RICHARD PAUL PEHOVAZ ALVAREZ

**ESTUDO EXPERIMENTAL E TEÓRICO DA QUALIDADE DE ÁGUA
DA DRENAGEM URBANA COM BASE ECOHIDROLOGICA**

São Carlos – SP
Agosto de 2010

RICHARD PAUL PEHOVAZ ALVAREZ

**ESTUDO EXPERIMENTAL E TEÓRICO DA QUALIDADE DE ÁGUA
DA DRENAGEM URBANA COM BASE ECOHIDROLOGICA**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Mario Mendonço

São Carlos – SP
Agosto de 2010

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

P376e Pehovaz Alvarez, Richard Paul
Estudo experimental e teórico da qualidade de água da
drenagem urbana com base ecohidrológica / Richard Paul
Pehovaz Alvarez ; orientador Eduardo Mario Mendonço. --
São Carlos, 2010.

Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Hidráulica e Saneamento) -- Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,
2010.

1. Qualidade de água. 2. Drenagem urbana.
3. Ecohidrologia. 4. Modelagem matemática. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): Ingeniero **RICHARD PAUL PEHOVAZ ALVAREZ.**

Dissertação defendida e julgada em 17/08/2010 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Dr. **EDUARDO MÁRIO MENDIONDO** – (Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Aprovado

Prof. Dr. **IRINEU BIANCHINI JÚNIOR**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Aprovado

Prof. Associado **ANTONIO MAROZZI RIGHETTO**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Aprovado

Prof. Associado **MARCELO ZAIAT**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Hidráulica e Saneamento

Prof. Titular **GERALDO ROBERTO MARTINS DA COSTA**
Presidente da Comissão da Pós-Graduação da EESC

DEDICATORIA

À minha mãe, María Alvarez de Pehovaz, meu exemplo, minha amiga, minha guia. Ao meu irmão, Humberto Iván Pehovaz Alvarez, meu amigo, meu apoio, meu mestre.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus, pela oportunidade de aprender cada vez mais, por me dar forças nos momentos difíceis e por me iluminar em todo momento.

À minha mãe, Maria Alvarez de Pehovaz, pela sua paciência, compreensão, sacrifício constante, amor e dedicação.

Ao meu irmão, Humberto Iván Pehovaz Alvarez, pelo seu incondicional apoio, compreensão, orientações, ensinamentos e ajuda nos meus momentos mais difíceis.

Ao Prof. Dr. Eduardo Mario Mendingo, pela oportunidade, orientação, ajuda, paciência, incentivo e amizade, e por ter acreditado em mim.

À professora Luisa Fernanda Ribeiro Reis pelo apoio, incentivo e sua disposição sempre.

Ao professor Marco Aurélio Holanda de Castro pela atenciosa acolhida em Fortaleza e seus ensinamentos na fase final da pesquisa.

Aos técnicos Betão e Miro, pelo profissionalismo, dedicação e ajuda na obtenção dos dados de campo.

Ao Programa Nacional de Cooperação Acadêmica- Novas Fronteiras-PROCAD-NF pelo financiamento e apoio para assistir ao curso “Modelagem computacional hidráulica de sistemas de drenagem urbana”, em Fortaleza.

Ao Ministério das Relações Exteriores do Brasil pela concessão da bolsa da agência financiadora (CNPq).

A todos os integrantes e ex-integrantes do Núcleo Integrado de Bacias Hidrográficas (NIBH): Pedro F. Caballero, Cristiane A. Ribeiro, Tatiane Furlaneto, Micheli F. Gonçalves, Fernando Simão e Silva, Flavia Bottino, Valter Cléber e, em especial, aos meus amigos Ricardo Camilo Galavoti pelas conversas, conselhos e amizade, e Diogo Almeida pelo intenso auxílio concedido durante o desenvolvimento da pesquisa.

A todos os funcionários do Departamento de Hidráulica e Saneamento (SHS), principalmente à Sá, Rose, Pavi e Flávia.

Ao meu grande amigo Raniere Rodrigues Melo de Lima, pela sua amizade, apoio e ajuda nos momentos complicados durante a fase final da pesquisa.

À Tais Arriero pela sua ajuda e apoio durante a parte final da pesquisa.

Ao pessoal do Laboratório de Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, em especial ao Paulo Fragiácomo pela ajuda, paciência e ensinamentos durante a etapa experimental da pesquisa.

Aos meus amigos Rodrigo, Felipe, Alex, Yovana, Mélida, Adis, Marcos Lima, Ricardo Victor, Daniel Yordi e, em especial, ao Anabi por estarem sempre presentes durante os dois anos do mestrado e me brindar com momentos de alegria.

À Andrea Ahumada, uma pessoa especial que chegou à minha vida, por sua compreensão, paciência, ajuda, companhia, dedicação e apoio incondicional.

A todos que acreditaram em mim e que de alguma forma tenham contribuído para a realização deste trabalho.

RESUMO

PEHOVAZ, R. (2010). *Estudo experimental e teórico da qualidade de água da drenagem urbana com base ecohidrológica*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Na atualidade, o mundo enfrenta graves problemas de escassez de água decorrentes, principalmente, da degradação da sua qualidade. O conhecimento e a avaliação da qualidade da água são essenciais para o adequado gerenciamento dos recursos hídricos, portanto a água cumpre função de informação, servindo de indicador para o estágio de conservação ou de degradação de um corpo d'água. O principal objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade da água de uma bacia urbana localizada na cidade de São Carlos, SP, em termos experimentais e de modelagem matemática, aplicando conceitos ecohidrológicos. Esta avaliação realizou-se por meio da análise de resultados experimentais obtidos em campo, através de quatro campanhas de amostragens de água realizadas em períodos secos (7 de novembro de 2008) e chuvoso (dias 11, 17 e 18 de março de 2009), estabelecendo para cada campanha três pontos de coletas, uma localizada na bacia do córrego Gregório de 17,3 km², e as outras duas ao longo do córrego Monjolinho de 78 km². Foram discutidos os resultados de parâmetros físico-químicos (pH, OD, turbidez, CE, DQO, DBO, fosfato, nitrogênio total, nitrato, nitrito e sólidos totais), biológicos (coliformes termotolerantes e totais) e metais (zinco, chumbo, cádmio, níquel, ferro, manganês, cobre e cromo) presentes na água, bem como foram analisados os efeitos das variações do nível da água e vazão nas características limnológicas dos corpos de água. Os resultados experimentais foram expressos tanto em termos de concentração (mg/L) como de carga específica (kg/ano.ha) a fim de se analisar a variação espacial da concentração e a carga em termos da área de drenagem acumulada e comprimento do rio. Abordou-se uma discussão ecohidrológica realizada com base em análise de quatro dimensões de variáveis: altura hidrométrica, vazão específica, índice de vulnerabilidade e cargas específicas de alguns parâmetros limnológicos. Finalmente, e a fim de avaliar aspectos quali-quantitativos da água para uma bacia urbana através da modelagem matemática, foi utilizado o modelo SWMM. Os resultados experimentais obtidos mostraram que existe extrema variabilidade quantitativa e qualitativa da água, devida principalmente a fatores antropogênicos de poluição, seja pela dinâmica variada de produção de resíduos que são lançados ao ar e à água, seja pela destruição de mecanismos naturais de regulação pela ocupação desordenada do espaço, além de se constatar que as variações do nível da água provocam uma série de transformações nas características limnológicas dos corpos de água causadas por interações entre o meio terrestre e o aquático. Constatou-se a aplicabilidade quali-quantitativa do modelo matemático utilizado, para uma bacia urbana, por meio da calibração dos hidrogramas simulados com hidrogramas observados, e a obtenção de resultados de concentrações de OD, fosfato, sólidos totais, DQO e DBO presentes na água do rio.

Palavras-chave: Qualidade de água, drenagem urbana, ecohidrologia, modelagem matemática.

ABSTRACT

PEHOVAZ, R. (2010). *Experimental and theoretical study of the water quality in urban draining based on ecohydrology*. Master of Science Degree Thesis. – São Carlos School of Engineering, University of São Paulo.

Today, the world faces serious problems of water scarcity due mainly to the degradation of its quality. Knowledge and assessment of water quality are essential for proper management of water resources, so the water acts as information function, serving as an indicator of the stage of conservation or degradation of a body of water. The main purpose of this study was to evaluate the water quality of an urban basin located in São Carlos city, Brazil, in terms of experimental and mathematical modeling, applying concepts of Ecohydrology. This assessment was carried out by the analysis of experimental results obtained in field works, through four sampling campaigns of water realized in a drought period (November 7, 2008) and rainy periods (11, 17 and March 18, 2009) establishing for each sampling campaign three points, one located in the basin of the stream Gregory of 17,3 km², and the other two along the stream Monjolinho of 78 km². The results of physical and chemical parameters (pH, DO, turbidity, EC, COD, BOD, phosphate, total nitrogen, nitrate, nitrite and total solids), biological (fecal and total coliform) and metals (zinc, lead, cadmium, nickel, iron, manganese, copper and chromium) in the water, were discussed and analyzed the effect of water level variations and flow in limnological characteristics of water bodies. The experimental results were expressed in terms of concentration (mg/L) as the specific load (kg/ year.ha) to analyze the spatial variation of the concentration and the load in terms of cumulative drainage area and river length. It was approached an Ecohydrology discussion based on analysis of four variable dimensions: hydrometric height, flow specific vulnerability index and specific loads of some limnological parameters. Finally, in order to validate the quali-quantitative aspects of the water for an urban basin through a mathematical model, we used the mathematical model SWMM. The experimental results showed that there is an extreme variability in quantity and quality of the water, primarily due to anthropogenic pollution factors, either for the dynamic range of waste that are thrown into the air and water, or the destruction of the natural mechanisms of regulation by disordered occupation of the space, and besides evidencing that the variations of the changes in water level cause a series of transformations in limnological characteristics of the bodies watermark caused by interactions between the terrestrial and aquatic environments. It was evidenced the quali-quantitative applicability of the mathematical model used, for an urban basin, through the calibration of the simulated hidrograms with observed hidrograms, and the obtained results of DO, phosphate, total solids, COD and BOD concentrations presents in the water of the river.

Keywords: Water quality, urban draining, ecohydrology, mathematical modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 Quadro síntese de integração entre objetivos, metodologia e resultados esperados	4
Figura 3-1 Relação entre os módulos estruturais do SWMM (GARCIA, 2005)	31
Figura 4-1 Localização da área de estudo na sub-bacia do Monjolinho, com destaque da sub-bacia do Gregório em cinza claro	35
Figura 4-2 Pontos de controle e áreas de drenagem a montante, na sub-bacia do Monjolinho	36
Figura 4-3 Tipos de solo da bacia do Monjolinho (SOUZA, 2008).	37
Figura 4-4 Uso e ocupação do solo urbano (SOUZA, 2008)	38
Figura 4-5 Evento de chuva correspondente ao dia 11 de março de 2009 (SAAE, 2010).....	40
Figura 4-6 Discretização da bacia em estudo, onde se ressalta em cinza o número da sub-bacia dividida e o trecho de rio associado à bacia, e em vermelho os pontos de controle, adaptado de Souza (2008)	45
Figura 4-7 Representação da modelagem matemática no SWMM da bacia em estudo, onde cada número representa a discretização da sub-bacia	47
Figura 4-8 Precipitação observada e hidrogramas observados em função das vazões, utilizados na modelagem. Evento 1, dia: 31-12-2003 (SOUZA, 2008).....	53
Figura 4-9 Precipitação observada e hidrogramas observados em função das vazões específicas, utilizados na modelagem. Evento 1, dia: 31-12-2003 (SOUZA, 2008)	53
Figura 4-10 Precipitação observada e hidrogramas observados em função das vazões, utilizados na modelagem. Evento 2, dia: 09-01-2004 (SOUZA, 2008).....	54
Figura 4-11 Precipitação observada e hidrogramas observados em função das vazões específicas, utilizados na modelagem. Evento 2, dia: 09-01-2004 (SOUZA, 2008)	54
Figura 4-12 Curva empírica área drenagem vs. vazão para o evento 1 (31-12-2003)	56
Figura 4-13 Curva empírica área drenagem vs. vazão para o evento 1 (09-01-2004)	57
Figura 4-14 Curva-chave Q vs W correspondente ao OD	67
Figura 4-15 Curva chave Q vs W correspondente ao FT	67
Figura 4-16 Curva chave Q vs W correspondente aos ST	68
Figura 4-17 Curva chave Q vs W correspondente ao DQO	68
Figura 4-18 - Curva chave Q vs W correspondente ao DBO.....	69

Figura 5-1 Variação da concentração com a altura relativa da água para DBO	79
Figura 5-2 Variação da relação STV/STF com a vazão específica, para os 3 pontos de controle.....	81
Figura 5-3 Variação da relação STV/STF e os STF com a vazão específica.....	82
Figura 5-4 Área de drenagem a montante do ponto Fórum ($A_F = 9,5 \text{ km}^2$).....	85
Figura 5-5 Área de drenagem a montante do ponto Casa Branca ($A_{CB} = 51,7 \text{ km}^2$)	86
Figura 5-6 Área de drenagem a montante do ponto Cristo ($A_{CR} = 77,4 \text{ km}^2$)	86
Figura 5-7 Comprimento do rio até o ponto Fórum ($L_F = 4,7\text{km}$) e comprimento total do córrego do Gregório ($L_{TF}=8,6 \text{ km}$).....	87
Figura 5-8 Comprimento do rio até o ponto Casa Branca ($L_{CB} = 12,4 \text{ km}$) e comprimento total do córrego do Monjolinho ($L_{TCB}=13,8 \text{ km}$).....	87
Figura 5-9 Comprimento do rio até o ponto Cristo ($L_{CR} = 13,8 \text{ km}$) e comprimento total do córrego do Monjolinho ($L_{TCR}=13,8 \text{ km}$)	88
Figura 5-10 Variação espacial da concentração e a carga específica da DBO na campanha 1.....	88
Figura 5-11 Variação espacial e temporal da concentração da DBO.....	89
Figura 5-12 Variação espacial e temporal da carga específica da DBO	90
Figura 5-13 Síntese quali-quantitativa das concentrações de OD.....	92
Figura 5-14 Síntese quali-quantitativa das concentrações de DQO.....	93
Figura 5-15 Síntese quali-quantitativa de concentrações de DBO.....	94
Figura 5-16 Síntese quali-quantitativa de concentrações de Nitrogênio Total	95
Figura 5-17 Síntese quali-quantitativa de concentrações de Nitrato.....	97
Figura 5-18 Síntese quali-quantitativa de concentrações de Nitrito	98
Figura 5-19 Síntese quali-quantitativa de concentrações de FT	99
Figura 5-20 Síntese quali-quantitativa das concentrações de ST.....	100
Figura 5-21 Síntese quali-quantitativa de concentrações de STV.....	101
Figura 5-22 Síntese quali-quantitativa de concentrações de STF	102
Figura 5-23 Gráfico das vazões simuladas e observadas nos três pontos de controle, relativo ao evento 1	113
Figura 5-24 Gráfico das vazões específicas simuladas e observadas nos três pontos de controle, relativo ao evento 1	114
Figura 5-25 Gráfico das vazões simuladas e observadas nos três pontos de controle, relativo ao evento 2	115

Figura 5-26 Gráfico das vazões específicas simuladas e observadas nos três pontos de controle, relativo ao evento 2	116
Figura 5-27 Polutograma simulado de OD dos três pontos de controle, evento 1	120
Figura 5-28 Polutograma simulado de OD dos três pontos de controle, evento 2	120
Figura 5-29 Polutograma simulado de FT dos três pontos de controle, evento 1	121
Figura 5-30 Polutograma simulado de FT dos três pontos de controle, evento 2	122
Figura 5-31 Polutograma simulado de ST dos três pontos de controle, evento 1	123
Figura 5-32 Polutograma simulado de ST dos três pontos de controle, evento 2	123
Figura 5-33 Polutograma simulado de DQO dos três pontos de controle, evento 1	124
Figura 5-34 Polutograma simulado de DQO dos três pontos de controle, evento 2	125
Figura 5-35 Polutograma simulado de DBO dos três pontos de controle, evento 1	126
Figura 5-36 Polutograma simulado de DBO dos três pontos de controle, evento 2	126

LISTA DE TABELAS

Tabela 3-1 Indicadores ecohidrológicos (ALMEIDA-NETO & MENDIONDO, 2009).....	8
Tabela 4-1 Parâmetros analisados e métodos de determinação	41
Tabela 4-2 Parâmetros das sub-bacias	48
Tabela 4-3 Resultados obtidos na calibração manual do coeficiente de rugosidade e da capacidade de armazenamento para superfícies permeáveis e impermeáveis, adaptado de Collodel (2009)	49
Tabela 4-4 Parâmetros dos condutos (canais naturais)	50
Tabela 4-5 Parâmetros dos nós.....	51
Tabela 4-6 Caracterização dos eventos utilizados na modelagem, adaptado de Souza (2008)	52
Tabela 4-7 Caracterização dos eventos nos pontos de controle, adaptado de Souza (2008)	52
Tabela 4-8 Dados pré-chuva do evento 1 (31-12-2003) (SOUZA, 2008)	55
Tabela 4-9 Dados pré-chuva do evento 1 (09-01-2004) (SOUZA, 2008)	56
Tabela 4-10 - Caracterização dos poluentes no SWMM.....	58
Tabela 4-11 Médias ponderadas das concentrações da água de chuva	58
Tabela 4-12 Valores médios de concentração no período seco (campanha 1, realizada no dia 7 de Nov. de 2008)	61
Tabela 4-13 Valores médios de concentração de OD, FT, ST, DQO e DBO (kg/ha)	63
Tabela 4-14 Valores médios de carga específica de OD, FT, ST, DQO e DBO (kg/ha.dia)	64
Tabela 4-15 Constante de crescimento de OD, FT, ST, DQO e DBO para o evento 1 (1/dia)	64
Tabela 4-16 Constante de crescimento de OD, FT, ST, DQO e DBO para o evento 2 (1/dia).	65
Tabela 4-17 Valores de cargas específicas de OD, FT, ST, DQO e DBO.....	66
Tabela 4-18 Coeficientes C1 e C2 para a função RC da lavagem de poluentes para os eventos 1 e 2.....	69
Tabela 5-1 Variáveis hidrológicas e hidráulicas das seções em estudo	74
Tabela 5-2 Altura relativa e vazão específica	75

Tabela 5-3 Variáveis físico-químicas no Fórum	76
Tabela 5-4 Variáveis físico-químicas na Casa Branca.....	76
Tabela 5-5 Variáveis físico-químicas no Cristo	76
Tabela 5-6 Concentração das variáveis químicas no Fórum.....	78
Tabela 5-7 Concentração das variáveis químicas na Casa Branca.....	78
Tabela 5-8 Concentração das variáveis químicas no Cristo.....	78
Tabela 5-9 Concentração dos sólidos presentes na água no Fórum	80
Tabela 5-10 Concentração dos sólidos presentes na água na Casa Branca.....	80
Tabela 5-11 Concentração dos sólidos presentes na água no Cristo.....	80
Tabela 5-12 Carga específica das variáveis químicas no Fórum	83
Tabela 5-13 Carga específica das variáveis químicas na Casa Branca	83
Tabela 5-14 Carga específica das variáveis químicas no Cristo	83
Tabela 5-15 Carga específica dos sólidos no Fórum.....	84
Tabela 5-16 Carga específica dos sólidos na Casa Branca	84
Tabela 5-17 Carga específica dos sólidos no Cristo	84
Tabela 5-18 Porcentagens de área e comprimento.....	85
Tabela 5-19 Tendências entre a carga específica e a vulnerabilidade.....	103
Tabela 5-20 Concentração de metais na seção de 9,5 km ²	105
Tabela 5-21 Concentração de metais na seção de 51,7 km ²	105
Tabela 5-22 Concentração de metais na seção de 77,4 km ²	105
Tabela 5-23 Intervalo de concentrações de metais presentes na água do rio.....	107
Tabela 5-24 Valores máximos estabelecidos para metais na resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água classe 2.....	107
Tabela 5-25 Intervalo de cargas específicas de metais pesados.....	107
Tabela 5-26 Concentração de Coliformes na seção de 9,5 km ²	108
Tabela 5-27 Concentração de Coliformes na seção de 51,7 km ²	109
Tabela 5-28 Concentração de Coliformes na seção de 77,4 km ²	109
Tabela 5-29 Intervalos de concentrações de coliformes presentes na água do rio.....	109
Tabela 5-30 Erros dos volumes escoados e simulados, dados em percentuais.....	111
Tabela 5-31 Intervalo de valores das variações temporais das concentrações simuladas (em mg/L) correspondentes aos eventos 1 e 2.	118
Tabela 5-32 Intervalo de valores das variações temporais das cargas específicas simuladas (em kg/ha.ano) correspondentes aos eventos 1 e 2	118

Tabela 5-33 Intervalo de valores das concentrações observadas (em mg/L) para os 3 pontos de controle, correspondentes às 4 campanhas, efetuadas entre novembro de 2008 e março de 2009	127
--	-----

LISTA DE ABREVIATURAS

CETESB- Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NIBH- Núcleo Integrado de Bacias Hidrográficas

SAEE- Serviço Nacional Autônomo de Água e Esgoto

SCS- Soil Conservation Service

SEMA SP- Secretaria do Meio Ambiente - São Paulo

SWMM- Storm Water Management Model

US. EPA- United States Environmental Protection Agency

OD- Oxigênio dissolvido

DQO- Demanda química de oxigênio

DBO- Demanda bioquímica de oxigênio

CE- Condutividade elétrica

pH- Potencial hidrogeniônico

NTK- Nitrogênio total Kjeldhal

CN- Curve number

ST- Sólidos totais

STF- Sólidos totais fixos

STV- Sólidos totais voláteis

FT- Fósforo total

SIG- Sistema de informação geográfica

CB- Casa Branca

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVOS	3
2.1.	Objetivo Principal.....	3
2.2.	Objetivos Específicos	3
2.3.	Síntese metodológica.....	3
3.	REVISÃO BIBLIOGRAFICA	5
3.1.	Ecohidrologia	5
3.1.1.	Conceitos.....	5
3.1.2.	Indicadores ecohidrológicos.....	7
3.1.3.	Integração ecohidrológica	9
3.2.	Aspectos qualitativos da água em bacias hidrográficas	9
3.2.1.	Bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento	9
3.2.2.	Qualidade da água	11
3.2.3.	Variáveis físicas, químicas e biológicas da água	12
3.2.3.1.	Variáveis físicas.....	13
3.2.3.2.	Variáveis químicas.....	15
3.2.3.1.	Variáveis biológicas.....	22
3.2.4.	Poluição da água e suas fontes	23
3.2.5.	Monitoramento da qualidade da água	25
3.3.	Modelagem matemática	26
3.3.1.	Modelos matemáticos nos estudos de qualidade da água	26
3.3.2.	Modelo SWMM	30
4.	MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1.	Área de estudo	34
4.1.1.	Pedologia.....	37
4.1.2.	Uso e ocupação do solo.....	38
4.2.	Levantamento de dados de campo.....	39
4.3.	Variáveis hidrológicas e hidráulicas.....	39
4.4.	Variáveis limnológicas	40
4.5.	Integração entre quantidade-qualidade com indicadores ecohidrológicos...41	
4.6.	Modelagem Matemática	42

4.6.1.	Implantação do modelo de simulação	42
4.6.2.	Modelagem com o SWMM.....	43
4.6.2.1.	Subdivisão da Bacia.....	44
4.6.2.2.	Representação das características da Bacia	46
4.6.2.3.	Dados Hidrológicos	52
4.6.2.4.	Dados de qualidade da água.....	57
4.6.2.5.	Aplicação do SWMM	70
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	73
5.1.	Variáveis hidrológicas e hidráulicas.....	73
5.2.	Variáveis limnológicas	75
5.2.1.	Variáveis limnológicas e nível hidrométrico	75
5.2.2.	Relação STV/STF	81
5.2.3.	Concentração e carga específica	82
5.3.	Integração quantidade-qualidade com indicadores ecohidrológicos.....	91
5.3.1.	Análise do hemisfério limnológico ou qualitativo	91
5.3.2.	Análise do hemisfério hidrológico-hidráulico ou quantitativo	104
5.4.	Presença de metais na água do rio.....	104
5.5.	Presença de coliformes na água do rio	108
5.6.	Modelo SWMM	110
5.6.1.	Calibração.....	110
5.6.2.	Validação de variáveis de qualidade da água.....	117
6.	CONCLUSÕES	128
7.	RECOMENDAÇÕES	132
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	133
	ANEXOS.....	140

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, o mundo vem enfrentando graves problemas de escassez de água decorrentes, sobretudo, da degradação da sua qualidade. O conhecimento e a avaliação da qualidade da água são essenciais para o adequado gerenciamento dos recursos hídricos, portanto a qualidade da água cumpre função de informação, servindo de indicador para o estágio de conservação ou de degradação de um corpo d'água. Nesse contexto, o monitoramento das variáveis limnológicas constitui uma ferramenta muito importante para o manejo da qualidade dos recursos hídricos, uma vez que a variação delas pode ser analisada espacial e temporalmente, permitindo assim uma avaliação das condições de um determinado corpo d'água (CALIJURI & BUBEL, 2006).

Nos últimos anos, diversos trabalhos foram realizados na região de São Carlos avaliando as condições ambientais dos rios, como Sé (1992), Salami (1996), Barreto (1999), Marinelli et al. (2000), Pelaez-Rodriguez (2001), Novelli (2005) e Viana (2005), na bacia do córrego do Monjolinho, e Gomes (1981) na bacia do córrego do Gregório. Todos esses trabalhos demonstraram um gradiente decrescente na qualidade da água do Monjolinho e do Gregório, sendo que as principais funções de força que determinaram a redução da qualidade foram os lançamentos de esgoto doméstico e industrial e o alto índice de urbanização.

Atualmente, a ecohidrologia representa uma nova aproximação à conservação da água doce e ao gerenciamento sustentável, fornecendo uma ferramenta adicional para o controle da degradação da qualidade da água e dos processos ecológicos na paisagem. A ecohidrologia usa as interações mútuas entre a biota e a hidrologia, para regular, remediar e conservar ecossistemas. Os efeitos sinérgicos das várias medidas ecohidrológicas podem estabilizar e melhorar a qualidade dos recursos hídricos (UNESCO, 2006).

Recentes trabalhos no Brasil abordaram a ecohidrologia visando à avaliação da qualidade da água de um corpo d'água. Assim, Bottino (2008) apresentou uma análise experimental e teórica de alguns indicadores ecohidrológicos do ambiente fluvial em bacia monitorada na área de nascentes. Almeida-Neto (2007) apresentou uma visão da integração ecohidrológica para pulsos temporais e espaciais em *wetland* natural, com ênfase no processo de inundação. Segundo o autor, as variações do nível da água e da vazão provocaram uma série de transformações nas características limnológicas dos corpos d' água causadas por interações entre os ambientes terrestre e aquático, originando a variação da carga e

concentração de alguns indicadores de qualidade da água. Mendingo (2008) abordou os desafios sobre a biodiversidade em ambiente urbano, apontando uma relação com a ecohidrologia, com especial ênfase aos problemas recorrentes de eutrofização. O autor (op. cit.) ressaltou a importância de considerar as questões desafiantes da biodiversidade urbana não só do ponto de vista ecológico, mas também equiparando-as a aspectos hidrológicos.

Almeida-Neto & Mendingo (2009) afirmaram que a interpretação de problemas relacionados à ecologia e à hidrologia deve levar em consideração conceitos como resiliência, vulnerabilidade, dinâmica e diversidade, a fim de se proporem alternativas em escalas espaciais e temporais.

O presente trabalho apresenta uma avaliação da qualidade da água de uma bacia urbana brasileira, através de dados experimentais obtidos em campo, visando conceitos ecohidrológicos. Constatou-se a aplicabilidade de um modelo matemático para uma bacia urbana, por meio da calibração de hidrogramas simulados com hidrogramas observados, e a obtenção de resultados de concentrações de OD, FT, ST, DQO e DBO presentes na água do rio. Foram discutidas também as relações existentes entre as variáveis limnológicas e hidrológicas, introduzindo um indicador ecohidrológico, neste caso, a vulnerabilidade.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Principal

Com base nos dados existentes na literatura e experimental, com dados obtidos em campo e a aplicação de um modelo matemático de qualidade-quantidade da água, avaliar de forma teórica os diferentes indicadores ambientais de uma bacia urbana a partir dos preceitos da ecohidrologia.

2.2. Objetivos Específicos

- Coletar dados de qualidade e quantidade da água do sistema fluvial urbano e periurbano;
- Estimar os fatores ecohidrológicos que influenciam os parâmetros de qualidade e quantidade da água;
- Calibrar, validar e simular um modelo de qualidade-quantidade da água para a situação urbana e periurbana.

2.3. Síntese metodológica

Na Figura 2-1 é apresentada esquematicamente, uma síntese metodológica do presente trabalho, incluindo nela os objetivos, metodologias utilizadas e resultados.

Figura 2-1 Quadro síntese de integração entre objetivos, metodologia e resultados esperados

3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

A seguir apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre aspectos gerais de ecohidrologia, qualidade de água e modelagem matemática.

3.1. Ecohidrologia

Neste item apresentam-se conceitos da ecohidrologia e uma abordagem sobre indicadores e integração multidimensional baseada em preceitos ecohidrológicos.

3.1.1. Conceitos

Segundo Zalewski (2000), a ecohidrologia é o estudo das interrelações funcionais entre a hidrologia e a biota na escala de bacia, convertendo-se em uma nova aproximação para possibilitar o gerenciamento sustentável da água. Esta definição é bastante funcional no que diz respeito à conservação biológica, sobretudo para se obter e avaliar respostas de sistemas submetidos ao stress natural ou antrópico.

Janauer (2000) define a ecohidrologia como um complexo científico que integra a ecologia dentro das aproximações hidrológicas e a hidrologia dentro dos estudos ecológicos, conduzindo assim para um novo conjunto de informação. O autor (op. cit.) ressalta que na ecohidrologia a informação do meio biótico é indispensável. Portanto, a diversidade das espécies, as formas de crescimento da vegetação, as estimativas da biomassa, entre outros, são pontos a serem descritos necessariamente, para definir o valor ecológico do meio biótico assim como aquele do próprio estudo ecohidrológico.

Alguns autores como Zalewski & Robarts (2003) consideram à ecohidrologia como um novo paradigma, uma disciplina emergente na interface das ciências hidrológicas e ecológicas. Esses autores definem a ecohidrologia como uma abordagem que possibilita uma visão conceitualmente abrangente e prática dos problemas ambientais e suas soluções alternativas em bacias hidrográficas. Nesse sentido, Hu et al. (2008) afirmam que a ecohidrologia é um conceito científico aplicado para resolver questões ambientais, reconhecendo que a prática atual da engenharia para resolver

problemas ambientais não está restaurando o ambiente aquático em um nível que possa sustentar a qualidade de vida das pessoas. Esses mesmos autores asseveram que a ecohidrologia está baseada na habilidade da ciência em quantificar e explicar as relações entre procedimentos hidrológicos e a dinâmica do meio biótico em uma escala de bacia, mas também em manipular estes processos para aumentar o fortalecimento do sistema aquático e assim sua habilidade para lidar com as tensões antrópicas.

Shrivastava (2006) ressalta a importância de se considerar as escalas espaciais (bacia) e temporais (sazonalidade) em estudos que tratam de ecohidrologia. O autor afirma que as bacias hidrográficas podem ser consideradas como integradoras de interações ecohidrológicas e, portanto, representam uma escala adequada para modelagem ecohidrológica. Contudo, a dependência da escala de padrões e processos ecológicos oferece dificuldades na escala de bacia hidrográfica.

Com relação a zonas urbanas e periurbanas, Menciondo (2008) abordou os desafios que existem sobre a perda da biodiversidade em ambiente urbano, apontando uma relação com a ecohidrologia, com especial ênfase aos problemas recorrentes da eutrofização. O mesmo autor salienta a importância de considerar as questões da biodiversidade urbana não só do ponto de vista ecológico, mas também equiparando-as com aspectos hidrológicos, e considerando relevante o estudo da qualidade da água como parte dos planos e projetos de restauração da biodiversidade em busca de rios mais saudáveis. Nesse caminho, Bottino & Menciondo (2009) apresentaram um enfoque da ecohidrologia fluvial por meio da análise de resultados experimentais e de simulação matemática da qualidade da água do rio Canha. A abordagem ecohidrológica baseou-se na releitura dos resultados de concentração em função do comprimento do rio e da carga específica por unidade de área incremental de bacia. O tipo de uso e ocupação do solo bem como o regime hidrológico evidenciaram a interferência dos processos que ocorreram no rio e sua respectiva bacia. A visão ecohidrológica permitiu assim avaliar a influência do uso e ocupação das bacias afluentes ao confrontar os resultados com as cargas específicas.

A ecohidrologia como ciência que estuda a interação mútua entre o ciclo hidrológico e os ecossistemas tem um importante potencial sinérgico, porém a ecohidrologia pode e deve ser mais do que uma soma simples de duas disciplinas, necessitando continuar e expandir uma intensa comunicação interdisciplinar (BOND, 2003).

3.1.2. Indicadores ecohidrológicos

Segundo Almeida-Neto & Mendingo (2009), para uma interpretação alternativa dos problemas tradicionais relacionados tanto à ecologia como à hidrologia, deve-se levar em conta conceitos como continuidade, diversidade, dinâmica resiliência e vulnerabilidade, com a finalidade de propor alternativas em escalas espaciais e temporais.

Mendingo (2001) refere que um estudo de ecologia fluvial (e, por conseguinte, um estudo ecohidrológico) deve integrar os conceitos de bacia hidrográfica, rio, várzea, diversidade/dinâmica, resiliência/vulnerabilidade e continuidade.

As características ecológicas da biodiversidade de águas doces urbanas podem ser endereçadas para além da continuidade da paisagem, através das características estruturais e biológicas dos corredores dos rios (MENDINGO, 2008). Assim, esboçam-se três níveis de estudo de acordo com as medidas e cenários: (1) o planejamento urbano, (2) proteção contra inundações e (3) a restauração do rio. Para um manejo sustentável em zonas urbanas e periurbanas e redução da eutrofização em zonas inundadas, o terceiro nível (restauração do rio) compreende os 18 indicadores ecohidrológicos (detalhados na Tabela 3-1) extraídos de Almeida-Neto & Mendingo (2009), com conceitos incorporados de uma ampla escala de trabalhos teóricos e experimentais (i.e. VANOTTE et al., 1980; JANAUER, 2000; ZALEWSKI, 2000; entre outros). Todos esses indicadores estão classificados de acordo com princípios de continuidade, dinâmica, resiliência, vulnerabilidade e diversidade, e a partir das interações entre a área de drenagem, área de inundação e o rio. Estes indicadores foram também discutidos por Neiff et al. (2000), Zalewski (2000), Janauer (2000), Mendingo et al. (2000a,b) entre outros, e abordados por Almeida-Neto (2007) e Almeida-Neto & Mendingo (2009).

Na Tabela 3-1 apresenta-se uma síntese conceitual dos indicadores ecohidrológicos com suas respectivas variáveis e atributos, propostos para auxiliar aos cientistas e profissionais na obtenção e análise dos dados básicos no campo.

Tabela 3-1 Indicadores ecohidrológicos (ALMEIDA-NETO & MENDIONDO, 2009)

	CONTINUIDADE	DIVERSIDADE	DINÂMICA	RESILIÊNCIA	VULNERABILIDADE
Descrição do indicador	Bacia-Rio: Indicador associado ao número e extensão de canais da rede de drenagem e da frequência de inundações máximas da várzea, responsáveis pela manutenção do regime dos rios, ciclos bio-geo-químicos subterrâneos e autodepuração de cargas.	Bacia-Várzea: Quantificação de áreas alagadas permanentes em relação ao total de áreas alagadas da várzea, como indicativo de proporção de sistemas lênticos internos com potencial de intercâmbio de nutrientes, energia e/ou informação com o leito principal.	Bacia-Várzea: Mecanismo não-linear de processos multivariados de nutrientes, de informação e de energia, transferidos entre a bacia de drenagem e a várzea, sob situações de limnofase e de potamofase dos pulsos.	Várzea-Rio: Capacidade de recuperação potencial do indicador e/ou de alcançar um novo equilíbrio em face à ocorrência de entradas de matéria, energia e/ou informação	Várzea-Rio: Análise de risco e gestão de várzeas, usando três fatores: ameaça (tempo de retorno), vulnerabilidade (custos indiretos de falta ou excesso de um serviço ambiental) e exposição (localização relativa dentro da várzea, em relação ao rio principal).
Variável do indicador [unidade]	X1: número de sub-bacias afluentes laterais por unidade de comprimento longitudinal do rio principal [Nº/km] X2: densidade de afluentes na drenagem [km/km²] X3: frequência de ocorrência de completa inundação da várzea por pulsos extremos [Nº/décadas] X4: fração de áreas de lagoas perenes dentro das várzeas [km²/km², %] X5: quociente de perímetro molhado da seção potencial máxima de várzea e canal, relativo ao perímetro do canal principal [m/m, %]	X6: valor relativo, quociente das áreas com potencial de alagamento, perenes e intermitentes, com relação à área total de várzeas disponíveis para alagamento [km²/km², %] X7: valor relativo, ou quociente, do total de áreas de várzeas com relação à área total da bacia de contribuição de montante [km²/km², %] X8: número de usos e ocupações diferentes por unidade de área de várzea [Nº/km²]	X9: valor relativo, quociente, do tempo de manutenção de áreas alagadas nas várzeas após ocorrência de alturas máximas, pela duração do pulso respectivo [dias/dias, %] X10: valor relativo, quociente do tempo de extravasamento de pulso, acima de cota de conexão rio-várzea, sobre o tempo de duração de pulso total [dias/dias, %]	X11: taxa da diferença de indicadores de produção primária em áreas preservadas e em áreas degradadas da várzea [g PS/dia] X12: gradiente da vazão com cota hidrométrica (a) antes, e (b) depois do extravasamento [m³/s/m] X13: superfície dimensional de “loops” do indicador de produção primária <i>versus</i> altura hidrométrica X14: superfície dimensional de “loops” do indicador de produção primária <i>versus</i> área alagada	X15: fração de produção primária durante e após inundação máxima, em relação ao valor existente antes da inundação [gPS/gPS, %] X16: mudança das vazões Q5% e Q95%, na curva de permanência, devido a impactos antrópicos e uso do solo [m³/s] X17: mudança de probabilidade da vazão original de Q _{95%} , como impactos diretos de ações antrópicos e/ou do uso [Probabilidade], X18: produto de velocidade média vezes profundidade média [m²/s]

3.1.3. Integração ecohidrológica

Almeida-Neto&Mendiondo (2009) realizaram uma integração multidimensional correlacionando algumas variáveis biológicas e químicas da água em conjunto com as alturas hidrométricas, as vazões e as possíveis áreas de inundação ou várzeas durante a passagem de pulsos de inundação. A integração multidimensional permitiu mostrar o efeito das cargas durante a passagem do pulso de inundação e seus comportamentos em três habitats diferentes: lótico, interfase lótico-lêntico, e lêntico. Esses habitats diferentes são muito dinâmicos e variam de acordo com a ordem do rio e a hierarquia da área da bacia (Mendiondo, 2008).

Segundo Mendiondo (2008), os indicadores ecohidrológicos, se adotados, podem ser sintetizados no gráfico da integração multidimensional, uma quinta dimensão dependente do tempo e em direção perpendicular ao plano, sendo essa nova dimensionalidade abordada nas curvas de permanência, mostrando-se útil para a inferência dos indicadores ecohidrológicos, o que permitirá criar cenários prospectivos.

3.2. Aspectos qualitativos da água em bacias hidrográficas

Neste item revisaram-se aspectos básicos de qualidade e poluição das águas em bacias hidrográficas, ressaltando-se a importância do monitoramento da qualidade da água para a preservação do meio ambiente.

3.2.1. Bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento

Conforme Horne & Goldman (1994), os sistemas lóticos não devem ser considerados isoladamente. Os canais dos rios e a bacia de drenagem exibem relações regulares com relação à descarga, mudanças longitudinais, mudanças morfológicas e tamanho dos tributários na rede de drenagem (ALLAN, 1995).

Souza & Tundisi (2000) afirmam que o estudo de bacias hidrográficas é, sem dúvida, uma importante abordagem que se constitui em ferramenta poderosa para a avaliação e a compreensão dos processos que ocorrem em todos os ecossistemas aquáticos.

Calijuri & Bubel (2006) definem a bacia hidrográfica como a unidade geomorfológica fundamental, que expressa os processos que operam no ambiente por meio de suas formas, definindo a área de captação do escoamento superficial que alimenta um sistema aquático. Dessa maneira, ressaltam Calijuri & Bubel (2006), qualquer ponto da superfície terrestre faz parte de uma bacia hidrográfica e, portanto, não pode ser considerado de forma pontual, mas como parte de um todo.

Para Bottino (2008), uma bacia hidrográfica apresenta inúmeras características fundamentais, das quais podem ser destacadas as interações entre os seus principais componentes, desde as interações entre fatores abióticos (clima, relevo) e bióticos (comunidade de plantas e animais), até a interação do homem e o impacto de suas atividades na qualidade da água. Portanto, conclui Bottino (2008), as abordagens “bacia hidrográfica” e “qualidade da água” permitem compor um sistema que indica mecanismos de funcionamento das bacias hidrográficas e seus efeitos na qualidade da água.

Cada sistema aquático em sua bacia hidrográfica é único, resalta Margalef (1983). O estudo dos rios pode apresentar, na análise do estado ecológico de suas águas, “fotografias” atualizadas dos processos ecológicos que ocorrem na bacia, inclusive aqueles devidos às atividades humanas de ocupação do solo e utilização da água.

Rocha et al. (2000) afirmam que o uso da bacia hidrográfica como unidade de planejamento nas investigações e no gerenciamento dos recursos hídricos originou-se da percepção de que os ecossistemas aquáticos são essencialmente abertos, trocam energia e matéria entre eles, assim como os ecossistemas terrestres adjacentes sofrem alterações de diferentes tipos em virtude dos usos da terra e das atividades antropogênicas neles desenvolvidas. Uma característica importante é o fato de ser a bacia hidrográfica uma unidade funcional, com processos e interações ecológicas passíveis de serem estruturalmente caracterizados, quantificados e modelados.

Na gestão de recursos hídricos, segundo Saito (2001), a bacia hidrográfica é reconhecida como a unidade mais adequada para estudo e gestão, por integrar a maior parte das relações de causa-efeito a serem consideradas na gestão dos recursos hídricos, incluídas aquelas que dizem respeito a problemas relacionados às atividades antrópicas. Assim, e conforme relatado por Lugão et al. (2009), com a promulgação da Lei n 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o Brasil obteve grande passo

para o gerenciamento de recursos hídricos. Essa lei, salienta o autor, tem entre seus preceitos básicos a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento.

3.2.2. Qualidade da água

A qualidade das águas depende das condições geológicas e geomorfológicas e de cobertura vegetal da bacia de drenagem, do comportamento dos ecossistemas terrestres e de águas doces e das ações do homem. As ações do homem que mais podem influenciar a qualidade da água são: (a) lançamento de cargas poluentes nos sistemas hídricos; (b) alteração do uso do solo rural e urbano; (c) modificações no sistema fluvial (TUCCI et al., 2001).

A ação antropogênica sobre o recurso hídrico talvez seja a responsável pelas maiores alterações da composição da água. Porto et al. (1991) consideram que as alterações da qualidade da água representam uma das maiores evidências do impacto das atividades humanas sobre a biosfera.

Segundo Tundisi (2003), a qualidade da água é comprometida por uma série de fatores externos, tanto naturais quanto antrópicos, os quais incluem a hidrografia, o clima, a geologia, os usos do solo, a destruição da cobertura vegetal, o lançamento de efluentes sem tratamento, o crescimento populacional e a rápida urbanização.

O consumo de água no mundo não pára de crescer. Para que as necessidades humanas sejam supridas de maneira integral, é preciso que a água seja detentora de uma boa qualidade. Apesar disso, a constante degradação dos recursos hídricos, aliada ao aumento da população e, conseqüentemente, de suas necessidades, estão levando a uma crise hídrica mundial que poderá alcançar proporções alarmantes caso medidas que objetivem reverter tal situação não sejam implementadas. A Organização Mundial de Saúde (OMS) afirma que cerca de 70% da população rural e 25% da população urbana do Brasil sofrem com a falta de abastecimento com água de qualidade (TUCCI, 2002; REBOUÇAS, 2004).

