4:00	4515,6	21/12/13 4:00	3359,2	22/12/13 4:00	6190	23/12/13 4:00	4582,6	24/12/13 4:00	5987,9
20/12/13 5:00	4404,5	21/12/13 5:00	3327,9	22/12/13 5:00	6130,4	23/12/13 5:00	4593,7	24/12/13 5:00	6070,9
20/12/13 6:00	4305	21/12/13 6:00	3348,8	22/12/13 6:00	6070,9	23/12/13 6:00	4638,5	24/12/13 6:00	6178
20/12/13 7:00	4227,9	21/12/13 7:00	3422,1	22/12/13 7:00	5987,9	23/12/13 7:00	4694,6	24/12/13 7:00	6333,5
20/12/13 8:00	4162,1	21/12/13 8:00	3559,1	22/12/13 8:00	5869,7	23/12/13 8:00	4739,6	24/12/13 8:00	6538
20/12/13 9:00	4074,7	21/12/13 9:00	3740	22/12/13 9:00	5799,1	23/12/13 9:00	4818,6	24/12/13 9:00	6829
20/12/13 10:00	3987,8	21/12/13 10:00	3933,6	22/12/13 10:00	5740,3	23/12/13 10:00	4875,2	24/12/13 10:00	7233,7
20/12/13 11:00	3890,4	21/12/13 11:00	4162,1	22/12/13 11:00	5670	23/12/13 11:00	4931,9	24/12/13 11:00	7805,9
20/12/13 12:00	3793,6	21/12/13 12:00	4382,3	22/12/13 12:00	5611,5	23/12/13 12:00	4966	24/12/13 12:00	8285,6
20/12/13 13:00	3718,6	21/12/13 13:00	4593,7	22/12/13 13:00	5576,5	23/12/13 13:00	5011,5	24/12/13 13:00	8643
20/12/13 14:00	3644	21/12/13 14:00	4750,9	22/12/13 14:00	5495	23/12/13 14:00	5057,1	24/12/13 14:00	8874,4
20/12/13 15:00	3548,5	21/12/13 15:00	4852,5	22/12/13 15:00	5413,8	23/12/13 15:00	5148,7	24/12/13 15:00	8913,1
20/12/13 16:00	3432,6	21/12/13 16:00	4931,9	22/12/13 16:00	5332,8	23/12/13 16:00	5252,1	24/12/13 16:00	8861,5
20/12/13 17:00	3307,1	21/12/13 17:00	5022,9	22/12/13 17:00	5229	23/12/13 17:00	5355,9	24/12/13 17:00	8694,3
20/12/13 18:00	3224	21/12/13 18:00	5102,9	22/12/13 18:00	5137,2	23/12/13 18:00	5425,4	24/12/13 18:00	8451,1
20/12/13 19:00	3192,9	21/12/13 19:00	5206,1	22/12/13 19:00	5011,5	23/12/13 19:00	5460,2	24/12/13 19:00	8222,1
20/12/13 20:00	3213,6	21/12/13 20:00	5344,3	22/12/13 20:00	4863,8	23/12/13 20:00	5506,6	24/12/13 20:00	8007,1
20/12/13 21:00	3234,3	21/12/13 21:00	5529,9	22/12/13 21:00	4750,9	23/12/13 21:00	5553,2	24/12/13 21:00	7868,7
20/12/13 22:00	3286,2	21/12/13 22:00	5716,9	22/12/13 22:00	4649,7	23/12/13 22:00	5623,2	24/12/13 22:00	7755,8
20/12/13 23:00	3348,8	21/12/13 23:00	5905,1	22/12/13 23:00	4582,6	23/12/13 23:00	5693,4	24/12/13 23:00	7705,7

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2013/2014 (Continuação)									
Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)	Data/hora	Vazão (m³/s)
25/12/13 0:00	7668,2	26/12/13 0:00	5857,9	27/12/13 0:00	4988,7	28/12/13 0:00	3697,2	29/12/13 0:00	3296,6
25/12/13 1:00	7630,7	26/12/13 1:00	5775,5	27/12/13 1:00	4909,2	28/12/13 1:00	3633,3	29/12/13 1:00	3234,3
25/12/13 2:00	7568,4	26/12/13 2:00	5705,1	27/12/13 2:00	4829,9	28/12/13 2:00	3601,5	29/12/13 2:00	3172,2
25/12/13 3:00	7493,7	26/12/13 3:00	5681,7	27/12/13 3:00	4784,7	28/12/13 3:00	3569,7	29/12/13 3:00	3120,7
25/12/13 4:00	7394,4	26/12/13 4:00	5634,9	27/12/13 4:00	4739,6	28/12/13 4:00	3537,9	29/12/13 4:00	3069,4
25/12/13 5:00	7307,8	26/12/13 5:00	5634,9	27/12/13 5:00	4694,6	28/12/13 5:00	3506,3	29/12/13 5:00	3038,7
25/12/13 6:00	7209	26/12/13 6:00	5623,2	27/12/13 6:00	4638,5	28/12/13 6:00	3464,1	29/12/13 6:00	3008