A qualidade da água, no sentido mais amplo de seu conceito, pode ser entendida como o conjunto das características físicas, químicas e biológicas que esse recurso natural deve possuir para atender aos diferentes usos a que se destina (ARAÚJO & SANTAELLA, 2001; LIMA, 2001; CONAMA, 2005).

Assim, de acordo com Cunha et al. (2001), o conceito de qualidade da água depende do seu uso ou fim, possuindo valor relativo. Tucci et al. (2001) e a SEMA/SP (2000) acrescentam, ainda, que a qualidade enquanto condição natural varia de um corpo hídrico para outro, uma vez que esta é diretamente influenciada pelas condições geológicas, geomorfológicas e de cobertura vegetal particulares a cada bacia de drenagem.

A qualidade da água é influenciada pelo uso e ocupação do solo das bacias vertentes. A ocupação e uso do solo pelas atividades agropecuárias alteram sensivelmente os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais. Essas alterações ocorridas em uma bacia hidrográfica podem ser avaliadas através do monitoramento da qualidade da água. Por meio do ciclo hidrológico, as chuvas precipitadas sobre as vertentes irão formar o deflúvio (escoamento) superficial que irá carrear sedimentos e poluentes para a rede de drenagem. Dessa forma, o rio é um integralizador dos fenômenos ocorrentes nas vertentes da bacia que pode ser avaliado pelos parâmetros de qualidade da água (MERTEN & MINELLA, 2002).

Os conceitos de qualidade da água e poluição estão comumente interligados. Porém a qualidade da água reflete sua composição quando afetada por causas naturais e por atividades antropogênicas. A poluição, entretanto, decorre de mudanças na qualidade física, química, radiológica ou biológica do ar, água ou solo, causadas pelo homem, que podem ser prejudiciais ao uso presente, futuro e potencial do recurso (RONDON, 2001).

Na tentativa de elencar mecanismos de acompanhamento da qualidade da água de um corpo hídrico, os órgãos ambientais pré-definiram alguns indicadores físicos, químicos e biológicos que, analisados em conjunto, possibilitam verificar os níveis de poluição de um determinado manancial. Esses indicadores são chamados de variáveis de qualidade da água, os quais serão descritos brevemente a seguir no subitem 3.2.3.

3.2.3. Variáveis físicas, químicas e biológicas da água

Além da quantidade, a qualidade é outro aspecto da água que assegura determinado uso ou conjunto de usos. Conforme Von Sperling (1996), a qualidade da água pode ser representada através de diversas variáveis, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas. Essas características, se

mantidas dentro de certos limites, viabilizam determinado uso. Esses limites constituem os critérios (recomendações) ou padrões (regras gerais) da qualidade da água (DERISIO, 2000).

Dessa maneira, na tentativa de elencar mecanismos de acompanhamento da qualidade da água de um corpo hídrico, os órgãos ambientais pré-definiram alguns indicadores físicos, químicos e biológicos que, analisados em conjunto, possibilitam verificar os níveis de poluição de um determinado manancial (FAGUNDES, 2006).

A seguir, e de forma sucinta, são apresentadas as variáveis de qualidade da água utilizados no presente trabalho.

3.2.3.1. Variáveis físicas

a. Temperatura

A temperatura é uma característica física das águas, sendo uma medida da intensidade de calor. De acordo com Barretto (1999), a temperatura é um fator de extrema importância em ecossistemas aquáticos, sendo responsável, entre outros fatores, pela tensão superficial, viscosidade e densidade da água. Ainda segundo Barretto (1999), a temperatura em um ecossistema aquático está relacionada com a variação da temperatura ambiente, sazonalidade, velocidade, vazão e condições climáticas. Influencia diretamente não só algumas propriedades já citadas, mas o metabolismo animal e vegetal, bem como a autodepuração das águas.

A temperatura influencia os processos físicos, químicos e biológicos em corpos de água, afetando as concentrações de diversas variáveis. Um aumento de temperatura na água é acompanhado por aumento das velocidades de reações químicas e pelas reduções das solubilidades de gases na água, tais como O_2 , CO_2 , N_2 e CH_4 . Do mesmo modo, o aumento da temperatura causa aumento da demanda de oxigênio e da decomposição de matéria orgânica, bem como o aumento de crescimento de macrófitas e da floração de algas (GASTALDINI & MENDONÇA, 2001).

Os efeitos danosos à flora e fauna aquática provocados pelo aumento de temperatura nos corpos da água são indiretos, já que um aumento de temperatura implica maior movimentação dos seres aquáticos, com consequente aumento no consumo de oxigênio dissolvido (elemento este de vital importância para os seres

aquáticos aeróbios) e diminuição do poder de retenção do gás oxigênio através desse líquido (DERISIO, 2000).

O aumento dos valores da temperatura nos corpos da água por causa da ação antropogênica deve-se principalmente aos despejos industriais e descargas de usinas termoeletricas.

b. Turbidez

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma (VON SPERLING, 1996). A turbidez das águas é devida à presença de partículas em suspensão e em estado coloidal, as quais podem apresentar ampla faixa de tamanhos, sendo causadas principalmente por areia, argila e microorganismos em geral (DI BERNARDO & DANTAS, 2005).

Os fatores que podem influenciar a turbidez estão ligados tanto a processos naturais quanto antrópicos, como a precipitação pluviométrica, despejos industriais, despejos domésticos, vazão, constituição do sedimento de fundo e erosão.

A turbidez pode causar impactos na biota aquática tais como nas vegetações submersas que precisam de luz, prejudicando a fotossíntese, e nos peixes e insetos aquáticos no uso de seus organismos respiratórios (TOMAZ, 2006). O grau de turbidez na água influencia diretamente a concentração e a diversidade específica dos organismos presentes, já que possuem a capacidade de limitar a zona eufótica e influenciar a taxa fotossintética. Quando a turbidez é gerada pela presença de organismos vivos (fitoplâncton), ela pode ser correlacionada à concentração de clorofila, funcionando como um índice de produtividade aquática e do processo de eutrofização (BARRETTO, 1999).

Para corpos de água de classe 2, classe na qual estão enquadrados os rios da bacia em estudo, o valor limite de turbidez permitido pela resolução CONAMA 357/05 é de até 100 NTU.

c. Condutividade elétrica (CE)

A CE refere-se à capacidade que uma solução aquosa possui de transmitir corrente elétrica, sendo o seu valor sensível à variação nos sólidos dissolvidos, principalmente sais minerais. Assim, a CE depende da quantidade de sais dissolvidos na

água, sendo aproximadamente proporcional à sua quantidade (DI BERNARDO & DANTAS, 2005).

As fontes de elementos que geram a CE são principalmente as fontes das substâncias iônicas dissolvidas na água provenientes de constituintes naturais ou por processos de lavagem de solos pela chuva, a decomposição de resíduos orgânicos terrestres e aquáticos, intemperismo químico das rochas e influências antropogênicas (SÉ, 1992).

A CE fornece informações sobre o metabolismo do ecossistema aquático, denotando a forte relação existente entre as águas de uma bacia de drenagem com sua formação geológica e ainda entrada de material alóctone, podendo indicar a presença de poluentes. Para Barretto (1999), o valor da CE da água pode ser utilizado, de modo preliminar, como um indicador geral de nível trófico ou para caracterizar indícios de poluição, apesar de esta medida não discriminar os elementos que a produzem.

A CE é expressa geralmente em microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) variando o seu valor, segundo Gastaldini & Mendonça (2001), entre 10 e 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em águas naturais.

3.2.3.2. Variáveis químicas

a. Potencial hidrogeniônico-pH

Este indicador, mais conhecido como pH, representa a concentração de íons hidrogênio H^+ (em escala antilogarítmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (VON SPERLING, 1996). O pH varia entre 0 e 14 (muito ácido a muito alcalino), sendo o valor 7 considerado neutro.

Segundo Gastaldini & Mendonça (2001), o pH influencia muitos processos biológicos e químicos nos corpos da água e os processos associados com abastecimento e tratamento de águas residuárias. Para Di Bernardo & Dantas (2005), trata-se de uma variável importante principalmente nas etapas de coagulação, filtração desinfecção e controle da corrosão. Nos sistemas de abastecimento, águas com valores baixos de pH tendem a ser corrosivas ou agressivas a certos metais e paredes de concreto, enquanto águas com valor elevado de pH tendem a formar incrustações.

Deve ser considerado também que os organismos aquáticos (peixes) estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, como consequência, alterações

bruscas do pH de uma água podem acarretar o desaparecimento dos seres aí presentes (DERISIO, 2000). Segundo Von Sperling (1996), valores de pH afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática e os microorganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos.

Os principais fatores que influenciam as variações de pH na água são o ácido carbônico, bicarbonatos, carbonatos, ácidos fortes dissociáveis, constituição do solo, decomposição de matéria orgânica, ácidos orgânicos, esgoto sanitário, efluentes industriais, tributários, e solubilização de gases da atmosfera (BARRETTO, 1999).

b. Oxigênio dissolvido (OD)

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos, sendo a atmosfera e a fotossíntese as principais fontes de oxigênio para a água. Por outro lado, as principais perdas são o consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação) perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos, como por exemplo, o ferro e o manganês (ESTEVES, 1988).

A quantidade de OD presente na água depende principalmente da temperatura, salinidade, turbulência, atividade fotossintética de algas e plantas e da pressão atmosférica (GASTALDINI & MENDONÇA, 2001). A solubilidade do OD na água está intimamente ligada à temperatura e à pressão, sendo que com o aumento da temperatura e diminuição da pressão, ocorre uma redução da solubilidade desse gás na água (ESTEVES, 1988).

O OD é a principal variável de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos, sendo mais frequente sua utilização no controle operacional de estações de tratamento de esgotos, bem como na caracterização de corpos de água (VON SPERLING, 1996).

Em água doce, o OD varia de 15 mg/L (a 0° C) a 8 mg/L (a 25 ° C) (GASTALDINI & MENDONÇA, 2001). Quanto aos corpos da água, ao nível do mar, na temperatura de 20 ° C, a concentração de saturação do OD é igual a 9,2 mg/L. Valores de OD superiores à saturação são indicativos da presença de algas (fotossíntese), enquanto valores bem inferiores à saturação são indicativos da presença de matéria orgânica (provavelmente esgotos). Para concentrações de OD em torno de 4-5 mg/L, morrem os peixes mais exigentes; com OD igual a 2 mg/L todos os peixes estão

mortos e com OD igual a 0 mg/L, tem-se condições de anaerobiose (VON SPERLING, 1996). Para Di Bernardo & Dantas (2005), em razão da baixa solubilidade do oxigênio, a quantidade máxima que a água pode conter é geralmente inferior a 9,1 mg/L a 20 ° C. Segundo a resolução CONAMA 357/05, o OD para rios de classe 2 não pode ser inferior a 5 mg/L.

As reduções nas concentrações de oxigênio nos corpos das águas são provocadas principalmente por despejos de origem orgânica e pela introdução de aeração artificial.

c. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

A DBO é uma medida aproximada da quantidade de matéria orgânica biodegradável presente em uma amostra de água. Representa a quantidade de oxigênio necessária para os microorganismos presentes na amostra oxidarem a matéria orgânica para uma forma estável inorgânica (GASTALDINI & MENDONÇA, 2001). Entende-se por oxidação o processo de decomposição da matéria orgânica através de microorganismos em substâncias mais simples, tais como NH_3 , CO_2 , H_2O e sais minerais (DERISIO, 2000).

A DBO está associada geralmente ao nível trófico de um ecossistema aquático, seja este lótico ou lântico. Alguns dos fatores que podem influenciar o valor da DBO são a temperatura, a turbulência, a população biológica envolvida no processo, a concentração de matéria orgânica, o lançamento de resíduos industriais e o esgoto sanitário (BARRETTO, 1999). Os maiores aumentos em termos da DBO em um corpo de água são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica (DERISIO, 2000).

Segundo Von Sperling (1996), os esgotos domésticos possuem uma DBO da ordem de 300 mg/L. Entretanto, para rios de classe 2, a resolução CONAMA 357/05 estabelece como limite para a DBO o valor de até 5 mg/L.

d. Demanda química de oxigênio (DQO)

A DQO pode ser definida como a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Igual à DBO, a DQO é um indicador de presença de matéria orgânica e compostos reduzidos, com a diferença de que a DBO relaciona-se a uma oxidação bioquímica da matéria orgânica realizada

inteiramente por microorganismos, enquanto a DQO corresponde a uma oxidação química da matéria orgânica obtida através de um forte oxidante (dicromato de potássio) em meio ácido (VON SPERLING, 1996).

A DQO é amplamente utilizada como uma medida da suscetibilidade para oxidação de materiais orgânicos e inorgânicos presentes em corpos de água e efluentes sanitários e industriais (GASTALDINI & MENDONÇA, 2001). Os principais fatores que podem influenciar o valor da DQO são as influências antropogênicas (lançamentos industriais e domésticos), processos naturais (carreamento por chuvas de compostos de áreas adjacentes que demandam oxigênio para sua estabilização), concentração de compostos orgânicos e inorgânicos, revolvimento do sedimento de fundo e turbulência (BARRETTO, 1999).

Geralmente os valores da DQO são maiores que da DBO e em testes de laboratório, a DQO, que é realizada num prazo muito menor que a DBO, é determinada em primeiro lugar, servindo os resultados para a orientação do teste da DBO. A DQO, em alguns casos, pode e deve substituir a DBO na determinação da matéria orgânica, devido à presença de substâncias que interferem na medida da DBO (DERISIO, 2000).

Os esgotos domésticos possuem uma alta concentração de matéria orgânica, sendo o seu valor aproximado de DBO da ordem de 300 mg/L (VON SPERLING, 1996).

e. Serie de nitrogênio

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Essa importância deve-se principalmente à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixas concentrações, pode atuar como fator limitante na produção primária (ESTEVES, 1988).

Dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, este se alterna entre várias formas e estados de oxidação, como resultados de diversos processos bioquímicos, sendo encontrado no meio aquático nas seguintes formas: nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), amônia (livre- NH_3 e ionizada- NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) (Von Sperling, 1996).

O nitrogênio total constitui-se na soma do nitrato, nitrito, nitrogênio orgânico e amônia, enquanto o nitrogênio total *Kjeldhal* (NTK) é a soma do nitrogênio orgânico

mais amônia. A amônia na forma livre NH_3 é tóxica aos peixes e na forma ionizada NH_4^+ não é. Entretanto, o NTK é a forma predominante do nitrogênio nos esgotos domésticos brutos, daí a sua importância como variável química na qualidade das águas, sendo a média do NTK de 1,67 mg/L (TOMAZ, 2006).

Segundo Esteves (1988), o nitrato juntamente com o íon amônio assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários.

Para Von Sperling (1996), o nitrogênio é um componente de grande importância em termos da geração e do próprio controle da poluição das águas, devido principalmente a que o nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento de algas, podendo por isso, em certas condições, conduzir a fenômenos de eutrofização de lagos e represas. Também, o nitrogênio, nos processos de conversão da amônia a nitrito e deste a nitrato (nitrificação), implica o consumo de oxigênio dissolvido no corpo de água.

Para Tomaz (2006), a presença do nitrogênio na forma de nitrato nos corpos d'água é um indicador de poluição antiga relacionada ao final do período de nitrificação ou pode caracterizar o efluente de uma estação de tratamento de esgotos sanitários em nível terciário, em que o processo de nitrificação é induzido e controlado, com o objetivo da redução de nutrientes. Segundo Von Sperling (1996), se o estágio da poluição eventualmente ocasionada por algum lançamento de esgotos a montante é recente, o nitrogênio estará basicamente na forma de amônia e, se antiga, basicamente na de nitrato.

O nitrito é encontrado em baixas concentrações notadamente em ambientes oxigenados. Em ambientes anaeróbios, como o hipolímnio de lagos eutróficos em período de estratificação, podem-se encontrar altas concentrações deste íon (ESTEVES, 1988).

As fontes de nitrogênio podem ser naturais e antrópicas, entre elas a atmosfera, a precipitação pluviométrica, o escoamento superficial, o revolvimento de sedimento de fundo, o material alóctone, o esgoto sanitário, os efluentes industriais, a erosão, as atividades agrícolas e as queimadas, entre outras (BARRETO, 1999).

Os valores máximos que estabelece a resolução CONAMA 357/05 para os rios de classe 2, para a série nitrogenada, são: para o nitrato, 10 mg/L; para o nitrito, 1 mg/L; e para o nitrogênio amoniacal total, 0,5 mg/L ($\text{pH} > 8,5$), 3,7 mg/L ($\text{pH} < 7,5$), 1 mg/L ($8,0 < \text{pH} < 8,5$) e 2 mg/L ($7,5 < \text{pH} < 8,0$).

f. Série de fósforo

O fósforo é um elemento essencial para organismos vivos e existe nas águas na forma dissolvida e de material particulado. É geralmente o nutriente limitante para o crescimento de algas. Em águas naturais ocorre principalmente nas formas de ortofosfatos, polifosfatos e fosfatos organicamente ligados (GASTALDINI & MENDONÇA, 2001). A mais importante delas para o metabolismo biológico é o ortofosfato (TOMAZ, 2006).

Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples. As principais fontes de ortofosfatos na água são o solo, detergentes, fertilizantes, despejos industriais e esgotos domésticos. A forma em que os ortofosfatos se apresentam na água depende do pH. Incluem: PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4 , sendo o HPO_4^{2-} a forma predominante nos esgotos domésticos (VON SPERLING, 1996).

O fosfato presente em ecossistemas aquáticos continentais tem origem de fontes naturais e artificiais. Dentre as fontes naturais, as rochas da bacia de drenagem constituem a fonte básica de fosfato para os ecossistemas aquáticos continentais. Outros fatores naturais que permitem o aporte de fosfato são o material particulado presente na atmosfera e o fosfato resultante da decomposição de organismos de origem alóctone. Entre as fontes artificiais de fosfato mais importantes são os esgotos domésticos e industriais, fertilizantes agrícolas e material particulado de origem industrial contido na atmosfera (ESTEVES, 1988).

Altas concentrações de fosfatos são indicativas de presença de poluição e são responsáveis por condições eutróficas (GASTALDINI & MENDONÇA, 2001).

A resolução CONAMA 357/05 estabelece como limite máximo para o fósforo total e para rios de classe 2 um valor de 0,1 mg/L.

g. Sólidos totais

O termo “sólidos” é amplamente usado para a maioria dos compostos presentes na água e que permanecem em estado sólido após evaporação (GASTALDINI & MENDONÇA, 2001).

Todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos. Os sólidos presentes na água podem ser classificados de acordo com o seu tamanho e estado (sólidos dissolvidos e em suspensão), as suas características químicas (voláteis e fixos) e a sua decantabilidade (sedimentáveis e não sedimentáveis) (VON SPERLING, 1996).

Os sólidos totais representam quantitativamente a presença total de sólidos em um despejo, seja na forma de substâncias dissolvidas mais os em suspensão. Sólidos dissolvidos totais e sólidos suspensos totais correspondem aos resíduos filtráveis e não filtráveis respectivamente. Os sólidos voláteis representam uma estimativa da matéria orgânica nos sólidos, enquanto que os sólidos não voláteis (fixos ou inertes) representam a matéria inorgânica ou mineral (VON SPERLING, 1996).

A concentração do material em suspensão pode aumentar com o grau de poluição de um curso de água, portanto é importante a sua quantificação nos corpos hídricos. Os sólidos totais em suspensão podem ser de origem orgânica ou inorgânica. São de origem inorgânica as partículas de solo devido à erosão e degradação dos solos, ruas, casas, edifícios e materiais trazidos pelo vento, e de origem orgânica, as bactérias (TOMAZ, 2006).

Os sólidos possuem importante papel em estudos de ecossistemas aquáticos. São, em alguns casos, os maiores responsáveis pela regulação e limitação da penetração de luz (sólidos suspensos), podendo também interferir na concentração de oxigênio dissolvido e na condutividade elétrica (BARRETTO, 1999).

A concentração do material em suspensão sofre variação pela presença de lagos, represas, áreas de inundação (redução das partículas por sedimentação) e pela presença de corredeiras (aumento de partículas em suspensão, pela velocidade da água nos leitos do rio). Essa variação da concentração também está ligada à precipitação que, por consequência, provoca escoamento superficial, lavando a área da bacia (carreando assim materiais para dentro do leito) e maiores vazões, provocando erosão das margens e ressuspensão do material depositado no fundo do leito do rio (SALAMI, 1996).

Para os sólidos presentes na água, a resolução CONAMA 357/05 apresenta somente o padrão dos sólidos totais dissolvidos, estabelecendo um valor limite, para este parâmetro, de 500 mg/L, para rios de classe 2.

3.2.3.1. Variáveis biológicas

As características biológicas das águas são determinadas por meio de exames bacteriológicos e hidrobiológicos. Quando feitos regularmente, esses exames constituem elemento auxiliar na interpretação de outras análises, principalmente no que se refere à poluição das águas, e possibilitam a adoção de medidas de controle para prevenir o desenvolvimento de organismos indesejáveis (DI BERNARDO & DANTAS, 2005).

Quanto à qualidade biológica da água, um aspecto de grande relevância é o relativo à possibilidade da transmissão de doenças. A determinação da potencialidade de uma água transmitir doenças pode ser efetuada de forma indireta, através dos organismos indicadores de contaminação fecal, pertencentes principalmente ao grupo de coliformes (VON SPERLING, 1996).

a. Coliformes

As bactérias do grupo coliforme são utilizadas como indicador biológico da qualidade das águas. A contaminação das águas por fezes humanas e/ou de animal pode ser detectada pela presença de bactérias do grupo coliforme (TOMAZ, 2000).

Os principais indicadores de contaminação fecal comumente utilizados são os coliformes totais, os coliformes termotolerantes e a *Escherichia coli* (*E. Coli*).

O grupo de coliformes totais constitui-se em um grande grupo de bactérias que têm sido isoladas de amostras de águas e solos poluídos e não poluídos bem como de fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente. Os coliformes termotolerantes são um grupo de bactérias indicadoras de organismos originários do trato intestinal humano e outros animais, enquanto a *E. Coli* incluem várias espécies ou variedades de estreptococos, tendo no intestino de seres humanos e outros animais o seu habitat usual (VON SPERLING, 1996).

A determinação dos coliformes é baseada em termos probabilísticos, sendo o resultado expresso através do número mais provável (NMP) de organismos do grupo coliforme por 100 mL de amostra.

3.2.4. Poluição da água e suas fontes

Tomaz (2006) define poluição como a mudança indesejável no ambiente, geralmente a introdução de concentrações exageradamente altas de substâncias prejudiciais ou perigosas, calor ou ruído. Como consequência dessa mudança, há alteração da composição e das propriedades do ar, da água e do solo, decorrente do lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos.

Segundo Gastaldini & Mendonça (2001), poluição do ambiente aquático significa a introdução pelo homem, direta ou indiretamente, de substâncias ou energia que resultam em efeitos deletérios tais como: danos aos organismos vivos; riscos à saúde pública; prejuízos a atividades aquáticas, incluindo pesca; prejuízos à qualidade de água no que diz respeito a seu uso na agricultura, indústria e atividades econômicas em geral.

Para Maciel Filho (1997), poluição da água constitui-se em toda alteração artificial das características físicas, químicas e biológicas naturais de uma água ou, mais precisamente, uma deterioração pejorativa que ocasione um distanciamento das normas.

De acordo com a SEMA/SP (2000) e com a CETESB (2000), a poluição da água está diretamente associada ao tipo de uso e à ocupação do solo na bacia hidrográfica.

Conforme Von Sperling (1996), existem duas formas em que a fonte de poluentes pode atingir um corpo d'água: poluição pontual (os poluentes atingem o corpo d'água de forma concentrada no espaço) e poluição difusa (os poluentes adentram ao corpo d'água distribuindo-se ao longo de parte da sua extensão).

As cargas pontuais se devem aos efluentes da indústria e ao esgoto cloacal e pluvial, e as cargas difusas se devem ao escoamento rural e urbano, distribuído ao longo das bacias hidrográficas. As cargas podem ser de origem orgânica ou inorgânica, sendo que as cargas orgânicas têm origem nos restos e dejetos humanos e animais e na matéria orgânica vegetal, enquanto as cargas inorgânicas têm origem nas atividades humanas, no uso de pesticidas, nos efluentes industriais e na lavagem pelo escoamento de superfícies contaminadas, como áreas urbanas (TUCCI et al., 2001).

Porto (1995) define poluição difusa como aquela gerada pelo escoamento superficial da água em zonas urbanas, as quais provêm de atividades que depositam poluentes, de forma esparsa, sobre a área de contribuição da bacia hidrográfica.

Tomaz (2006) diferencia claramente a poluição pontual e difusa, afirmando que uma cidade que lança o seu efluente num curso de água através de uma única tubulação constitui uma poluição pontual. Entretanto, uma poluição difusa, comenta o mesmo autor, ocorre quando a poluição não pode ser identificada e cobre uma área extensa, como aquela provinda das chuvas, molhando os telhados, os jardins, as ruas, etc. e levando consigo uma infinidade de poluentes para os cursos de água.

Os aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas são abordados por Porto (1995) como uma poluição de origem difusa. Segundo ele, a origem da poluição difusa é bastante diversificada, sendo que contribuem para ela a abrasão e o desgaste das ruas pelos veículos, o lixo acumulado nas ruas e calçadas, os resíduos orgânicos de pássaros e animais domésticos, as atividades de construção, os resíduos de combustível, óleos e graxas deixados por veículos, poluentes do ar entre outros.

De acordo com Porto (1995), a poluição difusa é um fenômeno com origem no ciclo hidrológico, iniciando-se com o arraste dos poluentes atmosféricos pela chuva, e sendo o escoamento superficial direto, responsável pelo transporte dos poluentes dispostos sobre a superfície da área urbana até o lançamento final do corpo receptor. Ainda, segundo Porto (1995), as concentrações de poluentes no escoamento gerado variam ao longo do evento hidrológico, esperando assim, que tais valores formem um “polutograma”, isto é, a variação da concentração com o tempo.

Um dos fenômenos discutidos quando se tratar de prever “polutograma ou polutógrafo” é a ocorrência da chamada carga de lavagem ou “*first flush*” (TOMAZ, 2006). Esse autor define o “*first flush*” como o escoamento superficial no início de uma chuva, que carrega grande concentração de poluentes que ficaram acumulados nos dias sem chuva, tornando-se esse escoamento mais pronunciado nas superfícies impermeáveis.

É importante ressaltar que a contaminação pela poluição de origem difusa acontece segundo duas situações bem diferenciadas. A primeira delas compreende os períodos sem chuvas, o que é denominado “deposição seca”. Para essa etapa, os poluentes existentes na atmosfera depositam-se sobre as superfícies de telhados, ruas e outras áreas do espaço urbano. A segunda etapa abarca os períodos com chuvas, também denominada “deposição úmida”. Nessa etapa, os poluentes acumulados nas superfícies, durante a “deposição seca”, são lavados pelo surgimento dos escoamentos

superficiais e, assim, tais poluentes são transportados até os corpos d'água (PORTO, 1995).

A severidade da poluição não é determinada apenas pela intensidade dos poluentes, mas pela capacidade de assimilação dos corpos d'água, que dependem das interações entre condições físicas, químicas e biológicas desse ambiente. A ação antropogênica sobre o meio aquático tem despontado como uma das maiores responsáveis por essas alterações, considerando que os rios vêm sendo, ao longo dos anos, utilizados como depositários de rejeitos. Os esgotos domésticos contribuem com elevadas cargas orgânicas, as indústrias com uma série de compostos sintéticos e metais pesados e as atividades agrícolas respondem pela presença de pesticidas e excesso de fertilizantes na água. Segundo Branco et al. (1991), as alterações da qualidade da água representam uma das maiores evidências do impacto das atividades humanas sobre a biosfera.

3.2.5. Monitoramento da qualidade da água

Define-se monitoramento da água como sistemas ou redes que geram dados, variáveis espaciais e temporais de interesse no setor de quantidade e qualidade das águas. Mas é importante salientar que o conceito de qualidade da água depende do seu uso ou fim, portanto, tem valor relativo (CUNHA, 2000).

Conforme Gastaldini & Mendonça (2001), a avaliação da qualidade de água é um estudo de suas características físicas, químicas e biológicas, relativas aos efeitos humanos e usos propostos, particularmente aqueles que afetam a saúde pública e a do ecossistema em si, enquanto monitoramento da qualidade de água é a coleta de informações em locais fixos e em intervalos regulares para obtenção de dados que permitam o conhecimento das condições atuais e da evolução. Esses autores diferenciam os principais objetivos da avaliação e do monitoramento como sendo avaliação da qualidade da água a verificação do fato de a qualidade ser adequada para determinados usos, enquanto monitoramento é a verificação de tendências na qualidade do meio aquático e a observação da forma como este meio é afetado por contaminantes, atividades antrópicas e/ou processos de tratamento de efluentes.

A poluição e a contaminação das águas podem-se tornar um grande problema se não forem tomadas as devidas precauções, entre elas efetivamente a criação de sistemas de monitoramento da qualidade e quantidade de recursos hídricos (CUNHA, 2000).

As informações hidrometeorológicas e de qualidade da água são indispensáveis para se promover um adequado aproveitamento dos recursos hídricos em bases sustentáveis. A falta de informações aumenta a incerteza nas decisões, acarretando resultados negativos no uso e aproveitamento dos recursos hídricos. De um modo geral, o custo associado à falta das informações é geralmente superior ao custo da obtenção do dado e de sua análise final em um projeto (TUCCI et al., 2001).

Na atualidade, é mais do que desejável que os dois aspectos dos ecossistemas aquáticos (qualidade e quantidade) caminhem juntos, podendo-se, idealmente, pensar em monitoramento integrado da água. Entretanto, na prática, isso raramente acontece devido principalmente à razão histórica do divórcio institucional dos organismos encarregados dos levantamentos hidrológicos e de controle de poluição (KOIDE&ALMEIDA, 2001).

Um monitoramento hídrico objetiva avaliar de maneira abrangente, a evolução da qualidade das águas dos corpos hídricos e identificar trechos de rios onde a qualidade da água possa estar mais degradada, possibilitando o gerenciamento (tomada de ações preventivas e de controle) pelos órgãos ambientais responsáveis.

3.3. Modelagem matemática

A seguir apresentam-se aspectos básicos sobre modelos matemáticos e sua importância na avaliação da qualidade da água, assim como uma descrição básica sobre o modelo matemático utilizado no presente estudo.

3.3.1. Modelos matemáticos nos estudos de qualidade da água

Os modelos para avaliar a qualidade e a quantidade da água são, predominantemente, modelos matemáticos de simulação, constituindo-se num importante instrumento na análise das condições atuais e futuras de um corpo d'água.

Embora os processos hidrológicos, físicos, químicos e biológicos que ocorrem num corpo d'água sejam bastante complexos e ainda não perfeitamente equacionados,

os modelos conseguem englobá-los de forma simplificada e prática. Sua utilização proporciona não só a simulação de eventos identificando os fatores que afetam a qualidade e quantidade da água, como também a simulação de condições futuras e alternativas propostas para o corpo d'água, auxiliando na sua administração (GASTALDINI & TEIXERA, 2001).

Tucci (1998) define os modelos matemáticos ou digitais como aqueles que representam a natureza de um sistema (sendo o sistema qualquer engenho que responda através de uma saída a uma entrada), através de equações matemáticas. O autor salienta as vantagens dos modelos matemáticos, entre elas a versatilidade, pois pode-se facilmente modificar a sua lógica, obtendo-se resultados de diferentes situações de um mesmo sistema ou de diferentes sistemas, além da grande velocidade de processamentos dos dados pelo computador.

Os modelos matemáticos permitem representar alternativas e simular condições que poderiam ocorrer dentro de uma faixa de incertezas, inerentes ao conhecimento técnico científico (TUCCI, 1998). Devem ser vistos como um auxiliar valioso na simulação de alternativas apontadas pelos planejadores e questionadas pela população. O conhecimento do comportamento dos processos envolvidos e simulados pelos modelos é essencial para que as alternativas e os resultados sejam representativos e possam ser corretamente avaliados.

Os modelos podem ser usados para obter conhecimento, realizar previsões e controle, assim como para síntese, análises e instrumentação (HAEFNER, 1996). A escolha do modelo depende, entretanto, de diferentes fatores, tais como objetivos das análises, assim como tempo e dados disponíveis. Entre os objetivos, destacam-se duas categorias: pesquisa/conhecimento e manejo/prática (RAUCH et al., 1998).

Para Porto (1995), a seleção do modelo a ser utilizado em um determinado estudo deve ter por objetivo buscar aquele que mais se adapte aos objetivos do estudo e, também, às condições locais, principalmente no que se refere à disponibilidade de dados.

Gastaldini & Teixeira (2001) afirmam que os problemas de qualidade da água diferem em função do tipo de corpo da água (rios e estuários ou lagos e reservatórios), embora os elementos que contribuem para a existência dos problemas, na maioria das vezes, sejam os mesmos. Este fato ocorre devido à variação da escala temporal-espacial dos fenômenos. Nos rios, os fenômenos ligados ao transporte longitudinal são dominantes em relação àqueles que ocorrem nas direções vertical e transversal, pela

dominância das velocidades longitudinais. Nos lagos e reservatórios, o seu tamanho e profundidade fazem com que as vazões afluentes e efluentes sejam, normalmente, de menor importância. A modelagem deve definir as representações espaciais, temporais e a cinética do modelo.

Para Cunha (2000), em face do comportamento dinâmico e o envolvimento de muitas variáveis que interferem e influenciam a qualidade da água, faz-se necessário utilizar ou elaborar modelos matemáticos, a fim de que se possa apreender ou prever tais comportamentos dinâmicos e complexos, utilizando parâmetros representativos confiáveis e calibrados obtidos a partir do monitoramento da qualidade e quantidade da água.

Nos estudos da hidrologia urbana, conforme relatado por Porto (1995), um modelo de escoamento superficial urbano simula a resposta da bacia hidrográfica para um evento de precipitação, representando o movimento da água e os processos de transporte de poluentes. Além de atenderem ao detalhamento requerido na avaliação de cada caso, salienta o autor que os modelos permitem a repetição da simulação para que se avaliem diversas alternativas para a solução e o gerenciamento dos problemas de poluição gerados por cargas difusas.

Ainda segundo Porto (1995), através de um modelo pode ser analisado o comportamento da bacia hidrográfica sob condições variáveis, como alterações no uso do solo, diferentes períodos sem chuva entre eventos de precipitação, eventos chuvosos de diferentes durações e intensidades, etc.

Azevedo et al. (1997) citam que os modelos de simulação matemática, em recursos hídricos, têm atualmente aplicação irrestrita em diversas áreas, como na quantificação dos processos do ciclo hidrológico, na análise da qualidade das águas em rios, reservatórios e nos aquíferos subterrâneos, nos processos hidráulicos do escoamento da água em rios, mares e subsolo e nos modelos ambientais e meteorológicos.

De acordo com Tucci (1998), entre as desvantagens dos modelos matemáticos, encontra-se a discretização de processos contínuos e a dificuldade de representação matemática dos fenômenos físicos, sendo que em determinadas áreas de estudo ainda não foi possível estabelecer funções matemáticas que representem convincentemente certos fenômenos físicos. Nesse aspecto, Porto (1995) ressalta que os modelos têm limitações que não devem ser subestimadas, por exemplo, possuir base de dados insuficiente, os quais podem gerar resultados inconsistentes. Este autor observa, ainda,

que outro fator a ser considerado é que não existem modelos que sejam a representação fiel da realidade, o qual implica a inexistência de modelos que produzam resultados absolutamente precisos.

Como ressaltam Jorgensen (1994) e Tundisi (1999), o uso de modelos tem tido um papel relevante no planejamento e na elaboração de cenários alternativos, que englobam o diagnóstico adequado dos sistemas hídricos em sua estruturação, processo e dinâmica. Nesse aspecto, Azevedo et al.(1997) afirmam que os modelos de simulação matemática fornecem a resposta de um sistema a um conjunto de informações de entrada, que incluem regras de decisão, permitindo ao decisor examinar as consequências de diversos cenários de um sistema existente ou de um sistema em projeto.

Tchobanoglous & Schroeder (1985) afirmam que os principais aspectos do gerenciamento da qualidade da água envolvem a modelagem de mudanças na qualidade da água em rios, estuários, lagos e reservatórios submetidos ao ingresso de cargas naturais e antropogênicas. De acordo com Christofolletti (2000), a utilização de modelos para avaliar as mudanças na qualidade dos recursos hídricos serve para ampliar a capacidade preditiva dos pesquisadores, e permite responder a uma demanda permanente dos gerentes de recursos hídricos e da sociedade.

Os modelos de simulação, segundo Porto (1995), devem ser calibrados e verificados para que se constate a exatidão e a precisão dos resultados. Isso significa que os parâmetros do modelo devem ser ajustados de modo que os valores calculados pelo modelo reproduzam aqueles observados no protótipo. Quanto às cargas de poluentes transportadas, salienta Porto (1995), o esforço necessário para calibração é muito maior, pelo fato que os modelos são bastante sensíveis com relação à quantidade de poluentes acumulada entre eventos chuvosos e com as quantidades arrastadas pelo escoamento. A adoção de valores sugeridos na literatura precisa ser feita com muita cautela, sendo sempre preferível a utilização de valores levantados localmente.

Existem diversas técnicas de calibração, sendo uma das primeiras utilizadas, em modelos de chuva-vazão, a calibração manual por tentativa e erro. Trata-se de um processo iterativo no qual, o usuário modifica manualmente um ou vários parâmetros, até encontrar valores satisfatórios ou aceitáveis para os erros. Este método é susceptível à experiência do usuário sobre o comportamento do modelo. Entretanto, para modelos complexos e com grande número de parâmetros a serem calibrados, o processo iterativo torna-se demasiado longo e pouco eficaz (COLLISCHONN & TUCCI, 2001).

3.3.2. Modelo SWMM

Originalmente desenvolvido pela Metcalf & Eddy Inc., Universidade da Flórida, e a *Water Resources Engineers*, encomendado pela USEPA e, posteriormente, aperfeiçoado pela Universidade da Flórida, o modelo SWMM (*Storm Water Management Model*) é o mais detalhado e abrangente modelo de simulação para eventos de escoamento superficial em áreas urbanas, com a propagação do escoamento através de tubulações e estruturas de armazenamento/tratamento e com considerável resolução espacial e temporal, podendo ser utilizado, também, para períodos longos de simulação (PORTO, 1995).

O modelo SWMM é um modelo matemático que tem experimentado até a atualidade, diversas melhoras. Segundo Collodel (2009), trata-se de um modelo hidrológico dinâmico que, a partir de dados de entrada, simula hidrogramas resultantes, determina a quantidade do escoamento gerado em cada sub-bacia, além da vazão e da profundidade de fluxo, a qualidade da água em cada tubulação ou canal, durante o período da simulação, compreendida por vários módulos de avaliação. Assim, o SWMM possui distintas aplicações: sistemas de drenagem para controle de inundações, percepção dos problemas de controle de inundação e qualidade de água, fontes de geração dos poluentes para estudos de redução e alocação, entre outras. Além de modelar a geração e o transporte do fluxo de escoamento, o SWMM também estima a produção de poluentes associada a esse escoamento.

Segundo Porto (1995), o SWMM é um modelo já amplamente testado e que requer uma quantidade de dados de entrada bastante significativa, com descrição detalhada da bacia e estruturas do sistema, caracterização do corpo receptor, dados e hidrogramas, combinados com dados observados de qualidade.

De acordo com Garcia (2005), o SWMM foi o primeiro modelo computacional para análise quali-quantitativa associada ao escoamento gerado em áreas urbanas. O SWMM é o aplicativo mais utilizado para simulação da drenagem em áreas urbanas, principalmente por ser de domínio público e ter seu código de programação aberto, permitindo modificações ao longo dos últimos 30 anos. O aplicativo permite análise dos problemas relacionados à drenagem e à investigação de alternativas de controle do escoamento, fornecendo subsídios para estimativas de custo para estruturas de

armazenamento e tratamento. As soluções adotadas podem ser avaliadas através de simulações que fornecem como resultados hidrogramas, polutogramas e cargas de poluentes.

Segundo Rossman (2007), o SWMM é um modelo de simulação baseado em fenômenos físicos, que utiliza uma solução discreta no tempo do fenômeno. Em sua formulação utiliza os princípios de conservação da massa, da energia e da quantidade de movimento.

O modelo possui nove blocos ou módulos: quatro computacionais e cinco de serviço, todos relacionados com outro bloco, o executivo. A Figura 3-1 apresenta a estrutura e a conexão desses blocos:

Figura 3-1 Relação entre os módulos estruturais do SWMM (GARCIA, 2005)

Os blocos de serviços são os responsáveis pela entrada e tratamento dos dados (entrada de dados de precipitação, temperatura, formulação de gráficos, aplicação de estatística, etc.). Nos módulos computacionais se encontram os próprios modelos hidrológicos para a transformação da chuva em vazão e os modelos de propagação hidrodinâmica do escoamento na rede.

Dentro dos blocos computacionais, o bloco “*runoff*” simula o escoamento e sua propagação na superfície do terreno ou através de canais. Ou seja, programa o processo de transformação chuva-vazão, utilizando dados de precipitação (chuva ou neve),

simulando degelo, infiltração, retenção (áreas impermeáveis) e escoamento (em superfície ou canais). O escoamento superficial pode ser obtido por meio de diferentes processos hidrológicos, sendo o mais comumente utilizado, o reservatório não-linear para as sub-bacias, representado por uma combinação das equações de Manning e da continuidade (ROSSMAN, 2007).

O SWMM apresenta, segundo Rossman (2007), três alternativas para simular o processo de infiltração da água nas superfícies permeáveis: a equação de Horton, o método de Green-Ampt e o método do *Soil Conservation Service* (SCS) ou número de curva (CN). A equação de Horton, explica Rossman (2007), baseia-se em observações empíricas e propõe que a infiltração decresça exponencialmente desde um valor inicial máximo até certo valor mínimo, durante o evento de chuva. O método de Green-Ampt, por sua parte, assume a existência de uma frente úmida brusca (*Sharp wetting front*) no solo que separa o solo com um determinado conteúdo inicial de umidade do solo completamente saturado da parte superior. Finalmente, o método do SCS assume que a capacidade total de infiltração do solo pode-se encontrar numa tabela de números de curva tabulados, assim, durante um evento de chuva, essa capacidade representa-se como uma função de chuva acumulada e da capacidade de infiltração restante.

O bloco “*transport*” avalia o transporte da água dentro do sistema de drenagem, através dos condutos representados pelo SWMM, aplicando as equações de conservação da massa e da quantidade de movimento para escoamento gradualmente variado como também para escoamento não permanente variado (ROSSMAN, 2007).

De acordo ainda com Rossman (2007), o SWMM dispõe de 3 modelos hidráulicos de transporte: o modelo de escoamento uniforme, o modelo da onda cinemática e o modelo da onda dinâmica. O modelo de escoamento uniforme (*Steady State Routing*) representa a forma mais simples de representar o comportamento da água no interior dos condutos, assumindo que, a cada um dos incrementos de tempo de cálculo considerados, o escoamento é uniforme. O modelo da onda cinemática (*Kinematic Wave*) resolve a equação de continuidade em conjunto com uma forma simplificada da equação da quantidade de movimento em cada um dos condutos. Entretanto, salienta Rossman (2007), o modelo da onda dinâmica (*Dynamic Wave Routing*) resolve as equações completas unidimensionais de Saint Venant e, portanto, teoricamente gera os resultados mais precisos. As equações de Saint Venant supõem a aplicação da equação da continuidade e da quantidade de movimento nos condutos e a continuidade dos volumes nos nós.

O bloco “*extran*” constitui um módulo alternativo mais complexo que possibilita a propagação do escoamento em condutos sob pressão (GARCIA, 2005). Esse módulo utiliza os princípios de conservação de massa e as equações de energia e momento para simular a propagação do escoamento.

Por fim o bloco “*storage/treatment*” simula a reservação e o tratamento da água, e é responsável pelo monitoramento da qualidade. O modelo de qualidade da água no interior dos condutos assume que eles se comportam como um tanque de mistura completa (*Continuously Stirred Tank Reactor*, CSTR). A concentração de um determinado poluente no extremo final de um conduto em um instante de tempo obtém-se mediante a integração da equação da conservação da massa, utilizando valores médios para as magnitudes que variam ao longo do tempo, tais como a vazão e o volume de água no conduto. A modelagem da qualidade da água dentro dos nós, com unidades de armazenamento, utilizam as mesmas aproximações do que as consideradas para os cálculos em condutos. Porém, para outros tipos de nós, que não têm volume, a qualidade da água que sai do nó é simplesmente a mescla de concentrações de água que ingresse no mesmo nó (ROSSMAN, 2007).

Existem na atualidade, diversos trabalhos efetuados com o suporte e aplicação do modelo SWMM. A seguir, mencionam-se alguns deles.

Park et al. (2008) avaliaram a influência do nível de segmentação das bacias e da resolução espacial da rede de drenagem nas respostas produzidas pelo SWMM em áreas urbanas.

Temprano et al. (2006) aplicaram o SWMM para predizer o grau de poluição em uma bacia localizada em Santander, Espanha, avaliando sólidos suspensos (SS), demanda química de oxigênio (DQO) e nitrogênio total *Kjeldahl* (NTK), variáveis que foram utilizados para a calibração e validação do modelo. Esses autores efetuaram também a calibração de 14 variáveis hidráulicas através do método da tentativa e erro.

Garcia & Paiva (2006) realizaram um estudo comparando as respostas do SWMM para a calibração de eventos com faixas de intensidades de precipitação diferentes, buscando o melhor grupo de parâmetros que representassem os fenômenos ocorridos na bacia hidrográfica do Arroio Cancela, localizada em Santa Maria, RS.

Collodel (2009) avaliou os diferentes níveis de detalhamento na representação da bacia do Gregório, localizada em São Carlos, SP, utilizando o SWMM. Realizou uma calibração do modelo, utilizando como ferramenta os algoritmos genéticos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

No presente item descreve-se a metodologia utilizada no presente trabalho, indicando a área de estudo, assim como os dados de campo obtidos.

4.1. Área de estudo

São Carlos é um município brasileiro do interior do estado de São Paulo, localizado próximo do seu centro geométrico (centro-oeste), distando 231 quilômetros da capital paulista. Tem uma altitude média de 856 metros em relação ao nível do mar, e coordenadas geográficas de 22°02' de latitude Sul e 47°52' de longitude Oeste. Possui uma população estimada em 218.080 habitantes (IBGE, 2008), distribuída em uma área total de 1.141 km².

O município está inserido em duas bacias hidrográficas: Mogi-Guaçu e Tietê-Jacaré. A bacia Mogi-Guaçu inclui as sub-bacias das Araras, Mogi-Guaçu, das Cabeceiras, Chibarro, do Colombo, das Gabirobas e do Pântano, enquanto a bacia do Tietê-Jacaré compreende as sub-bacias do Monjolinho, do Feijão e do Jacaré-Guaçu. Neste trabalho, a área de estudo escolhida situa-se na bacia do Tietê-Jacaré e compreende a parte montante da sub-bacia do Monjolinho, de 78 km² de área, e a sub-bacia do Gregório (incluída na sub-bacia do Monjolinho) com área de 17,3 km². As Figura 4-1 e Figura 4-2 mostram a localização da área de estudo e os pontos de controle considerados no presente trabalho.

Figura 4-1 Localização da área de estudo na sub-bacia do Monjolinho, com destaque da sub-bacia do Gregório em cinza claro

Figura 4-2 Pontos de controle e áreas de drenagem a montante, na sub-bacia do Monjolinho

4.1.1. Pedologia

Segundo Relatório Polis (2002), o município de São Carlos possui oito tipos de solos: latossolo roxo, latossolo vermelho escuro, latossolo vermelho amarelo, podzólico vermelho amarelo, terra roxa estruturada, areia quartzosa profunda, solo litólico e solo hidromórfico. Destes, somente três são encontrados na região selecionada: latossolo roxo, latossolo vermelho escuro e latossolo vermelho amarelo. A Figura 4-3 ilustra os tipos de solo presentes no município de São Carlos.

Figura 4-3 Tipos de solo da bacia do Monjolinho (SOUZA, 2008).

4.1.2. Uso e ocupação do solo

São Carlos é uma cidade com grande diversidade de usos em regiões próximas, nas quais podem ser encontrados usos como residencial, comercial, serviços e pequenas empresas (LIRA, 2003). Segundo a autora, a lógica de ocupação do solo em São Carlos tem sido regulada por interesses do mercado imobiliário sem planejamento de qualquer infraestrutura. A Figura 4-4 apresenta as predominâncias de uso do solo dentro da região estudada.

Figura 4-4 Uso e ocupação do solo urbano (SOUZA, 2008)

4.2. Levantamento de dados de campo

Os dados hidrométricos, limnológicos e hidrológicos foram obtidos através de quatro campanhas realizadas no período da manhã do dia 7 de novembro de 2008 (campanha 1, período seco) e dos dias 11, 17 e 18 de março de 2009 (campanhas 2, 3 e 4 respectivamente, período de chuva). Três variáveis, indicadoras da qualidade da água (nitrato, nitrito e coliformes), foram caracterizados em apenas três das quatro campanhas realizadas. Para cada campanha foram estabelecidas três seções de trabalho, uma seção localizada na bacia do córrego Gregório com área de drenagem a montante de 9,5 km² (estação Fórum) e as outras duas seções no córrego Monjolinho, com áreas de drenagem a montante de 51,7 km² e 77,4 km² (estações Casa Branca e Cristo respectivamente). A justificativa para tal escolha baseia-se nos monitoramentos hidrometeorológicos realizados pelo SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) de São Carlos, nas seções do córrego Monjolinho, e pelo NIBH (Núcleo Integrado de Bacias Hidrográficas) na bacia do córrego Gregório.

As características geométricas das seções transversais dos pontos de interesse foram retiradas de Souza (2008), conforme Anexo 1. Cada seção transversal é denominada conforme a sua correspondente área de drenagem a montante como está indicado na Figura 4-2.

4.3. Variáveis hidrológicas e hidráulicas

As coletas de dados hidrométricos foram feitas através da leitura de réguas limnimétricas, que foram instaladas previamente nas seções de estudo, permitindo o registro manual do nível da água do rio.

Em cada estação de coleta foram realizadas medidas das velocidades médias de escoamento (m/s) com o auxílio de um molinete, também denominado correntômetro, em intervalos constantes no eixo perpendicular ao fluxo da água. As estações em que a largura esteve entre 1 e 2 m foram divididas em intervalos de 0,30 m. Acima de 5 m de largura, o ponto de coleta foi dividido em intervalos de 0.50 m.

Para o cálculo da vazão (m³/s), utilizou-se o método da seção média, onde a velocidade média da corrente em cada seção vertical medida pelo molinete é

multiplicada pela área de influência de cada vertical, obtendo-se para cada seção uma vazão parcial q_i . A vazão total foi obtida através do somatório das vazões parciais.

Os dados de precipitação foram fornecidos pelo SAAE. A Figura 4-5 mostra os dados de chuva em mm de água em intervalos de uma hora, correspondente à campanha do dia 11 de março de 2009 (campanha 2), quando se apresentou uma tormenta intensa na região de São Carlos, registrando-se nesse dia uma lâmina de chuva acumulada de 72,9 mm. Nas outras campanhas realizadas (1, 3 e 4) não se apresentaram eventos de chuva.

Figura 4-5 Evento de chuva correspondente ao dia 11 de março de 2009 (SAAE, 2010)

4.4. Variáveis limnológicas

No presente trabalho, a qualidade da água foi caracterizada por meio da análise das variáveis limnológicas em cada seção de interesse.

Para a determinação das variáveis limnológicas, realizaram-se amostragens de água, que foram feitas considerando a profundidade média da coluna de água no centro da seção transversal do rio.

A Tabela 4-1 apresenta os parâmetros analisados, com suas respectivas unidades, método de determinação e referência bibliográfica.

Tabela 4-1 Parâmetros analisados e métodos de determinação

Parâmetro	Unidade	Método	Referência bibliográfica
pH	-	4500-H+B	APHA (2005)
Temperatura	° C		APHA (2005)
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	4500-O C	APHA (2005)
Turbidez	NTU	2130 B	APHA (2005)
Condutividade Elétrica (CE)	uS/cm	2510 B	APHA (2005)
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	mg/L	5220 D	APHA (2005)
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	mg/L	5210 B	APHA (2005)
Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK)	mg/L	4500-N _{org} B	APHA (2005)
Nitrato	mg/L	4500-NO ₃ ⁻ B	APHA (2005)
Nitrito	mg/L	4500-NO ₂ ⁻ B	APHA (2005)
Fosfato Total (FT)	mg/L	4500-P E	APHA (2005)
Sólidos Totais (ST)	mg/L	2540 B	APHA (2005)
Sólidos Totais fixos (STF)	mg/L	2540 E	APHA (2005)
Sólidos Totais Voláteis (STV)	mg/L	2540 E	APHA (2005)
Metais (zinco, chumbo, cádmio, níquel, ferro, manganês, cobre, cromo)	mg/L	3111 B	APHA (2005)
Coliformes (termotolerantes e totais)	UFC/100 ml	9222 B	APHA (2005)

4.5. Integração entre quantidade-qualidade com indicadores ecohidrológicos

Foram construídos quadros-síntese conceituais compostos de quatro eixos, cada quadro possuindo uma variável limnológica diferente. As variáveis limnológicas utilizadas para esta análise foram: OD, DQO, DBO, NTK, nitrato, nitrito, FT, ST, STF e STV. Esta abordagem visou a integrar as relações entre variáveis limnológicas e hidrológicas, introduzindo nela um indicador ecohidrológico.

Neste estudo, considerou-se, para a avaliação dos resultados, a variável ecohidrológica de vulnerabilidade, X18, definida como o produto da velocidade média pela profundidade média, e que indica o grau de risco de inundação em zonas

ribeirinhas. De acordo com Jonkman (2007), o fator X18 foi incluído em diferentes modelos desenvolvidos para estimar perdas de vidas humanas causadas por inundações, como os trabalhos de Green (2001), USBR (1988), Jonkman (2001) e Graham (1999), citados em Jonkman (2007).

O quadro síntese está dividido em quatro quadrantes. O primeiro quadrante é formado pela altura relativa da água (m/m) no eixo das abscissas, resultado do quociente entre o nível da água e o nível da água em seção plena ou canal cheio (bankfull), e no eixo das ordenadas pela carga específica de um parâmetro limnológico (kg/ ha. ano), obtido dividindo-se a carga (concentração* vazão) pela área de drenagem a montante da seção em estudo. O segundo quadrante é composto pelo indicador ecohidrológico X18 (m^2/s) no eixo das abscissas e a mesma carga específica do parâmetro limnológico, no eixo das ordenadas. Estes dois primeiros quadrantes formam o chamado hemisfério limnológico ou qualitativo do quadro. O terceiro quadrante tem a variável ecohidrológica X18 no eixo das abscissas, e a vazão específica (L/s. km^2) calculada como o quociente entre a vazão e a área de drenagem a montante da seção, no eixo das ordenadas. O quarto e último quadrante é formado pela altura relativa da água (m/m) no eixo das abscissas, e a vazão específica (L/s. km^2) no eixo das ordenadas. Os terceiro e quarto quadrantes formam o denominado hemisfério hidrológico-hidráulico ou quantitativo do quadro.

4.6. Modelagem Matemática

4.6.1. Implantação do modelo de simulação

Os modelos de simulação constituem-se, hoje em dia, em uma ferramenta poderosa e importante para a análise dos atuais problemas ambientais, os quais apresentam-se como complexos e abrangentes. Quanto mais complexos os problemas, mais desafiadores e necessários são os modelos.

O modelo hidrológico é uma das ferramentas desenvolvidas, para melhor entender e representar o comportamento da bacia hidrográfica e prever condições diferentes das observadas. Porém a simulação hidrológica torna-se limitada pela

heterogeneidade física da bacia e dos processos envolvidos, o que tem propiciado o desenvolvimento de um grande número de modelos que se diferenciam em função dos dados utilizados, da discretização, das simplificações a considerar-se, das prioridades da representação dos processos e dos objetivos a serem alcançados.

A seleção do modelo deve corresponder aos objetivos a serem alcançados, isto é, adequando-se ao nível de detalhamento desejado. Nenhum modelo é perfeito, e a escolha inadequada do modelo pode causar mais erros do que se não for utilizado modelo algum. Portanto, deve sempre ser selecionado o modelo mais simples, que atinja os objetivos esperados, já que modelos de simulação do escoamento superficial urbano precisam quantidades grandes de dados de entrada.

Diante dos diversos modelos de simulação optou-se por adotar, para uso na área de estudo, o USEPA *Storm Water Management Model* (SWMM). O modelo foi escolhido por ser o mais detalhado e abrangente quando se trata de eventos relacionados ao escoamento superficial em áreas urbanas, com propagação do escoamento através de tubulações e estruturas de armazenamento/tratamento e com considerável resolução espacial e temporal. Além disso, pode ser usado para períodos longos de simulação e seu entorno engloba aspectos qualitativos da água.

O modelo SWMM permite que se simulem um número qualquer de indicadores de qualidade da água que o usuário defina, estruturas como estações de bombeamento, armazenamento e tratamento, sedimentação e erosão. O corpo receptor pode ser simulado em domínio bidimensional. É um modelo amplamente testado por pesquisadores do mundo todo, no entanto requer uma quantidade de dados de entrada elevada, com descrição detalhada da bacia e estruturas do sistema, caracterização do corpo receptor, hidrogramas observados e dados experimentais de qualidade.

4.6.2. Modelagem com o SWMM

O SWMM é um modelo que requer uma quantidade de dados de entrada bastante significativa. É necessário fornecer, além dos aspectos de ajuste intrínsecos à utilização do próprio modelo, os parâmetros de caracterização climatológicos, hidrológicos e hidráulicos da bacia. Os itens prescritos em sequência referem-se aos dados considerados na modelagem.

4.6.2.1. Subdivisão da Bacia

Para levar em consideração os aspectos de variabilidade espacial das características físicas da bacia bem como a variabilidade temporal dos diversos eventos hidrológicos, a bacia foi dividida em áreas menores ou sub-bacias. Tais áreas são entendidas como subáreas contribuintes para a formação do escoamento superficial. Cada subárea teve sua zona de contribuição influenciada pelos diversos parâmetros hidrológicos atribuídos as suas delimitações. A discretização proposta neste trabalho, também utilizada por Souza (2008), gerou um total de 57 sub-bacias. A Figura 4-6 demonstrada a seguir, apresenta a delimitação das subáreas na bacia.

Figura 4-6 Discretização da bacia em estudo, onde se ressalta em cinza o número da sub-bacia dividida e o trecho de rio associado à bacia, e em vermelho os pontos de controle, adaptado de Souza (2008)

4.6.2.2. Representação das características da Bacia

A drenagem avaliada neste trabalho é representada no modelo hidrológico SWMM através de sub-bacias, condutos e nós. Assim, a representação das características da bacia implica na definição dos nós da rede de drenagem, entendidos como junções pelo SWMM e a identificação dos condutos, os quais são os elementos responsáveis pela condução do escoamento superficial. Os condutos podem apresentar diversas seções aceitas pelo modelo ou uma seção representativa elaborada pelo usuário.

Os nós da rede de drenagem foram criados no início e no fim dos elementos de condução do escoamento superficial, possibilitando a ligação entre os mesmos e a sua mudança de direção. Tais ligações ocorrem principalmente nos limites da bacia como também nos cruzamentos entre afluentes ou entre afluente e o rio principal. Adicionalmente foram criados nós intermediários em diferentes pontos dos condutos, incluindo os pontos de controle Fórum, Casa Branca e Cristo considerados no presente trabalho.

Na Figura 4-7, apresenta-se a representação da modelagem matemática da bacia urbana em estudo efetuado no SWMM, contendo as sub-bacias, condutos e nós considerados no modelo.

Figura 4-7 Representação da modelagem matemática no SWMM da bacia em estudo, onde cada número representa a discretização da sub-bacia

a. Sub-bacias

As bacias são unidades hidrológicas de terreno cuja topografia e elementos do sistema de drenagem conduzem o escoamento diretamente até um ponto de descarga (ROSSMAN, 2007). O usuário do SWMM é o responsável por dividir a área de estudo em um número conveniente de sub-bacias (ver item 4.6.2.1) e identificar o ponto de saída (outlet) de cada uma delas. Os pontos de saída (outlet) de cada uma das bacias podem ser bem nós do sistema de drenagem como também outras sub-bacias. Neste trabalho consideraram-se como “outlet” os pontos de exutório de cada sub-bacia.

As sub-bacias são caracterizadas pelos parâmetros apresentados na Tabela 4-2. Os métodos utilizados e os valores considerados para a determinação de cada um deles são descritos a seguir.

Tabela 4-2 Parâmetros das sub-bacias

Parâmetro	Sigla	Unidade
Área	A	ha
Largura	W	m
Declividade	S	%
Áreas impermeáveis	AI	%
Coefficiente de rugosidade de Manning – superfícies impermeáveis	NI	-
Coefficiente de rugosidade de Manning – superfícies permeáveis	NP	-
Capacidade de armazenamento em depressões – superfícies impermeáveis	DI	mm
Capacidade de armazenamento em depressões – superfícies permeáveis	DP	mm
Áreas impermeáveis com armazenamento em depressão zero	AIZERO	%

Os valores numéricos das áreas das sub-bacias (A) foram calculados com o suporte do software AUTOCAD e implementados no SWMM em hectares. A largura da sub-bacia (W) e as quantificações das áreas impermeáveis (AI) das sub-bacias foram determinadas seguindo a metodologia de Collodel (2009). As declividades médias (S) foram retiradas do trabalho de Souza (2008).

Os valores dos parâmetros descritos anteriormente (A, W, AI e S) podem ser visualizados no Anexo 2 e Anexo 3. No Anexo 3, detalham-se os parâmetros utilizados para a obtenção da largura de cada sub-bacia (W).

Os coeficientes de rugosidade de Manning para as superfícies permeáveis e impermeáveis (NP e NI), e as respectivas capacidades de armazenamento (DP e DI) foram retirados de Collodel (2009). Este autor calibrou os parâmetros para a bacia do Gregório obtendo os resultados mostrados na Tabela 4-3. Esses valores foram utilizados para toda a área em estudo pelo fato de não se possuir informação desses parâmetros na totalidade da bacia em estudo e se considerar esses valores como resultados confiáveis e satisfatórios para essa bacia.

Tabela 4-3 Resultados obtidos na calibração manual do coeficiente de rugosidade e da capacidade de armazenamento para superfícies permeáveis e impermeáveis, adaptado de Collodel (2009)

Parâmetro	NI	NP	DI	DP
Média	0,020	0,124	1,47	3,13

Para o valor da porcentagem das áreas impermeáveis com armazenamento em depressão zero (AIZERO) adotou-se um valor médio igual a 10%, para a cidade de São Carlos, valor que foi retirado de Collodel (2009).

Em cada sub-bacia foi necessário indicar a porcentagem de área residencial e rural que possui cada uma delas. Os cálculos de essas porcentagens foram resultado de uma sobreposição entre dois planos de informação, um contendo a região ocupada pela área urbana do município de São Carlos e outro contendo as divisões de microbacias empregadas neste trabalho. O plano de informação contendo a área urbana de São Carlos foi retirado do material do Plano Diretor de São Carlos. Foram utilizados os softwares do tipo SIG (Sistema de Informação Geográfica) e SPRING (CÂMARA et al., 1996).

Para quantificar as áreas sobrepostas foi utilizada a função "Tabulação Cruzada" do SPRING. No Anexo 2 detalham-se os valores das porcentagens de áreas residenciais e rurais calculados.

Outro aspecto a se considerar é a escolha do método de infiltração. O SWMM permite a escolha de três modelos diferentes, sendo eles: equação de Horton, fórmula de Green-Ampt e a utilização do método SCS (*Soil Conservation Service*) com a utilização do CN (número de curva).

Pelo fato de se conhecer os valores de CN para a bacia em estudo, optou-se por utilizar o método SCS. Os valores de CN para cada sub-bacia que conformam a área estudada, e indicadas no Anexo 4, foram retirados de Souza (2008).

b. Condutos

Os condutos são tubulações ou canais naturais através dos quais a água se transporta desde um nó até outro no sistema de drenagem (ROSSMAN, 2007). No caso do presente trabalho, foram considerados só os canais naturais pelo fato de não se contar com informação suficiente para outros elementos de tubulação (galerias pluviais e sarjetas) do sistema estudado. Os parâmetros necessários para sua caracterização no SWMM estão descritos na Tabela 4-4.

Tabela 4-4 Parâmetros dos condutos (canais naturais)

Parâmetro	Sigla	Unidade
Comprimento	L	m
Rugosidade	n	-
Seção transversal	-	-
Vazão de base	Qb	m ³ /s

O SWMM permite a seleção da seção transversal das distintas variedades de geometrias abertas e fechadas dos condutos. No caso deste estudo, as seções transversais dos canais naturais foram retiradas de Souza (2008). A autora realizou um levantamento das seções transversais dos diferentes canais da bacia em estudo e a partir das seções transversais levantadas (irregulares) foram obtidas seções regulares (retangulares) com as mesmas características hidráulicas das seções reais.

Os valores médios de rugosidade de Manning para cada trecho dos condutos foram retirados também de Souza (2008), a partir de estimações realizadas pela autora, com base nas características do canal real e informações da literatura (CHOW, 1959; NEVES, 1968; TOMAZ, 2002; PORTO, 2003), citados em Souza (2008).

Foi necessário assumir, em alguns condutos, valores da geometria (largura e altura) como também da rugosidade, pelo fato de não se contar com dados levantados em campo para esses condutos. O critério para assumir os valores da geometria e da rugosidade para os condutos sem dados foi considerar os valores dos condutos próximos

a eles com dados de campo conhecidos, neste caso os dados utilizados por Souza (2008). Teve-se em conta, para assumir as dimensões da geometria dos condutos sem dados, a ampliação natural da largura dos canais naturais de montante para jusante.

Os comprimentos dos trechos dos canais foram medidos a partir da planta planialtimétrica da bacia em estudo e com o auxílio do software AUTOCAD.

Os dados de entrada da seção transversal (largura e altura), rugosidade e comprimentos dos canais são detalhados no Anexo 5.

O *offset* de entrada e saída, que representa as diferenças de cotas entre o fundo do canal natural e o nó de montante e jusante respectivamente, foi considerado zero, valor também utilizado por Collodel (2009) para canais naturais.

A forma de determinação da vazão de base está descrita no item 4.6.2.3.

c. Nós

Os nós são as junções que conectam as diferentes linhas entre si. Fisicamente podem representar a confluência de canais superficiais, naturais, ou elementos de conexão de tubulações (ROSSMAN, 2007). Os nós são os elementos que recebem as contribuições das sub-bacias (*outlet*), já descritos anteriormente, como também as contribuições externas de vazões.

Os parâmetros principais de entrada dos nós estão descritos na Tabela 4-5.

Tabela 4-5 Parâmetros dos nós

Parâmetro	Sigla	Unidade
Coordenadas	x, y	-
Cota de fundo	Z	m
Profundidade máxima	$h_{\max}$	m
Vazão de base	Qb	m ³ /s

As coordenadas e as cotas do fundo de cada nó foram obtidas através da planta planialtimétrica da área de estudo, com o auxílio do SIG. A profundidade ou nível máximo nos nós (medido desde o fundo do terreno) foram determinados a partir das seções transversais dos condutos que conformam os nós. A obtenção das vazões de base é descrita no item 4.6.2.3.

4.6.2.3. Dados Hidrológicos

a. Eventos de precipitação

Os dados de precipitação utilizados para a modelagem foram retirados de Souza (2008), por não se contar com dados suficientes dos hidrogramas completos referentes aos eventos considerados nas 4 campanhas realizadas no presente trabalho. Os dados de precipitação utilizados foram obtidos por meio do monitoramento da estação pluviométrica instalada na seção do Fórum (Bacia do Gregório) e correspondem ao período de 2003 a 2006. O monitoramento foi feito com uma discretização temporal de 1 minuto; entretanto, as leituras consideradas foram acumuladas em intervalos de 5 minutos.

Na Tabela 4-6 e na Tabela 4-7 encontram-se os eventos selecionados e suas principais características, incluindo a caracterização desses eventos nos pontos de controle Fórum, Casa Branca e Cristo, considerados neste trabalho.

Tabela 4-6 Caracterização dos eventos utilizados na modelagem, adaptado de Souza (2008)

Evento	Data	Horário de ocorrência	Duração (min)	Precipitação total (mm)	Intensidade média (mm/h)
1	31/12/2003	11:50 – 13:15	85	16,5	0,65
2	09/01/2004	13:55 – 14:55	60	15,5	1,19

Tabela 4-7 Caracterização dos eventos nos pontos de controle, adaptado de Souza (2008)

Ponto de controle	Gregório-Forum			C. Monjolinho – Casa Branca			C. Monjolinho - Cristo		
Evento	P _{efetiva}	Q _{máx}	C	P _{efetiva}	Q _{máx}	C	P _{efetiva}	Q _{máx}	C
1	8,60	9,90	0,555	1,12	29,1	0,072	1,09	67,97	0,070
2	11,70	9,90	0,709	1,40	26,0	0,085	1,20	43,50	0,073

b. Hidrogramas observados

Foram utilizados para as três seções de controle (Fórum, Casa Branca e Cristo), os hidrogramas observados, incluídos no trabalho de Souza (2008), representados pelas Figura 4-8 a Figura 4-11.

Figura 4-8 Precipitação observada e hidrogramas observados em função das vazões, utilizados na modelagem. Evento 1, dia: 31-12-2003 (SOUZA, 2008)

Figura 4-9 Precipitação observada e hidrogramas observados em função das vazões específicas, utilizados na modelagem. Evento 1, dia: 31-12-2003 (SOUZA, 2008)

Figura 4-10 Precipitação observada e hidrogramas observados em função das vazões, utilizados na modelagem. Evento 2, dia: 09-01-2004 (SOUZA, 2008)

Figura 4-11 Precipitação observada e hidrogramas observados em função das vazões específicas, utilizados na modelagem. Evento 2, dia: 09-01-2004 (SOUZA, 2008)

Souza (2008) estimou as vazões da seção localizada no córrego do Gregório (Fórum) através da equação da curva chave proposta por Lima et al. (2007). Para as outras duas seções localizadas no córrego do Monjolinho (Casa Branca e Cristo), Souza (2008) considerou o modelo de onda cinemática e calculou a vazão dessas seções através da fórmula de Manning.

c. Escoamento de base

As vazões de base, parâmetros de entrada nos nós e nos condutos dos canais naturais, foram estimadas a partir de uma curva empírica construída com base em dados observados de vazão antes da ocorrência da chuva, nos eventos 1 e 2, conforme é mostrado na Tabela 4-8 e na Tabela 4-9. A curva empírica é formada pela área de drenagem a montante das três seções de controle (km^2) no eixo das abscissas, e a vazão observada (m^3/s) no eixo das ordenadas.

A Figura 4-12 e a Figura 4-13 apresentam as curvas empíricas e as equações de ajuste correspondentes a cada evento analisado. Com essas equações calcularam-se as vazões de base para os diferentes trechos de canal e nós da bacia em estudo.

Tabela 4-8 Dados pré-chuva do evento 1 (31-12-2003) (SOUZA, 2008)

Ponto de Controle	Área de drenagem (km^2)	Hora	Q (m^3/s)
FORUM	9,5	11:00	2,33
		11:30	3,01
CB	51,7	11:00	6,30
		11:30	7,07
CRISTO	77,4	11:00	6,18
		11:30	5,66

Figura 4-12 Curva empírica área drenagem vs. vazão para o evento 1 (31-12-2003)

Tabela 4-9 Dados pré-chuva do evento 1 (09-01-2004) (SOUZA, 2008)

Ponto de Controle	Área de drenagem (km ²)	Hora	Q (m ³ /s)
FORUM	9,5	12:30	2,54
		13:00	2,34
		13:30	2,21
CB	51,7	12:30	15,40
		13:00	15,14
		13:30	14,36
CRISTO	77,4	12:30	12,47
		13:00	12,14
		13:30	12,47

Figura 4-13 Curva empírica área drenagem vs. vazão para o evento 1 (09-01-2004)

4.6.2.4. Dados de qualidade da água

a. Caracterização dos poluentes

Com relação à qualidade da água, o SWMM tem a capacidade de analisar a geração, entrada e transporte de um número qualquer de poluentes definidos pelo usuário (ROSSMAN, 2007).

Para caracterizar os poluentes no SWMM, foi necessário selecionar o “editor do poluente”. Tal elemento é iniciado quando um novo tipo de poluente é criado ou outro poluente já existente é selecionado para ser editado. Neste trabalho foram implementados como poluentes os indicadores de qualidade OD, FT, ST, DQO e DBO.

Os parâmetros necessários para a caracterização destes poluentes no SWMM estão descritos na Tabela 4-10.

Tabela 4-10 - Caracterização dos poluentes no SWMM

Propriedade	Sigla	Unidade
Concentração do poluente na água de chuva	R_{conc}	mg/L
Concentração do poluente na água subterrânea	GW_{conc}	mg/L
Concentração do poluente em processos de entrada direta ou infiltração	I & I_{conc}	mg/L
Coeficiente de deterioração	DC	dias ⁻¹
Neve	NV	-
Co-poluente	CP	-
Co-fração do co-poluente	CF	-

As concentrações dos poluentes na água de chuva (R_{conc}) foram estimadas através da média ponderada de 6 séries amostrais correspondentes a 6 eventos de chuva diferentes na cidade de São Carlos, SP, as quais foram retiradas do trabalho de Galavoti (2009). As séries amostrais consideradas neste trabalho podem ser vistas no Anexo 6. A Tabela 4-11 mostra as médias ponderadas obtidas para cada poluente.

Tabela 4-11 Médias ponderadas das concentrações da água de chuva

Parâmetro	OD	FT	ST	DQO	DBO
Concentração média (mg/L)	7,4	0,072	62,6	15,2	2,6

Como na área de estudo a água subterrânea não está sendo levada em consideração, os valores das concentrações dos poluentes nesse campo (GW_{conc}) dispensaram qualquer tipo de informação.

As concentrações de poluentes provenientes dos processos de entrada direta ou infiltração (I & I_{conc}) estão exclusivamente ligadas às unidades de armazenamento. No presente estudo foi desconsiderada a presença dessas unidades, portanto os valores dessas concentrações não precisaram ser informados.

A inexistência de neve na localidade de desenvolvimento do projeto fez desconsiderar esse fator. Do mesmo modo, não se levou em conta para a análise a presença de co-poluentes, por causa da ausência de qualquer poluente cuja concentração no escoamento superficial contribuisse para a concentração do escoamento dos poluentes atuais considerados (OD, FT, ST, DQO e DBO).

b. Usos do solo

O acúmulo e lavagem de poluentes desde as áreas das bacias determinam-se a partir dos usos atribuídos ao solo nessas áreas. Os usos do solo são categorias das atividades desenvolvidas bem como as características superficiais do solo designadas às bacias (ROSSMAN, 2007). No presente trabalho, foram definidos para todas as sub-bacias estudadas, o uso residencial e rústico (rural).

Assim, os aspectos de qualidade da água neste trabalho são definidos pela caracterização dos poluentes e de sua área de ocorrência segundo duas condições diferentes. A primeira condição considera o acúmulo do poluente em ausência de chuvas, isto é, os poluentes existentes nas superfícies e no ar atmosférico são continuamente depositados nesses meios originando o que se entende por “deposição seca”. Na segunda condição temos a caracterização da lavagem desses poluentes nos períodos de chuva, ou seja, a chuva realiza uma lavagem dos poluentes depositados nas superfícies como também dos que estiverem presentes no meio atmosférico, fato que pode ser compreendido como “deposição úmida”.

Para caracterizar o uso do solo no SWMM, foi necessário selecionar o “editor de uso do solo”. O editor de uso do solo inclui os campos de acúmulo e lavagem dos poluentes.

O campo de acúmulo de poluentes descreve as propriedades associadas ao acúmulo de poluentes sobre a bacia durante períodos de tempo seco. Este campo permite a inserção dos coeficientes para representar a taxa de crescimento do poluente segundo os tempos em que não há precipitação (“deposição seca”). Assim, a quantidade de poluente acumulado é uma função do número de dias de clima seco prévios à chuva (ROSSMAN, 2007).

O SWMM dispõe de três funções para definir o acúmulo de poluente (massa por unidade de área da bacia) em períodos secos: a função potencial (POW), a função exponencial (EXP) e a função saturação (SAT). A função POW representa o acúmulo de poluentes proporcional ao tempo e elevado a uma determinada potência, até atingir um determinado valor máximo. A função EXP delineia um acréscimo exponencial do acúmulo, na qual se aproxima assintoticamente de um valor máximo determinado. A função SAT inicia o acúmulo em forma linear e progressivamente diminui ao longo do tempo (ROSSMAN, 2007).

Da Equação 1 até a Equação 3 descrevem-se as funções citadas anteriormente.

$$POW = \text{Min}(C1, C2t^{C3})$$

Equação 1

Sendo C1 o acúmulo máximo possível de poluente (massa por unidade de área), C2 a constante de crescimento do poluente acumulado (massa/dia) e C3 o tempo exponencial.

$$EXP = C1 \cdot (1 - e^{C2 \cdot t})$$

Equação 2

Em que C1 é o acúmulo máximo possível de poluente (massa por unidade de área) e C2 é a constante de crescimento do poluente acumulado (1/dia).

$$SAT = \frac{(C1 \cdot t)}{(C2 + t)}$$

Equação 3

Na qual C1 é o acúmulo máximo possível de poluente (massa por unidade de área) e C2 é a constante de meia saturação (número de dias necessários até atingir a metade do acúmulo máximo disponível).

Para o acúmulo de poluentes na simulação foi adotada a função exponencial (EXP). Os coeficientes C1 e C2 da função EXP foram estimados empiricamente a partir dos dados das concentrações dos poluentes considerados na modelagem (OD, FT, ST, DQO e DBO), obtidas da análise de laboratório da água do rio nos três pontos de controle (Fórum, Casa Branca e Cristo) no período seco, correspondente à campanha 1 efetuada neste trabalho. A Tabela 4-12 mostra os valores de concentração no período seco considerados para o presente estudo.

Tabela 4-12 Valores médios de concentração no período seco (campanha 1, realizada no dia 7 de Nov. de 2008)

Parâmetro	Ponto de Controle	Concentração (mg/L)	Média ponderada (mg/L)
OD	FÓRUM	7,4	7,4
	CB	7,5	
	CRISTO	7,2	
FT	FÓRUM	0,6912	0,5066
	CB	0,4719	
	CRISTO	0,3567	
ST	FÓRUM	155	173,7
	CB	199	
	CRISTO	167	
DQO	FÓRUM	9	9,3
	CB	13	
	CRISTO	6	
DBO	FÓRUM	4	4,9
	CB	8,6	
	CRISTO	2	

Considerando-se que cada um dos pontos de controle distribuídos ao longo da bacia em estudo é representativo de uma determinada área dessa mesma bacia, e a partir dos valores médios ponderados de concentração obtidos na Tabela 4-12, foi possível realizar um equacionamento a fim de transformar a concentração dos poluentes de mg/L (miligramas por litro) para kg/ha (quilogramas por hectare), para cada sub-bacia. Tal transformação é imprescindível tendo-se em vista a necessidade de informar a concentração máxima do poluente nas formulações que descrevem a “deposição seca”.

A partir dos dados de precipitação dos eventos 1 e 2 selecionados para este trabalho e com o auxílio das áreas de contribuição de cada sub-bacia, calculou-se o precipitado total em litros para cada uma delas. Dessa forma, e utilizando as médias ponderadas da Tabela 4-12, foram obtidas as concentrações por unidade de área dos poluentes estudados para cada uma das sub-bacias. Mais detalhes dos resultados obtidos podem ser visualizados no Anexo 4 e no Anexo 7.

Considerou-se para os cálculos das concentrações dos poluentes por unidade de área (kg/ha), o valor de C (coeficiente de deflúvio) de cada sub-bacia. Os valores de C

de cada sub-bacia foram obtidos utilizando a metodologia do SCS (*Soil Conservation Service*), expressos através da Equação 4 até a Equação 6 (TUCCI, 2002) .

$$C = \frac{Q_{ac}}{P_{ac}} \quad \text{Equação 4}$$

$$Q_{ac} = \frac{(P_{ac} - I_a)^2}{(P_{ac} - I_a + S)} \quad \text{Equação 5}$$

$$S = \frac{25400}{CN - 254} \quad \text{Equação 6}$$

Em que:

C= Coeficiente de deflúvio (adimensional)

Qac= Vazão de escoamento (m³/s)

Pac =Precipitação acumulada (mm)

S= Capacidade máxima de armazenamento de água (mm)

CN= Número de curva

Ia= Lâmina infiltrada (mm)

Combinando a Equação 4, Equação 5 e Equação 6 e supondo Ia=0,2S (TUCCI, 2002), obtém-se a Equação 7, C em função de CN, para uma determinada precipitação acumulada padrão (Pac).

$$C = \frac{\left(Pac - 0,2 \left(\frac{25400}{CN - 254} \right) \right)^2 \cdot Pac}{Pac + 0,8 \left(\frac{25400}{CN - 254} \right)} \quad \text{Equação 7}$$

Assumindo-se neste trabalho um valor de Pac de 70 mm, para a cidade de São Carlos, e considerando-se os valores de CN de cada sub-bacia (Anexo 4), obtiveram-se os valores correspondentes de C. Finalmente foi realizada uma média aritmética com os valores do OD, FT, ST, DQO e DBO (em kg/ha) obtidos para cada sub-bacia e para cada evento analisado, configurando os resultados apresentados na Tabela 4-13.

Tabela 4-13 Valores médios de concentração de OD, FT, ST, DQO e DBO (kg/ha)

Parâmetro	Concentração média Evento 1 (kg/ha)	Concentração média Evento 2 (kg/ha)
OD	0,49	0,46
FT	0,03	0,03
ST	11,44	10,75
DQO	0,61	0,58
DBO	0,32	0,30

Os valores médios obtidos na Tabela 4-13 foram utilizados para indicar a concentração máxima do OD, FT, ST, DQO e DBO (kg/ha) na equação de acúmulo do poluente presente no “editor de uso de solo”, ou seja, o coeficiente C1 da função EXP.

A constante de crescimento de cada poluente, isto é, o coeficiente C2 da função EXP, foi calculado a partir das médias ponderadas das concentrações e das cargas específicas nos três pontos de controle (Fórum, Casa Branca e Cristo) obtidas para o período seco (campanha 1, realizada neste trabalho). Os valores das cargas específicas bem como as médias ponderadas obtidas são apresentados na Tabela 4-14

Tabela 4-14 Valores médios de carga específica de OD, FT, ST, DQO e DBO (kg/ha.dia)

Parâmetro	Ponto de Controle	Carga específica (kg/ha.ano)	Carga específica (kg/ha.dia)	Média ponderada (mg/L)
OD	FÓRUM	41,3	0,11	0,16
	CB	78,0	0,21	
	CRISTO	58,6	0,16	
FT	FÓRUM	3,9	0,010	0,009
	CB	4,9	0,010	
	CRISTO	2,9	0,008	
ST	FÓRUM	864,8	2,4	3,9
	CB	2069,7	5,7	
	CRISTO	1358,5	3,7	
DQO	FÓRUM	50,2	0,14	0,21
	CB	135,2	0,37	
	CRISTO	48,8	0,13	
DBO	FÓRUM	22,3	0,06	0,11
	CB	89,4	0,24	
	CRISTO	16,3	0,04	

A partir do quociente entre os valores médios da concentração (kg/ha) e as cargas específicas (kg/ha.dia) foi possível calcular a constante de crescimento C2 do poluente acumulado (1/dia). A obtenção de C2 para cada um dos eventos estudados está descrita na Tabela 4-15 e na Tabela 4-16.

Tabela 4-15 Constante de crescimento de OD, FT, ST, DQO e DBO para o evento 1 (1/dia)

Parâmetro	Carga média específica (kg/ha.dia)	Concentração média (kg/ha)	Constante de crescimento (1/dia)
OD	0,16	0,49	0,33
FT	0,009	0,03	0,30
ST	3,9	11,44	0,34
DQO	0,21	0,61	0,34
DBO	0,11	0,32	0,34

Tabela 4-16 Constante de crescimento de OD, FT, ST, DQO e DBO para o evento 2 (1/dia).

Parâmetro	Carga média específica (kg/ha.dia)	Concentração média (kg/ha)	Constante de crescimento (1/dia)
OD	0,16	0,46	0,35
FT	0,009	0,03	0,30
ST	3,9	10,75	0,36
DQO	0,21	0,58	0,36
DBO	0,11	0,30	0,37

O campo da lavagem de poluentes descreve as propriedades associadas à lavagem de poluentes sobre a bacia durante eventos de tormenta. Este campo permite a inserção dos coeficientes para representação da lavagem do poluente segundo os tempos em que ocorre a precipitação (“deposição úmida”).

O SWMM apresenta três tipos de funções para determinar a carga de lavagem de poluentes (expressa em unidades de massa por unidade de tempo) durante o período chuvoso: a função exponencial (EXPO), a função curva de fluxo de lavagem ou “*Rating Curve*” (RC) e a função da concentração média no evento (EMC).

A função EXPO expressa a carga de lavagem proporcional ao produto do escoamento (elevado a uma potencia) com a quantidade de poluente acumulado. A função RC determina a carga de lavagem proporcional à vazão de escoamento elevado a uma determinada potência. A função EMC é um caso especial da função RC, onde se estabelece uma relação linear entre a carga de lavagem e a vazão de escoamento (ROSSMAN, 2007). Da Equação 8 até a Equação 10 se apresentam as funções descritas anteriormente.

$$EXPO = C1 \cdot q^{C2} \cdot B \quad \text{Equação 8}$$

Sendo C1 o coeficiente de lavagem, C2 o expoente de lavagem, q o escoamento por unidade de área e B o acúmulo de poluente por unidade de área (massa por unidade de área).

$$RC = C1 \cdot Q^{C2} \quad \text{Equação 9}$$

Na qual C1 é o coeficiente de lavagem, C2 é o expoente de lavagem e Q a vazão de escoamento.

$$EMC = C1 \cdot Q^{C2} \quad \text{Equação 10}$$

Onde C1 representa o poluente de lavagem na concentração de massa por litro e o expoente C2 é numericamente igual a 1.

Para a lavagem de poluentes na simulação foi considerada a função “*Rating Curve*” (RC). Os coeficientes C1 e C2 da função RC foram estimados empiricamente através de um ajuste não linear tipo potência com os dados das cargas específicas do OD, FT, ST, DQO e DBO (em kg/s) e as vazões correspondentes (em m³/s), nos três pontos de controle (Fórum, Casa Branca e Cristo), e nas quatro campanhas realizadas no presente trabalho. Os valores descritos anteriormente podem ser observados na Tabela 4-17.

Tabela 4-17 Valores de cargas específicas de OD, FT, ST, DQO e DBO

Ponto de controle	Área de drenagem (km ²)	N.º de campanha	Vazão (m ³ /s)	Carga específica W (kg/s)				
				OD	FT	ST	DQO	DBO
FÓRUM	9,5	1	0,17	0,0012	0,0001	0,03	0,0015	0,0007
		2	10,51	0,0685	0,0046	12,01	1,9549	0,4940
		3	0,21	0,0009	0,0002	0,07	0,0198	0,0078
		4	0,19	0,0004	0,0002	0,05	0,0121	0,0048
CASA BRANCA	51,8	1	1,71	0,0128	0,0008	0,34	0,0222	0,0147
		2	21,54	0,1400	0,0098	10,47	2,0676	0,3231
		3	1,30	0,0089	0,0005	0,14	0,0117	0,0035
		4	1,09	0,0075	0,0005	0,17	0,0185	0,0029
CRISTO	77,5	1	2,00	0,0144	0,0007	0,33	0,0120	0,0040
		2	29,07	0,1907	0,0134	14,61	3,1106	0,4651
		3	1,75	0,0119	0,0008	0,19	0,0228	0,0068
		4	1,71	0,0125	0,0007	0,34	0,0188	0,0029

Na Figura 4-14 até a Figura 4-18 apresentam-se as curvas empíricas (curvas-chave de qualidade) bem como as equações, obtidas como resultado do ajuste não linear tipo potência para cada um dos poluentes considerados no presente estudo.