25/12/13 7:00	7098,2	26/12/13 7:00	5623,2	27/12/13 7:00	4582,6	28/12/13 7:00	3453,6	29/12/13 7:00	2997,8
25/12/13 8:00	7012,3	26/12/13 8:00	5623,2	27/12/13 8:00	4493,3	28/12/13 8:00	3422,1	29/12/13 8:00	2987,6
25/12/13 9:00	6926,7	26/12/13 9:00	5588,2	27/12/13 9:00	4393,4	28/12/13 9:00	3411,6	29/12/13 9:00	2977,4
25/12/13 10:00	6829	26/12/13 10:00	5518,3	27/12/13 10:00	4305	28/12/13 10:00	3411,6	29/12/13 10:00	2967,2
25/12/13 11:00	6719,6	26/12/13 11:00	5390,6	27/12/13 11:00	4260,9	28/12/13 11:00	3380,2	29/12/13 11:00	2946,9
25/12/13 12:00	6538	26/12/13 12:00	5286,6	27/12/13 12:00	4184	28/12/13 12:00	3348,8	29/12/13 12:00	2926,6
25/12/13 13:00	6357,4	26/12/13 13:00	5194,6	27/12/13 13:00	4085,6	28/12/13 13:00	3296,6	29/12/13 13:00	2896,2
25/12/13 14:00	6190	26/12/13 14:00	5125,8	27/12/13 14:00	3922,8	28/12/13 14:00	3265,4	29/12/13 14:00	2855,8
25/12/13 15:00	6070,9	26/12/13 15:00	5068,6	27/12/13 15:00	3772,1	28/12/13 15:00	3224	29/12/13 15:00	2835,6
25/12/13 16:00	5940,6	26/12/13 16:00	5034,3	27/12/13 16:00	3729,3	28/12/13 16:00	3172,2	29/12/13 16:00	2805,4
25/12/13 17:00	5869,7	26/12/13 17:00	4988,7	27/12/13 17:00	3815	28/12/13 17:00	3161,9	29/12/13 17:00	2805,4
25/12/13 18:00	5857,9	26/12/13 18:00	4977,3	27/12/13 18:00	3966,1	28/12/13 18:00	3172,2	29/12/13 18:00	2785,3
25/12/13 19:00	5881,5	26/12/13 19:00	4988,7	27/12/13 19:00	4085,6	28/12/13 19:00	3213,6	29/12/13 19:00	2785,3
25/12/13 20:00	5916,9	26/12/13 20:00	5034,3	27/12/13 20:00	4085,6	28/12/13 20:00	3275,8	29/12/13 20:00	2785,3
25/12/13 21:00	5940,6	26/12/13 21:00	5091,4	27/12/13 21:00	4009,5	28/12/13 21:00	3348,8	29/12/13 21:00	2785,3
25/12/13 22:00	5952,4	26/12/13 22:00	5091,4	27/12/13 22:00	3890,4	28/12/13 22:00	3369,7	29/12/13 22:00	2785,3
25/12/13 23:00	5928,7	26/12/13 23:00	5057,1	27/12/13 23:00	3782,8	28/12/13 23:00	3359,2	29/12/13 23:00	2805,4

Hidrograma de entrada (condição de contorno de montante) na seção 1600 – Ano hidrológico – 2013/2014 (Continuação)			
Data/hora	Vazão (m ³ /s)	Data/hora	Vazão (m ³ /s)
30/12/13 0:00	2855,8	31/12/13 0:00	2312,8
30/12/13 1:00	2886,1	31/12/13 1:00	2332,1
30/12/13 2:00	2916,5	31/12/13 2:00	2351,5
30/12/13 3:00	2936,7	31/12/13 3:00	2361,1
30/12/13 4:00	2936,7	31/12/13 4:00	2361,1
30/12/13 5:00	2926,6	31/12/13 5:00	2361,1
30/12/13 6:00	2896,2	31/12/13 6:00	2361,1
30/12/13 7:00	2845,7	31/12/13 7:00	2351,5
30/12/13 8:00	2795,3	31/12/13 8:00	2322,5
30/12/13 9:00	2745,2	31/12/13 9:00	2303,2
30/12/13 10:00	2695,3	31/12/13 10:00	2274,3
30/12/13 11:00	2645,6	31/12/13 11:00	2274,3
30/12/13 12:00	2615,8	31/12/13 12:00	2255,1
30/12/13 13:00	2586,1	31/12/13 13:00	2236
30/12/13 14:00	2556,5	31/12/13 14:00	2197,7
30/12/13 15:00	2527	31/12/13 15:00	2169,2
30/12/13 16:00	2478	31/12/13 16:00	2121,7
30/12/13 17:00	2419,4	31/12/13 17:00	2112,3
30/12/13 18:00	2361,1	31/12/13 18:00	2112,3
30/12/13 19:00	2264,7	31/12/13 19:00	2112,3
30/12/13 20:00	2169,2	31/12/13 20:00	2093,4
30/12/13 21:00	2150,2	31/12/13 21:00	2065,1
30/12/13 22:00	2197,7	31/12/13 22:00	2027,6
30/12/13 23:00	2274,3	31/12/13 23:00	1990,1