Figura 4-14 Curva-chave Q vs W correspondente ao OD

Figura 4-15 Curva chave Q vs W correspondente ao FT

Figura 4-16 Curva chave Q vs W correspondente aos ST

Figura 4-17 Curva chave Q vs W correspondente ao DQO

Figura 4-18 - Curva chave Q vs W correspondente ao DBO

A Tabela 4-18 sintetiza os valores de C1 e C2 a se considerar na equação RC de lavagem do poluente presente no “editor de uso de solo” do SWMM. Esses valores, extraídos das equações de ajuste de cada poluente (Figura 4-14 até Figura 4-18), foram considerados para os dois eventos analisados.

Tabela 4-18 Coeficientes C1 e C2 para a função RC da lavagem de poluentes para os eventos 1 e 2

Parâmetro	C1	C2
OD	0,0059	1,0834
FT	0,0006	0,8624
ST	0,2173	1,2193
DQO	0,0237	1,2711
DBO	0,0072	1,0953

Na lavagem de poluentes não se considerou a eficiência (em termos de porcentagem) da função de limpeza das ruas. Essa eficiência representa uma fração da quantidade total de poluente que está disponível para a remoção durante a atividade de limpeza da rua. Tampouco foi considerada na análise a eficiência da remoção (expressa

em porcentagem) associada com técnicas de melhoramento do gerenciamento de uso do solo que possa ter sido executada/empregada na área de bacia.

4.6.2.5. Aplicação do SWMM

O modelo hidrológico *Storm Water Management Model* (SWMM) foi aplicado à bacia em estudo para a calibração de hidrogramas observados e a validação de resultados de qualidade de água a partir do modelo calibrado. As fases de calibração e validação do modelo servem para avaliar as suas respostas de forma a verificar se o mesmo simula adequadamente o sistema. São inseridos parâmetros e dados de entrada reais com a finalidade de comparar os resultados obtidos com os dados observados para uma mesma seção de interesse. No presente trabalho, para a fase de calibração, foram utilizados os hidrogramas observados nas três seções de controle (Fórum, Casa Branca e Cristo) incluídos no trabalho de Souza (2008) e indicados na referência 4.6.2.3. Para a validação de resultados de qualidade de água, foram avaliados nesses mesmos três pontos de controle os seguintes parâmetros: OD, FT, ST, DQO e DBO.

a. Processo de calibração

A realização da calibração do modelo foi executada através de um processo iterativo. Para o caso em estudo, os resultados dos valores obtidos para os parâmetros do modelo foram alcançados manualmente através de um processo de tentativa e erro até se obterem hidrogramas simulados compatíveis com os observados por medição. Na medida em que os hidrogramas gerados pelo SWMM atingem, dentro de limites aceitáveis, conformações próximas com os observados, medidos através da estação hidrométrica, finaliza-se a etapa de calibração.

A calibração do modelo se fez em duas etapas descritas a seguir. Na primeira etapa, que consiste na geração do escoamento, calibrou-se o volume total escoado, entre o início da subida e a descida das ordenadas do hidrograma até o valor da vazão inicial pré-chuva. No caso do evento 1 (31-12-2003), o volume escoado a calibrar foi considerado entre as 11h50m e 18h40m, e no caso do evento 2 (09-01-2004) entre as 13h50m e 18h45m. Em ambos os casos, o volume escoado foi calibrado manualmente variando alguns parâmetros que incidiram na produção do escoamento.

A segunda etapa refere-se à propagação de escoamento. Nessa etapa, e após os ajustes dos volumes totais, pesquisou-se se a ocorrência temporal das vazões simuladas e observadas se aproximavam. O descrito anteriormente fez-se ajustando alguns parâmetros do modelo que “deformavam” ou “atenuavam” as ondas de escoamento.

As duas etapas de calibração “iniciaram-se” na bacia do Gregório (ponto Fórum), continuando-se com o processo de calibragem nas outras escalas, isto é, na bacia do Monjolinho (ponto Casa Branca e Cristo).

Pela diferença nos intervalos de dados observados e simulados (5 e 30 minutos) e, conseqüentemente, pela dificuldade de manipulação dos mesmos, optou-se por utilizar somente um índice de qualidade no ajuste dos hidrogramas, o mesmo que foi utilizado também por Souza (2008). O índice, expresso pela equação 11, teve como função avaliar os erros percentuais dos volumes escoados dados em função das vazões observadas e simuladas.

$$EV = \frac{\left[\sum_{t=1}^{nt} (Q_{sim}) - \sum_{t=1}^{nt} (Q_{obs}) \right]}{\sum_{t=1}^{nt} Q_{obs}} \cdot 100$$

Equação 11

Onde:

EV= erro percentual de volume escoado (%);

Qobs = vazão observada (m³/s);

Qsim = vazão simulada (m³/s);

n = número passos de tempo de simulações;

t = intervalo de tempo.

b. Validação de parâmetros de qualidade da água

O processo de validação dos parâmetros de qualidade de água a partir dos resultados do modelo já calibrado teve como finalidade avaliar a eficiência do SWMM em simular polutogramas, ou seja, a variação da concentração de um poluente com o tempo. A validação incluiu também a verificação dos erros de continuidade gerados pelo desencadeamento da simulação através do SWMM. Tais erros são, em geral,

intrínsecos à utilização do próprio modelo. O SWMM, após cada simulação, fornece um quadro resumo com os erros de continuidade. De acordo com o que é estabelecido pelo modelo, tais erros não podem ultrapassar o valor de 10% (ROSSMAN, 2007).

No presente trabalho simulou-se a variação das concentrações com o tempo das variáveis OD, FT, ST, DBO e DQO nos três pontos de controle (Fórum, Casa Branca e Cristo). Os resultados simulados de concentração obtidos foram transformados a carga específica, isto é, a carga de cada variável (concentração*vazão) foi dividida pela área de drenagem a montante correspondente a cada ponto de controle.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir apresentam-se os resultados e discussões obtidos no presente estudo. Discutem-se valores obtidos de variáveis hidrológicas, hidráulicas, limnológicas e ecohidrológicas, e analisa-se a presença de metais e coliformes na água. Resultados de calibração e simulação obtidos do modelo SWMM são também apresentados neste item.

5.1. Variáveis hidrológicas e hidráulicas

A seguir mostram-se na Tabela 5-1, os dados coletados das variáveis hidrológicas e hidráulicas correspondentes às 3 seções estudadas, obtidas durante as 4 campanhas realizadas no presente estudo.

Tabela 5-1 Variáveis hidrológicas e hidráulicas das seções em estudo

Estação	Área de drenagem a montante (km ²)	Altura da água (m)				Velocidade média (m/s)				Vazão (m ³ /s)			
		N.º de campanha				N.º de campanha				N.º de campanha			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
FÓRUM	9,5	0,18	1,20	0,30	0,26	0,45	2,78	0,25	0,25	0,168	10,51	0,211	0,18
CASA_BRANCA	51,7	0,41	1,10	0,18	0,16	0,53	2,20	0,57	0,50	1,708	21,54	1,295	1,09
CRISTO	77,4	0,42	0,82	0,39	0,37	0,44	1,91	0,50	0,50	1,998	29,07	1,754	1,71

Na Tabela 5-2 apresentam-se os resultados da altura relativa da água e a vazão específica para cada seção em estudo, nas quatro campanhas realizadas. O valor do *bankfull* foi medido diretamente dos gráficos em escala, correspondente às seções transversais de cada estação. Observaram-se os maiores valores de altura relativa e vazão específica na segunda campanha, devido à ocorrência de uma tormenta intensa acontecida nesse dia no período prévio da campanha. A vazão específica em todas as seções analisadas na segunda campanha foi muito elevada em consequência dos altos valores de vazões registrados nessa campanha. Apesar de a seção Fórum apresentar na segunda campanha o menor valor de vazão em comparação com os valores de vazões das outras seções na mesma campanha, obteve-se nessa seção a maior vazão específica (quase três vezes mais do que nas outras duas seções). A seção do Fórum possui a menor área de drenagem e, portanto, influenciou no elevado valor obtido para a vazão específica nessa seção.

Tabela 5-2 Altura relativa e vazão específica

Estação	<i>Bankfull</i> (m)	Altura relativa (m/m)				Vazão específica (L/s.km ²)			
		N.º de campanha				N.º de campanha			
		1	2	3	4	1	2	3	4
FORUM	3,2	0,06	0,38	0,09	0,08	17,7	1106,8	22,2	19,6
CASA_BRANCA	3,9	0,11	0,28	0,05	0,04	33,0	415,9	25,0	21,0
CRISTO	3,1	0,14	0,26	0,13	0,12	25,8	375,3	22,6	22,1

5.2. Variáveis limnológicas

Neste item discute-se a influência do nível hidrométrico nos valores das variáveis limnológicas assim como as variações espaciais e temporais das concentrações.

5.2.1. Variáveis limnológicas e nível hidrométrico

Da Tabela 5-3 à Tabela 5-5 mostram-se, para cada seção em estudo, os resultados obtidos das variáveis físico-químicas pH, T, turbidez e CE.

Tabela 5-3 Variáveis físico-químicas no Fórum

N.º Campanha	Altura da água (m)	pH	T (°C)	Turbidez (NTU)	CE (uS/cm)
1	0,18	6,4	22	19,2	153,3
2	1,20	6,7	24,5	1.292,0*	32,48*
3	0,30	7,2	25	40,4	319,0
4	0,26	6,8	23	2,4	305,5

*Sob tormenta intensa

Tabela 5-4 Variáveis físico-químicas na Casa Branca

N.º Campanha	Altura da água (m)	pH	T (°C)	Turbidez (NTU)	CE (uS/cm)
1	0,41	6,5	22	36,0	96,3
2	1,10	6,8	24	441,0*	38,6*
3	0,18	7,4	25	47,8	93,8
4	0,16	6,6	24	44,0	95,1

*Sob tormenta intensa

Tabela 5-5 Variáveis físico-químicas no Cristo

N.º Campanha	Altura da água (m)	pH	T (°C)	Turbidez (NTU)	CE (uS/cm)
1	0,42	6,5	22	15,3	103,5
2	0,82	6,7	25	483,0*	42,8*
3	0,39	7,3	25	37,0	107,0
4	0,37	6,9	24	24,2	149,0

*Sob tormenta intensa

O pH está relacionado com o caráter ácido ou básico do meio aquático. Segundo os valores obtidos de pH em todas as seções, observou-se uma tendência à neutralidade da água. Pode-se também verificar que os valores de pH variaram pouco temporalmente, tanto na estação seca quanto chuvosa. Segundo Viana (2005), em geral, o rio do Monjolinho apresenta águas que variam de ligeiramente ácidas a neutras, sendo esta tendência relacionada ao fato de que boa parte da bacia do rio do Monjolinho drena solos de cerrado, cujo pH é consideravelmente ácido (Fundo Mundial Para Natureza, 1995). Gomes (1981) obteve para o córrego do Gregório, valores de pH levemente ácidos, variando entre 5,50 e 6,20, em período de estiagem, com uma média de 6,0.

Observa-se que os valores de temperatura da água variaram de 22° C a 25° C nas três seções selecionadas, apresentando-se o menor valor (22° C) na coleta do mês de novembro (campanha 1), antes da chegada do verão. Nos corpos d'água, a variação da temperatura deve-se principalmente ao acoplamento entre a variação sazonal e a variação diurna da temperatura ambiente (HYNES, 1970). A temperatura também apresenta variações conforme a distância das nascentes, tamanho do leito (largura, profundidade), velocidade da água, profundidade do rio, vazão, condições a montante (temperatura da água, tipo de substrato, presença de represas), condições climáticas, escoamento superficial, grau de sombreamento determinado pela presença ou não de vegetação marginal ou pela posição do canal no relevo (SÉ, 1992).

Os valores registrados neste estudo estiveram relacionados principalmente à sazonalidade, porém a variação da temperatura também foi influenciada pelo horário em que as coletas foram realizadas (durante o período da manhã), embora haja um aumento crescente na entrada de efluentes domésticos no transcorrer do dia, principalmente de matéria orgânica, o que normalmente eleva a temperatura da água (MARINELLI et al., 2000).

Os maiores valores de turbidez apresentaram-se sob tormenta intensa (durante a segunda campanha), nas maiores alturas relativas da água, e foram causados provavelmente pelo elevado carregamento de partículas em suspensão pela chuva que antecedeu à coleta. Segundo Barreto (1999), os maiores valores de turbidez no rio Monjolinho registraram-se durante o período de chuvas por causa da entrada de material alóctone e revolvimento dos sedimentos do fundo do rio.

Quanto à CE, os menores valores foram registrados durante o período de tormenta intensa, correspondente aos maiores níveis hidrométricos, e deveram-se possivelmente ao efeito de diluição pelas águas da chuva, indicando a presença de poucos íons dissolvidos (MARGALEF, 1983). Os maiores valores de CE apresentaram-se na seção de menor área de drenagem (Fórum), relacionando-se provavelmente com a entrada de esgotos domésticos e industriais vertidos nessa zona.

No Anexo 8 mostram-se as variações dos valores de turbidez e CE conforme a variação da altura relativa da água. Podem-se observar, no caso da turbidez e CE, tendências flutuantes de aumento e diminuição desses valores conforme aumentou a altura da água, nas três seções analisadas. Observou-se também que das três seções, a seção do Fórum apresentou os maiores valores de CE.

Da Tabela 5-6 à Tabela 5-8 mostram-se, para cada seção, os resultados de concentração dos parâmetros químicos considerados neste trabalho.

Tabela 5-6 Concentração das variáveis químicas no Fórum

Nº Camp.	Altura da água (m)	Concentração (mg/L)						
		OD	DQO	DBO	NTK	Nitrato	Nitrito	FT
1	0,18	7,4	9,0	4,0	2,2	_*	_*	0,7
2	1,20	6,5	186,0	47,0	30,0	0,0	0,01	0,4
3	0,30	4,4	94,0	37,0	41,0	0,0	0,02	1,0
4	0,26	2,4	65,0	26,0	58,0	0,0	0,01	1,0

*Não medido

Tabela 5-7 Concentração das variáveis químicas na Casa Branca

Nº Camp.	Altura da água (m)	Concentração (mg/L)						
		OD	DQO	DBO	NTK	Nitrato	Nitrito	FT
1	0,41	7,5	13,0	8,6	0,1	_*	_*	0,5
2	1,10	6,5	96,0	15,0	30,0	0,1	0,01	0,5
3	0,18	6,9	9,0	2,7	44,0	0,5	0,03	0,4
4	0,16	6,9	17,0	2,7	18,0	0,5	0,06	0,5

*Não medido

Tabela 5-8 Concentração das variáveis químicas no Cristo

Nº Camp.	Altura da água (m)	Concentração (mg/L)						
		OD	DQO	DBO	NTK	Nitrato	Nitrito	FT
1	0,42	7,2	6,0	2,0	0,1	_*	_*	0,4
2	0,82	6,6	107,0	16,0	30,0	0,1	0,01	0,5
3	0,39	6,8	13,0	3,9	57,0	0,6	0,04	0,5
4	0,37	7,3	11,0	1,7	13,0	1,6	0,07	0,4

*Não medido

Com estes valores analisou-se a variação da concentração conforme a variação ascendente da altura relativa da água em cada seção estudada, com a finalidade de detectar algumas tendências apresentadas. Os gráficos correspondentes encontram-se no Anexo 9.

Destes gráficos pode-se observar que, para a DBO e DQO, as maiores concentrações apresentaram-se nas maiores alturas relativas da água, tendo ambos os parâmetros tendências similares. No entanto, para o caso do nitrato e nitrito, as menores

concentrações apresentaram-se nas maiores alturas relativas. Em geral, todas as variáveis químicas analisadas não tiveram uma tendência definida de aumentar a concentração quando aumentasse a altura relativa da água. No caso do nitrogênio total e FT, as tendências discrepantes foram maiores.

Comparando as três seções analisadas, a seção do Fórum apresentou os maiores valores de concentração de DBO, DQO e FT, e os menores valores de OD, apresentando, ainda, valor zero de concentração de nitrato em todas as campanhas realizadas.

Na Figura 5-1 mostra-se, para as três seções analisadas, a variação da concentração da DBO conforme aumenta a altura relativa da água.

Figura 5-1 Variação da concentração com a altura relativa da água para DBO

Da Tabela 5-9 à Tabela 5-11 mostram-se, para cada seção em estudo, os resultados de concentração dos sólidos presentes na água (ST, STV e STF).

Tabela 5-9 Concentração dos sólidos presentes na água no Fórum

No. Campanha	Altura da água (m)	Concentração (mg/L)			
		ST	STV	STF	STV/STF
1	0,18	155,0	92,0	63,0	1,46
2	1,20	1.142,5	337,5	805,0	0,42
3	0,30	351,3	237,5	113,8	2,09
4	0,26	251,3	100,0	151,3	0,66

Tabela 5-10 Concentração dos sólidos presentes na água na Casa Branca

No. Campanha	Altura da água (m)	Concentração (mg/L)			
		ST	STV	STF	STV/STF
1	0,41	199,0	94,0	105,0	0,90
2	1,10	486,3	168,8	317,5	0,53
3	0,18	107,5	66,2	41,3	1,60
4	0,16	153,8	96,3	57,5	1,67

Tabela 5-11 Concentração dos sólidos presentes na água no Cristo

No. Campanha	Altura da água (m)	Concentração (mg/L)			
		ST	STV	STF	STV/STF
1	0,42	167,0	121,0	46,0	2,63
2	0,82	502,5	116,2	386,3	0,30
3	0,39	110,0	88,7	21,3	4,16
4	0,37	197,5	143,7	53,8	2,67

Como no caso das variáveis físicas e químicas anteriormente analisadas, construíram-se gráficos de variação da concentração dos sólidos na água conforme a variação ascendente da altura relativa da água em cada seção analisada. Os gráficos correspondentes encontram-se no Anexo 10.

A partir desses gráficos pode-se observar, para as três seções estudadas, que as maiores concentrações de ST, STF e STV deram-se nas maiores alturas relativas da água, porém em todos os casos apresentaram-se tendências variáveis nas concentrações dessas variáveis conforme aumentou a altura relativa da água. Comparando as três seções analisadas, a seção do Fórum apresentou os maiores teores de concentração de ST, STF e STV.

5.2.2. Relação STV/STF

Da Tabela 5-9 à Tabela 5-11 observou-se, para os 3 pontos de controle, que para níveis altos de altura de água, a relação STV/STF foi baixa, variando o valor entre 0,3 e 0,5, percebendo-se um predomínio da concentração de STF sobre STV. Pelo contrário, para níveis baixos de altura de água, na relação STV/STF o valor variou entre 0,6 e 4,1, predominando nesse caso a concentração de STV sobre STF.

Os gráficos da Figura 5-2 e Figura 5-3 mostram a variação dos valores de STV/STF em relação à variação da vazão específica para cada ponto de controle. A figura 5-3 considerou, adicionalmente, a variação da concentração de STF, especificado através de raios de círculos proporcionais a essa concentração.

Figura 5-2 Variação da relação STV/STF com a vazão específica, para os 3 pontos de controle

Figura 5-3 Variação da relação STV/STF e os STF com a vazão específica (Raio dos círculos proporcionais a STF)

Na Figura 5-2 e na Figura 5-3, observa-se que, para vazões específicas altas, que implicam níveis elevados de água, a relação STV/STF foi baixa, não ultrapassando de 0,5 o valor desse quociente. Também, na Figura 5-2, percebe-se que os maiores valores de STV/STF deram-se no ponto de maior área de drenagem, nesse caso o ponto Cristo, alcançando esse quociente valores entre 2,6 e 4,1. Para os outros dois pontos com menor área de drenagem, o quociente STV/STF atingiu valores entre 0,6 e 2 no caso do Fórum, e entre 0,9 e 1,6 no caso do CB. A Figura 5-3 mostra claramente que a concentração de STF aumentou na medida em que a vazão específica foi maior. Para valores menores de vazão específica, apresentaram-se diminuições na concentração dos STF.

5.2.3. Concentração e carga específica

Na Tabela 5-12 à Tabela 5-14 apresentam-se os valores das cargas específicas expressos em kg/ha.ano das variáveis químicas de cada seção analisada, nas quatro campanhas realizadas.

Tabela 5-12 Carga específica das variáveis químicas no Fórum

N.º Campanha	Carga específica (kg/ha.ano)						
	OD	DQO	DBO	NTK	Nitrato	Nitrito	FT
1	41,3	50,2	22,3	12,0	-	-	3,9
2	2275,7*	64919,4*	16404,4*	10470,9*	0,0*	4,8*	152,9*
3	30,8	658,7	259,3	287,3	0,0	0,2	7,2
4	14,8	401,5	160,6	358,3	0,0	0,1	6,1

*Sob tormenta intensa

Tabela 5-13 Carga específica das variáveis químicas na Casa Branca

N.º Campanha	Carga específica (kg/ha.ano)						
	OD	DQO	DBO	NTK	Nitrato	Nitrito	FT
1	78,0	135,2	89,4	0,7	-	-	4,9
2	852,4*	12589,8*	1967,2*	3934,3*	17,8*	1,4*	59,6*
3	54,4	71,0	21,3	347,0	4,1	0,2	3,3
4	45,8	112,8	17,9	119,5	3,3	0,4	3,3

*Sob tormenta intensa

Tabela 5-14 Carga específica das variáveis químicas no Cristo

N.º Campanha	Carga específica (kg/ha.ano)						
	OD	DQO	DBO	NTK	Nitrato	Nitrito	FT
1	58,6	48,8	16,3	0,6	-	-	2,9
2	776,4*	12664,2*	1893,7*	3550,7*	17,5*	1,6*	54,5*
3	48,6	92,8	27,9	407,0	4,3	0,3	3,3
4	50,8	76,5	11,8	90,4	11,0	0,5	3,0

*Sob tormenta intensa

Pode-se observar, da Tabela 5-12 à Tabela 5-14, que os maiores valores de carga específica das variáveis químicas analisadas nas três seções estudadas foram obtidos na campanha 2, sob tormenta intensa. Nessa campanha 2, a seção do fórum apresentou os maiores valores de carga específica em todos os parâmetros, entretanto, para essa mesma campanha 2, as seções de Casa Branca e Cristo apresentaram valores parecidos, isso devido à proximidade entre esses pontos.

Da Tabela 5-15 à Tabela 5-17 apresentam-se as cargas específicas dos sólidos presentes na água.

Tabela 5-15 Carga específica dos sólidos no Fórum

N.º Campanha	Carga específica (kg/ha.ano)		
	ST	STF	STV
1	864,77	351,49	513,28
2	398765,69*	280968,38*	117797,30*
3	2461,61	797,41	1664,20
4	1552,26	934,57	617,69

*Sob tormenta intensa

Tabela 5-16 Carga específica dos sólidos na Casa Branca

N.º Campanha	Carga específica (kg/ha.ano)		
	ST	STF	STV
1	2069,68	1092,04	977,64
2	63775,22*	41638,15*	22137,07*
3	847,70	325,67	522,02
4	1020,81	381,64	639,17

*Sob tormenta intensa

Tabela 5-17 Carga específica dos sólidos no Cristo

N.º Campanha	Carga específica (kg/ha.ano)		
	ST	STF	STV
1	1358,45	374,18	984,27
2	59474,16*	45721,13*	13753,03*
3	785,52	152,10	633,41
4	1373,37	374,11	999,26

*Sob tormenta intensa

Como no caso das variáveis químicas analisadas, e para as três seções estudadas, os maiores valores de carga específica para ST, STF e STV apresentaram-se na segunda campanha, sob tormenta intensa, sendo esses valores muito altos em relação aos valores das outras campanhas. A seção do Fórum foi a que apresentou maior carga específica de ST, STF e STV nas campanhas 2,3, e 4, com exceção da campanha 1 onde apresentou as menores cargas específicas dos sólidos.

Com a finalidade de analisar a variação espacial da concentração em função do aumento do comprimento do rio e a variação da carga específica em função do aumento

da escala da bacia, foram calculados na Tabela 5-18 as áreas e os comprimentos expressos em porcentagens de cada seção estudada.

Tabela 5-18 Porcentagens de área e comprimento

Estação	Área de drenagem (Km ²)	Comprimento do rio (Km)	Área de drenagem (%)	Comprimento do rio (%)
FÓRUM	9,5	4,7	12,3	54,7
CASA BRANCA	51,7	12,4	66,8	89,9
CRISTO	77,4	13,8	100,0	100,0

Na Figura 5-4 à Figura 5-6 mostram-se as áreas de drenagem a montante A_F , A_{CB} e A_{CR} das seções Fórum, Casa Branca e Cristo respectivamente. Cada uma dessas áreas foi dividida pela área total de drenagem da bacia, que foi de 77,4 km², valor coincidente com a área A_{CR} , obtendo-se assim as porcentagens de áreas de drenagem de cada seção analisada, indicadas na Tabela 5-18.

Figura 5-4 Área de drenagem a montante do ponto Fórum ($A_F = 9,5 \text{ km}^2$)

Figura 5-5 Área de drenagem a montante do ponto Casa Branca ($A_{CB} = 51,7 \text{ km}^2$)

Figura 5-6 Área de drenagem a montante do ponto Cristo ($A_{CR} = 77,4 \text{ km}^2$)

Do mesmo modo, os percentuais de comprimentos do rio de cada seção, obtidos na Tabela 5-18, foram calculados como o quociente entre o comprimento do rio desde a

nascente até a seção de interesse (L_F , L_{CB} e L_{CR}) e o comprimento total do córrego ao qual pertence a seção desde a nascente até a foz (L_{TF} , L_{TCB} e L_{TCR}).

Na Figura 5-7 à Figura 5-9 detalha-se o descrito anteriormente.

Figura 5-7 Comprimento do rio até o ponto Fórum ($L_F = 4,7 \text{ km}$) e comprimento total do córrego do Gregório ($L_{TF} = 8,6 \text{ km}$)

Figura 5-8 Comprimento do rio até o ponto Casa Branca ($L_{CB} = 12,4 \text{ km}$) e comprimento total do córrego do Monjolinho ($L_{TCB} = 13,8 \text{ km}$)

Figura 5-9 Comprimento do rio até o ponto Cristo ($L_{CR} = 13,8$ km) e comprimento total do córrego do Monjolinho ($L_{TCR}=13,8$ km)

A Figura 5-10 mostra para a DBO e para as três seções analisadas na campanha 1, a variação da concentração e a carga específica conforme aumenta o comprimento do rio e a área de drenagem a montante respectivamente.

Figura 5-10 Variação espacial da concentração e a carga específica da DBO na campanha 1

As seções analisadas foram unidas seguindo a topologia real do sistema em estudo. Assim uniu-se a seção Fórum com a seção do Cristo e a seção Casa Branca com a do Cristo.

Na Figura 5-10 observou-se uma diminuição da concentração e carga específica à medida que aumentaram o comprimento do rio e a área de drenagem respectivamente. A redução dessas variáveis foi mais pronunciada no tramo compreendido entre as seções Casa Branca e Cristo do que no tramo Fórum-Cristo. Os maiores valores de concentração e carga específica nesse caso apresentaram-se na seção Casa Branca.

No Anexo 11 apresentam-se os gráficos das variações espaciais da concentração e carga específica de cada variável química analisada, para todas as campanhas.

Em geral, os gráficos não mostraram tendências definidas nas variações de concentração e carga à medida que aumentaram o comprimento do rio e a área de drenagem respectivamente. Além disso, apresentaram-se diferenças de tendências entre os dois trechos analisados (Fórum- Casa Branca e Casa Branca-Cristo).

Na Figura 5-11 e na Figura 5-12 mostram-se as variações da concentração e carga específica em função do comprimento do rio e a área de drenagem a montante respectivamente das quatro campanhas de forma conjunta, no caso da DBO, com a finalidade de se comparar e observar as tendências espaciais e temporais apresentadas nas seções analisadas.

Figura 5-11 Variação espacial e temporal da concentração da DBO

Figura 5-12 Variação espacial e temporal da carga específica da DBO

Na Figura 5-11 observou-se que os maiores valores de concentração nas três seções analisadas apresentaram-se na campanha 2 (sob tormenta intensa). No trecho Fórum-Cristo, nas quatro campanhas, a concentração diminuiu conforme aumentou o comprimento do rio, porém, no trecho Casa Branca-Cristo, a variação da concentração não teve uma tendência definida entre campanhas, diminuindo nas campanhas 1 e 4, e aumentando nas campanhas 2 e 3.

Na Figura 5-12 observa-se o mesmo que no caso das concentrações, ou seja, que os maiores valores de carga específica nas três seções analisadas apresentaram-se na campanha 2. No trecho Fórum-Cristo, nas quatro campanhas, apresentou-se uma diminuição da carga específica conforme aumentou a área de drenagem a montante, no entanto no trecho Casa Branca-Cristo as tendências entre campanhas não foram definidas.

No Anexo 12 apresentam-se os gráficos das variações espaciais e temporais da concentração e a carga específica de cada variável analisada, para todas as campanhas realizadas.

Em geral, esses gráficos não mostram tendências definidas nas variações de concentração e carga específica à medida que aumentaram o comprimento do rio e a área de drenagem respectivamente. Porém, a visão conjunta de todas as campanhas em um único gráfico ajuda a comparar tendências entre campanhas.

5.3. Integração quantidade-qualidade com indicadores ecohidrológicos

A análise da integração quali-quantitativa com indicadores ecohidrológicos foi realizada em duas partes, a primeira considerando-se o hemisfério qualitativo (primeiro e segundo quadrantes) e a segunda o hemisfério quantitativo (terceiro e quarto quadrantes).

5.3.1. Análise do hemisfério limnológico ou qualitativo

Analisando-se o primeiro quadrante, altura relativa da água vs carga específica, da Figura 5-13 à Figura 5-22 (OD, DQO, DBO, NTK, Nitrato, Nitrito, FT, ST, STV e STF), pode-se observar, nas três seções analisadas, que os maiores valores de carga específica se apresentaram nos maiores valores de altura relativa da água (sob tormenta intensa), sendo esses valores de carga muito elevados em relação aos outros valores registrados.

No caso do OD (Figura 5-13), observou-se uma tendência a aumentar a carga específica, à medida que o nível relativo da água cresceu e somente na seção de menor área de drenagem (9,5 km²) ocorreu um decréscimo da carga específica, numa faixa de pontos intermediários de altura relativa da água correspondente às terceira e quarta campanhas, causado pela diminuição da concentração de OD.

Marinelli et al. (2000) atribuíram o decréscimo do OD no rio do Monjolinho à influência da entrada de efluentes domésticos e industriais na área urbana, já que grandes concentrações de matéria orgânica e nutrientes causam o aumento da atividade bacteriana, consumindo o oxigênio disponível. Salami (1996) atribuiu as variações nas concentrações de oxigênio dissolvido à ausência de matas ciliares e às variações na velocidade de escoamento e na temperatura. A presença da mata ciliar favorece reações oxidativas, produzindo a diminuição da concentração do oxigênio dissolvido (BOTTINO, 2008).

Nas três seções estudadas, apesar de as maiores concentrações de OD não se apresentarem com os maiores níveis de cota hidrométrica, os altos valores de vazão nesses níveis causaram o aumento apreciável da carga específica com relação aos outros valores registrados.

Figura 5-13 Síntese quali-quantitativa das concentrações de OD

Para a DQO (Figura 5-14), observou-se na seção de menor área de drenagem ($9,5 \text{ km}^2$), um aumento da carga específica com o aumento da altura relativa da água. Para as outras duas seções ($51,7 \text{ km}^2$ e $77,4 \text{ km}^2$), apresentaram-se descontinuidades no aumento da carga específica em pontos intermediários de altura relativa da água, devidas principalmente à diminuição da concentração de DQO nesses pontos. Os maiores valores de concentração de DQO em todas as seções apresentaram-se sob tormenta intensa, quando foram registrados os maiores níveis de cota hidrométrica.

Os principais fatores que podem afetar a variação da DQO são as influências antropogênicas (lançamentos industriais e domésticos), influências naturais (carreamento por chuvas de compostos de áreas adjacentes que demandam oxigênio para sua estabilização), a concentração de compostos orgânicos e inorgânicos, revolvimento do sedimento de fundo e turbulência (BARRETO, 1999).

Figura 5-14 Síntese quali-quantitativa das concentrações de DQO

No caso da DBO (Figura 5-15), observou-se claramente uma tendência de aumento de carga específica à medida que o nível relativo da água cresceu, sobretudo nas seções correspondentes às áreas de drenagem de $9,5 \text{ km}^2$ e $51,7 \text{ km}^2$. A seção de maior área de drenagem ($77,4 \text{ km}^2$) apresentou uma descontinuidade em um ponto intermediário, correspondente à primeira campanha (época seca), por causa da diminuição na concentração de DBO.

A DBO está associada geralmente ao nível trófico de um ecossistema aquático, seja este lótico ou lântico. Alguns dos fatores que podem influenciar o valor da DBO são: a temperatura, a turbulência, a população biológica envolvida no processo, a concentração de matéria orgânica e o lançamento de resíduos industriais e esgoto sanitário (BARRETTO, 1999).

As maiores concentrações de DBO em todas as seções estudadas foram obtidas na segunda campanha (sob tormenta intensa), com os maiores registros de velocidade, cota hidrométrica e vazão, as quais ocasionaram uma grande turbulência que revolveu os lodos depositados no fundo do rio, aumentando a demanda de oxigênio do meio. Bottino (2008) registrou, para o rio Canha, as maiores concentrações de DBO em época chuvosa, afirmando que tal fato pode estar relacionado ao escoamento superficial que

propicia a entrada de diversas substâncias no leito do rio, especialmente matéria orgânica.

A DBO constitui um excelente indicador do comprometimento das condições de um curso d'água, por exprimir a poluição produzida por matéria orgânica, ou seja, a quantidade aproximada de oxigênio requerida para estabilizar biologicamente a matéria orgânica presente (SALAMI, 1996).

Nas três seções estudadas, os altos valores de vazão nos pontos de maior nível hidrométrico de água contribuíram para aumentar grandemente o valor da carga específica de DBO com relação aos outros valores de carga registrados.

Figura 5-15 Síntese quali-quantitativa de concentrações de DBO

O nitrogênio total (Figura 5-16) apresentou, nas três seções de estudo, descontinuidades no aumento da carga específica em relação ao aumento da altura específica da água. Essas descontinuidades foram marcantes nas seções de áreas de drenagem 51,7 km² e 77,4 km², nos pontos correspondentes, em ambos os casos, à primeira campanha (período seco). Nesse momento, valores muito baixos de concentração de nitrogênio total foram constatados. Na seção de área de drenagem 9,5 km², a tendência foi mais clara quanto ao aumento da carga específica acompanhando a elevação da altura relativa da água. Porém, também houve uma descontinuidade em

uma altura intermediária devido à diminuição na concentração de nitrogênio total nesse ponto.

Nas três seções analisadas, as menores concentrações de nitrogênio total se apresentaram em época de seca, e as maiores em época chuvosa. Brigante et al. (2003) atribuíram a diminuição da concentração de nitrogênio total em período seco no rio Mogi-Guaçu à maior lixiviação do solo nos períodos chuvosos.

Em todas as seções analisadas, as maiores variações do nitrogênio total deram-se nos períodos com mais intensidade chuvosa. A variabilidade temporal e espacial da concentração de nitrogênio pode estar relacionada ao tipo de uso e ocupação de solo, como também à entrada clandestina de esgotos e à baixa vazão que impossibilitam o corpo hídrico de depurar compostos (BOTTINO, 2008).

Apesar de as maiores concentrações de nitrogênio total não se apresentarem, em todas as seções, junto aos maiores níveis de cota hidrométrica, os altos valores de vazão nesses níveis causaram o aumento apreciável da carga específica com relação aos outros valores registrados.

Pode-se observar que o nitrogênio total apresentou um comportamento muito variável e descontínuo de concentrações e cargas em relação à altura hidrométrica, em todas as seções analisadas.

Figura 5-16 Síntese quali-quantitativa de concentrações de Nitrogênio Total

No caso do nitrato (Figura 5-17), pode-se observar que entre as três seções estudadas existe uma discordância na variação da carga específica em relação à variação da altura relativa da água. A seção de área de drenagem 51,7 km² mostrou uma tendência a aumentar o valor da carga específica na medida em que há o aumento do nível da água. Entretanto, a seção de área de drenagem 77,4 km² apresentou uma diminuição da carga específica num ponto intermediário de nível da água, devido à redução da concentração de nitrato nesse ponto, ocasionando uma quebra na tendência de aumento da curva. Na seção de área de drenagem 9,5 km² obteve-se valor zero de carga específica em todas as campanhas efetuadas, porque o nitrato era ausente nessa seção.

Em um curso d'água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer indicações sobre o estágio da poluição eventualmente ocasionada por algum lançamento de esgoto a montante. Se essa poluição é recente, o nitrogênio estará basicamente na forma de nitrogênio orgânico ou amônia e, se é antiga, basicamente na forma de nitrato, com presença reduzida de nitrito (VON SPERLING, 1996). A ausência de nitrato na seção de 9,5 km² indicou uma poluição recente nesse ponto, enquanto as outras duas seções apresentaram uma poluição remota, indicada pela presença do nitrato.

As menores concentrações de nitrato nas três seções foram obtidas na segunda campanha (sob tormenta intensa), provavelmente devido ao efeito de diluição da chuva. Viana (2005) registrou, no rio Monjolinho, uma diminuição mais acentuada nas concentrações de nitrato durante o período chuvoso, fato semelhante observado por Oliveira (2003), que encontrou concentrações reduzidas de nitrato nas águas do córrego do Cancã, durante a época chuvosa. Sé (1992) diz que essa queda de concentração de nitrato é devida principalmente à mistura das águas do córrego do Cancã à sedimentação do nitrogênio orgânico em forma de material particulado e à absorção das partículas ou absorção biológica. Os maiores valores de carga específica de nitrato, para as seções analisadas (com exceção da seção de 9,5 km²) foram obtidos nos maiores valores de altura relativa da água (sob tormenta intensa). Apesar de nesses níveis terem ocorrido os menores valores de concentração de nitrato, as vazões foram extremamente altas, elevando de forma apreciável o valor da carga específica.

Figura 5-17 Síntese quali-quantitativa de concentrações de Nitrato

Para o nitrato (Figura 5-18), a seção de área de drenagem 9,5 km² apresentou um aumento na carga específica conforme se elevou a altura relativa da água. Entretanto, as outras duas seções analisadas (áreas de drenagem 51,7 km² e 77,4 km², especialmente próximas entre si) apresentaram uma descontinuidade no aumento da carga específica num ponto intermediário de altura relativa da água, devido principalmente à diminuição da concentração de nitrato, para depois seguirem com uma tendência crescente à medida que a altura da água se majorou.

Em todas as seções estudadas, obtiveram-se valores reduzidos de concentração de nitrato (menores a 0,07 mg/L). Segundo Goldman & Horne (1983), as concentrações de nitrato são geralmente baixas nos corpos d'água como um todo, e um aumento considerável do valor desse parâmetro está condicionado pelo incremento de matéria orgânica, resultado da entrada de efluentes domésticos e industriais. Assim, concentrações muito elevadas desse parâmetro são indicadoras de águas poluídas (BARRETO, 1999).

Chapman & Kimstach (1992) afirmaram que as concentrações de nitrato costumam ser muito baixas nas águas superficiais, por volta de 0,001 mg/L, raramente excedendo à concentração de 1 mg/L, sendo que as altas concentrações de nitrato podem ser indicadoras de lançamento de efluentes industriais.

Da mesma maneira que o nitrato, e para todas as seções analisadas, os maiores valores de carga específica de nitrato foram obtidos nos maiores valores de altura

relativa da água (sob tormenta intensa), devido principalmente aos valores altos de vazão, apesar de haver, nesses níveis, os menores valores de concentração de nitrito.

Figura 5-18 Síntese quali-quantitativa de concentrações de Nitrito

O FT (Figura 5-19) mostrou um comportamento bem similar ao DBO em cada seção analisada, apresentando também uma tendência de aumento da carga específica com o aumento da altura relativa da água. Nas seções correspondentes às áreas de drenagem de 9,5 km² e 51,7 km², essa tendência é clara. Porém, a seção de área de drenagem 77,4 km² apresentou uma descontinuidade num ponto intermediário, correspondente à primeira campanha (época seca), por causa da diminuição na concentração de fosfato.

Os valores obtidos de concentração de fosfato mostraram-se, nas três seções estudadas, variáveis temporal e espacial. As variações das concentrações nos compostos de fósforo na água são bastante dinâmicas, já que esses elementos podem ser utilizados, armazenados, transformados e excretados rapidamente e repetidamente por vários organismos aquáticos (WETZE L& LIKENS, 1979).

O fósforo (na forma de fosfato) é um nutriente essencial para os organismos vivos existentes na água. Geralmente é o fator limitante da produtividade primária em sistemas aquáticos, e incrementos artificiais nas concentrações podem indicar poluição,

sendo a principal causa da eutrofização nos corpos d'água. As fontes naturais de fósforo são principalmente as rochas (intemperismo) e a decomposição da matéria orgânica. Águas residuárias domésticas (contendo particularmente detergentes), efluentes industriais e fertilizantes (escoamento superficial) contribuem para a elevação dos níveis de fósforo nas águas superficiais (PELAEZ-RODRIGUEZ, 2001).

Observou-se que os maiores valores de carga específica de fosfato total, nas três seções analisadas, foram obtidos nas maiores alturas relativas da água. Apesar disso, não foram registradas, nesses níveis, as maiores concentrações de fosfato. Os elevados valores de vazão apresentados contribuíram para o aumento considerável do valor da carga específica de fosfato em relação aos outros valores registrados.

Figura 5-19 Síntese quali-quantitativa de concentrações de FT

No caso dos ST (Figura 5-20), as maiores cargas específicas para as três seções analisadas se apresentaram nas maiores alturas relativas da água (sob tormenta intensa), devido principalmente aos altos valores das concentrações obtidos nessas alturas. Os ST apresentaram as maiores concentrações no período de chuva intensa em todos os pontos de coleta, sendo provavelmente a turbulência, o carreamento de material alóctone e o aumento da vazão os fatores que mais influenciaram.

A carga específica dos ST, para a seção de menor área de drenagem (9,5 km²), aumentou à medida que a altura relativa da água aumentou, no entanto, nas outras duas seções (51,7 km² e 77,4 km²), houve uma descontinuidade no crescimento das cargas, devido à diminuição da concentração nesses pontos, gerando uma quebra no crescimento da carga específica, para depois seguir com a tendência crescente à medida que a altura da água aumentou.

Figura 5-20 Síntese quali-quantitativa das concentrações de ST

No caso dos STV e STF (Figura 5-21 e Figura 5-22), nas três seções analisadas, as maiores cargas específicas se apresentaram nos maiores valores de alturas relativas da água (sob tormenta intensa), devido principalmente aos altos valores das concentrações obtidos nesses níveis. Em todos os pontos de coleta, os STV e os STF apresentaram as maiores concentrações no período de chuva intensa, sendo provavelmente a turbulência, o carreamento de material alóctone e o aumento da vazão os fatores de maior influência.

A carga específica dos STV (Figura 5-21), para a seção de área de drenagem 9,5 km², aumentou à medida que a altura relativa da água se elevou. No entanto, para as outras duas seções (áreas de drenagem 51,7 km² e 77,4 km², próximas espacialmente entre si), houve uma descontinuidade no crescimento da carga, em pontos

intermediários correspondentes à terceira campanha para ambos os casos, devido à diminuição da concentração nesses pontos. Isso gerou um degrau na curva da carga específica, que depois manteve a tendência crescente à medida que a altura da água ficou maior.

No caso dos STF (Figura 5-22), as três seções em estudo apresentaram descontinuidades no crescimento da carga, gerando uma diminuição nas cargas específicas, para depois seguir com uma tendência crescente à medida que a altura da água aumentou. Em todas as seções analisadas, essa redução correspondeu à terceira campanha e foi causada principalmente pela redução na concentração de STF.

Figura 5-21 Síntese quali-quantitativa de concentrações de STF

Figura 5-22 Síntese quali-quantitativa de concentrações de STF

Na análise do segundo quadrante, vulnerabilidade X18 vs carga específica, da Figura 5-13 à Figura 5-22 (OD, DQO, DBO, NTK, Nitrato, Nitrito, FT, ST, STV e STF) pode-se observar, nas três seções analisadas, que a maior vulnerabilidade se apresentou nos maiores valores de carga específica e, por conseguinte, nos maiores valores de altura relativa da água (sob tormenta intensa).

As três seções em estudo mostraram, para todos os parâmetros limnológicos analisados, tendências instáveis entre a variação da carga específica e a vulnerabilidade. No caso da seção de menor área de drenagem (9,5 km²), a causa foi a variação não crescente da velocidade média em relação à altura relativa da água, e no caso das outras duas seções (51,7 km² e 77,4 km²), foi a proximidade entre os níveis da altura da água registrada nas diferentes campanhas. As variações temporais das concentrações dos parâmetros físico-químicos influíram também nas tendências apresentadas.

Na Tabela 5-19 são mostradas as tendências apresentadas entre a carga específica e a vulnerabilidade dos parâmetros estudados, para cada uma das seções analisadas. A tendência estável indica o aumento ou decréscimo da carga específica conforme aumentou ou diminuiu a vulnerabilidade, e as tendências instável e muito instável mostram um aumento ou diminuição da carga específica conforme diminuiu ou aumentou a vulnerabilidade.

Tabela 5-19 Tendências entre a carga específica e a vulnerabilidade.

Escala (km²)	9,5	51,7	77,4
Carga específica (kg/ha.ano)	Vulnerabilidade (X18)		
OD	estável	estável	estável
DQO	instável	instável	estável
DBO	instável	estável	estável
NTK	muito instável	instável	estável
Nitrato	ND	estável	instável
Nitrito	estável	instável	instável
FT	instável	estável	estável
ST	instável	instável	instável
STF	muito instável	instável	instável
STV	instável	instável	instável

ND: não definido, se apresentou carga específica zero de nitrato.

Pode-se observar, da Figura 5-13 à Figura 5-22, que para um mesmo valor de carga específica, a seção de área de drenagem 51,7 km² apresentou a maior vulnerabilidade, enquanto a seção de área de drenagem 9,5 km² mostrou a menor vulnerabilidade. Isso não pode ser visualizado claramente para a DBO e NTK, devido à grande variabilidade nas tendências das curvas, e no caso do nitrato, devido à seção de menor área de drenagem apresentar carga específica zero em todas as campanhas realizadas.

Cabe salientar que a observação anterior (maior e menor vulnerabilidade) foi apresentada com clareza em níveis médios e altos da altura relativa da água, tornando-se mais difícil a visualização da mesma em níveis baixos, devido ao comportamento discrepante das curvas nesses níveis.

Analisando-se o aumento da vulnerabilidade conforme o aumento da altura relativa da água (independente do parâmetro limnológico), observou-se que a seção de área de drenagem 9,5 km² não seguiu essa tendência devido à diminuição da velocidade média da água num nível superior. Porém, nas duas outras seções (51,7 km² e 77,4 km²), as tendências das curvas mostraram nitidamente um aumento da vulnerabilidade conforme aumentou a altura relativa da água.

5.3.2. Análise do hemisfério hidrológico-hidráulico ou quantitativo

No terceiro quadrante, vulnerabilidade X18 vs vazão específica, da Figura 5-13 à Figura 5-22 observa-se que os maiores valores de vulnerabilidade, nas três seções em estudo, apresentaram-se nos maiores valores de vazão específica (sob tormenta intensa). Segue-se, em todos os casos, uma tendência de aumento da vulnerabilidade conforme cresce a vazão específica. Apenas na seção de área de drenagem 9,5 km² houve uma descontinuidade num ponto intermediário, causada pela diminuição da velocidade média nesse ponto, que fez diminuir a vulnerabilidade, ocasionando uma quebra na curva. Depois esta continua com uma tendência crescente.

Observa-se no terceiro quadrante, que para um mesmo valor de vazão específica, a seção de área de drenagem 51,7 km² apresenta a maior vulnerabilidade, enquanto a menor vulnerabilidade corresponde à seção de área de drenagem 9,5 km². Similarmente ao segundo quadrante, essa observação foi visualizada com nitidez para valores médios e altos de vazão específica.

Avaliando o quarto e último quadrante, altura relativa da água vs vazão específica, observou-se da Figura 5-13 à Figura 5-22, para as três seções analisadas, que a variação da vazão específica em relação à variação da altura relativa da água não apresentou nenhuma irregularidade. Isto é, à medida que a vazão específica aumenta, a altura relativa da água também aumenta, sendo esta tendência usual para as curvas cota-vazão, também denominadas curva-chave.

É assim que as maiores vazões específicas apresentaram-se com as maiores cotas hidrométricas (sob tormenta intensa), ressaltando-se que a seção de área de drenagem 9,5 km² apresentou, para valores medianos e altos de alturas relativas da água, os maiores valores de vazão específica.

5.4. Presença de metais na água do rio

Os metais são considerados um tipo de poluente bastante comum na água. Sua origem pode ser natural, resultado de processos como o intemperismo ou a infiltração em solos e rochas, ou antrópica, proveniente de lançamentos de efluentes e resíduos sólidos, e também por atividades agrícolas e de mineração.

Segundo Barreto (1999), os metais mais comumente encontrados em concentrações superiores às naturais nos ecossistemas aquáticos, provenientes da ação antrópica, são o ferro (Fe), o manganês (Mn), o cobre (Cu), o chumbo (Pb), o zinco (Zn), o cromo (Cr), o níquel (Ni), o cádmio (Cd), o alumínio (Al) e, dependendo das atividades desenvolvidas na região, o mercúrio (Hg).

Da Tabela 5-20 até a Tabela 5-22 mostram-se as concentrações obtidas de cada um dos metais analisados no presente estudo, cuja escolha foi baseada na sua larga utilização em processos industriais, principalmente considerando-se os processos mais comuns na cidade de São Carlos, e cujos lançamentos são feitos nas águas do rio do Monjolinho e seus afluentes (BARRETO, 1999; NOVELLI, 2005).

Tabela 5-20 Concentração de metais na seção de 9,5 km²

N.º Camp.	Altura da água (m)	Concentração (mg/L)							
		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
1	0,18	ND	0,17	0,012	0,024	2,429	0,052	0,017	ND
2	1,20	0,146	0,18	0,023	0,092	80,9	0,525	0,058	ND
3	0,30	0,103	0,45	0,057	0,145	2,015	0,107	0,031	0,077
4	0,26	0,067	0,20	0,035	0,107	2,068	0,126	0,021	0,096

ND = Não detectado

Tabela 5-21 Concentração de metais na seção de 51,7 km²

N.º Camp.	Altura da água (m)	Concentração (mg/L)							
		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
1	0,41	0,034	0,07	ND	0,016	5,36	0,212	0,027	0,093
2	1,10	0,077	0,12	0,004	0,024	27,4	0,12	0,04	ND
3	0,18	0,084	0,31	0,055	0,125	3,115	0,06	0,019	0,082
4	0,16	0,065	0,38	0,048	0,109	4,551	0,127	0,018	0,111

ND = Não detectado

Tabela 5-22 Concentração de metais na seção de 77,4 km²

N.º Camp.	Altura da água (m)	Concentração (mg/L)							
		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
1	0,42	ND	0,13	0,003	0,012	2,52	0,029	0,01	0,011
2	0,82	0,031	0,06	ND	0,043	28,52	0,141	0,040	ND
3	0,39	0,045	0,12	0,019	0,076	2,657	0,052	0,02	0,077
4	0,37	0,072	0,32	0,046	0,104	2,542	0,09	0,022	0,095

ND = Não detectado

Na Tabela 5-23 encontram-se os intervalos de concentrações de metais registradas para cada seção analisada.

Na Tabela 5-23, pode-se observar que, de todos os metais analisados, o ferro registrou as maiores concentrações nas três seções estudadas, sendo esses valores de concentrações muito elevadas sob condições de tormenta intensa (em que se registraram os maiores níveis hidrométricos). Essas concentrações provavelmente decorreram da entrada de processos erosivos e transporte de sedimentos abundantes em ferro, de montante a jusante.

Usualmente os valores de ferro na água são altos, pois este é um elemento muito encontrado nos solos que tiveram origem na decomposição de minerais que contêm alto teor de ferro, característicos da região do Monjolinho (BARRETTO, 1999).

Em geral, os maiores valores de concentrações de metais não se deram nas alturas máximas da água (com exceção do ferro). Tampouco, para nenhum dos metais selecionados houve uma correspondência direta entre o crescimento da concentração de metais e o crescimento da altura da água.

Comparando-se as três seções em estudo, pode-se observar, na Tabela 5-23, que os maiores valores de concentrações de metais se deram na seção de menor área de drenagem (9,5 km²). Nota-se, também, que as três seções mostraram grande variabilidade nas concentrações de metais.

Os valores das concentrações dos metais analisados foram comparados com os padrões de qualidade da água da resolução CONAMA 357/05 (Conselho Nacional do Meio Ambiente) para corpos d'água classe 2, classe na qual estão enquadrados os rios da bacia em estudo. A Tabela 5-24 apresenta os valores máximos de concentração, estabelecidos nessa resolução, para cada um dos metais em questão.

Na Tabela 5-23 e na Tabela 5-24, e para as três seções estudadas, pode-se observar que os metais que ultrapassaram o limite aceito pela resolução CONAMA 357/05 foram Pb, Cd, Fe, Cu e Cr. Entretanto, o Ni e o Mn apresentaram valores que ora excederam e ora não excederam os limites definidos pela resolução CONAMA 357/05. O único metal que em nenhum momento registrou valores acima do limite permitido pela CONAMA foi o Zn.

Na Tabela 5-25 são apresentados os valores de carga específica (kg /ha. ano) para cada metal e seção analisada. A carga específica foi obtida dividindo-se a carga (concentração do metal*vazão) pela área de drenagem a montante da seção em estudo.

Tabela 5-23 Intervalo de concentrações de metais presentes na água do rio

Escala (km ²)	Concentração de metais (mg/L)							
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
9,5	ND a 0,140	0,17 a 0,45	0,012 a 0,057	0,024 a 0,145	2,0 a 80,9*	0,052 a 0,525	0,017 a 0,058	ND a 0,096
51,7	0,034 a 0,084	0,07 a 0,38	ND a 0,055	0,016 a 0,125	3,1 a 27,4*	0,060 a 0,212	0,018 a 0,040	ND a 0,111
77,4	ND A 0,072	0,06 a 0,32	ND a 0,046	0,012 a 0,104	2,5 a 28,5*	0,029 a 0,141	0,010 a 0,040	ND a 0,095

*Sob tormentas intensas; ND = Não detectado

Tabela 5-24 Valores máximos estabelecidos para metais na resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água classe 2

Metais	Concentração (mg/L)							
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
Valor máximo permitido	0,18	0,01	0,001	0,025	0,3	0,1	0,009	0,05

Tabela 5-25 Intervalo de cargas específicas de metais pesados

Escala (km ²)	Cargas específicas de metais (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)							
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
9,5	ND a 50,9	0,9 a 62,8	0,07 a 8,0	0,1 a 32,1	12,8 a 28236,5*	0,3 a 183,2	0,1 a 20,2	ND a 0,6
51,7	0,4 a 10,1	0,7 a 15,7	ND a 0,5	0,2 a 3,2	24,6 a 3593,3*	0,5 a 15,7	0,1 a 5,3	ND a 0,9
77,4	ND A 3,7	0,9 a 7,1	ND a 0,3	0,1 a 5,1	17,7 a 3375,5*	0,2 a 16,7	0,1 a 4,7	ND a 0,7

*Sob tormentas intensas; ND = Não detectado

Comparando as três seções em estudo, pode-se observar na Tabela 5-25, que os maiores valores de cargas específicas para todos os metais (com exceção do cromo), se apresentaram na seção de menor área de drenagem (9,5 km²). Entretanto, o ferro registrou as maiores cargas específicas em todas as seções estudadas, sendo que para condições de tormenta intensa (onde se obtiveram os maiores níveis hidrométricos), esses valores foram extremadamente altos em relação aos outros valores obtidos.

Em geral, para todos os metais, e nas três seções estudadas, os maiores valores de carga específica apresentaram-se nas maiores alturas relativas da água, apesar de nesses níveis não se registrarem as maiores concentrações de metais. Os elevados valores de vazão apresentados contribuíram para aumentar de maneira considerável o valor da carga específica em relação aos outros valores registrados.

5.5. Presença de coliformes na água do rio

A detecção dos agentes patogênicos, principalmente bactérias, protozoários e vírus, em uma amostra de água é extremadamente difícil, em razão das suas baixas concentrações, o que exigiria o exame de grandes volumes da amostra para que fosse detectado um único ser patogênico.

Este obstáculo é superado através dos estudos chamados organismos indicadores de contaminação fecal. Tais organismos não são patogênicos, mas dão uma idéia de quando uma água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais e, por conseguinte, a sua potencialidade para transmitir doenças. Os organismos mais comumente utilizados com tal finalidade são as bactérias do grupo coliforme (VON SPERLING, 1996). Na Tabela 5-26 à Tabela 5-28 apresentam-se as concentrações de coliformes obtidas de cada seção analisada no presente estudo.

Tabela 5-26 Concentração de Coliformes na seção de 9,5 km²

N.º Campanha	Altura da água (m)	Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	Coliformes totais (UFC/100mL)
1	0,18	-	-
2	1,20	6200	33200
3	0,30	24000	61000
4	0,26	11000	53000

- não medido

Tabela 5-27 Concentração de Coliformes na seção de 51,7 km²

N.º Campanha	Altura da água (m)	Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	Coliformes totais (UFC/100mL)
1	0,41	-	-
2	1,10	2300	19300
3	0,18	1700	7900
4	0,16	2100	9600

- não medido

Tabela 5-28 Concentração de Coliformes na seção de 77,4 km²

No. Campanha	Altura da água (m)	Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	Coliformes totais (UFC/100mL)
1	0,42	-	-
2	0,82	3800	26500
3	0,39	2500	11700
4	0,37	1000	10400

- não medido

Na Tabela 5-29 apresentam-se as faixas de valores de coliformes termotolerantes (fecais) e coliformes totais obtidos nas três seções analisadas.

Tabela 5-29 Intervalos de concentrações de coliformes presentes na água do rio

Escala (km²)	Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	Coliformes totais (UFC/100mL)
9,5	6200* a 24000	33200* a 61000
51,7	1700 a 2300*	7900 a 19300*
77,4	1000 a 3800*	10400 a 26500*

*Sob tormentas intensas

Na Tabela 5-29, e comparando as três seções analisadas, pode-se observar que a seção de área de drenagem 9,5 km² apresentou as maiores concentrações de coliformes termotolerantes e totais. Nas duas outras seções (51,7 km² e 77,4 km²), essas concentrações foram bem menores em relação às registradas na seção de área 9,5 km².

Na mesma Tabela 5-29, nota-se que a seção de área de drenagem 9,5 km² apresentou as menores concentrações de coliformes termotolerantes e totais sob condições de tormenta intensa (com o maior registro de nível hidrométrico). No entanto, sob essas mesmas condições de tormenta intensa, as seções de 51,7 km² e 77,4 km² apresentaram as maiores concentrações de coliformes. Similarmente aos metais, e para todas as seções analisadas, não houve uma correspondência direta entre o aumento da concentração de coliformes e o aumento da altura da água.

Os resultados obtidos sobre a concentração de coliformes termotolerantes para as seções de análise estão acima do valor máximo recomendado pela CONAMA 357/05 para rios de classe 2 (1000 coliformes termotolerantes por 100 mL), o que indica a possibilidade de ocorrência de doenças de veiculação hídrica para a população local.

5.6. Modelo SWMM

Neste item, discutem-se os resultados obtidos da calibração dos hidrogramas observados, correspondentes aos dois eventos analisados no presente estudo, bem como a validação do modelo por meio dos resultados dos parâmetros de qualidade de água conseguidos a partir do modelo calibrado para os mesmos dois eventos.

5.6.1. Calibração

A calibração consiste em uma importante etapa na fase inicial do trabalho de modelagem, em que se avalia a consistência dos dados de caracterização da área estudada, bem como a sensibilidade de cada parâmetro no modelo utilizado. Não constitui objetivo deste trabalho obter uma perfeita calibração, nem encontrar os valores ideais para cada parâmetro do modelo utilizado e sim mostrar a aplicabilidade e eficiência de um modelo hidrológico, neste caso o SWMM, para a avaliação e análise quali-quantitativa de uma bacia urbana.

Como descrito no item 4.6.2.5, a qualidade dos ajustes dos hidrogramas simulados é avaliada neste trabalho, por meio dos erros percentuais dos volumes escoados, dados em função das vazões observadas e simuladas. Observam-se na Tabela 5-30 os valores dos erros percentuais referentes a cada ponto de controle, obtidos através da Equação 11. Os valores negativos representam volumes superiores para as

vazões observadas. Embora alguns erros tenham se aproximado de 20%, os valores foram considerados satisfatórios para este trabalho.

Tabela 5-30 Erros dos volumes escoados e simulados, dados em percentuais

Ponto de controle	Eventos utilizados na fase de calibração	
	31-12-2003	09-01-2004
FÓRUM	15,5	8,8
CASA BRANCA	-9,9	2,5
CRISTO	16,3	18,6

Como exposto no item 4.6.2.5, o volume escoado foi calibrado manualmente variando alguns parâmetros que incidiram na produção do escoamento. Para os dois eventos analisados, o parâmetro que influenciou nos hidrogramas resultantes de forma mais decisiva em relação ao volume escoado foram a vazão de base (Q_b) e a rugosidade hidráulica dos condutos ou canais naturais (N). No entanto, o parâmetro que incidiu com maior relevância na propagação do escoamento nos hidrogramas foi a rugosidade hidráulica nos canais naturais (N). Os resultados referentes à variação desses parâmetros são apresentados separadamente no Anexo 13.

As declividades das sub-bacias (S) não foram modificadas na calibração, principalmente por terem sido empregados valores já estimados em outros estudos para essa mesma área. As porcentagens de áreas impermeáveis (AI) nas bacias tampouco sofreram alterações, pois os valores utilizados foram calculados e não estimados, seguindo a metodologia de Collodel (2009). Portanto decidiu-se não variar o valor desse parâmetro. Porém fez-se uma análise de sensibilidade das áreas impermeáveis, observando-se que ao aumentá-las em 25%, a vazão de pico nas três seções de controle aumentava em uma média de 12%, e ao diminuí-las em 25 %, a vazão de pico modificava-se em uma média de 10%.

Os valores de NI, NP, DI e DP não foram alterados na calibração pelo fato de que os valores considerados para esses parâmetros foram resultados de calibrações já feitas por um trabalho anterior na bacia do Gregório (ver item 4.6.2.2, Tabela 4-3). Esses resultados, ao serem considerados confiáveis, foram estendidos ao presente trabalho, para toda a área em estudo, incluindo a bacia do Gregório e do Monjolinho. Esses parâmetros, portanto, não precisaram ser calibrados. No entanto, foi realizada uma análise de sensibilidade para os parâmetros NI, NP, DI e DP, observando-se que os

parâmetros que apresentavam maior sensibilidade foram o NI e o DI, possivelmente pelo predomínio das áreas impermeáveis sobre as permeáveis na área em estudo. O NP e o DP apresentaram sensibilidade quase nula apesar de esses parâmetros terem variado em +/- 100% sobre o valor inicial considerado no modelo. Entretanto, a modificação do NI e DI ocasionaram uma variação média de +/- 5% na vazão pico das três seções de controle.

As larguras das sub-bacias (W) não foram alteradas na calibração, sendo o principal motivo que a variação desses valores em +/- 20% nas 57 sub-bacias modeladas não fizeram variar significativamente o hidrograma resultante, mas sim alterou o erro de escoamento em uma média de +/-3% nas três seções de controle. Portanto se decidiu não calibrar esses valores e manter os valores calculados.

A seguir, são apresentados, da Figura 5-23 até a Figura 5-26, os hidrogramas simulados resultantes do SWMM e os hidrogramas observados, referentes aos eventos 1 e 2 considerados no presente trabalho.

Figura 5-23 Gráfico das vazões simuladas e observadas nos três pontos de controle, relativo ao evento 1

Figura 5-24 Gráfico das vazões específicas simuladas e observadas nos três pontos de controle, relativo ao evento 1

Figura 5-25 Gráfico das vazões simuladas e observadas nos três pontos de controle, relativo ao evento 2

Figura 5-26 Gráfico das vazões específicas simuladas e observadas nos três pontos de controle, relativo ao evento 2

5.6.2. Validação de variáveis de qualidade da água

O processo de validação buscou analisar a resposta do modelo a requerimentos qualitativos no sistema de drenagem da bacia em estudo, a partir dos resultados obtidos na calibração.

Após a simulação e calibração no SWMM dos eventos de chuva 1 e 2 na bacia estudada, obtiveram-se as variações das concentrações (em mg/L) das variáveis de qualidade da água OD, FT,ST, DQO e DBO com o tempo, para os três pontos de controle considerados neste trabalho. Conforme indicado no item 4.6.2.5, as concentrações obtidas a partir da simulação foram transformadas a carga específica dividindo-se cada concentração pela área de drenagem a montante (em ha) de cada ponto de controle. Maior detalhamento das concentrações obtidas da simulação, bem como das cargas específicas, podem ser visualizados no Anexo 14.

A partir dos valores detalhados no Anexo 14, obtiveram-se os intervalos de valores das concentrações e cargas simuladas para cada uma das variáveis de qualidade da água e para os três pontos de controle correspondentes aos dois eventos analisados. Esses intervalos são apresentados a seguir na Tabela 5-31 e Tabela 5-32.

Tabela 5-31 Intervalo de valores das variações temporais das concentrações simuladas (em mg/L) correspondentes aos eventos 1 e 2.

Parâmetro	Evento 1 (31-12-2003)			Evento 2 (09-01-2004)		
	FÓRUM	CASA BRANCA	CRISTO	FÓRUM	CASA BRANCA	CRISTO
OD	6,9-7,4	5,8-7,3	6,8-7,4	7,1-7,4	6,2-7,4	6,8-7,4
FT	0,1972-0,6854	0,1762-0,424	0,1544-0,4984	0,1704-0,6875	0,2707-0,4534	0,2198-0,4894
ST	80,4-153,7	94,1-180,4	83,1-170,9	76,2-154,2	126,9-191,2	106,1-185,1
DQO	8,9-13,7	10,5-13,6	10,8-13,9	8,9-14,0	10,9-13,5	11,9-13,8
DBO	2,8-3,9	4,0-7,8	3,4-6,5	2,8-4,0	5,4-8,3	4,4-7,5

Tabela 5-32 Intervalo de valores das variações temporais das cargas específicas simuladas (em kg/ha.ano) correspondentes aos eventos 1 e 2

Parâmetro	Evento 1 (31-12-2003)			Evento 2 (09-01-2004)		
	FÓRUM	CASA BRANCA	CRISTO	FÓRUM	CASA BRANCA	CRISTO
OD	572,4-2751,6	226,9-758,6	226,4-1039,9	623,9-3803,7	593,6-1091,8	475,9-1218,6
FT	53,5-74,7	14,1-19,5	16,1-28,1	58,3-89,3	37,3-42,2	31,8-44,1
ST	11988,5-30429,6	5991,6-10539,9	5604,7-13202,0	13068,9-39978,3	15749,7-19965,4	12193,2-19002,7
DQO	696,1-5172,3	393,4-1485,1	353,4-2035,2	758,8-7290,1	1028,9-2052,1	782,9-2322,9
DBO	309,4-1075,1	258,8-447,9	214,5-529,3	337,3-1454,5	680,6-855,7	496,9-778,6

A análise e discussão dos resultados obtidos para os eventos de chuva 1 e 2 tornaram-se as mesmas, pelo fato de os eventos apresentarem características similares em duração, intensidade e lâmina de chuva acumulada, conforme descrito no item 4.6.2.3. Na Tabela 5-31 e na Tabela 5-32 pode-se observar a similitude entre esses dois eventos, através das faixas de valores de concentrações e cargas obtidas em todos os pontos de controle e variáveis estudadas.

Da Figura 5-27 até a Figura 5-36, mostram-se os polutogramas (variação temporal da carga específica), obtidos através da simulação no SWMM, para cada variável de qualidade da água analisada (OD, FT, ST, DQO e DBO) e para os eventos de chuva 1 e 2 considerados no presente trabalho.

Pode-se observar, na Tabela 5-31, que as concentrações de OD nas três seções de controle, e para os dois eventos, variaram muito pouco com o tempo, apresentando faixas de variação temporal similares, todas elas entre 5,8 e 7,4 mg/L. Porém, na Tabela 5-32 e na Figura 5-27 e Figura 5-28, o ponto Fórum apresentou as maiores cargas específicas (em kg/ha.ano), e o ponto CB as menores cargas, em ambos os eventos.

A Figura 5-27 e a Figura 5-28 mostram uma grande diferença nas cargas específicas de OD, sobretudo durante a ocorrência da chuva, entre o ponto Fórum e os outros dois pontos de controle, bem como a similaridade de valores entre os pontos CB e Cristo. Nota-se também nessas figuras um grande acréscimo dos valores das cargas de OD no ponto Fórum durante a chuva.

Figura 5-27 Polutograma simulado de OD dos três pontos de controle, evento 1

Figura 5-28 Polutograma simulado de OD dos três pontos de controle, evento 2

A Tabela 5-31 mostra que as maiores concentrações de FT em ambos os eventos se deram no ponto Fórum, variando a concentração entre 0.2 e 0.7 mg/L. Nos pontos CB e Cristo, a faixa de valores das concentrações de FT foi similar (entre 0.15 e 0.50

mg/L), possivelmente pela proximidade entre esses dois pontos de controle. Já na Tabela 5-32, e tendo em conta as cargas específicas, pode-se observar com maior clareza que as maiores cargas de FT (em kg/ha.ano) apresentaram-se no ponto Fórum e as menores no ponto CB, no evento 1, e no ponto do Cristo, no evento 2.

Na Figura 5-29 e Figura 5-30 pode-se observar uma grande diferença nas cargas específicas entre o ponto Fórum e os outros dois pontos de controle. Durante a chuva, nos dois eventos, a carga específica do FT teve um acréscimo nos três pontos de controle, sendo esse acréscimo no ponto do Fórum muito marcado e bem maior do que nos pontos CB e Cristo.

Figura 5-29 Polutograma simulado de FT dos três pontos de controle, evento 1

Figura 5-30 Polutograma simulado de FT dos três pontos de controle, evento 2

A Tabela 5-31 mostra que as maiores concentrações de ST em ambos os eventos foram obtidas no ponto CB, sendo a faixa de valores de concentrações, nesse ponto, entre 94 e 191 mg/L. Porém, na Tabela 5-32, e na Figura 5-31, vê-se que o ponto Fórum apresentou as maiores cargas específicas (em kg/ha.ano), e o ponto CB as menores cargas. Na Figura 5-32, observa-se que durante o período pré-chuva e pós-chuva, o ponto CB apresentou as maiores cargas específicas. No entanto, pode-se observar, como no caso do FT, uma ampla diferença nas cargas entre o ponto Fórum e os outros dois pontos de controle, nos períodos de chuva, em ambos os eventos.

Figura 5-31 Polutograma simulado de ST dos três pontos de controle, evento 1

Figura 5-32 Polutograma simulado de ST dos três pontos de controle, evento 2

No caso da DQO, e para os dois eventos analisados, apresentaram-se nos 3 pontos de controle, faixas de variações temporais de concentrações similares (entre 8,9 e

14,0 mg/L), conforme se pode visualizar na Tabela 5-31. No entanto, as maiores cargas da DQO (em kg/ha.ano), para o evento 1, apresentaram-se no ponto Fórum, e as menores cargas, no ponto CB, como se pode observar na Tabela 5-32 e na Figura 5-33. Entretanto, o evento 2 apresentou similaridade nos 3 pontos de controle, dos valores da carga específica, durante os períodos pré-chuva e pós-chuva, segundo se pode observar na Figura 5-34. Porém, e para ambos os eventos, durante a ocorrência da chuva, os valores da carga específica para o ponto Fórum tiveram um aumento considerável.

Figura 5-33 Polutograma simulado de DQO dos três pontos de controle, evento 1

Figura 5-34 Polutograma simulado de DQO dos três pontos de controle, evento 2

Pela Tabela 5-31, pode-se concluir que as menores concentrações da DBO em ambos os eventos deram-se no ponto Fórum (entre 2,8 e 4,0 mg/L), e as maiores concentrações no ponto CB (entre 4,0 e 8,3 mg/L). No entanto, pela Tabela 5-32 e pela Figura 5-35, para o evento 1, o ponto Fórum apresentou as maiores cargas específicas (em kg/ha.ano). Porém, durante o evento 2, nos períodos pré-chuva e pós-chuva, o ponto Fórum apresentou os menores valores de carga específica, conforme se pode observar na Figura 5-36. Durante a ocorrência da chuva, e para os dois eventos, a carga específica da DBO apresentou um acréscimo nos três pontos de controle, sendo esse acréscimo muito marcado no ponto do Fórum. Depois da chuva, houve uma diminuição das cargas da DBO nos 3 pontos de controle, sendo esse decréscimo no ponto Fórum bem maior do que nos outros dois pontos de controle, como se pode observar na Figura 5-35 e na Figura 5-36.

Figura 5-35 Polutograma simulado de DBO dos três pontos de controle, evento 1

Figura 5-36 Polutograma simulado de DBO dos três pontos de controle, evento 2

Na Tabela 5-33, mostram-se os intervalos de valores das concentrações observadas (em mg/L), obtidos nos 3 pontos de controle, nas 4 campanhas realizadas durante o desenvolvimento do presente trabalho.

Tabela 5-33 Intervalo de valores das concentrações observadas (em mg/L) para os 3 pontos de controle, correspondentes às 4 campanhas, efetuadas entre novembro de 2008 e março de 2009

Parâmetro	Ponto de controle		
	FÓRUM	CASA BRANCA	CRISTO
OD	2,4-7,4*	6,5-7,5	6,6-7,3
FT	0,4382-1,0345*	0,4225-0,5013	0,3567-0,466
ST	155-1142,5*	107,5-4863*	110-502,5*
DQO	9-186*	9-96	6-107*
DBO	4-47*	1,7-16*	2,7-15*

*Sob tormentas intensas (Ptotal acumulada de 72,9 mm)

Com as concentrações obtidas em campo, descritas na Tabela 5-33, realizou-se uma comparação entre essas concentrações e as concentrações obtidas da simulação com o SWMM (Tabela 5-31), para os eventos 1 e 2.

Assim, observou-se, pela Tabela 5-31 e Tabela 5-33, que as faixas de valores das concentrações observadas do OD e do FT, para os 3 pontos de controle, são próximas às faixas de valores das concentrações simuladas no SWMM, independente do evento de chuva acontecido. No caso dos parâmetros ST, DQO e DBO, os valores simulados obtidos através do SWMM também são próximos aos valores observados, porém as concentrações observadas desses parâmetros apresentaram picos de concentração como consequência da ocorrência de uma tormenta intensa na segunda campanha (ver item 4.3), como pode ser observado na Tabela 5-33.

6. CONCLUSÕES

As conclusões da presente pesquisa são apresentadas com base nos objetivos traçados no item 2.

Objetivos específicos

1. - Coletar dados de qualidade e quantidade da água do sistema fluvial urbano e periurbano.

- A concentração e a carga específica das variáveis limnológicas analisadas sofreram variações consideráveis sob condições de tormenta intensa. No caso do nitrato, nitrito, fosfato total e metais (com exceção do ferro), as concentrações não variaram relevantemente nessas condições, mas a influência dos elevados valores de vazão acrescentaram de forma apreciável a carga específica. Portanto demonstram-se a importância e a forte influência da vazão nos valores de carga.

- O nível hidrométrico influenciou de forma decisiva nos valores de concentração e carga específica. Esses valores mostraram uma tendência de crescimento à medida que o nível da água se eleva, porém, no caso do nitrogênio total, nitrato, nitrito, metais e coliformes (termotolerantes e totais), o mesmo não foi observado.

- Para a DBO, STV, STF e ferro, as maiores concentrações apresentaram-se nas alturas hidrométricas máximas, porém para os demais parâmetros analisados isto não ocorreu. Conclui-se, portanto, que os maiores valores de concentrações não se apresentam necessariamente nos máximos níveis hidrométricos.

- Concluiu-se que as cargas e concentrações sofrem variações à medida que aumentam o comprimento do rio e as áreas de drenagem a montante. Porém essas variações não apresentam uma tendência definida em nenhuma das variáveis limnológicas consideradas neste estudo.

- A avaliação da água nas seções estudadas indicou a presença importante de concentrações de metais pesados na água, principalmente com um elevado conteúdo de ferro. Todos os metais presentes na água, de todas as seções analisadas, ultrapassaram os limites recomendados pela CONAMA 357/05 (Conselho Nacional do Meio Ambiente), para rios de classe 2.

- As altas concentrações de coliformes termotolerantes e totais registradas indicam a presença de contaminação fecal nas águas analisadas. Todos os valores obtidos excederam os limites definidos pela CONAMA 357/05 (Conselho Nacional do Meio Ambiente), para rios de classe 2. Portanto as águas dos córregos em estudo são fontes potenciais para transmissão de doenças de veiculação hídrica.

2. - Estimar os fatores ecohidrológicos que influenciam nas variáveis de qualidade e quantidade da água.

- Houve tendências discrepantes na variação da carga específica em relação à variação da vulnerabilidade. Conclui-se que nenhuma seção mostrou uma clara correspondência (tendência estável) entre os valores de carga específica e a vulnerabilidade.

- O aumento da altura hidrométrica, influenciou diretamente no aumento da vulnerabilidade. As seções de 51,7 km² e 77,4 km² mostraram nitidamente essa tendência.

- A análise do segundo e do terceiro quadrante indicou que a seção com mais vulnerabilidade foi a seção de área de drenagem 51,7 km² e a menos vulnerável foi a seção de área 9,5 km². Existiu uma correspondência direta entre esses quadrantes, integrando o aspecto qualitativo e quantitativo e associando à variável ecohidrológica.

- O hemisfério quantitativo apresentou tendências definidas nas curvas obtidas, entretanto o hemisfério qualitativo mostrou variabilidade nas tendências das curvas. Porém ambos os hemisférios estão intimamente relacionados. A inclusão de uma variável ecohidrológica (vulnerabilidade) na integração quali-quantitativa colocam a ecohidrologia como uma ferramenta adequada para ampliar os conhecimentos, hipóteses

de trabalho e minimizar as incertezas de monitoramento para uma avaliação qualitativa da água.

3. - Calibrar, validar e simular um modelo de qualidade-quantidade da água para a situação urbana e periurbana.

- A modelagem matemática apresentou-se como uma ferramenta importante para avaliar aspectos quali-quantitativos da água. No caso do presente trabalho, constituiu-se em um “exercício de modelagem” com algumas limitações.

- A calibração dos parâmetros do SWMM, realizada manualmente, possibilitou verificar a influência de cada um deles sobre o hidrograma de resposta na seção de controle analisada. Os parâmetros que exerceram maior influência sobre a vazão de pico bem como o volume escoado do hidrograma foram a vazão de base e a rugosidade hidráulica. Entretanto a rugosidade hidráulica foi o parâmetro que influenciou marcadamente na propagação do escoamento. Assim, apesar de se obter % de erros nos volumes escoados entre 2 e 19 %, os resultados da calibração foram satisfatórios, aproximando os hidrogramas calculados dos observados, comprovando, portanto, a aplicabilidade do modelo SWMM para a bacia urbana estudada.

- As concentrações e cargas específicas obtidas da simulação no SWMM apresentaram variações temporais, sendo essas variações mais fortes durante a ocorrência da chuva. Desse modo evidenciou-se, em todos os casos, a grande influência da chuva nos valores das concentrações e cargas das variáveis indicadoras da qualidade da água.

- As faixas de concentrações simuladas de cada variável obtidas através do SWMM resultaram próximas aos valores observados, portanto conclui-se que o SWMM pode ser usado como ferramenta útil na avaliação qualitativa da água na drenagem urbana.

Objetivo principal

Avaliar, de forma teórica, com base nos dados existentes na literatura, e experimental, com dados obtidos em campo e a aplicação de um modelo matemático de qualidade-quantidade da água, os diferentes indicadores ambientais de uma bacia urbana a partir dos preceitos da ecohidrologia.

A integração quali-quantitativa apresentada e analisada neste trabalho por meio dos “quadrantes de qualidade e quantidade”, os quais foram obtidos a partir de dados experimentais, demonstrou que os aspectos qualitativos e quantitativos da água estão intimamente relacionados, existindo entre eles uma correlação de comportamento, tendências e valores. A inclusão de um enfoque ecohidrológico nessa integração quali-quantitativa coloca a ecohidrologia como ferramenta para gerenciamento de aspectos quali-quantitativos da água e para tomadas de decisão. Finalmente, o uso da modelagem matemática, por meio do SWMM, apresentou-se como uma ferramenta útil e importante para avaliar aspectos qualitativos e quantitativos da água, tornando-se obrigatória sua utilização em estudos e pesquisas de sistemas fluviais urbanos e periurbanos.

7. RECOMENDAÇÕES

Propõem-se, para a realização de trabalhos futuros, as seguintes recomendações:

1. Possuir um número importante de dados de quantidade e qualidade, com o propósito de avaliar de forma mais eficaz os processos quali-quantitativos que ocorrem em uma bacia, seja urbana ou rural. Propõe-se, se possível, a implantação de uma rede de monitoramento de dados hidráulico-hidrológicos e de qualidade da água a fim de atingir uma avaliação mais efetiva.
2. Aprofundar a análise dos indicadores ecohidrológicos, incluindo o estudo de planícies de inundação (ou várzeas) em zonas urbanas e periurbanas, e integrá-las com algumas variáveis quali-quantitativas da água.
3. Avaliar outras possibilidades de modelagem que o SWMM oferece, como por exemplo, a inclusão no modelo da rede de macrodrenagem, de elementos de microdrenagem (bocas de lobo, sarjetas, etc.), dispositivos de armazenamento, unidades de tratamento, fontes pontuais de poluição, entre outras.
4. Implementar procedimentos sistemáticos de calibração para o modelo SWMM, incluindo o uso de programas computacionais que facilitem a calibração.
5. Avaliar cenários de qualidade e quantidade de médio e longo prazo a partir da análise ecohidrológica e a aplicação de um modelo matemático.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

AZEVEDO, L.G.T.; PORTO, R.L.L.; ZAHED, K. 1997. Modelos de simulação e de rede de fluxo. In: PORTO, R. L. L. (Org.). Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos. Coleção ABRH de Recursos Hídricos. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH. 2 ed. p. 165-225.

ALLAN J.D. 1995. Stream Ecology: structure and function of running waters. Chapman & Hall, 388 p.

ALMEIDA-NETO, P. 2007. Hidrogramas experimentais de áreas alagadas da microbacia do rio Jacupiranguinha, Baixo Ribeira de Iguape, SP. Dissertação de Mestrado da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil: 152 p.

ALMEIDA-NETO, P; MENDIONDO, EM. 2009. Eco-hidrologia de pulsos sobre várzeas: conceitos, exemplos e cenários. In: Calijuri MC, Poli AC, Bortoletto P. Subsídios para a sustentabilidade dos recursos hídricos: um estudo de caso em sub-bacias do Baixo Ribeira de Iguape, São Paulo, Brasil. Editorial EESC/USP, 1 ed São Carlos, Brasil. p. 67-86.

APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION). 2005. Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 21 ed Washington, USA: 1085p.

ARAÚJO, J.C.; SANTAELLA, S.T. 2001. Gestão da Qualidade. In: Gestão das Águas Nilson Campos e Ticina Studart (Edit.). Porto Alegre, RS: ABRH. 2. ed. 242 p.

BARRETO, A. 1999. Estudo da distribuição de metais em ambiente lótico, com ênfase na assimilação pelas comunidades biológicas e na sua quantificação no sedimento e água. Tese de doutorado da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil: 276 p.

BOND, B. 2003. Hydrology and ecology meet-and the meeting is good. Hydrological Processes, 17, p.2087-2089.

BOTTINO, F. 2008. Estudo experimental e matemático de qualidade da água com base na ecohidrologia fluvial de pequenas bacias: Estudo de caso do rio Canha, Baixo Ribeira de Iguape, SP. Dissertação de Mestrado da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil:192 p.

BOTTINO, F.; MENDIONDO, E.M. 2009. Estudo experimental e matemático da qualidade de água visando à eco-hidrologia fluvial: Estudo de caso do rio Canha. In: Calijuri MC, Poli AC, Bortoletto P. Subsídios para a sustentabilidade dos recursos hídricos: um estudo de caso em sub-bacias do Baixo Ribeira de Iguape, São Paulo, Brasil. Editorial EESC/USP, 1 ed São Carlos, Brasil. p.123-138.

BRANCO, S M. 1991. A Água e o Homem. In: Porto, R. L.L. (org.). Hidrologia Ambiental. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo; Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

- BRIGANTE, J; ESPINDOLA, E.L.G.; POVINELLI, J; NOGUEIRA, A.M. 2003. Caracterização física, química e biológica da água do rio Mogi-Guaçu. In: Brigante J, Espíndola ELG. *Limnologia Fluvial: Um estudo no rio Mogi-Guaçu*. RiMa Editora, São Carlos, Brasil. p.55-76.
- CALIJURI, M.C.; BUBEL, A.P.M. 2006. Conceituação de microbacias. In: Lima WP, Zaika MJB. *As florestas plantadas e a água*. RiMa Editora, São Carlos, Brasil. p.45-60.
- CAMARA, G; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. 1996. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.
- CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. 2000. Relatório da Qualidade das Águas do Estado de São Paulo. São Paulo, SP: CETESB [et al.]. v. 2. 214 p
- COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. 2001. Calibração Automática do Modelo IPH-2. Anais – XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Aracaju, SE.
- COLLODEL, M. 2009. Aplicação do modelo hidrológico SWMM na avaliação de diferentes níveis de detalhamento da bacia hidrográfica submetida ao processo de transformação chuva-vazão. Dissertação de Mestrado da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil:221 p
- CONAMA RESOLUÇÃO 357 de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.
- CHRISTOFOLETTI, A. 2000. Modelagem de Sistemas Ambientais. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda. 236 p.
- CHAPMAN, D; KIMSTACH, V. 1992. Selection of water quality variables. In: Chapman D. *Water Quality Assessments*. Chapman e Hall, London. p.51-119.
- CUNHA, A. 2000. Monitoramento, parâmetros e controle da qualidade da água. Macapá: Secretaria de Estado do Meio Ambiente.83 p
- CUNHA, A.C.; SIQUEIRA, E.Q.; CUNHA, H.F.A. 2001. Avaliação das Equações de Previsão do Coeficiente de Reaeração no Modelo QUAL2E para Modelagem de Oxigênio Dissolvido: Estudo de caso no Ribeirão do Feijão (São Carlos - SP). In: *Revista de Ciência e Tecnologia do Estado do Amapá*. Macapá, AP: UNIFAP. v. 2. n. 1. p.90 - 111.
- DERISIO, J.C. 2000. Introdução ao controle de poluição ambiental. 2 ed. São Paulo: Editora Signus, 164 p.
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. 2005. Métodos e técnicas de tratamento de água. v.1, 2 ed. São Carlos: RiMa, 792 p.
- ESTEVES, F.A. 1988. Fundamentos de Limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência.

575 p.

FAGUNDES, V. 2006. Uso do modelo QUAL2E no estudo da qualidade da água e da capacidade de autodepuração do rio Araguari-AP (Amazônia). Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós Graduação em Engenharia do Meio Ambiente, da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás. 174 p.

FUNDO MUNDIAL PARA NATUREZA. 1995. De grão em grão, o cerrado perde espaço (Cerrado- Impactos do processo de ocupação), Brasília, WWF, 63 p.

GARCIA, J.I.B. 2005. Monitoramento Hidrológico e Modelagem da Drenagem Urbana da Bacia Hidrográfica do Arroio Cancela. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. 169 p

GARCIA, J. I. B.; PAIVA, E. M. C. D. 2006. Monitoramento Hidrológico e Modelagem da Drenagem Urbana da Bacia do Arroio Cancela – RS. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 11, n. 4, Out/Dez 2006, p. 99-108

GALAVOTI, R.C. 2009. Proposta de um Modelo de Gestão Integrada de Águas Urbanas em Escala de Lote Residencial: Alcances e Limitações. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento - SHS/EESC/USP. Qualificação de Doutorado. São Carlos, SP.

GASTALDINI, M.C.C.; MENDONÇA, A.S.F. 2001. Conceitos para a avaliação da qualidade da água. In: Paiva, J.B.D.; Paiva, E.M.C.D. (orgs.). Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABRH. 625 p.

GASTALDINI, M.C.C.; TEIXERA, E.C. 2001. Avaliação da qualidade da água. In: Paiva, J.B.D.; Paiva, E.M.C.D. (orgs.). Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 625 p.

GOLDMAN, C.R.; HORNE, A.J. 1983. Limnology. International Student, Mc Graw-Hill, Tokyo: 464 p.

GOMES, L. 1981. Aspectos qualitativos das águas pluviais urbanas. Dissertação de Mestrado Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil: 105 p.

HAEFNER, J. W. 1996. Modeling Biological Systems. Principles and Applications. Chapman & Hall.

HORNE, A.J. ;GOLDMAN, C.R. 1994. Limnology. 2nd Edition. MacGraw-Hill Inc., 1994, 576 p.

HYNES, H.B.N. 1970. The ecology of running waters. Liverpool University Press, Liverpool, 555 p.

HU,W.; WANG, G.; DENG, W.; LI, S. 2008. The influence of dams on ecohydrological conditions in the Huaihe River Basin, China, Ecological Engineering. 33, p.233–241

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFICA E ESTATÍSTICA). 2008. <http://www.ibge.gov.br/home/>

JANAUER, G.A. 2000. Ecohydrology: Fusing concepts and scales. *Ecological Engineering*, 16 p.9-16.

JONKMAN, S.N. 2007. Loss of life estimation in flood risk assessment: theory and applications. PhD Thesis Delft University of Technology, Netherlands:353 p.

JORGENSEN, S.E. 1994. Models instruments for combination of ecological theory and environmental practice. *Ecological Modelling*, 75/76, p. 5–20.

KOIDE S.; ALMEIDA DE SOUZA, M.A. 2001. Monitoramento da qualidade da água. In: Paiva, J.B.D.; Paiva, E.M.C.D. (orgs.). *Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas*. Porto Alegre: ABRH. 625 p.

LIMA, E.B.N. 2001. Modelação Integrada para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do Rio Cuiabá. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro, RJ: UFRJ. p. 184.

LIRA, A. M. 2003. Avaliação das Condições do Sistema de Macrodrenagem da Cidade de São Carlos – SP. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 188p.

LUGÃO,W.G.; CALIJURI,M.L.; LOURES,S.S.P. 2009. Caracterização da bacia hidrográfica do rio Jacupiranginha. In: Calijuri MC, Poli AC, Bortoletto P. *Subsídios para a sustentabilidade dos recursos hídricos: um estudo de caso em sub-bacias do Baixo Ribeira de Iguape, São Paulo, Brasil*. Editorial EESC/USP, 1 ed São Carlos, Brasil. p.67-86.

MACIEL FILHO, C. L. 1997. Introdução à geologia de engenharia . 2 ed. Santa Maria:Editora da UFSM; Brasília: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. p. 149-164.

MARGALEF, R. 1983. *Limnologia*. Barcelona: Ediciones Omega, 1009 p.

MARINELLI, C.E.; MORETTO, E.M.; BRUCHA, G.; LUCCA, J.V. 2000. *Limnologia*. In: Espindola ELG, Silva JSV, Martinelli CE, Abdon MM. *A Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho*. RiMa Editora, São Carlos, Brasil. p.133-149.

MENDIONDO, E. M.; CLARKE, R. T.; TOENSMANN, F. 2000a. River restoration, discharge uncertainty and floods. In: TOENSMANN, F.; KOCH, M. (ed.). *River flood defence*. Kassel, Alemanha, v. 2, p. 141-152.

MENDIONDO, E. M.; NEIFF, J. J.; DEPETTRIS, C. A. 2000b. Ecohydrology of wetlands aided by remote sensing: a case study with the REVIVE's GOALS initiative. In: MAIONE, U.; LEHTO, B. M.; MONTI, R. (ed.). *New trends in water and environmental engineering for safety and life*. Rotterdam, Netherlands.

MENDIONDO, E. M. 2001. Contribuições da análise de incertezas para a recuperação

ambiental de bacias pela abordagem interdisciplinar de Geobiohidrologia. Tese (Doutorado), Rec. Hídricos e San. Ambiental, Porto Alegre, RS: Ed. UFRGS

MENDIONDO, E.M. 2008. Challenging issues of urban biodiversity related to ecohydrology. *Brazilian Journal of Biology*, p.983-1002.

MERTEN, G.H.; MINELLA, J.P. 2002. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: Um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável*. Porto Alegre, v3, n.4, out./dez. 2002.

NEIFF, J. J.; MENDIONDO, E.; DEPETTRIS, C. 2000. Enso's floods on Paraná river ecosystems, South America. In: TONSMANN, F.; KOCH, M. (ed.). *River flood defence*. Herkules Vg., Kassel.

NOVELLI, A. 2005. Estudo limnológico e ecotoxicológico da água e sedimento do rio Monjolinho-São Carlos (SP), com ênfase nas substâncias de referência cádmio e cobre. Dissertação de Mestrado da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil: 212 p.

OLIVEIRA, S.R. 2003. Avaliação da qualidade da água e da carga de nutrientes do Córrego Cancã, município de São Carlos-SP. Dissertação de Mestrado da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil: 141 p.

PARK, S. Y.; LEE, K. W.; PARK, I. H.; HA, S. R. 2008. Effect of the Aggregation Level of Surface Runoff Fields and Sewer Network for a SWMM Simulation. *Desalination* 226. p. 328-337.

PELAEZ-RODRIGUEZ, M. 2001. Avaliação da qualidade da água da Bacia do Alto Jacaré-Guaçu SP (Ribeirão do Feijão e rio do Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas. Tese de doutorado da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil: 145 p.

PORTO, M.F.A. 1995. Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas. Org: Tucci, C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T.; In: *Drenagem urbana: Coleção ABRH de Recursos Hídricos*. 5 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, p. 387-428.

PORTO, M. F. A.; BRANCO, S. M.; LUCA, S. J. de. 1991. Caracterização da qualidade da água. In: PORTO, R. L. L. (Org.). *Hidrologia ambiental*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 3, p. 27- 66.

RAUCH, W. ; HENZE, M. ; KONCSOS, L; REICHERT, P.; SHANAHAN, P.; SOMLYODY, L.; VANROLLENGHEM, P. 1998. River Water Quality Modelling: I.State of de Art. *Wat. Sci. Tech*, v.38, n.11, p.237-244.

REBOUÇAS, A. C. 2004. *Uso Inteligente da Água*. São Paulo, SP: Escrituras. p. 207.

RELATÓRIO PÓLIS. 2002. Assessoria Técnica para Elaboração do Plano Diretor de São Carlos. *Leitura Técnica da Cidade (Produto 1)*. São Paulo.

ROCHA, O.; PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E. dos. 2000. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento. Org: Espindola, E.L.G.; Silva, J.S.V.; Marinelli, C.E. e Abdon, M.M.; In: A Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho. São Carlos, SP. Ed. RiMa. Cap 1. p. 1-16

RONDON, E. 2001. Modelagem integrada para gestão da qualidade da água na bacia do rio Cuiabá. Tese de doutorado- Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 184 p

ROSSMAN, L.A. 2007 Storm Water Management Model, Version 5.0: User's Manual. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH. Disponível em: http://www.epa.gov/ednnrmrl/models/swmm/epaswmm5_user_manual.pdf. Acesso em: 25 set. 2009

SAITO, C.H. 2001 Un. I. A política nacional de recursos hídricos e o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos. Un. II. Gestão de bacias e participação. Un. III. Temas relevantes para a problemática dos usos múltiplos de recursos hídricos. In: Aquino Leite, A.L.T.; Mininni-Medina, N. Educação ambiental: curso básico à distância: documentos e legislação da educação ambiental. 5 v., 2ª edição ampliada. MMA, Brasília. 75 p.

SALAMI, L. 1996. Estudo das influências climáticas e antropogênicas nas características físico-químicas no rio do Monjolinho. Dissertação de Mestrado da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil: 135 p.

SÉ, J. 1992. O rio do Monjolinho e sua bacia hidrográfica como integradores de sistema ecológicos: um conjunto de informações para o início de um processo de pesquisas ecológicas, de educação, planejamento e gerenciamento ambientais a longo prazo. Dissertação de Mestrado da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil: 381 p.

SEMA/SP - Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 2000. A Qualidade das Águas. Série Manuais Ambientais. São Paulo, SP: CETESB [et al.]. 2. ed. 44 p.

SHRIVASTAVA, G. 2006. Ecohydrology and water resources management: a pilot study in Trinidad. Hydrological Sciences, n 51, v.6, p. 1163-1176.

SOUZA, T.F. 2008. Drenagem Urbana sob Cenários de Longo Prazo visando Incentivos Ambientais. Dissertação de Mestrado da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil: 253 p.

SOUZA, A.D.G.; TUNDISI, J.G. 2000. Hidrogeochemical comparative study of the Jaú and Jacaré-Guaçu river watersheds, São Paulo, Brazil. **Rev. Brasil. Biol.**, 60(4), p. 563- 570.

TCHOBANOGLOUS, G.; SCHROEDER, E.D. 1985. Water Quality. 1th edition, Addison-Wesley Pub.Inc.

TEMPRANO, J. ; ARANGO,O.; CAGIAO,J.;SUAREZ,J.; TEJERO,I. 2006.

Stormwater quality calibration by SWMM: A case of study in Northern Spain. *Water SA*, v.32,n.1, p. 55-63.

TOMAZ, P. 2006. *Poluição Difusa*. São Paulo: Editora Navegar, 450 p.

TUCCI, C.E.M. 1998. *Modelos Hidrológicos*. Porto Alegre: Ed.Universidade/UFRGS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 669 p.

TUCCI, C.E.M. 2002. (Org.). *Hidrologia: Ciência e aplicação*. Porto Alegre, RS: UFRGS. 3. ed. 943 p.

TUCCI, C.E.M.; HESPAHOL, I.; CORDEIRO NETO, O.M. 2001. *Gestão da Água no Brasil*. Brasília, DF: UNESCO. 190 p.

TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. 1995. *Drenagem Urbana: Coleção ABRH de Recursos Hídricos*. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH. 5 ed 428 p.

TUNDISI, J.G. 1999. *Limnologia no Século XXI: perspectivas e desafios*. São Carlos: Instituto Internacional de Ecologia. 24 p.

TUNDISI, J.G. 2003. *Água no século XXI:enfrentando a escassez*. São Carlos:RiMa, IIE. 246 p.

UNESCO (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA). 2006. *Demonstration projects in ecohydrology*. <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001474/147490e.pdf>

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C.E. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* v. 37 n.1, p. 130-137.

WETZEL. R.G, LIKENS, G.E. 1979. *Limnological Analysis*. Philadelphia: WB Saunders. 375 p.

VIANA, S. 2005. *Riqueza e distribuição de macrófitas aquáticas no rio Monjolinho e tributários (São Carlos, SP) e análise de sua relação com as variáveis físicas e químicas*. Dissertação de Mestrado da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil: 135 p.

VON SPERLING, M. 1996. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. DESA, UFMG, 2 ed, Belo Horizonte, Brasil: 243 p.

ZALEWSKI, M. 2000. Ecohydrology—the scientific background to use ecosystem properties as management tools toward sustainability of water resources. *Ecological Engineering* 16: 1–8.

ZALEWSKI, M.; ROBARTS, R. 2003. Ecohydrology - a new paradigm for integrated water resources management. *Sil News* v.40, p.1-5.

ANEXOS

Anexo 1 Seções transversais das estações analisadas (Fonte: Souza, 2008)

Seção transversal do Fórum (área de drenagem a montante 9,5 km²)

Seção transversal da Casa Branca (área de drenagem a montante 51,7 km²)

Seção transversal do Cristo (área de drenagem a montante 77,4 km²)

Anexo 2 Dados de entrada do modelo para as sub-bacias

Sub-bacia	Área (ha)	W (m)	AI (%)	S (%)	Uso do solo (% de área)	
					Residencial	Rural
1	253,68	2.114,57	1,50	2,80	1	99
2	50,26	1.326,11	3,00	1,50	8	92
3	77,85	1.600,27	0,50	2,70	0	100
4	73,86	1.932,77	1,00	0,30	0	100
5	190,66	3.080,42	7,00	1,80	0	100
6	4,43	349,04	1,00	1,30	0	100
7	136,06	2.442,90	16,00	2,40	25	75
8	131,27	1.241,74	0,80	3,30	0	100
9	22,27	571,77	0,80	2,30	0	100
10	192,63	1.642,14	0,80	3,00	0	100
11	34,30	1.564,00	45,00	0,20	0	100
12	193,49	2.449,81	58,00	2,80	61	39
13	53,88	1.544,46	13,00	0,10	64	36
14	200,26	1.577,15	1,00	2,90	0	100
15	69,54	1.967,63	42,00	0,10	49	51
16	221,22	2.465,99	55,00	1,90	100	0
17	99,38	2.481,36	12,00	0,10	55	45
18	225,59	1.920,01	1,00	1,60	0	100
19	18,92	1.258,44	2,00	0,30	17	83
20	104,90	2.263,41	66,00	1,60	44	56
21	25,70	1.443,44	2,00	0,20	0	100
22	340,27	2.366,39	1,20	1,20	0	100
23	245,74	3.376,61	40,00	0,60	40	60
24	353,23	1.913,78	18,00	2,10	20	80
25	95,86	1.874,81	92,00	0,80	87	13
26	144,78	1.784,25	80,00	3,30	88	12
27	106,78	2.165,68	92,00	0,80	100	0
28	509,55	2.284,77	7,00	1,20	6	94
29	43,82	1.702,28	12,00	1,30	0	100
30	191,89	1.534,22	17,00	2,20	10	90
31	132,57	1.673,22	20,00	1,00	41	59
32	153,67	2.312,27	60,00	3,20	94	6
33	117,70	2.059,70	94,00	0,50	100	0
34	14,78	1.365,17	94,00	2,20	100	0

Sub-bacia	Área (ha)	W (m)	AI (%)	S (%)	Uso do solo (% de área)	
					Residencial	Rural
35	201,10	1.744,32	94,00	3,20	100	0
36	139,37	2.218,70	95,00	0,70	100	0
37	33,82	1.930,63	95,00	2,20	100	0
38	30,36	1.472,59	66,00	3,30	100	0
39	65,94	884,20	92,00	1,70	100	0
40_a	31,15	1.886,88	37,00	0,50	100	0
40_b	77,15	2.170,07	35,00	0,30	100	0
41	320,87	3.260,06	65,00	2,00	95	5
42	262,83	2.700,10	70,00	2,00	100	0
43	141,86	2.134,56	8,00	3,40	0	100
44	117,32	1.348,50	23,00	2,90	0	100
45	163,62	2.754,83	68,00	0,30	63	37
46	67,07	1.505,97	55,00	4,10	82	18
47	64,42	1.921,86	93,00	0,90	100	0
48	121,41	1.777,68	14,00	3,20	85	15
49	72,11	1.466,44	94,00	3,10	100	0
50	93,48	1.520,39	23,00	3,90	100	0
51	82,35	1.721,10	90,00	3,20	100	0
52	226,81	2.774,82	89,00	1,00	100	0
53	465,82	3.556,89	87,00	4,20	100	0
54	127,28	2.264,55	90,00	3,00	100	0
55	162,20	2.361,28	95,00	0,60	100	0
56	6,65	702,64	10,00	3,60	100	0
57	83,62	2.218,33	15,00	2,20	94	6

Anexo 3 Parâmetros utilizados para o cálculo da largura das sub-bacias (W)

Sub-bacia	Área (km²)	Perímetro (m)	Kc	Le (m)	W (m)
1	2,54	6.641,71	1,18	1.199,69	2.114,57
2	0,50	3.423,82	1,36	379,02	1.326,11
3	0,78	4.189,49	1,34	486,49	1.600,27
4	0,74	4.652,06	1,53	382,16	1.932,77
5	1,91	7.433,96	1,52	618,95	3.080,42
6	0,04	955,17	1,28	126,95	349,04
7	1,36	6.026,72	1,46	556,97	2.442,90
8	1,31	4.600,57	1,13	1.057,17	1.241,74
9	0,22	1.925,29	1,15	389,55	571,77
10	1,93	5.637,20	1,15	1.173,05	1.642,14
11	0,34	3.585,86	1,73	219,31	1.564,00
12	1,93	6.503,03	1,32	789,80	2.449,81
13	0,54	3.803,73	1,46	348,85	1.544,46
14	2,00	5.698,36	1,14	1.269,77	1.577,15
15	0,70	4.665,16	1,58	353,40	1.967,63
16	2,21	6.748,68	1,28	897,09	2.465,99
17	0,99	5.793,50	1,64	400,50	2.481,36
18	2,26	6.200,66	1,16	1.174,93	1.920,01
19	0,19	2.833,47	1,84	150,38	1.258,44
20	1,05	5.479,49	1,51	463,45	2.263,41
21	0,26	3.261,01	1,81	178,02	1.443,44
22	3,40	7.622,07	1,17	1.437,94	2.366,39
23	2,46	8.246,69	1,48	727,77	3.376,61
24	3,53	7.520,19	1,13	1.845,74	1.913,78
25	0,96	4.791,71	1,38	511,28	1.874,81
26	1,45	5.205,34	1,22	811,43	1.784,25
27	1,07	5.341,44	1,46	493,06	2.165,68
28	5,10	9.030,99	1,13	2.230,23	2.284,77
29	0,44	3.940,06	1,68	257,42	1.702,28
30	1,92	5.574,13	1,13	1.250,76	1.534,22
31	1,33	4.943,73	1,21	792,32	1.673,22
32	1,54	5.977,29	1,36	664,57	2.312,27
33	1,18	5.283,59	1,37	571,44	2.059,70
34	0,15	2.964,87	2,17	108,29	1.365,17
35	2,01	5.802,95	1,15	1.152,87	1.744,32
36	1,39	5.716,51	1,37	628,16	2.218,70

Sub-bacia	Área (km²)	Perímetro (m)	Kc	Le (m)	W (m)
37	0,34	4.236,70	2,05	175,17	1.930,63
38	0,30	3.375,66	1,73	206,18	1.472,59
39	0,66	3.261,97	1,13	745,76	884,20
40_a	0,31	4.128,52	2,09	165,08	1.886,88
40_b	0,77	5.077,16	1,63	355,52	2.170,07
41	3,21	8.521,24	1,34	984,25	3.260,06
42	2,63	7.371,77	1,28	973,40	2.700,10
43	1,42	5.619,38	1,33	664,60	2.134,56
44	1,17	4.443,87	1,16	869,97	1.348,50
45	1,64	6.728,48	1,48	593,94	2.754,83
46	0,67	3.917,89	1,35	445,38	1.505,97
47	0,64	4.536,77	1,59	335,18	1.921,86
48	1,21	4.936,95	1,26	682,95	1.777,68
49	0,72	3.930,39	1,31	491,77	1.466,44
50	0,93	4.283,51	1,25	614,87	1.520,39
51	0,82	4.416,97	1,37	478,49	1.721,10
52	2,27	7.212,49	1,35	817,40	2.774,82
53	4,66	9.765,27	1,28	1.309,62	3.556,89
54	1,27	5.677,59	1,42	562,06	2.264,55
55	1,62	6.120,35	1,36	686,90	2.361,28
56	0,07	1.603,38	1,75	94,71	702,64
57	0,84	5.216,90	1,61	376,95	2.218,33

Anexo 4 Concentrações por unidade de área para as sub-bacias em deposição seca

Evento 1: 31/12/03 – Precipitação total: 16,5 mm

Sub-bacia	Área (km ²)	CN	C	V _{total} (L)	Concentrações iniciais por unidade de área em bacias (kg/ha)				
					OD	FT	ST	DQO	DBO
1	2,40	58	0,07	39.600.000	0,09	0,01	2,08	0,11	0,06
2	0,51	58	0,07	8.415.000	0,09	0,01	2,08	0,11	0,06
3	0,74	58	0,07	12.210.000	0,09	0,01	2,08	0,11	0,06
4	0,76	58	0,07	12.540.000	0,09	0,01	2,08	0,11	0,06
5	1,85	58	0,07	30.525.000	0,09	0,01	2,08	0,11	0,06
6	0,06	65	0,07	990.000	0,09	0,01	2,08	0,11	0,06
7	1,37	72	0,07	22.605.000	0,09	0,01	2,08	0,11	0,06
8	1,31	65	0,07	21.615.000	0,09	0,01	2,08	0,11	0,06
9	0,22	65	0,07	3.630.000	0,09	0,01	2,08	0,11	0,06
10	1,80	65	0,07	29.700.000	0,09	0,01	2,08	0,11	0,06
11	0,36	72	0,07	5.940.000	0,09	0,01	2,08	0,11	0,06
12	1,95	80	0,07	32.175.000	0,09	0,01	2,08	0,11	0,06
13	0,52	72	0,07	8.580.000	0,09	0,01	2,08	0,11	0,06
14	1,99	58	0,07	32.835.000	0,09	0,01	2,08	0,11	0,06
15	0,70	80	0,07	11.550.000	0,09	0,01	2,08	0,11	0,06
16	2,22	88	0,58	36.630.000	0,71	0,05	16,67	0,89	0,47
17	0,98	80	0,39	16.170.000	0,47	0,03	11,13	0,60	0,31
18	2,33	65	0,14	38.445.000	0,18	0,01	4,15	0,22	0,12
19	0,18	80	0,39	2.970.000	0,47	0,03	11,13	0,60	0,31
20	1,06	80	0,39	17.490.000	0,47	0,03	11,13	0,60	0,31
21	0,26	88	0,58	4.290.000	0,71	0,05	16,67	0,89	0,47
22	3,64	65	0,14	60.060.000	0,18	0,01	4,15	0,22	0,12
23	2,68	93	0,73	44.220.000	0,90	0,06	21,02	1,13	0,59
24	3,64	72	0,24	60.060.000	0,30	0,02	6,94	0,37	0,20
25	0,66	93	0,73	10.890.000	0,90	0,06	21,02	1,13	0,59
26	1,12	93	0,73	18.480.000	0,90	0,06	21,02	1,13	0,59
27	1,06	93	0,73	17.490.000	0,90	0,06	21,02	1,13	0,59
28	5,24	65	0,14	86.460.000	0,18	0,01	4,15	0,22	0,12
29	0,47	65	0,14	7.755.000	0,18	0,01	4,15	0,22	0,12
30	2,18	65	0,14	35.970.000	0,18	0,01	4,15	0,22	0,12
31	1,29	72	0,24	21.285.000	0,30	0,02	6,94	0,37	0,20
32	1,54	65	0,14	25.410.000	0,18	0,01	4,15	0,22	0,12

Sub-bacia	Área (km ²)	CN	C	V _{total} (L)	Concentrações iniciais por unidade de área em bacias (kg/ha)				
					OD	FT	ST	DQO	DBO
33	1,22	88	0,58	20.130.000	0,71	0,05	16,67	0,89	0,47
34	0,14	93	0,73	2.310.000	0,90	0,06	21,02	1,13	0,59
35	2,01	93	0,73	33.165.000	0,90	0,06	21,02	1,13	0,59
36	1,39	93	0,73	22.935.000	0,90	0,06	21,02	1,13	0,59
37	0,31	93	0,73	5.115.000	0,90	0,06	21,02	1,13	0,59
38	0,32	80	0,39	5.280.000	0,47	0,03	11,13	0,60	0,31
39	0,66	88	0,58	10.890.000	0,71	0,05	16,67	0,89	0,47
40.a	0,24	80	0,39	3.960.000	0,47	0,03	11,13	0,60	0,31
40.b	0,84	80	0,39	13.860.000	0,47	0,03	11,13	0,60	0,31
41	3,14	80	0,39	51.810.000	0,47	0,03	11,13	0,60	0,31
42	2,56	80	0,39	42.240.000	0,47	0,03	11,13	0,60	0,31
43	1,55	83	0,45	25.575.000	0,56	0,04	13,03	0,70	0,37
44	1,19	85	0,50	19.635.000	0,61	0,04	14,41	0,77	0,41
45	1,65	86	0,53	27.225.000	0,64	0,04	15,14	0,81	0,43
46	0,68	86	0,53	11.220.000	0,64	0,04	15,14	0,81	0,43
47	0,63	90	0,64	10.395.000	0,78	0,05	18,32	0,98	0,52
48	1,22	86	0,53	20.130.000	0,64	0,04	15,14	0,81	0,43
49	0,72	90	0,64	11.880.000	0,78	0,05	18,32	0,98	0,52
50	0,94	86	0,53	15.510.000	0,64	0,04	15,14	0,81	0,43
51	0,84	90	0,64	13.860.000	0,78	0,05	18,32	0,98	0,52
52	2,27	92	0,70	37.455.000	0,86	0,06	20,09	1,08	0,57
53	3,74	93	0,73	61.710.000	0,90	0,06	21,02	1,13	0,59
54	1,28	95	0,80	21.120.000	0,98	0,07	23,00	1,23	0,65
55	0,62	95	0,80	10.230.000	0,98	0,07	23,00	1,23	0,65
56	0,10	95	0,80	1.650.000	0,98	0,07	23,00	1,23	0,65
57	0,71	88	0,58	11.715.000	0,71	0,05	16,67	0,89	0,47
Média					0,49	0,03	11,44	0,61	0,32

Anexo 5 Dados de entrada do modelo para os condutos (canais naturais)

Sub bacia	Trecho	L total (m)	CANAL		
			Altura (m)	Largura (m)	n
1*	1.1.1	2.576,29	1,00	1,00	0,35
2**	1.2.1	938,76	1,00	1,20	0,35
3*	1.2.2	1.209,24	1,00	1,00	0,35
4**	1.3.1	946,27	1,00	1,20	0,34
5*	1.3.2	2.210,39	1,00	1,00	0,34
6**	1.4.1	253,09	1,00	2,00	0,34
7*	1.4.2	1.930,12	1,00	1,20	0,35
8*	1.4.3	1.439,54	1,00	1,20	0,34
9**	1.5.1	571,77	1,00	2,00	0,33
10*	1.5.2	1.415,77	1,00	1,50	0,34
11**	1.6.1	436,07	1,00	3,00	0,32
12*	1.6.2	2.120,68	1,00	2,00	0,32
13**	1.7.1	705,82	1,00	3,50	0,32
14*	1.7.2	2.179,61	1,00	2,00	0,32
15**	1.8.1	690,47	2,00	3,50	0,32
16*	1.8.2	2.070,11	2,00	3,00	0,30
17**	1.9.1	896,67	3,00	4,00	0,30
18*	1.9.2	2.248,76	2,00	3,00	0,30
19**	1.10.1	336,77	1,00	5,00	0,30
20*	1.10.2	1.446,75	1,00	4,00	0,30
21**	1.11.1	378,76	1,00	5,00	0,28
22*	1.11.2	2.398,83	1,00	4,00	0,20
23**	1.12.1	1.074,69	1,00	5,00	0,20
24*	1.12.2	2.157,96	1,00	4,00	0,20
25**	1.13.1	1.038,84	1,00	5,00	0,20
26*	1.13.2	1.203,98	1,00	5,00	0,20
27**	1.14.1	1.248,31	2,50	8,00	0,10
28*	2.1.1	5.187,70	1,00	1,50	0,30
29**	2.2.1	598,09	1,40	1,90	0,32
30*	2.2.2	1.380,70	1,00	1,50	0,30
31**	2.3.1	1.352,27	1,50	3,00	0,30
32*	2.3.2	1.250,12	1,00	2,00	0,30
33**	2.4.1	1.101,01	1,50	3,00	0,28
34**	3.2.1	192,97	2,50	10,00	0,10

Sub bacia	Trecho	L total (m)	CANAL		
			Altura (m)	Largura (m)	n
35*	4.1.1	1.402,60	1,50	3,50	0,02
36**	4.2.1	1.413,17	1,50	3,50	0,02
37**	5.2.1	350,14	3,00	10,00	0,10
38**	5.3.1	504,27	3,50	15,00	0,10
39*	5.3.2	880,59	3,00	5,00	0,10
40.a**	5.4.1.a	501,72	3,50	16,00	0,11
40.b**	5.4.1.b	1.158,72	3,50	16,00	0,10
41*	6.1.1	3.074,67	0,60	3,50	0,06
42**	6.2.1	2.038,68	0,60	3,80	0,06
43*	7.1.1	1.850,39	1,00	3,00	0,20
44*	7.1.2	2.127,61	1,00	2,00	0,20
45**	7.2.1	1.429,26	2,50	5,00	0,20
46*	7.2.2	764,18	1,00	3,00	0,20
47**	7.3.1	569,13	3,00	10,00	0,10
48*	7.3.2	2.080,19	1,00	4,00	0,10
49**	7.4.1	820,73	3,20	20,00	0,10
50*	8.1.1	853,88	1,00	3,00	0,10
51**	8.2.1	1.319,71	2,50	5,00	0,10
52**	9.2.1	1.427,78	3,00	20,00	0,02
53	SV	SV	SV	SV	SV
54**	9.3.1	619,29	3,00	20,00	0,03
55**	9.4.1	1.721,63	2,50	10,00	0,20
56**	10.2.1	205,43	3,50	18,00	0,10
57**	11.2.1	263,86	3,50	18,00	0,06

*Valores assumidos; **Valores retirados de Souza (2008), SV: Sem valor

Anexo 6 Dados de Galavoti (2009)

Primeira Série Amostral (05/03/09 – HC: 7:55 h)

Parâmetro	Unidade	Ponto		
		1	6	7
OD	(mg/L)	3,9*	7,1	7,8
FT	(mg PO ₄ ³⁻ /L)	0,1339	0,1261	0,1104
ST	(mg/L)	229,0*	109,0	99,0
DQO	(mg O ₂ /L)	19	17	14
DBO	(mg O ₂ /L)	6,1	4,0	1,4

Segunda Série Amostral – 10/03/09 – HC: 7:50 h)

Parâmetro	Unidade	Ponto						
		1	2	3	4	5	6	7
OD	(mg/L)	5,9	7,1	7,6	7,5	7,6	7,7	7,3
FT	(mgPO ₄ ³⁻ /L)	0,0833	0,0845	0,0551	0,0598	0,0715	0,0868	0,0868
ST	(mg/L)	67,0	65,6	88,0	83,0	32,0	82,0	53,0
DQO	(mg O ₂ /L)	22	14	21	11	21	20	14
DBO	(mg O ₂ /L)	2,5	1,5	< 1,0*	1,2	< 1,0*	2,3	< 1,0*

Terceira Série Amostral (11.03.2009 – HC: 9:00 h)

Parâmetro	Unidade	Ponto				
		1	3	5	6	7
OD	(mg/L)	7,6	7,8	7,8	7,7	7,3
FT	(mg PO ₄ ³⁻ /L)	0,0392	0,0492	0,0392	0,0369	0,0533
ST	(mg/L)	71,0	203,0*	35,6	51,2	< 1,0*
DQO	(mg O ₂ /L)	17	15	17	9	15
DBO	(mg O ₂ /L)	2,6	1,4	< 1,0*	< 1,0*	< 1,0*

Quarta Série Amostral (24.03.2009 – HC: 9:30 h)

Parâmetro	Unidade	Ponto			
		2	4	6	7
OD	(mg/L)	6,1	6,9	7,3	7,5
FT	(mg PO ₄ ³⁻ /L)	0,0810	0,0510	0,0939	0,0569
ST	(mg O ₂ /L)	20,8	12,0*	< 1,0*	7,6*
DQO	(mg O ₂ /L)	18	15	19	15
DBO	(mg O ₂ /L)	< 1,0*	< 1,0*	< 1,0*	< 1,0*

Quinta Série Amostral (31.03.2009 – HC: 17: 40 h)

Parâmetro	Unidade	Ponto			
		1	5	6	7
OD	(mg/L)	8,5	8,5	8,5	8,5
FT	(mg PO ₄ ³⁻ /L)	0,0639	0,0451	0,0574	0,0545
ST	(mg/L)	19,6	12,0*	1,2*	< 1,0*
DQO	(mg O ₂ /L)	5,2	6,1	1,7*	5,0
DBO	(mg O ₂ /L)	< 1,0*	< 1,0*	< 1,0*	< 1,0*

Sexta Série Amostral (06.04.2009 - HC: 9:15 h)

Parâmetro	Unidade	Ponto						
		1	2	3	4	5	6	7
OD	(mg/L)	7,0	7,0	7,3	7,0	7,0	6,8	6,9
FT	(mg PO ₄ ³⁻ /L)	0,0580	0,0633	0,0574	0,0516	0,1174	0,0804	0,1151
ST	(mg/L)	< 1,0*	< 1,0*	< 1,0*	< 1,0*	< 1,0*	6,8*	< 1,0*
DQO	(mg O ₂ /L)	20,0	13,0	12,0	22,0	25,0	12,0	21,0
DBO	(mg O ₂ /L)	< 1,0*	< 1,0*	< 1,0*	< 1,0*	< 1,0*	< 1,0*	< 1,0*

*Valores não considerados na média ponderada

Anexo 7 Concentrações por unidade de área para as sub-bacias em deposição seca

Evento 2: 09/01/04(2) – Precipitação total: 15,5 mm

Sub-bacia	Área (km ²)	CN	C	V _{total} (L)	Concentrações iniciais em bacias por unidade de área (kg/ha)				
					OD	FT	ST	DQO	DBO
1	2,40	58	0,07	37.200.000	0,08	0,01	1,95	0,10	0,06
2	0,51	58	0,07	7.905.000	0,08	0,01	1,95	0,10	0,06
3	0,74	58	0,07	11.470.000	0,08	0,01	1,95	0,10	0,06
4	0,76	58	0,07	11.780.000	0,08	0,01	1,95	0,10	0,06
5	1,85	58	0,07	28.675.000	0,08	0,01	1,95	0,10	0,06
6	0,06	65	0,07	930.000	0,08	0,01	1,95	0,10	0,06
7	1,37	72	0,07	21.235.000	0,08	0,01	1,95	0,10	0,06
8	1,31	65	0,07	20.305.000	0,08	0,01	1,95	0,10	0,06
9	0,22	65	0,07	3.410.000	0,08	0,01	1,95	0,10	0,06
10	1,80	65	0,07	27.900.000	0,08	0,01	1,95	0,10	0,06
11	0,36	72	0,07	5.580.000	0,08	0,01	1,95	0,10	0,06
12	1,95	80	0,07	30.225.000	0,08	0,01	1,95	0,10	0,06
13	0,52	72	0,07	8.060.000	0,08	0,01	1,95	0,10	0,06
14	1,99	58	0,07	30.845.000	0,08	0,01	1,95	0,10	0,06
15	0,70	80	0,07	10.850.000	0,08	0,01	1,95	0,10	0,06
16	2,22	88	0,58	34.410.000	0,67	0,05	15,66	0,84	0,44
17	0,98	80	0,39	15.190.000	0,45	0,03	10,45	0,56	0,29
18	2,33	65	0,14	36.115.000	0,17	0,01	3,90	0,21	0,11
19	0,18	80	0,39	2.790.000	0,45	0,03	10,45	0,56	0,29
20	1,06	80	0,39	16.430.000	0,45	0,03	10,45	0,56	0,29
21	0,26	88	0,58	4.030.000	0,67	0,05	15,66	0,84	0,44
22	3,64	65	0,14	56.420.000	0,17	0,01	3,90	0,21	0,11
23	2,68	93	0,73	41.540.000	0,84	0,06	19,75	1,06	0,56
24	3,64	72	0,24	56.420.000	0,28	0,02	6,52	0,35	0,18
25	0,66	93	0,73	10.230.000	0,84	0,06	19,75	1,06	0,56
26	1,12	93	0,73	17.360.000	0,84	0,06	19,75	1,06	0,56
27	1,06	93	0,73	16.430.000	0,84	0,06	19,75	1,06	0,56
28	5,24	65	0,14	81.220.000	0,17	0,01	3,90	0,21	0,11
29	0,47	65	0,14	7.285.000	0,17	0,01	3,90	0,21	0,11
30	2,18	65	0,14	33.790.000	0,17	0,01	3,90	0,21	0,11
31	1,29	72	0,24	19.995.000	0,28	0,02	6,52	0,35	0,18

Sub-bacia	Área (km ²)	CN	C	V _{total} (L)	Concentrações iniciais em bacias por unidade de área (kg/ha)				
					OD	FT	ST	DQO	DBO
32	1,54	65	0,14	23.870.000	0,17	0,01	3,90	0,21	0,11
33	1,22	88	0,58	18.910.000	0,67	0,05	15,66	0,84	0,44
34	0,14	93	0,73	2.170.000	0,84	0,06	19,75	1,06	0,56
35	2,01	93	0,73	31.155.000	0,84	0,06	19,75	1,06	0,56
36	1,39	93	0,73	21.545.000	0,84	0,06	19,75	1,06	0,56
37	0,31	93	0,73	4.805.000	0,84	0,06	19,75	1,06	0,56
38	0,32	80	0,39	4.960.000	0,45	0,03	10,45	0,56	0,29
39	0,66	88	0,58	10.230.000	0,67	0,05	15,66	0,84	0,44
40.a	0,24	80	0,39	3.720.000	0,45	0,03	10,45	0,56	0,29
40.b	0,84	80	0,39	13.020.000	0,45	0,03	10,45	0,56	0,29
41	3,14	80	0,39	48.670.000	0,45	0,03	10,45	0,56	0,29
42	2,56	80	0,39	39.680.000	0,45	0,03	10,45	0,56	0,29
43	1,55	83	0,45	24.025.000	0,52	0,04	12,24	0,66	0,35
44	1,19	85	0,50	18.445.000	0,58	0,04	13,54	0,72	0,38
45	1,65	86	0,53	25.575.000	0,61	0,04	14,22	0,76	0,40
46	0,68	86	0,53	10.540.000	0,61	0,04	14,22	0,76	0,40
47	0,63	90	0,64	9.765.000	0,73	0,05	17,21	0,92	0,49
48	1,22	86	0,53	18.910.000	0,61	0,04	14,22	0,76	0,40
49	0,72	90	0,64	11.160.000	0,73	0,05	17,21	0,92	0,49
50	0,94	86	0,53	14.570.000	0,61	0,04	14,22	0,76	0,40
51	0,84	90	0,64	13.020.000	0,73	0,05	17,21	0,92	0,49
52	2,27	92	0,70	35.185.000	0,80	0,06	18,87	1,01	0,53
53	3,74	93	0,73	57.970.000	0,84	0,06	19,75	1,06	0,56
54	1,28	95	0,80	19.840.000	0,92	0,06	21,61	1,16	0,61
55	0,62	95	0,80	9.610.000	0,92	0,06	21,61	1,16	0,61
56	0,10	95	0,80	1.550.000	0,92	0,06	21,61	1,16	0,61
57	0,71	88	0,58	11.005.000	0,67	0,05	15,66	0,84	0,44
Média					0,46	0,03	10,75	0,58	0,30

Anexo 8 Variáveis físicas vs. Altura relativa da água

Variação da Turbidez com a altura relativa da água

Variação da CE com a altura da água

Anexo 9 Variáveis químicas vs. Altura relativa da água

Variação da concentração com a altura relativa da água para OD

Variação da concentração com a altura relativa da água para DQO

Variação da concentração com a altura relativa da água para NTK

Variação da concentração com a altura relativa da água para Nitrato

Variação da concentração com a altura relativa da água para Nitrito

Variação da concentração com a altura relativa da água para Fostato Total

Anexo 10 Sólidos presentes na água vs. Altura relativa da água

Variação da concentração com a altura relativa da água para ST

Variação da concentração com a altura relativa da água para STF

Variação da concentração com a altura relativa da água para STV

Anexo 11 Variação espacial das concentrações e cargas específicas

Variação espacial da concentração e a carga específica da DBO nas campanhas

2, 3 e 4

Variação espacial da concentração e a carga específica do OD nas campanhas 1, 2, 3 e 4

Variação espacial da concentração e a carga específica da DQO nas campanhas 1, 2, 3 e

Variação espacial da concentração e a carga específica do NTK nas campanhas 1, 2, 3 e

Variação espacial da concentração e a carga específica do Nitrato nas campanhas

2, 3 e 4

Variação espacial da concentração e a carga específica do Nitrito nas campanhas

2, 3 e 4

Varição espacial da concentração e a carga específica do Fósforo Total nas campanhas 1, 2, 3 e 4

Varição espacial da concentração e a carga específica dos ST nas campanhas 1, 2, 3 e 4

Variação espacial da concentração e a carga específica do STV nas campanhas

1, 2, 3 e 4

Anexo 12 Variação espacial e temporal das concentrações e cargas específicas

Variação espacial e temporal da concentração (a) e a carga específica (b) do OD

Varição espacial e temporal da concentração (a) e a carga específica (b) da DQO

Variação espacial e temporal da concentração (a) e a carga específica (b) do
NTK

Varição espacial e temporal da concentração (a) e a carga específica (b) do Nitrato

Variação espacial e temporal da concentração (a) e a carga específica (b) do Nitrito

Varição espacial e temporal da concentração (a) e a carga específica (b) do Fósforo Total

Variação espacial e temporal da concentração (a) e a carga específica (b) dos ST

Variação espacial e temporal da concentração (a) e a carga específica (b) dos STF

Variação espacial e temporal da concentração (a) e a carga específica (b) dos
STV

Anexo 13 Valores iniciais e calibrados da rugosidade (n) e a vazão de base

Sub bacia	Trech o	n	n calibrado		Qb (m3/s)		Qb calibrado (m3/s)	
			Evento 1	Evento 2	Evento 1	Evento 2	Evento 1	Evento 2
1	1.1.1	0,35	0,35	0,35	1,395	0,702	1,55	0,78
2	1.2.1	0,35	0,35	0,35	1,656	1,008	1,84	1,12
3	1.2.2	0,35	0,35	0,35	0,837	0,252	0,93	0,28
4	1.3.1	0,34	0,34	0,34	2,079	1,602	2,31	1,78
5	1.3.2	0,34	0,34	0,34	1,233	0,549	1,37	0,61
6	1.4.1	0,34	0,34	0,34	2,259	1,899	2,51	2,11
7	1.4.2	0,35	0,35	0,35	1,062	0,405	1,18	0,45
8	1.4.3	0,34	0,34	0,34	1,044	0,396	1,16	0,44
9	1.5.1	0,33	0,33	0,33	2,439	2,223	2,71	2,47
10	1.5.2	0,34	0,34	0,34	1,233	0,558	1,37	0,62
11	1.6.1	0,32	0,32	0,32	2,862	3,069	3,18	3,41
12	1.6.2	0,32	0,32	0,32	1,233	0,558	1,37	0,62
13	1.7.1	0,32	0,32	0,32	3,078	3,573	3,42	3,97
14	1.7.2	0,32	0,32	0,32	1,251	0,576	1,39	0,64
15	1.8.1	0,32	0,38	0,38	3,312	4,131	3,68	4,59
16	1.8.2	0,3	0,3	0,3	1,314	0,621	1,46	0,69
17	1.9.1	0,3	0,35	0,35	3,537	4,743	3,93	5,27
18	1.9.2	0,3	0,3	0,3	1,323	0,639	1,47	0,71
19	1.10.1	0,3	0,38	0,38	3,627	4,968	4,03	5,52
20	1.10.2	0,3	0,3	0,3	0,954	0,324	1,06	0,36
21	1.11.1	0,28	0,32	0,32	3,636	5,022	4,04	5,58
22	1.11.2	0,2	0,2	0,2	1,575	0,909	1,75	1,01
23	1.12.1	0,2	0,3	0,3	4,005	6,084	4,45	6,76
24	1.12.2	0,2	0,2	0,2	1,602	0,945	1,78	1,05
25	1.13.1	0,2	0,3	0,3	4,329	7,146	4,81	7,94
26	1.13.2	0,2	0,2	0,2	1,089	0,432	1,21	0,48
27	1.14.1	0,1	0,31	0,31	4,383	7,335	4,87	8,15
28	2.1.1	0,3	0,3	0,3	1,881	1,296	2,09	1,44
29	2.2.1	0,32	0,32	0,32	1,944	1,395	2,16	1,55
30	2.2.2	0,3	0,3	0,3	1,233	0,549	1,37	0,61
31	2.3.1	0,3	0,32	0,32	2,376	2,097	2,64	2,33
32	2.3.2	0,3	0,3	0,3	1,125	0,459	1,25	0,51
33	2.4.1	0,28	0,45	0,45	2,664	2,655	2,96	2,95
34	3.2.1	0,1	0,4	0,4	4,932	9,342	5,48	10,38

Sub bacia	Trecho	n	n calibrado		Qb (m3/s)		Qb calibrado (m3/s)	
			Evento 1	Evento 2	Evento 1	Evento 2	Evento 1	Evento 2
35	4.1.1	0,02	0,02	0,02	1,26	0,576	1,4	0,64
36	4.2.1	0,02	0,047	0,047	1,575	0,909	1,75	1,01
37	5.2.1	0,1	0,33	0,33	5,094	9,972	5,66	11,08
38	5.3.1	0,1	0,39	0,39	5,112	10,026	5,68	11,14
39	5.3.2	0,1	0,1	0,1	0,783	0,216	0,87	0,24
40.a	5.4.1.a	0,11	0,37	0,37	5,148	10,188	5,72	11,32
40.b	5.4.1.b	0,1	0,06	0,06	5,184	10,314	5,76	11,46
41	6.1.1	0,06	0,06	0,06	1,539	0,864	1,71	0,96
42	6.2.1	0,06	0,04	0,04	1,989	1,467	2,21	1,63
43	7.1.1	0,2	0,09	0,09	1,32	0,517	1,2	0,47
44	7.1.2	0,2	0,2	0,2	1,221	0,44	1,11	0,4
45	7.2.1	0,2	0,08	0,08	2,112	1,353	1,92	1,23
46	7.2.2	0,2	0,2	0,2	0,957	0,264	0,87	0,24
47	7.3.1	0,1	0,08	0,08	2,376	1,705	2,16	1,55
48	7.3.2	0,1	0,1	0,1	1,232	0,451	1,12	0,41
49	7.4.1	0,1	0,08	0,08	2,959	2,673	2,69	2,43
50	8.1.1	0,1	0,1	0,1	1,1	0,352	1	0,32
51	8.2.1	0,1	0,07	0,07	1,452	0,627	1,32	0,57
52	9.2.1	0,02	0,02	0,02	3,762	4,367	3,42	3,97
53	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv
54	9.3.1	0,03	0,03	0,03	3,894	4,664	3,54	4,24
55	9.4.1	0,2	0,14	0,14	4,048	5,06	3,68	4,6
56	10.2.1	0,1	0,08	0,08	6,057	14,382	6,73	15,98
57	11.2.1	0,06	0,06	0,06	6,129	14,517	6,81	16,13

sv: Sem valor

Anexo 14 Concentrações e cargas específicas obtidas da simulação

Variação das concentrações obtidas da simulação com o SWMM para o Ponto FORUM
correspondente ao evento 1.

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
10:50:00	7,33	0,684	153,43	8,91	3,96
10:55:00	7,33	0,684	153,46	8,91	3,96
11:00:00	7,33	0,685	153,49	8,91	3,96
11:05:00	7,33	0,685	153,51	8,91	3,96
11:10:00	7,33	0,685	153,54	8,92	3,96
11:15:00	7,33	0,685	153,57	8,92	3,96
11:20:00	7,33	0,685	153,59	8,92	3,96
11:25:00	7,33	0,685	153,61	8,92	3,96
11:30:00	7,34	0,685	153,64	8,92	3,96
11:35:00	7,34	0,685	153,66	8,92	3,97
11:40:00	7,34	0,685	153,68	8,92	3,97
11:45:00	7,34	0,685	153,71	8,92	3,97
11:50:00	7,32	0,683	153,21	8,90	3,95
11:55:00	7,28	0,613	142,39	9,52	3,78
12:00:00	7,26	0,292	94,49	12,69	3,05
12:05:00	7,10	0,255	87,85	12,71	2,91
12:10:00	6,88	0,245	84,79	12,34	2,82
12:15:00	6,93	0,244	85,00	12,47	2,84
12:20:00	6,98	0,239	84,55	12,63	2,84
12:25:00	7,10	0,233	84,50	12,94	2,86
12:30:00	7,22	0,213	82,32	13,39	2,86
12:35:00	7,27	0,197	80,36	13,66	2,84
12:40:00	7,29	0,198	80,59	13,70	2,85
12:45:00	7,29	0,207	81,97	13,62	2,87
12:50:00	7,29	0,212	82,79	13,56	2,88
12:55:00	7,29	0,218	83,56	13,50	2,89
13:00:00	7,28	0,224	84,44	13,43	2,90
13:05:00	7,28	0,229	85,13	13,37	2,91
13:10:00	7,27	0,233	85,73	13,31	2,92
13:15:00	7,27	0,237	86,26	13,27	2,93
13:20:00	7,27	0,243	87,28	13,21	2,95
13:25:00	7,27	0,254	88,84	13,11	2,97

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
13:30:00	7,28	0,265	90,50	13,01	3,00
13:35:00	7,29	0,276	92,30	12,91	3,02
13:40:00	7,30	0,289	94,24	12,81	3,06
13:45:00	7,31	0,302	96,27	12,69	3,09
13:50:00	7,31	0,316	98,36	12,58	3,12
13:55:00	7,32	0,329	100,46	12,46	3,16
14:00:00	7,33	0,343	102,56	12,33	3,19
14:05:00	7,34	0,357	104,63	12,21	3,22
14:10:00	7,34	0,370	106,65	12,09	3,25
14:15:00	7,35	0,383	108,62	11,97	3,29
14:20:00	7,35	0,395	110,54	11,86	3,32
14:25:00	7,36	0,408	112,39	11,74	3,34
14:30:00	7,36	0,419	114,17	11,63	3,37
14:35:00	7,36	0,431	115,89	11,53	3,40
14:40:00	7,37	0,442	117,54	11,43	3,42
14:45:00	7,37	0,452	119,13	11,33	3,45
14:50:00	7,37	0,462	120,65	11,23	3,47
14:55:00	7,37	0,472	122,10	11,14	3,50
15:00:00	7,38	0,481	123,49	11,05	3,52
15:05:00	7,38	0,490	124,82	10,96	3,54
15:10:00	7,38	0,498	126,08	10,88	3,56
15:15:00	7,38	0,506	127,29	10,81	3,58
15:20:00	7,38	0,514	128,44	10,73	3,59
15:25:00	7,38	0,521	129,54	10,66	3,61
15:30:00	7,38	0,528	130,59	10,59	3,63
15:35:00	7,38	0,535	131,58	10,53	3,64
15:40:00	7,39	0,541	132,53	10,47	3,66
15:45:00	7,39	0,547	133,43	10,41	3,67
15:50:00	7,39	0,556	134,66	10,33	3,69
15:55:00	7,39	0,563	135,78	10,26	3,71
16:00:00	7,39	0,569	136,74	10,20	3,72
16:05:00	7,39	0,575	137,59	10,14	3,73
16:10:00	7,39	0,580	138,36	10,09	3,75
16:15:00	7,39	0,585	139,06	10,04	3,76
16:20:00	7,39	0,589	139,71	10,00	3,77
16:25:00	7,39	0,593	140,32	9,96	3,78
16:30:00	7,39	0,597	140,89	9,93	3,78

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
16:35:00	7,39	0,601	141,42	9,89	3,79
16:40:00	7,39	0,604	141,93	9,86	3,80
16:45:00	7,39	0,607	142,41	9,83	3,81
16:50:00	7,39	0,610	142,87	9,80	3,81
16:55:00	7,39	0,613	143,30	9,77	3,82
17:00:00	7,39	0,616	143,72	9,74	3,83
17:05:00	7,39	0,619	144,11	9,71	3,83
17:10:00	7,39	0,621	144,49	9,69	3,84
17:15:00	7,39	0,623	144,85	9,67	3,84
17:20:00	7,39	0,626	145,19	9,64	3,85
17:25:00	7,39	0,628	145,52	9,62	3,86
17:30:00	7,39	0,630	145,83	9,60	3,86
17:35:00	7,39	0,632	146,13	9,58	3,86
17:40:00	7,40	0,634	146,41	9,56	3,87
17:45:00	7,40	0,636	146,69	9,55	3,87
17:50:00	7,40	0,637	146,95	9,53	3,88
17:55:00	7,40	0,639	147,20	9,51	3,88
18:00:00	7,40	0,641	147,44	9,50	3,88
18:05:00	7,40	0,642	147,67	9,48	3,89
18:10:00	7,40	0,644	147,89	9,47	3,89
18:15:00	7,40	0,645	148,10	9,45	3,89
18:20:00	7,40	0,647	148,30	9,44	3,90
18:25:00	7,40	0,648	148,50	9,43	3,90
18:30:00	7,40	0,649	148,69	9,41	3,90
18:35:00	7,40	0,650	148,87	9,40	3,91
18:40:00	7,40	0,651	149,04	9,39	3,91
18:45:00	7,40	0,653	149,21	9,38	3,91
18:50:00	7,40	0,654	149,37	9,37	3,91
18:55:00	7,40	0,655	149,52	9,36	3,92
19:00:00	7,40	0,656	149,67	9,35	3,92
19:05:00	7,40	0,657	149,81	9,34	3,92
19:10:00	7,40	0,658	149,95	9,33	3,92
19:15:00	7,40	0,658	150,08	9,32	3,92
19:20:00	7,40	0,659	150,21	9,31	3,93
19:25:00	7,40	0,660	150,33	9,31	3,93
19:30:00	7,40	0,661	150,45	9,30	3,93
19:35:00	7,40	0,662	150,57	9,29	3,93

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
19:40:00	7,40	0,662	150,68	9,28	3,93
19:45:00	7,40	0,663	150,79	9,28	3,94
19:50:00	7,40	0,664	150,89	9,27	3,94
19:55:00	7,40	0,664	150,99	9,26	3,94
20:00:00	7,40	0,665	151,09	9,26	3,94
20:05:00	7,40	0,666	151,18	9,25	3,94
20:10:00	7,40	0,666	151,27	9,24	3,94
20:15:00	7,40	0,667	151,36	9,24	3,94
20:20:00	7,40	0,668	151,44	9,23	3,95
20:25:00	7,40	0,668	151,52	9,23	3,95
20:30:00	7,40	0,669	151,60	9,22	3,95
20:35:00	7,40	0,669	151,68	9,22	3,95
20:40:00	7,40	0,670	151,76	9,21	3,95
20:45:00	7,40	0,670	151,83	9,21	3,95
20:50:00	7,40	0,671	151,90	9,20	3,95
20:55:00	7,40	0,671	151,96	9,20	3,95
21:00:00	7,40	0,671	152,03	9,19	3,95
21:05:00	7,40	0,672	152,09	9,19	3,96
21:10:00	7,40	0,672	152,16	9,19	3,96
21:15:00	7,40	0,673	152,22	9,18	3,96
21:20:00	7,40	0,673	152,27	9,18	3,96
21:25:00	7,40	0,673	152,33	9,18	3,96
21:30:00	7,40	0,674	152,39	9,17	3,96
21:35:00	7,40	0,674	152,44	9,17	3,96
21:40:00	7,40	0,675	152,49	9,16	3,96
21:45:00	7,40	0,675	152,54	9,16	3,96
21:50:00	7,40	0,675	152,59	9,16	3,96
21:55:00	7,40	0,675	152,64	9,15	3,96
22:00:00	7,40	0,676	152,69	9,15	3,96
22:05:00	7,40	0,676	152,73	9,15	3,97
22:10:00	7,40	0,676	152,77	9,15	3,97
22:15:00	7,40	0,677	152,82	9,14	3,97
22:20:00	7,40	0,677	152,86	9,14	3,97
22:25:00	7,40	0,677	152,90	9,14	3,97
22:30:00	7,40	0,677	152,94	9,14	3,97

Variação das concentrações obtidas da simulação com o SWMM para o Ponto FORUM
correspondente ao evento 2.

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
12:30:00	7,35	0,687	153,97	8,94	3,97
12:35:00	7,35	0,687	153,99	8,94	3,97
12:40:00	7,35	0,687	154,00	8,94	3,97
12:45:00	7,35	0,687	154,02	8,94	3,97
12:50:00	7,35	0,687	154,03	8,94	3,98
12:55:00	7,35	0,687	154,05	8,94	3,98
13:00:00	7,36	0,687	154,06	8,95	3,98
13:05:00	7,36	0,687	154,08	8,95	3,98
13:10:00	7,36	0,687	154,09	8,95	3,98
13:15:00	7,36	0,687	154,10	8,95	3,98
13:20:00	7,36	0,687	154,12	8,95	3,98
13:25:00	7,36	0,687	154,13	8,95	3,98
13:30:00	7,36	0,687	154,14	8,95	3,98
13:35:00	7,36	0,687	154,16	8,95	3,98
13:40:00	7,36	0,688	154,17	8,95	3,98
13:45:00	7,36	0,688	154,18	8,95	3,98
13:50:00	7,36	0,687	154,13	8,96	3,98
13:55:00	7,36	0,675	152,29	9,08	3,95
14:00:00	7,36	0,629	145,42	9,53	3,84
14:05:00	7,35	0,618	143,68	9,62	3,82
14:10:00	7,33	0,599	140,71	9,79	3,77
14:15:00	7,32	0,403	111,41	11,72	3,32
14:20:00	7,21	0,284	92,88	12,66	3,02
14:25:00	7,12	0,201	79,82	13,30	2,80
14:30:00	7,16	0,176	76,46	13,65	2,76
14:35:00	7,24	0,170	76,18	13,87	2,77
14:40:00	7,30	0,171	76,78	14,00	2,79
14:45:00	7,31	0,178	77,84	13,94	2,81
14:50:00	7,32	0,187	79,17	13,89	2,83
14:55:00	7,36	0,197	80,90	13,86	2,87
15:00:00	7,35	0,210	82,83	13,71	2,90
15:05:00	7,33	0,226	85,14	13,51	2,93
15:10:00	7,31	0,243	87,50	13,30	2,96
15:15:00	7,29	0,259	89,80	13,09	2,99

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
15:20:00	7,27	0,275	91,99	12,89	3,02
15:25:00	7,26	0,289	94,08	12,73	3,05
15:30:00	7,26	0,304	96,17	12,58	3,08
15:35:00	7,26	0,318	98,26	12,44	3,11
15:40:00	7,27	0,331	100,35	12,32	3,14
15:45:00	7,28	0,345	102,45	12,20	3,18
15:50:00	7,29	0,358	104,52	12,09	3,21
15:55:00	7,30	0,371	106,57	11,99	3,24
16:00:00	7,31	0,384	108,58	11,88	3,28
16:05:00	7,32	0,397	110,53	11,78	3,31
16:10:00	7,33	0,409	112,43	11,68	3,34
16:15:00	7,34	0,421	114,25	11,58	3,37
16:20:00	7,35	0,432	116,01	11,48	3,40
16:25:00	7,35	0,443	117,70	11,38	3,42
16:30:00	7,36	0,454	119,30	11,29	3,45
16:35:00	7,36	0,464	120,83	11,20	3,47
16:40:00	7,37	0,474	122,31	11,11	3,50
16:45:00	7,37	0,483	123,73	11,02	3,52
16:50:00	7,37	0,492	125,09	10,94	3,54
16:55:00	7,38	0,501	126,38	10,86	3,56
17:00:00	7,38	0,509	127,62	10,78	3,58
17:05:00	7,38	0,517	128,80	10,71	3,60
17:10:00	7,38	0,526	130,24	10,62	3,62
17:15:00	7,38	0,535	131,65	10,53	3,64
17:20:00	7,39	0,544	132,86	10,45	3,66
17:25:00	7,39	0,551	133,93	10,38	3,68
17:30:00	7,39	0,557	134,89	10,32	3,69
17:35:00	7,39	0,563	135,78	10,26	3,71
17:40:00	7,39	0,568	136,61	10,21	3,72
17:45:00	7,39	0,574	137,38	10,16	3,73
17:50:00	7,39	0,578	138,11	10,11	3,74
17:55:00	7,39	0,583	138,79	10,07	3,75
18:00:00	7,39	0,587	139,44	10,02	3,76
18:05:00	7,39	0,591	140,06	9,98	3,77
18:10:00	7,39	0,595	140,64	9,95	3,78
18:15:00	7,39	0,599	141,19	9,91	3,79
18:20:00	7,39	0,603	141,72	9,87	3,80

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
18:25:00	7,39	0,606	142,22	9,84	3,80
18:30:00	7,39	0,609	142,69	9,81	3,81
18:35:00	7,39	0,612	143,14	9,78	3,82
18:40:00	7,39	0,615	143,57	9,75	3,83
18:45:00	7,39	0,618	143,98	9,73	3,83
18:50:00	7,40	0,620	144,37	9,70	3,84
18:55:00	7,40	0,623	144,75	9,68	3,84
19:00:00	7,40	0,625	145,10	9,65	3,85

Variação das concentrações obtidas da simulação com o SWMM para o Ponto CASA
BRANCA correspondente ao evento 1.

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
10:50:00	6,74	0,424	178,72	11,67	7,72
10:55:00	6,74	0,424	178,72	11,68	7,72
11:00:00	6,74	0,424	178,73	11,68	7,72
11:05:00	6,74	0,424	178,73	11,68	7,72
11:10:00	6,74	0,424	178,74	11,68	7,72
11:15:00	6,74	0,424	178,74	11,68	7,72
11:20:00	6,74	0,424	178,75	11,68	7,73
11:25:00	6,74	0,424	178,76	11,68	7,73
11:30:00	6,74	0,424	178,77	11,68	7,73
11:35:00	6,74	0,424	178,78	11,68	7,73
11:40:00	6,74	0,424	178,79	11,68	7,73
11:45:00	6,74	0,424	178,80	11,68	7,73
11:50:00	6,74	0,424	178,81	11,68	7,73
11:55:00	6,74	0,424	178,76	11,68	7,73
12:00:00	6,70	0,422	177,83	11,62	7,69
12:05:00	6,67	0,419	176,84	11,56	7,64
12:10:00	6,56	0,412	173,61	11,38	7,50
12:15:00	6,38	0,396	167,58	11,09	7,24
12:20:00	6,18	0,376	159,45	10,79	6,89
12:25:00	6,03	0,354	151,41	10,60	6,54
12:30:00	5,96	0,336	144,86	10,56	6,25
12:35:00	5,89	0,314	137,10	10,55	5,91

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
12:40:00	5,80	0,281	125,52	10,56	5,40
12:45:00	5,78	0,243	112,48	10,75	4,83
12:50:00	5,89	0,214	102,96	11,15	4,41
12:55:00	6,06	0,195	97,65	11,63	4,17
13:00:00	6,24	0,185	95,15	12,07	4,06
13:05:00	6,41	0,180	94,23	12,45	4,01
13:10:00	6,55	0,178	94,10	12,76	4,00
13:15:00	6,66	0,177	94,31	13,00	4,01
13:20:00	6,75	0,176	94,65	13,20	4,02
13:25:00	6,82	0,176	95,06	13,34	4,04
13:30:00	6,87	0,177	95,52	13,45	4,06
13:35:00	6,91	0,178	95,99	13,52	4,08
13:40:00	6,94	0,179	96,51	13,58	4,10
13:45:00	6,96	0,180	97,11	13,61	4,13
13:50:00	6,97	0,182	97,85	13,63	4,16
13:55:00	6,98	0,185	98,76	13,64	4,20
14:00:00	6,99	0,188	99,84	13,64	4,25
14:05:00	7,00	0,191	101,08	13,64	4,30
14:10:00	7,01	0,195	102,46	13,63	4,36
14:15:00	7,02	0,200	103,97	13,62	4,43
14:20:00	7,03	0,204	105,57	13,61	4,50
14:25:00	7,03	0,209	107,25	13,60	4,57
14:30:00	7,04	0,214	108,97	13,58	4,65
14:35:00	7,05	0,219	110,72	13,56	4,72
14:40:00	7,05	0,224	112,50	13,55	4,80
14:45:00	7,06	0,229	114,29	13,53	4,88
14:50:00	7,06	0,235	116,09	13,51	4,96
14:55:00	7,07	0,240	117,89	13,49	5,04
15:00:00	7,08	0,245	119,70	13,48	5,12
15:05:00	7,08	0,250	121,50	13,46	5,20
15:10:00	7,09	0,255	123,30	13,44	5,28
15:15:00	7,10	0,261	125,09	13,43	5,36
15:20:00	7,11	0,266	126,87	13,41	5,43
15:25:00	7,11	0,271	128,63	13,40	5,51
15:30:00	7,12	0,276	130,38	13,38	5,59
15:35:00	7,13	0,281	132,10	13,37	5,66
15:40:00	7,14	0,286	133,79	13,36	5,74

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
15:45:00	7,14	0,290	135,46	13,34	5,81
15:50:00	7,15	0,295	137,10	13,33	5,88
15:55:00	7,16	0,300	138,71	13,32	5,95
16:00:00	7,17	0,304	140,31	13,31	6,02
16:05:00	7,17	0,309	141,91	13,30	6,09
16:10:00	7,18	0,313	143,47	13,29	6,16
16:15:00	7,19	0,318	144,99	13,28	6,23
16:20:00	7,20	0,322	146,46	13,27	6,29
16:25:00	7,20	0,326	147,88	13,26	6,36
16:30:00	7,21	0,330	149,24	13,25	6,42
16:35:00	7,22	0,334	150,54	13,24	6,47
16:40:00	7,22	0,337	151,80	13,23	6,53
16:45:00	7,23	0,341	153,01	13,22	6,58
16:50:00	7,24	0,344	154,17	13,22	6,63
16:55:00	7,24	0,347	155,29	13,21	6,68
17:00:00	7,25	0,350	156,37	13,20	6,73
17:05:00	7,25	0,353	157,44	13,19	6,78
17:10:00	7,26	0,356	158,50	13,19	6,82
17:15:00	7,26	0,359	159,50	13,18	6,87
17:20:00	7,27	0,362	160,45	13,17	6,91
17:25:00	7,27	0,365	161,35	13,17	6,95
17:30:00	7,28	0,367	162,19	13,16	6,98
17:35:00	7,28	0,369	163,00	13,16	7,02
17:40:00	7,29	0,372	163,78	13,15	7,05
17:45:00	7,29	0,374	164,52	13,15	7,09
17:50:00	7,29	0,376	165,23	13,14	7,12
17:55:00	7,30	0,378	165,91	13,14	7,15
18:00:00	7,30	0,380	166,57	13,13	7,18
18:05:00	7,30	0,381	167,20	13,13	7,20
18:10:00	7,30	0,383	167,80	13,12	7,23
18:15:00	7,31	0,385	168,38	13,12	7,26
18:20:00	7,31	0,386	168,94	13,11	7,28
18:25:00	7,31	0,388	169,47	13,11	7,30
18:30:00	7,31	0,389	169,98	13,10	7,33
18:35:00	7,32	0,391	170,47	13,10	7,35
18:40:00	7,32	0,392	170,94	13,10	7,37
18:45:00	7,32	0,393	171,39	13,09	7,39

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
18:50:00	7,32	0,395	171,82	13,09	7,41
18:55:00	7,32	0,396	172,23	13,08	7,43
19:00:00	7,32	0,397	172,62	13,08	7,44
19:05:00	7,33	0,398	173,00	13,08	7,46
19:10:00	7,33	0,399	173,36	13,07	7,48
19:15:00	7,33	0,400	173,71	13,07	7,49
19:20:00	7,33	0,401	174,04	13,07	7,51
19:25:00	7,33	0,402	174,36	13,06	7,52
19:30:00	7,33	0,403	174,67	13,06	7,53
19:35:00	7,33	0,404	174,96	13,06	7,55
19:40:00	7,33	0,405	175,24	13,05	7,56
19:45:00	7,33	0,405	175,51	13,05	7,57
19:50:00	7,33	0,406	175,77	13,05	7,58
19:55:00	7,33	0,407	176,01	13,04	7,59
20:00:00	7,33	0,407	176,25	13,04	7,60
20:05:00	7,34	0,408	176,48	13,04	7,61
20:10:00	7,34	0,409	176,70	13,03	7,62
20:15:00	7,34	0,409	176,91	13,03	7,63
20:20:00	7,34	0,410	177,11	13,03	7,64
20:25:00	7,34	0,411	177,30	13,03	7,65
20:30:00	7,34	0,411	177,49	13,02	7,66
20:35:00	7,34	0,412	177,67	13,02	7,66
20:40:00	7,34	0,412	177,84	13,02	7,67
20:45:00	7,34	0,413	178,00	13,02	7,68
20:50:00	7,34	0,413	178,16	13,01	7,69
20:55:00	7,34	0,414	178,32	13,01	7,69
21:00:00	7,34	0,414	178,46	13,01	7,70
21:05:00	7,34	0,414	178,61	13,01	7,71
21:10:00	7,34	0,415	178,75	13,01	7,71
21:15:00	7,34	0,415	178,88	13,01	7,72
21:20:00	7,34	0,416	179,01	13,00	7,72
21:25:00	7,34	0,416	179,13	13,00	7,73
21:30:00	7,34	0,416	179,25	13,00	7,73
21:35:00	7,34	0,417	179,37	13,00	7,74
21:40:00	7,34	0,417	179,48	13,00	7,74
21:45:00	7,34	0,417	179,59	13,00	7,75
21:50:00	7,34	0,418	179,70	13,00	7,75

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
21:55:00	7,34	0,418	179,80	13,00	7,76
22:00:00	7,34	0,418	179,90	12,99	7,76
22:05:00	7,34	0,418	180,00	12,99	7,77
22:10:00	7,34	0,419	180,09	12,99	7,77
22:15:00	7,35	0,419	180,18	12,99	7,78
22:20:00	7,35	0,419	180,27	12,99	7,78
22:25:00	7,35	0,419	180,36	12,99	7,78
22:30:00	7,35	0,420	180,44	12,99	7,79

Variação das concentrações obtidas da simulação com o SWMM para o Ponto CASA

BRANCA correspondente ao evento 2

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
12:30:00	7,21	0,453	191,19	12,49	8,26
12:35:00	7,21	0,453	191,19	12,49	8,26
12:40:00	7,21	0,453	191,19	12,49	8,26
12:45:00	7,21	0,453	191,19	12,49	8,26
12:50:00	7,21	0,453	191,19	12,49	8,26
12:55:00	7,21	0,453	191,19	12,49	8,26
13:00:00	7,21	0,453	191,20	12,49	8,26
13:05:00	7,21	0,453	191,20	12,49	8,26
13:10:00	7,21	0,453	191,20	12,49	8,26
13:15:00	7,21	0,453	191,20	12,49	8,26
13:20:00	7,21	0,453	191,20	12,49	8,26
13:25:00	7,21	0,453	191,21	12,49	8,26
13:30:00	7,21	0,453	191,21	12,49	8,26
13:35:00	7,21	0,453	191,21	12,49	8,26
13:40:00	7,21	0,453	191,21	12,49	8,26
13:45:00	7,21	0,453	191,22	12,49	8,26
13:50:00	7,21	0,453	191,22	12,49	8,26
13:55:00	7,21	0,453	191,21	12,49	8,26
14:00:00	7,20	0,453	191,13	12,49	8,26
14:05:00	7,20	0,453	191,00	12,48	8,25
14:10:00	7,19	0,452	190,78	12,46	8,24
14:15:00	7,16	0,451	190,05	12,42	8,21

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
14:20:00	7,11	0,447	188,52	12,32	8,15
14:25:00	6,99	0,439	185,29	12,11	8,01
14:30:00	6,80	0,427	179,97	11,79	7,78
14:35:00	6,57	0,409	172,82	11,41	7,47
14:40:00	6,40	0,392	166,01	11,16	7,17
14:45:00	6,30	0,374	159,58	11,04	6,89
14:50:00	6,19	0,350	151,00	10,98	6,52
14:55:00	6,15	0,321	140,78	11,05	6,07
15:00:00	6,23	0,297	132,91	11,37	5,72
15:05:00	6,39	0,282	128,74	11,79	5,53
15:10:00	6,56	0,275	127,15	12,20	5,46
15:15:00	6,72	0,272	126,91	12,55	5,44
15:20:00	6,85	0,271	127,28	12,83	5,46
15:25:00	6,95	0,271	127,90	13,05	5,48
15:30:00	7,03	0,272	128,68	13,21	5,52
15:35:00	7,09	0,274	129,64	13,33	5,56
15:40:00	7,13	0,277	130,82	13,40	5,61
15:45:00	7,16	0,280	132,21	13,44	5,67
15:50:00	7,19	0,285	133,79	13,46	5,74
15:55:00	7,20	0,290	135,50	13,47	5,81
16:00:00	7,21	0,295	137,27	13,46	5,89
16:05:00	7,22	0,300	139,07	13,45	5,97
16:10:00	7,23	0,305	140,86	13,43	6,05
16:15:00	7,23	0,310	142,61	13,41	6,12
16:20:00	7,24	0,315	144,34	13,39	6,20
16:25:00	7,24	0,320	146,02	13,37	6,27
16:30:00	7,25	0,325	147,67	13,35	6,35
16:35:00	7,25	0,329	149,28	13,33	6,42
16:40:00	7,26	0,334	150,86	13,31	6,49
16:45:00	7,26	0,338	152,41	13,30	6,55
16:50:00	7,26	0,343	153,93	13,28	6,62
16:55:00	7,27	0,347	155,42	13,27	6,69
17:00:00	7,27	0,351	156,88	13,25	6,75
17:05:00	7,28	0,356	158,30	13,24	6,81
17:10:00	7,28	0,360	159,70	13,22	6,87
17:15:00	7,29	0,363	161,05	13,21	6,93
17:20:00	7,30	0,367	162,37	13,20	6,99

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
17:25:00	7,30	0,371	163,66	13,19	7,05
17:30:00	7,31	0,375	164,90	13,18	7,10
17:35:00	7,31	0,378	166,11	13,17	7,16
17:40:00	7,32	0,381	167,28	13,16	7,21
17:45:00	7,32	0,385	168,42	13,15	7,26
17:50:00	7,33	0,388	169,54	13,14	7,31
17:55:00	7,33	0,391	170,63	13,14	7,36
18:00:00	7,34	0,394	171,68	13,13	7,40
18:05:00	7,34	0,397	172,68	13,12	7,45
18:10:00	7,35	0,400	173,63	13,12	7,49
18:15:00	7,35	0,402	174,53	13,11	7,53
18:20:00	7,36	0,405	175,37	13,10	7,56
18:25:00	7,36	0,407	176,18	13,10	7,60
18:30:00	7,37	0,409	176,94	13,09	7,63
18:35:00	7,37	0,411	177,66	13,09	7,66
18:40:00	7,37	0,413	178,35	13,09	7,69
18:45:00	7,38	0,415	179,00	13,08	7,72
18:50:00	7,38	0,417	179,62	13,08	7,75
18:55:00	7,38	0,418	180,22	13,08	7,78
19:00:00	7,39	0,420	180,78	13,07	7,80

Variação das concentrações obtidas da simulação com o SWMM para o Ponto CRISTO
correspondente ao evento 1.

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
10:50:00	6,89	0,498	170,65	10,76	6,53
10:55:00	6,89	0,498	170,68	10,76	6,53
11:00:00	6,89	0,498	170,70	10,77	6,53
11:05:00	6,90	0,498	170,73	10,77	6,53
11:10:00	6,90	0,498	170,75	10,77	6,53
11:15:00	6,90	0,498	170,77	10,77	6,54
11:20:00	6,90	0,498	170,79	10,77	6,54
11:25:00	6,90	0,498	170,81	10,77	6,54
11:30:00	6,90	0,498	170,84	10,77	6,54
11:35:00	6,90	0,498	170,86	10,77	6,54

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
11:40:00	6,90	0,498	170,88	10,78	6,54
11:45:00	6,90	0,498	170,90	10,78	6,54
11:50:00	6,90	0,498	170,83	10,77	6,54
11:55:00	6,90	0,483	166,73	10,90	6,39
12:00:00	7,05	0,322	125,81	12,48	4,90
12:05:00	7,10	0,281	115,43	12,91	4,52
12:10:00	6,96	0,276	113,70	12,67	4,46
12:15:00	6,91	0,276	113,09	12,56	4,44
12:20:00	7,00	0,286	115,32	12,64	4,49
12:25:00	7,06	0,300	117,22	12,62	4,50
12:30:00	7,12	0,287	111,86	12,81	4,24
12:35:00	7,15	0,264	105,12	13,03	3,97
12:40:00	7,14	0,254	102,60	13,08	3,88
12:45:00	7,10	0,251	102,13	13,04	3,88
12:50:00	7,05	0,243	100,89	13,04	3,87
12:55:00	7,00	0,233	99,45	13,02	3,85
13:00:00	6,93	0,224	97,93	12,98	3,84
13:05:00	6,85	0,212	95,74	12,93	3,79
13:10:00	6,80	0,200	92,91	12,93	3,71
13:15:00	6,78	0,187	89,87	13,00	3,60
13:20:00	6,79	0,177	87,35	13,10	3,51
13:25:00	6,82	0,169	85,57	13,22	3,45
13:30:00	6,86	0,163	84,34	13,36	3,41
13:35:00	6,91	0,159	83,59	13,49	3,38
13:40:00	6,96	0,156	83,21	13,61	3,37
13:45:00	7,00	0,155	83,13	13,71	3,37
13:50:00	7,03	0,154	83,25	13,79	3,38
13:55:00	7,06	0,155	83,51	13,84	3,39
14:00:00	7,08	0,156	83,86	13,88	3,40
14:05:00	7,10	0,157	84,29	13,91	3,42
14:10:00	7,11	0,159	84,79	13,93	3,43
14:15:00	7,12	0,161	85,37	13,93	3,45
14:20:00	7,13	0,164	86,04	13,93	3,47
14:25:00	7,14	0,167	86,81	13,92	3,50
14:30:00	7,15	0,170	87,71	13,90	3,53
14:35:00	7,15	0,174	88,71	13,88	3,57
14:40:00	7,15	0,178	89,80	13,86	3,61

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
14:45:00	7,15	0,182	90,96	13,84	3,66
14:50:00	7,16	0,186	92,20	13,81	3,71
14:55:00	7,16	0,190	93,49	13,78	3,76
15:00:00	7,16	0,195	94,83	13,75	3,81
15:05:00	7,16	0,199	96,21	13,72	3,87
15:10:00	7,17	0,204	97,63	13,69	3,92
15:15:00	7,17	0,209	99,07	13,66	3,98
15:20:00	7,17	0,215	100,54	13,63	4,04
15:25:00	7,18	0,220	102,04	13,59	4,09
15:30:00	7,18	0,225	103,55	13,56	4,15
15:35:00	7,18	0,231	105,07	13,53	4,21
15:40:00	7,19	0,236	106,61	13,49	4,27
15:45:00	7,19	0,242	108,15	13,46	4,32
15:50:00	7,19	0,248	109,70	13,42	4,38
15:55:00	7,20	0,253	111,24	13,38	4,44
16:00:00	7,20	0,259	112,78	13,35	4,50
16:05:00	7,21	0,265	114,32	13,31	4,55
16:10:00	7,21	0,271	115,85	13,28	4,61
16:15:00	7,22	0,276	117,37	13,24	4,67
16:20:00	7,22	0,282	118,87	13,21	4,72
16:25:00	7,22	0,288	120,37	13,17	4,78
16:30:00	7,23	0,293	121,85	13,14	4,83
16:35:00	7,23	0,299	123,32	13,10	4,88
16:40:00	7,24	0,304	124,78	13,07	4,94
16:45:00	7,24	0,310	126,22	13,03	4,99
16:50:00	7,25	0,315	127,64	13,00	5,04
16:55:00	7,25	0,321	129,04	12,97	5,09
17:00:00	7,26	0,326	130,41	12,94	5,14
17:05:00	7,26	0,331	131,75	12,90	5,19
17:10:00	7,27	0,336	133,06	12,87	5,24
17:15:00	7,27	0,341	134,35	12,84	5,28
17:20:00	7,27	0,346	135,60	12,81	5,33
17:25:00	7,28	0,351	136,82	12,78	5,37
17:30:00	7,28	0,355	138,01	12,75	5,41
17:35:00	7,29	0,360	139,18	12,73	5,46
17:40:00	7,29	0,364	140,31	12,70	5,50
17:45:00	7,29	0,369	141,42	12,67	5,54

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
17:50:00	7,30	0,373	142,49	12,64	5,57
17:55:00	7,30	0,377	143,53	12,62	5,61
18:00:00	7,30	0,381	144,54	12,59	5,65
18:05:00	7,31	0,385	145,52	12,57	5,68
18:10:00	7,31	0,389	146,46	12,54	5,71
18:15:00	7,31	0,392	147,37	12,52	5,75
18:20:00	7,31	0,396	148,25	12,49	5,78
18:25:00	7,32	0,399	149,11	12,47	5,81
18:30:00	7,32	0,402	149,93	12,45	5,84
18:35:00	7,32	0,406	150,72	12,43	5,86
18:40:00	7,32	0,409	151,49	12,41	5,89
18:45:00	7,33	0,412	152,23	12,39	5,92
18:50:00	7,33	0,415	152,95	12,37	5,94
18:55:00	7,33	0,417	153,64	12,35	5,96
19:00:00	7,33	0,420	154,31	12,33	5,99
19:05:00	7,33	0,423	154,95	12,31	6,01
19:10:00	7,33	0,425	155,57	12,30	6,03
19:15:00	7,34	0,428	156,17	12,28	6,05
19:20:00	7,34	0,430	156,75	12,26	6,07
19:25:00	7,34	0,432	157,31	12,25	6,09
19:30:00	7,34	0,434	157,84	12,23	6,11
19:35:00	7,34	0,436	158,36	12,22	6,13
19:40:00	7,34	0,439	158,86	12,20	6,15
19:45:00	7,34	0,440	159,34	12,19	6,16
19:50:00	7,34	0,442	159,80	12,18	6,18
19:55:00	7,34	0,444	160,25	12,16	6,19
20:00:00	7,35	0,446	160,68	12,15	6,21
20:05:00	7,35	0,448	161,10	12,14	6,22
20:10:00	7,35	0,449	161,50	12,13	6,24
20:15:00	7,35	0,451	161,88	12,11	6,25
20:20:00	7,35	0,452	162,26	12,10	6,26
20:25:00	7,35	0,454	162,61	12,09	6,28
20:30:00	7,35	0,455	162,96	12,08	6,29
20:35:00	7,35	0,457	163,29	12,07	6,30
20:40:00	7,35	0,458	163,62	12,06	6,31
20:45:00	7,35	0,459	163,93	12,05	6,32
20:50:00	7,35	0,460	164,23	12,04	6,33

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
20:55:00	7,35	0,462	164,52	12,03	6,34
21:00:00	7,35	0,463	164,80	12,02	6,35
21:05:00	7,35	0,464	165,07	12,02	6,36
21:10:00	7,35	0,465	165,33	12,01	6,37
21:15:00	7,35	0,466	165,58	12,00	6,38
21:20:00	7,35	0,467	165,82	11,99	6,39
21:25:00	7,35	0,468	166,06	11,99	6,39
21:30:00	7,35	0,469	166,28	11,98	6,40
21:35:00	7,35	0,470	166,50	11,97	6,41
21:40:00	7,35	0,471	166,72	11,97	6,42
21:45:00	7,35	0,471	166,92	11,96	6,42
21:50:00	7,35	0,472	167,12	11,95	6,43
21:55:00	7,35	0,473	167,31	11,95	6,44
22:00:00	7,35	0,474	167,50	11,94	6,44
22:05:00	7,36	0,475	167,68	11,94	6,45
22:10:00	7,36	0,475	167,86	11,93	6,46
22:15:00	7,36	0,476	168,03	11,93	6,46
22:20:00	7,36	0,477	168,19	11,92	6,47
22:25:00	7,36	0,477	168,35	11,92	6,47
22:30:00	7,36	0,478	168,51	11,91	6,48

Variação das concentrações obtidas da simulação com o SWMM para o Ponto CRISTO correspondente ao evento 2.

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
12:30:00	7,22	0,489	185,02	11,88	7,54
12:35:00	7,22	0,489	185,03	11,88	7,54
12:40:00	7,22	0,489	185,03	11,88	7,54
12:45:00	7,22	0,489	185,04	11,88	7,54
12:50:00	7,22	0,489	185,05	11,88	7,54
12:55:00	7,22	0,489	185,05	11,88	7,54
13:00:00	7,22	0,489	185,06	11,88	7,54
13:05:00	7,22	0,489	185,07	11,88	7,54
13:10:00	7,22	0,489	185,07	11,88	7,54
13:15:00	7,22	0,489	185,08	11,88	7,54

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
13:20:00	7,23	0,489	185,08	11,88	7,54
13:25:00	7,23	0,489	185,09	11,88	7,54
13:30:00	7,23	0,489	185,10	11,89	7,54
13:35:00	7,23	0,489	185,10	11,89	7,54
13:40:00	7,23	0,489	185,11	11,89	7,54
13:45:00	7,23	0,489	185,11	11,89	7,55
13:50:00	7,23	0,489	185,11	11,89	7,54
13:55:00	7,23	0,488	184,64	11,90	7,53
14:00:00	7,23	0,481	182,63	11,95	7,44
14:05:00	7,23	0,479	181,94	11,97	7,42
14:10:00	7,23	0,477	181,38	11,99	7,39
14:15:00	7,25	0,426	166,35	12,39	6,79
14:20:00	7,27	0,369	149,74	12,84	6,12
14:25:00	7,29	0,310	132,48	13,29	5,42
14:30:00	7,25	0,293	126,87	13,32	5,19
14:35:00	7,19	0,300	128,25	13,13	5,23
14:40:00	7,19	0,309	129,20	13,04	5,23
14:45:00	7,19	0,317	129,47	12,93	5,18
14:50:00	7,16	0,320	128,64	12,83	5,11
14:55:00	7,11	0,315	126,98	12,76	5,05
15:00:00	7,04	0,305	124,67	12,71	4,98
15:05:00	6,96	0,293	122,18	12,65	4,92
15:10:00	6,88	0,280	119,37	12,59	4,84
15:15:00	6,82	0,267	116,16	12,58	4,74
15:20:00	6,80	0,254	112,92	12,65	4,63
15:25:00	6,82	0,242	110,17	12,78	4,53
15:30:00	6,86	0,233	108,17	12,94	4,46
15:35:00	6,92	0,227	106,92	13,12	4,41
15:40:00	6,99	0,223	106,28	13,29	4,39
15:45:00	7,05	0,221	106,09	13,43	4,39
15:50:00	7,10	0,220	106,25	13,55	4,40
15:55:00	7,14	0,220	106,68	13,64	4,42
16:00:00	7,18	0,222	107,33	13,70	4,44
16:05:00	7,20	0,224	108,18	13,74	4,48
16:10:00	7,22	0,228	109,19	13,76	4,52
16:15:00	7,24	0,232	110,42	13,76	4,57
16:20:00	7,25	0,236	111,86	13,75	4,63

Hora	Variáveis (mg/L)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
16:25:00	7,26	0,241	113,48	13,73	4,69
16:30:00	7,26	0,247	115,22	13,71	4,76
16:35:00	7,27	0,253	117,04	13,68	4,84
16:40:00	7,27	0,258	118,90	13,64	4,92
16:45:00	7,27	0,264	120,78	13,61	5,00
16:50:00	7,27	0,270	122,66	13,58	5,08
16:55:00	7,28	0,276	124,53	13,54	5,16
17:00:00	7,28	0,282	126,38	13,51	5,23
17:05:00	7,28	0,288	128,21	13,47	5,31
17:10:00	7,28	0,294	130,01	13,44	5,38
17:15:00	7,29	0,299	131,78	13,40	5,46
17:20:00	7,29	0,305	133,53	13,37	5,53
17:25:00	7,29	0,311	135,25	13,34	5,60
17:30:00	7,30	0,316	136,94	13,31	5,67
17:35:00	7,30	0,322	138,60	13,28	5,73
17:40:00	7,30	0,327	140,23	13,25	5,80
17:45:00	7,31	0,333	141,82	13,22	5,86
17:50:00	7,31	0,338	143,37	13,19	5,93
17:55:00	7,32	0,343	144,89	13,16	5,99
18:00:00	7,32	0,348	146,37	13,13	6,05
18:05:00	7,32	0,353	147,82	13,11	6,11
18:10:00	7,33	0,358	149,23	13,08	6,16
18:15:00	7,33	0,362	150,61	13,06	6,22
18:20:00	7,34	0,367	151,96	13,03	6,27
18:25:00	7,34	0,371	153,26	13,01	6,32
18:30:00	7,34	0,376	154,53	12,99	6,37
18:35:00	7,35	0,380	155,76	12,97	6,42
18:40:00	7,35	0,384	156,94	12,95	6,47
18:45:00	7,36	0,388	158,07	12,92	6,51
18:50:00	7,36	0,392	159,17	12,90	6,56
18:55:00	7,36	0,395	160,22	12,89	6,60
19:00:00	7,37	0,399	161,22	12,87	6,64

Varição das cargas específicas obtidas da simulação com o SWMM para o Ponto
FORUM correspondente ao evento 1.

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
10:50:00	572,36	53,46	11.988,52	696,11	309,38
10:55:00	572,36	53,46	11.988,68	696,11	309,38
11:00:00	572,36	53,47	11.988,79	696,12	309,38
11:05:00	572,37	53,46	11.988,85	696,13	309,39
11:10:00	572,37	53,46	11.988,85	696,13	309,39
11:15:00	572,37	53,46	11.988,81	696,13	309,39
11:20:00	572,37	53,46	11.988,72	696,12	309,39
11:25:00	572,35	53,46	11.988,57	696,11	309,38
11:30:00	572,37	53,46	11.988,89	696,13	309,39
11:35:00	572,36	53,46	11.988,66	696,12	309,39
11:40:00	572,38	53,46	11.988,90	696,13	309,39
11:45:00	572,36	53,46	11.988,58	696,11	309,38
11:50:00	572,44	53,46	11.989,49	696,27	309,42
11:55:00	643,43	54,16	12.590,58	842,04	334,36
12:00:00	1.567,68	63,15	20.412,59	2.740,47	659,11
12:05:00	1.823,83	65,64	22.578,82	3.266,70	749,09
12:10:00	1.848,27	65,87	22.785,71	3.316,91	757,68
12:15:00	1.881,60	66,19	23.067,76	3.385,38	769,40
12:20:00	1.958,16	66,95	23.715,50	3.542,60	796,28
12:25:00	2.074,46	68,08	24.699,79	3.781,50	837,16
12:30:00	2.424,37	71,47	27.660,73	4.500,21	960,10
12:35:00	2.751,60	74,67	30.429,57	5.172,33	1.075,06
12:40:00	2.750,24	74,65	30.418,36	5.169,64	1.074,60
12:45:00	2.570,60	72,90	28.898,19	4.800,61	1.011,49
12:50:00	2.471,50	71,95	28.059,45	4.597,03	976,66
12:55:00	2.380,29	71,06	27.287,78	4.409,73	944,62
13:00:00	2.280,96	70,10	26.447,23	4.205,70	909,70
13:05:00	2.207,54	69,38	25.825,92	4.054,88	883,90
13:10:00	2.147,64	68,78	25.319,01	3.931,83	862,85
13:15:00	2.100,44	68,32	24.919,46	3.834,84	846,28
13:20:00	2.018,13	67,53	24.223,11	3.665,83	817,36
13:25:00	1.904,81	66,43	23.264,09	3.433,02	777,55
13:30:00	1.800,26	65,41	22.379,30	3.218,26	740,80
13:35:00	1.700,22	64,43	21.532,76	3.012,79	705,66

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
13:40:00	1.604,82	63,52	20.725,58	2.816,87	672,13
13:45:00	1.515,49	62,65	19.969,58	2.633,37	640,75
13:50:00	1.433,30	61,84	19.274,06	2.464,53	611,88
13:55:00	1.358,96	61,12	18.645,12	2.311,84	585,75
14:00:00	1.292,04	60,46	18.078,78	2.174,37	562,24
14:05:00	1.232,01	59,89	17.570,63	2.051,05	541,15
14:10:00	1.178,28	59,36	17.116,03	1.940,70	522,28
14:15:00	1.130,17	58,88	16.708,95	1.841,89	505,37
14:20:00	1.087,03	58,46	16.343,90	1.753,29	490,22
14:25:00	1.048,29	58,09	16.016,06	1.673,71	476,60
14:30:00	1.013,41	57,75	15.720,83	1.602,03	464,34
14:35:00	981,86	57,45	15.453,81	1.537,26	453,26
14:40:00	953,32	57,17	15.212,40	1.478,64	443,24
14:45:00	927,41	56,91	14.993,13	1.425,42	434,14
14:50:00	903,86	56,69	14.793,75	1.377,03	425,85
14:55:00	882,38	56,47	14.612,03	1.332,92	418,31
15:00:00	862,78	56,29	14.446,28	1.292,64	411,43
15:05:00	844,81	56,12	14.294,12	1.255,72	405,11
15:10:00	828,32	55,95	14.154,60	1.221,88	399,31
15:15:00	813,19	55,80	14.026,58	1.190,81	394,00
15:20:00	799,26	55,67	13.908,77	1.162,19	389,11
15:25:00	786,43	55,55	13.800,12	1.135,82	384,60
15:30:00	774,58	55,42	13.699,94	1.111,48	380,43
15:35:00	763,60	55,33	13.606,92	1.088,93	376,57
15:40:00	753,45	55,23	13.521,00	1.068,07	373,01
15:45:00	744,02	55,13	13.441,14	1.048,70	369,69
15:50:00	731,56	55,01	13.335,78	1.023,11	365,32
15:55:00	720,49	54,90	13.242,03	1.000,39	361,43
16:00:00	711,29	54,82	13.164,38	981,48	358,20
16:05:00	703,36	54,73	13.097,26	965,19	355,42
16:10:00	696,35	54,66	13.037,88	950,79	352,95
16:15:00	690,05	54,60	12.984,40	937,85	350,73
16:20:00	684,33	54,55	12.936,07	926,10	348,72
16:25:00	679,06	54,50	12.891,62	915,29	346,88
16:30:00	674,19	54,45	12.850,41	905,28	345,16
16:35:00	669,67	54,41	12.812,08	895,97	343,57
16:40:00	665,42	54,37	12.776,13	887,28	342,08

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
16:45:00	661,48	54,33	12.742,90	879,16	340,70
16:50:00	657,75	54,29	12.711,27	871,51	339,39
16:55:00	654,24	54,26	12.681,45	864,31	338,15
17:00:00	650,95	54,23	12.653,67	857,55	336,99
17:05:00	647,85	54,20	12.627,62	851,18	335,91
17:10:00	644,91	54,16	12.602,52	845,14	334,87
17:15:00	642,13	54,14	12.578,99	839,43	333,90
17:20:00	639,50	54,11	12.556,65	834,03	332,97
17:25:00	637,01	54,09	12.535,65	828,92	332,09
17:30:00	634,65	54,07	12.515,60	824,06	331,26
17:35:00	632,43	54,05	12.497,09	819,49	330,49
17:40:00	630,29	54,03	12.478,75	815,10	329,74
17:45:00	628,26	54,01	12.461,63	810,93	329,02
17:50:00	626,33	53,98	12.445,31	806,98	328,34
17:55:00	624,50	53,97	12.429,89	803,23	327,71
18:00:00	622,75	53,95	12.414,93	799,62	327,08
18:05:00	621,09	53,94	12.400,98	796,21	326,51
18:10:00	619,51	53,92	12.387,61	792,96	325,95
18:15:00	618,00	53,90	12.374,87	789,85	325,42
18:20:00	616,53	53,89	12.362,31	786,85	324,90
18:25:00	615,17	53,88	12.350,97	784,03	324,43
18:30:00	613,82	53,87	12.339,42	781,29	323,95
18:35:00	612,55	53,86	12.328,67	778,69	323,51
18:40:00	611,36	53,84	12.318,77	776,21	323,09
18:45:00	610,19	53,83	12.308,76	773,82	322,68
18:50:00	609,07	53,82	12.299,18	771,52	322,28
18:55:00	608,02	53,81	12.290,52	769,35	321,92
19:00:00	607,00	53,80	12.281,86	767,24	321,55
19:05:00	606,00	53,79	12.273,21	765,21	321,20
19:10:00	605,07	53,78	12.265,57	763,29	320,88
19:15:00	604,14	53,77	12.257,49	761,40	320,55
19:20:00	603,29	53,76	12.250,50	759,63	320,25
19:25:00	602,44	53,76	12.243,10	757,89	319,95
19:30:00	601,63	53,74	12.236,32	756,24	319,67
19:35:00	600,85	53,74	12.229,67	754,63	319,40
19:40:00	600,11	53,74	12.223,67	753,12	319,14
19:45:00	599,39	53,73	12.217,35	751,62	318,88

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
19:50:00	598,68	53,72	12.211,21	750,18	318,63
19:55:00	598,02	53,71	12.205,77	748,82	318,40
20:00:00	597,39	53,71	12.200,55	747,51	318,18
20:05:00	596,75	53,70	12.195,04	746,21	317,95
20:10:00	596,14	53,69	12.189,78	744,96	317,74
20:15:00	595,58	53,69	12.185,28	743,80	317,54
20:20:00	595,02	53,69	12.180,52	742,64	317,34
20:25:00	594,46	53,68	12.175,55	741,51	317,15
20:30:00	593,95	53,67	12.171,35	740,44	316,97
20:35:00	593,43	53,66	12.166,95	739,40	316,79
20:40:00	592,94	53,66	12.162,85	738,39	316,62
20:45:00	592,48	53,66	12.159,05	737,44	316,46
20:50:00	592,02	53,65	12.155,07	736,49	316,29
20:55:00	591,58	53,65	12.151,42	735,58	316,14
21:00:00	591,14	53,65	12.147,60	734,69	315,98
21:05:00	590,72	53,64	12.144,11	733,83	315,84
21:10:00	590,31	53,63	12.140,47	732,99	315,69
21:15:00	589,92	53,63	12.137,17	732,19	315,56
21:20:00	589,55	53,63	12.134,24	731,43	315,42
21:25:00	589,19	53,63	12.131,16	730,67	315,30
21:30:00	588,82	53,63	12.127,95	729,92	315,17
21:35:00	588,48	53,62	12.125,13	729,22	315,05
21:40:00	588,14	53,62	12.122,17	728,52	314,93
21:45:00	587,82	53,61	12.119,60	727,86	314,82
21:50:00	587,51	53,61	12.116,92	727,22	314,71
21:55:00	587,19	53,60	12.114,12	726,57	314,59
22:00:00	586,89	53,60	12.111,72	725,96	314,49
22:05:00	586,60	53,60	12.109,21	725,36	314,39
22:10:00	586,31	53,59	12.106,61	724,77	314,29
22:15:00	586,04	53,59	12.104,42	724,21	314,19
22:20:00	585,77	53,59	12.102,13	723,66	314,10
22:25:00	585,51	53,59	12.099,75	723,12	314,00
22:30:00	585,26	53,58	12.097,79	722,61	313,92

Variação das cargas específicas obtidas da simulação com o SWMM para o Ponto
FORUM correspondente ao evento 2.

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
12:30:00	623,94	58,28	13.068,96	758,85	337,26
12:35:00	623,95	58,28	13.069,28	758,86	337,27
12:40:00	623,95	58,28	13.069,07	758,85	337,27
12:45:00	623,96	58,28	13.069,33	758,87	337,27
12:50:00	623,94	58,28	13.069,06	758,85	337,27
12:55:00	623,95	58,28	13.069,27	758,86	337,28
13:00:00	623,94	58,28	13.068,94	758,84	337,26
13:05:00	623,94	58,28	13.069,11	758,85	337,27
13:10:00	623,95	58,28	13.069,25	758,86	337,27
13:15:00	623,95	58,28	13.069,36	758,87	337,28
13:20:00	623,94	58,28	13.068,94	758,84	337,26
13:25:00	623,94	58,28	13.069,00	758,85	337,27
13:30:00	623,94	58,28	13.069,05	758,85	337,27
13:35:00	623,95	58,28	13.069,07	758,85	337,27
13:40:00	623,94	58,28	13.069,07	758,85	337,27
13:45:00	623,96	58,28	13.069,46	758,88	337,28
13:50:00	624,39	58,29	13.074,44	759,67	337,45
13:55:00	636,58	58,39	13.173,00	785,02	341,66
14:00:00	688,83	58,92	13.618,58	892,11	360,07
14:05:00	702,32	59,04	13.732,62	919,81	364,81
14:10:00	726,04	59,25	13.930,39	968,76	373,10
14:15:00	1.143,99	62,92	17.408,32	1.831,17	519,06
14:20:00	1.741,22	68,63	22.444,49	3.059,09	728,62
14:25:00	2.824,43	79,61	31.676,99	5.279,66	1.110,22
14:30:00	3.519,12	86,42	37.564,20	6.706,03	1.354,42
14:35:00	3.780,16	88,97	39.774,87	7.242,04	1.446,18
14:40:00	3.803,67	89,25	39.978,32	7.290,13	1.454,52
14:45:00	3.557,14	86,84	37.889,87	6.783,87	1.367,84
14:50:00	3.319,53	84,52	35.879,37	6.295,75	1.284,35
14:55:00	3.075,56	82,13	33.814,86	5.794,59	1.198,66
15:00:00	2.776,06	79,23	31.280,63	5.179,41	1.093,41
15:05:00	2.474,97	76,31	28.732,68	4.560,95	987,63
15:10:00	2.222,15	73,82	26.593,22	4.041,63	898,78
15:15:00	2.020,09	71,85	24.883,34	3.626,60	827,81

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
15:20:00	1.860,45	70,30	23.532,45	3.298,69	771,72
15:25:00	1.733,09	69,07	22.454,79	3.037,12	726,96
15:30:00	1.626,61	68,04	21.553,75	2.818,39	689,55
15:35:00	1.535,66	67,16	20.784,04	2.631,54	657,60
15:40:00	1.456,59	66,39	20.115,03	2.469,15	629,82
15:45:00	1.386,89	65,70	19.525,18	2.326,00	605,33
15:50:00	1.324,85	65,10	19.000,12	2.198,54	583,53
15:55:00	1.269,25	64,56	18.529,79	2.084,35	563,99
16:00:00	1.219,21	64,07	18.106,33	1.981,58	546,42
16:05:00	1.174,12	63,63	17.724,81	1.888,93	530,58
16:10:00	1.133,36	63,24	17.379,77	1.805,20	516,25
16:15:00	1.096,45	62,88	17.067,51	1.729,42	503,29
16:20:00	1.063,00	62,55	16.784,40	1.660,70	491,52
16:25:00	1.032,60	62,26	16.527,32	1.598,26	480,86
16:30:00	1.005,18	61,98	16.295,31	1.541,95	471,22
16:35:00	980,14	61,75	16.083,20	1.490,50	462,42
16:40:00	957,08	61,52	15.888,07	1.443,13	454,31
16:45:00	935,85	61,31	15.708,40	1.399,53	446,85
16:50:00	916,34	61,12	15.543,56	1.359,46	440,01
16:55:00	898,40	60,95	15.391,65	1.322,59	433,70
17:00:00	881,89	60,80	15.251,94	1.288,68	427,90
17:05:00	866,68	60,65	15.123,20	1.257,44	422,55
17:10:00	848,64	60,46	14.970,50	1.220,42	416,21
17:15:00	831,65	60,30	14.826,79	1.185,52	410,25
17:20:00	817,69	60,17	14.708,62	1.156,82	405,34
17:25:00	805,73	60,04	14.607,44	1.132,25	401,14
17:30:00	795,17	59,95	14.517,94	1.110,56	397,42
17:35:00	785,69	59,85	14.437,78	1.091,10	394,10
17:40:00	777,09	59,77	14.365,11	1.073,42	391,08
17:45:00	769,18	59,69	14.298,27	1.057,18	388,30
17:50:00	761,89	59,62	14.236,49	1.042,19	385,74
17:55:00	755,13	59,56	14.179,20	1.028,29	383,36
18:00:00	748,84	59,50	14.126,12	1.015,39	381,15
18:05:00	742,97	59,44	14.076,37	1.003,34	379,09
18:10:00	737,49	59,39	14.029,92	992,08	377,16
18:15:00	732,38	59,34	13.986,67	981,56	375,37
18:20:00	727,57	59,29	13.946,03	971,71	373,68

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
18:25:00	723,06	59,24	13.907,81	962,44	372,09
18:30:00	718,84	59,21	13.872,26	953,77	370,61
18:35:00	714,85	59,16	13.838,22	945,57	369,20
18:40:00	711,11	59,13	13.806,83	937,89	367,90
18:45:00	707,57	59,09	13.776,87	930,63	366,65
18:50:00	704,24	59,06	13.748,50	923,77	365,48
18:55:00	701,09	59,03	13.721,90	917,30	364,38
19:00:00	698,11	59,00	13.696,72	911,18	363,33

Variação das cargas específicas obtidas da simulação com o SWMM para o Ponto
CASA BRANCA correspondente ao evento 1.

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
10:50:00	228,30	14,37	6.057,72	395,73	261,79
10:55:00	228,30	14,36	6.057,66	395,73	261,79
11:00:00	228,31	14,36	6.057,72	395,73	261,79
11:05:00	228,30	14,36	6.057,69	395,73	261,79
11:10:00	228,30	14,37	6.057,68	395,73	261,79
11:15:00	228,31	14,37	6.057,69	395,73	261,79
11:20:00	228,31	14,37	6.057,72	395,73	261,79
11:25:00	228,31	14,37	6.057,78	395,74	261,79
11:30:00	228,31	14,36	6.057,74	395,73	261,79
11:35:00	228,31	14,36	6.057,73	395,73	261,79
11:40:00	228,31	14,37	6.057,75	395,73	261,79
11:45:00	228,31	14,37	6.057,79	395,73	261,79
11:50:00	228,31	14,36	6.057,85	395,74	261,80
11:55:00	228,24	14,36	6.055,90	395,61	261,71
12:00:00	227,12	14,29	6.026,19	393,68	260,43
12:05:00	226,95	14,27	6.019,66	393,43	260,14
12:10:00	227,34	14,26	6.017,02	394,32	260,02
12:15:00	228,64	14,21	6.005,92	397,38	259,50
12:20:00	232,11	14,11	5.991,60	405,30	258,80
12:25:00	240,46	14,12	6.038,60	422,86	260,69
12:30:00	253,00	14,26	6.150,70	448,50	265,36
12:35:00	270,57	14,44	6.299,50	484,61	271,54
12:40:00	303,49	14,73	6.568,92	552,39	282,71

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
12:45:00	364,01	15,32	7.081,92	676,68	304,01
12:50:00	445,67	16,17	7.791,69	844,07	333,52
12:55:00	529,20	17,06	8.525,33	1.015,19	364,05
13:00:00	600,21	17,82	9.148,87	1.160,63	390,00
13:05:00	653,97	18,39	9.619,58	1.270,77	409,58
13:10:00	692,62	18,79	9.957,44	1.349,97	423,64
13:15:00	719,94	19,08	10.196,36	1.405,96	433,57
13:20:00	738,88	19,29	10.362,50	1.444,76	440,48
13:25:00	750,86	19,41	10.468,36	1.469,29	444,89
13:30:00	757,01	19,49	10.523,86	1.481,85	447,20
13:35:00	758,58	19,51	10.539,88	1.485,05	447,88
13:40:00	756,27	19,50	10.522,45	1.480,27	447,16
13:45:00	750,18	19,44	10.472,63	1.467,71	445,09
13:50:00	740,23	19,35	10.390,11	1.447,27	441,67
13:55:00	726,74	19,22	10.277,41	1.419,51	437,00
14:00:00	710,31	19,06	10.139,90	1.385,73	431,30
14:05:00	691,67	18,89	9.983,84	1.347,42	424,81
14:10:00	671,60	18,70	9.815,65	1.306,15	417,84
14:15:00	650,80	18,50	9.641,47	1.263,42	410,61
14:20:00	629,95	18,30	9.466,68	1.220,54	403,35
14:25:00	609,49	18,11	9.295,28	1.178,49	396,25
14:30:00	589,75	17,92	9.129,88	1.137,92	389,38
14:35:00	570,89	17,75	8.971,82	1.099,15	382,82
14:40:00	552,98	17,57	8.821,66	1.062,34	376,59
14:45:00	536,04	17,41	8.679,56	1.027,52	370,69
14:50:00	520,04	17,26	8.545,29	994,63	365,12
14:55:00	504,96	17,12	8.418,64	963,62	359,86
15:00:00	490,74	16,98	8.299,30	934,43	354,91
15:05:00	477,36	16,85	8.186,91	906,93	350,25
15:10:00	464,78	16,73	8.081,14	881,07	345,86
15:15:00	452,93	16,62	7.981,50	856,72	341,73
15:20:00	441,79	16,51	7.887,71	833,82	337,83
15:25:00	431,32	16,41	7.799,55	812,29	334,17
15:30:00	421,46	16,32	7.716,51	792,05	330,72
15:35:00	412,20	16,23	7.638,41	773,02	327,48
15:40:00	403,48	16,14	7.564,86	755,12	324,43
15:45:00	395,29	16,06	7.495,65	738,29	321,56

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
15:50:00	387,60	15,99	7.430,61	722,48	318,86
15:55:00	380,33	15,92	7.368,93	707,54	316,29
16:00:00	373,36	15,85	7.309,78	693,25	313,84
16:05:00	366,73	15,78	7.253,61	679,63	311,51
16:10:00	360,48	15,72	7.200,71	666,79	309,31
16:15:00	354,63	15,66	7.151,30	654,77	307,26
16:20:00	349,16	15,61	7.105,16	643,54	305,34
16:25:00	344,07	15,56	7.061,98	633,07	303,55
16:30:00	339,31	15,52	7.021,65	623,30	301,87
16:35:00	334,86	15,48	6.983,84	614,16	300,31
16:40:00	330,70	15,43	6.948,38	605,61	298,83
16:45:00	326,79	15,39	6.915,06	597,59	297,45
16:50:00	323,11	15,36	6.883,64	590,05	296,14
16:55:00	319,66	15,32	6.854,11	582,96	294,91
17:00:00	316,41	15,29	6.826,25	576,29	293,76
17:05:00	313,35	15,26	6.801,35	569,99	292,73
17:10:00	310,47	15,24	6.779,15	564,04	291,81
17:15:00	307,75	15,22	6.757,57	558,43	290,92
17:20:00	305,17	15,19	6.736,25	553,12	290,04
17:25:00	302,73	15,17	6.715,45	548,10	289,17
17:30:00	300,41	15,15	6.695,17	543,35	288,33
17:35:00	298,09	15,12	6.672,89	538,63	287,40
17:40:00	295,83	15,08	6.650,22	534,04	286,44
17:45:00	293,71	15,05	6.629,44	529,76	285,57
17:50:00	291,76	15,03	6.610,83	525,79	284,79
17:55:00	289,96	15,01	6.594,31	522,12	284,11
18:00:00	288,29	14,99	6.579,40	518,69	283,49
18:05:00	286,72	14,97	6.565,68	515,48	282,91
18:10:00	285,25	14,96	6.553,02	512,45	282,39
18:15:00	283,85	14,94	6.541,09	509,58	281,89
18:20:00	282,52	14,93	6.529,76	506,85	281,42
18:25:00	281,26	14,92	6.519,09	504,26	280,98
18:30:00	280,05	14,91	6.508,82	501,79	280,55
18:35:00	278,91	14,90	6.499,01	499,43	280,15
18:40:00	277,81	14,89	6.489,72	497,19	279,76
18:45:00	276,77	14,88	6.480,69	495,05	279,38
18:50:00	275,78	14,86	6.472,17	493,01	279,03

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
18:55:00	274,82	14,85	6.464,00	491,06	278,69
19:00:00	273,91	14,84	6.456,12	489,19	278,36
19:05:00	273,05	14,84	6.448,67	487,42	278,05
19:10:00	272,22	14,83	6.441,49	485,72	277,75
19:15:00	271,43	14,82	6.434,61	484,10	277,47
19:20:00	270,67	14,81	6.427,96	482,54	277,19
19:25:00	269,95	14,81	6.421,67	481,06	276,93
19:30:00	269,26	14,80	6.415,58	479,64	276,68
19:35:00	268,59	14,79	6.409,81	478,29	276,44
19:40:00	267,96	14,78	6.404,18	476,98	276,20
19:45:00	267,35	14,78	6.398,82	475,74	275,98
19:50:00	266,77	14,77	6.393,66	474,55	275,77
19:55:00	266,21	14,77	6.388,72	473,40	275,56
20:00:00	265,68	14,76	6.384,01	472,31	275,37
20:05:00	265,16	14,75	6.379,47	471,26	275,17
20:10:00	264,67	14,75	6.375,10	470,26	274,99
20:15:00	264,20	14,74	6.370,92	469,29	274,82
20:20:00	263,75	14,74	6.366,85	468,36	274,65
20:25:00	263,31	14,73	6.363,01	467,48	274,49
20:30:00	262,89	14,73	6.359,21	466,62	274,33
20:35:00	262,50	14,72	6.355,67	465,81	274,18
20:40:00	262,11	14,72	6.352,19	465,02	274,04
20:45:00	261,74	14,72	6.348,90	464,26	273,90
20:50:00	261,39	14,71	6.345,69	463,54	273,77
20:55:00	261,05	14,71	6.342,60	462,84	273,64
21:00:00	260,72	14,70	6.339,61	462,17	273,51
21:05:00	260,40	14,70	6.336,76	461,53	273,39
21:10:00	260,10	14,70	6.334,04	460,91	273,28
21:15:00	259,81	14,69	6.331,36	460,31	273,17
21:20:00	259,46	14,69	6.327,31	459,63	273,00
21:25:00	259,12	14,68	6.322,98	458,95	272,82
21:30:00	258,81	14,67	6.319,27	458,32	272,66
21:35:00	258,52	14,67	6.316,17	457,75	272,53
21:40:00	258,26	14,66	6.313,48	457,23	272,42
21:45:00	258,02	14,66	6.311,09	456,73	272,32
21:50:00	257,79	14,66	6.308,91	456,27	272,22
21:55:00	257,58	14,66	6.306,82	455,83	272,14

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
22:00:00	257,37	14,65	6.304,95	455,41	272,06
22:05:00	257,17	14,65	6.303,20	455,01	271,99
22:10:00	256,99	14,65	6.301,56	454,63	271,92
22:15:00	256,82	14,65	6.300,04	454,27	271,85
22:20:00	256,65	14,64	6.298,55	453,92	271,79

Variação das cargas específicas obtidas da simulação com o SWMM para o Ponto
CASA BRANCA correspondente ao evento 2.

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
12:30:00	593,59	37,35	15.749,76	1.028,88	680,64
12:35:00	593,58	37,35	15.749,75	1.028,88	680,65
12:40:00	593,59	37,35	15.749,74	1.028,87	680,64
12:45:00	593,58	37,35	15.749,73	1.028,87	680,64
12:50:00	593,58	37,35	15.749,73	1.028,88	680,64
12:55:00	593,58	37,35	15.749,74	1.028,88	680,64
13:00:00	593,58	37,35	15.749,76	1.028,88	680,65
13:05:00	593,59	37,35	15.749,79	1.028,88	680,64
13:10:00	593,58	37,35	15.749,70	1.028,88	680,64
13:15:00	593,58	37,35	15.749,74	1.028,88	680,64
13:20:00	593,58	37,35	15.749,68	1.028,87	680,64
13:25:00	593,59	37,35	15.749,74	1.028,88	680,64
13:30:00	593,58	37,35	15.749,69	1.028,87	680,64
13:35:00	593,58	37,35	15.749,76	1.028,88	680,64
13:40:00	593,58	37,35	15.749,74	1.028,88	680,64
13:45:00	593,58	37,34	15.749,72	1.028,88	680,64
13:50:00	593,58	37,34	15.749,68	1.028,87	680,64
13:55:00	593,59	37,35	15.749,78	1.028,88	680,64
14:00:00	593,58	37,34	15.749,73	1.028,88	680,64
14:05:00	593,59	37,35	15.749,77	1.028,88	680,65
14:10:00	593,59	37,35	15.749,84	1.028,90	680,64
14:15:00	593,61	37,35	15.749,93	1.028,92	680,65
14:20:00	593,66	37,35	15.750,38	1.029,04	680,67
14:25:00	593,94	37,35	15.752,77	1.029,62	680,77
14:30:00	595,41	37,37	15.765,22	1.032,64	681,28

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
14:35:00	601,06	37,42	15.812,98	1.044,24	683,27
14:40:00	613,83	37,55	15.921,14	1.070,48	687,76
14:45:00	635,27	37,75	16.102,44	1.114,49	695,29
14:50:00	674,09	38,13	16.430,96	1.194,24	708,93
14:55:00	743,01	38,81	17.014,22	1.335,81	733,15
15:00:00	832,69	39,67	17.773,15	1.520,01	764,65
15:05:00	917,15	40,50	18.487,80	1.693,50	794,33
15:10:00	982,35	41,13	19.039,60	1.827,43	817,23
15:15:00	1.028,18	41,58	19.427,38	1.921,57	833,34
15:20:00	1.059,15	41,88	19.689,52	1.985,20	844,23
15:25:00	1.079,10	42,08	19.858,30	2.026,16	851,23
15:30:00	1.089,77	42,18	19.948,59	2.048,08	854,98
15:35:00	1.091,75	42,20	19.965,35	2.052,14	855,67
15:40:00	1.085,77	42,14	19.914,66	2.039,84	853,57
15:45:00	1.073,22	42,01	19.808,48	2.014,07	849,16
15:50:00	1.055,95	41,84	19.662,37	1.978,61	843,10
15:55:00	1.035,88	41,65	19.492,61	1.937,39	836,04
16:00:00	1.014,61	41,45	19.312,59	1.893,71	828,57
16:05:00	993,30	41,24	19.132,24	1.849,92	821,09
16:10:00	972,61	41,03	18.957,13	1.807,43	813,82
16:15:00	952,89	40,84	18.790,27	1.766,92	806,88
16:20:00	934,24	40,66	18.632,46	1.728,61	800,33
16:25:00	916,68	40,49	18.483,81	1.692,53	794,16
16:30:00	900,13	40,34	18.343,80	1.658,55	788,35
16:35:00	884,55	40,17	18.211,97	1.626,54	782,87
16:40:00	869,85	40,03	18.087,59	1.596,36	777,71
16:45:00	855,97	39,90	17.970,06	1.567,83	772,82
16:50:00	842,83	39,77	17.858,99	1.540,86	768,22
16:55:00	830,42	39,65	17.753,82	1.515,33	763,85
17:00:00	818,65	39,53	17.654,29	1.491,17	759,72
17:05:00	807,51	39,43	17.560,07	1.468,30	755,81
17:10:00	796,98	39,33	17.470,84	1.446,66	752,10
17:15:00	787,02	39,23	17.386,64	1.426,20	748,61
17:20:00	777,60	39,14	17.306,97	1.406,87	745,30
17:25:00	768,72	39,05	17.231,74	1.388,61	742,18
17:30:00	760,33	38,97	17.160,83	1.371,39	739,23
17:35:00	752,42	38,89	17.093,77	1.355,12	736,45

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
17:40:00	744,91	38,82	17.030,32	1.339,71	733,82
17:45:00	737,81	38,75	16.970,13	1.325,11	731,32
17:50:00	730,96	38,69	16.912,27	1.311,06	728,91
17:55:00	724,43	38,62	16.856,95	1.297,64	726,61
18:00:00	718,28	38,57	16.804,96	1.285,00	724,45
18:05:00	712,54	38,50	16.756,37	1.273,22	722,43
18:10:00	707,21	38,45	16.711,29	1.262,27	720,56
18:15:00	702,26	38,41	16.669,36	1.252,10	718,83
18:20:00	697,65	38,36	16.630,38	1.242,63	717,21
18:25:00	693,34	38,32	16.593,88	1.233,79	715,69
18:30:00	689,32	38,28	16.559,92	1.225,53	714,28
18:35:00	685,55	38,24	16.527,96	1.217,78	712,96
18:40:00	682,02	38,20	16.498,08	1.210,52	711,71
18:45:00	678,69	38,17	16.469,93	1.203,69	710,54
18:50:00	675,55	38,15	16.443,37	1.197,25	709,44
18:55:00	672,61	38,12	16.418,43	1.191,20	708,41
19:00:00	669,83	38,09	16.395,01	1.185,50	707,43

Variação das cargas específicas obtidas da simulação com o SWMM para o Ponto
CRISTO correspondente ao evento 1.

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
10:50:00	226,53	16,35	5.608,61	353,71	214,66
10:55:00	226,52	16,35	5.608,24	353,68	214,64
11:00:00	226,50	16,35	5.607,85	353,66	214,62
11:05:00	226,49	16,35	5.607,50	353,64	214,60
11:10:00	226,48	16,35	5.607,14	353,61	214,59
11:15:00	226,46	16,35	5.606,77	353,58	214,57
11:20:00	226,45	16,35	5.606,38	353,56	214,55
11:25:00	226,44	16,35	5.606,04	353,54	214,54
11:30:00	226,42	16,35	5.605,69	353,51	214,52
11:35:00	226,41	16,35	5.605,34	353,49	214,51
11:40:00	226,40	16,34	5.604,97	353,47	214,49
11:45:00	226,39	16,35	5.604,67	353,45	214,48
11:50:00	226,47	16,35	5.606,74	353,59	214,55

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
11:55:00	238,82	16,70	5.769,86	377,18	221,04
12:00:00	411,97	18,83	7.351,30	729,39	286,19
12:05:00	484,40	19,17	7.878,75	881,22	308,79
12:10:00	489,91	19,43	7.997,51	891,33	313,93
12:15:00	496,72	19,80	8.128,25	902,82	318,84
12:20:00	487,33	19,89	8.033,07	880,83	313,11
12:25:00	488,05	20,72	8.105,25	872,94	311,48
12:30:00	579,88	23,35	9.114,98	1.043,50	345,83
12:35:00	713,68	26,34	10.496,93	1.301,48	396,56
12:40:00	778,00	27,73	11.187,28	1.426,58	423,02
12:45:00	788,27	27,88	11.344,67	1.448,57	430,98
12:50:00	806,39	27,75	11.535,49	1.490,47	442,11
12:55:00	829,86	27,66	11.793,52	1.544,27	456,87
13:00:00	860,37	27,76	12.164,54	1.611,75	476,54
13:05:00	906,55	28,06	12.664,30	1.710,84	501,18
13:10:00	953,57	27,98	13.031,61	1.813,76	519,73
13:15:00	995,83	27,46	13.202,00	1.909,03	529,34
13:20:00	1.020,38	26,54	13.128,86	1.968,81	528,16
13:25:00	1.030,00	25,51	12.925,92	1.997,33	521,20
13:30:00	1.036,33	24,63	12.738,16	2.017,69	514,60
13:35:00	1.039,75	23,93	12.579,35	2.030,52	508,98
13:40:00	1.039,87	23,37	12.441,37	2.035,16	504,02
13:45:00	1.035,43	22,93	12.303,86	2.029,22	498,89
13:50:00	1.027,27	22,56	12.165,47	2.014,60	493,50
13:55:00	1.016,59	22,30	12.028,24	1.993,95	487,97
14:00:00	1.003,92	22,07	11.889,80	1.968,58	482,19
14:05:00	988,89	21,88	11.741,42	1.937,84	475,84
14:10:00	971,23	21,70	11.577,33	1.901,39	468,74
14:15:00	951,07	21,52	11.396,71	1.859,59	460,88
14:20:00	928,41	21,32	11.198,16	1.812,55	452,25
14:25:00	902,16	21,08	10.969,03	1.758,30	442,45
14:30:00	871,91	20,77	10.702,80	1.696,23	431,31
14:35:00	838,82	20,38	10.408,97	1.628,72	419,20
14:40:00	804,06	19,95	10.095,47	1.558,08	406,39
14:45:00	769,35	19,52	9.781,10	1.487,71	393,61
14:50:00	736,15	19,10	9.482,61	1.420,40	381,49
14:55:00	704,94	18,72	9.204,78	1.357,05	370,23

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
15:00:00	675,85	18,37	8.948,60	1.297,93	359,84
15:05:00	648,86	18,06	8.713,62	1.242,97	350,27
15:10:00	623,90	17,78	8.498,74	1.192,03	341,49
15:15:00	600,83	17,55	8.302,53	1.144,83	333,45
15:20:00	579,51	17,33	8.123,39	1.101,08	326,06
15:25:00	559,98	17,16	7.962,71	1.060,90	319,40
15:30:00	541,99	17,01	7.817,63	1.023,77	313,36
15:35:00	524,94	16,87	7.679,68	988,56	307,61
15:40:00	509,05	16,74	7.552,28	955,67	302,26
15:45:00	494,28	16,64	7.435,35	925,02	297,33
15:50:00	480,56	16,54	7.328,21	896,47	292,78
15:55:00	467,80	16,46	7.229,91	869,85	288,58
16:00:00	455,91	16,40	7.139,63	844,98	284,70
16:05:00	444,82	16,35	7.056,54	821,72	281,12
16:10:00	434,43	16,30	6.979,72	799,90	277,78
16:15:00	424,69	16,26	6.908,31	779,39	274,66
16:20:00	415,48	16,22	6.840,88	759,97	271,71
16:25:00	406,73	16,19	6.776,57	741,52	268,88
16:30:00	398,50	16,17	6.716,73	724,12	266,23
16:35:00	390,79	16,15	6.661,95	707,78	263,80
16:40:00	383,58	16,13	6.612,00	692,46	261,57
16:45:00	376,82	16,12	6.566,34	678,08	259,53
16:50:00	370,49	16,12	6.524,48	664,56	257,64
16:55:00	364,55	16,12	6.486,00	651,85	255,90
17:00:00	358,96	16,12	6.450,43	639,87	254,28
17:05:00	353,70	16,12	6.417,51	628,58	252,78
17:10:00	348,74	16,13	6.386,84	617,90	251,36
17:15:00	344,06	16,14	6.358,16	607,80	250,03
17:20:00	339,62	16,15	6.331,00	598,21	248,77
17:25:00	335,39	16,16	6.305,07	589,08	247,55
17:30:00	331,37	16,17	6.280,40	580,37	246,39
17:35:00	327,55	16,18	6.257,11	572,09	245,29
17:40:00	323,93	16,19	6.235,31	564,24	244,25
17:45:00	320,50	16,20	6.214,88	556,78	243,27
17:50:00	317,25	16,21	6.195,75	549,71	242,35
17:55:00	314,17	16,22	6.177,68	543,00	241,48
18:00:00	311,24	16,23	6.160,46	536,61	240,64

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
18:05:00	308,46	16,25	6.144,08	530,54	239,85
18:10:00	305,81	16,26	6.128,43	524,76	239,08
18:15:00	303,29	16,27	6.113,45	519,25	238,35
18:20:00	300,89	16,28	6.099,09	514,00	237,65
18:25:00	298,60	16,29	6.085,45	509,00	236,98
18:30:00	296,42	16,30	6.072,40	504,23	236,34
18:35:00	294,35	16,31	6.059,99	499,69	235,72
18:40:00	292,37	16,32	6.048,20	495,37	235,14
18:45:00	290,49	16,33	6.037,05	491,25	234,59
18:50:00	288,70	16,33	6.026,44	487,32	234,07
18:55:00	286,99	16,34	6.016,36	483,58	233,57
19:00:00	285,36	16,35	6.006,75	480,00	233,09
19:05:00	283,80	16,36	5.997,57	476,59	232,63
19:10:00	282,31	16,36	5.988,69	473,32	232,19
19:15:00	280,89	16,37	5.980,22	470,19	231,77
19:20:00	279,52	16,38	5.972,10	467,20	231,37
19:25:00	278,23	16,39	5.964,45	464,36	230,98
19:30:00	276,99	16,39	5.957,13	461,63	230,62
19:35:00	275,80	16,40	5.950,18	459,03	230,27
19:40:00	274,67	16,41	5.943,52	456,54	229,93
19:45:00	273,58	16,41	5.937,14	454,15	229,62
19:50:00	272,55	16,42	5.931,08	451,87	229,31
19:55:00	271,55	16,42	5.925,24	449,68	229,02
20:00:00	270,59	16,43	5.919,60	447,58	228,74
20:05:00	269,68	16,43	5.914,19	445,57	228,47
20:10:00	268,80	16,44	5.908,98	443,64	228,21
20:15:00	267,95	16,44	5.903,93	441,78	227,95
20:20:00	267,14	16,44	5.899,09	440,00	227,71
20:25:00	266,36	16,45	5.894,41	438,29	227,48
20:30:00	265,61	16,45	5.889,85	436,64	227,25
20:35:00	264,89	16,45	5.885,50	435,06	227,04
20:40:00	264,19	16,46	5.881,27	433,54	226,83
20:45:00	263,52	16,46	5.877,16	432,08	226,63
20:50:00	262,88	16,47	5.873,22	430,67	226,43
20:55:00	262,26	16,46	5.869,38	429,31	226,24
21:00:00	261,66	16,47	5.865,67	428,01	226,06
21:05:00	261,08	16,47	5.862,05	426,74	225,88

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
21:10:00	260,53	16,47	5.858,52	425,53	225,71
21:15:00	259,99	16,48	5.855,19	424,37	225,54
21:20:00	259,48	16,48	5.851,87	423,24	225,38
21:25:00	258,97	16,48	5.848,59	422,15	225,23
21:30:00	258,49	16,48	5.845,50	421,10	225,07
21:35:00	258,03	16,48	5.842,53	420,09	224,93
21:40:00	257,58	16,48	5.839,61	419,12	224,79
21:45:00	257,15	16,48	5.836,77	418,18	224,65
21:50:00	256,73	16,48	5.834,02	417,26	224,52
21:55:00	256,32	16,49	5.831,37	416,39	224,39
22:00:00	255,93	16,48	5.828,76	415,54	224,26
22:05:00	255,56	16,49	5.826,26	414,72	224,14
22:10:00	255,19	16,49	5.823,83	413,93	224,03
22:15:00	254,84	16,49	5.821,47	413,16	223,91
22:20:00	254,49	16,49	5.819,13	412,42	223,80

Varição das cargas específicas obtidas da simulação com o SWMM para o Ponto CRISTO correspondente ao evento 2.

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
12:30:00	475,98	32,23	12.193,18	782,93	496,99
12:35:00	475,99	32,24	12.193,26	782,94	497,00
12:40:00	475,99	32,24	12.193,32	782,94	496,99
12:45:00	475,99	32,24	12.193,39	782,95	497,00
12:50:00	476,00	32,24	12.193,51	782,95	497,00
12:55:00	476,00	32,23	12.193,56	782,95	497,00
13:00:00	476,00	32,24	12.193,60	782,96	497,00
13:05:00	476,00	32,24	12.193,71	782,96	497,00
13:10:00	476,01	32,24	12.193,74	782,97	497,01
13:15:00	476,01	32,24	12.193,84	782,97	497,01
13:20:00	476,01	32,24	12.193,87	782,97	497,00
13:25:00	476,02	32,24	12.193,96	782,98	497,01
13:30:00	476,02	32,24	12.193,98	782,98	497,01
13:35:00	476,02	32,24	12.194,07	782,98	497,01
13:40:00	476,03	32,24	12.194,08	782,99	497,01

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
13:45:00	476,03	32,24	12.194,16	782,99	497,02
13:50:00	476,06	32,24	12.194,50	783,05	497,03
13:55:00	478,05	32,27	12.212,75	787,10	497,78
14:00:00	486,55	32,37	12.290,24	804,43	501,00
14:05:00	489,51	32,40	12.316,69	810,51	502,11
14:10:00	492,28	32,45	12.347,26	816,05	503,39
14:15:00	568,02	33,33	13.031,10	970,57	531,71
14:20:00	680,77	34,53	14.015,84	1.201,49	572,59
14:25:00	857,32	36,49	15.580,23	1.562,49	637,49
14:30:00	930,88	37,56	16.293,63	1.710,71	666,62
14:35:00	907,98	37,91	16.190,08	1.658,07	660,19
14:40:00	908,26	39,03	16.320,85	1.646,73	660,31
14:45:00	931,03	41,09	16.767,26	1.674,64	671,08
14:50:00	966,11	43,12	17.351,27	1.730,47	689,55
14:55:00	994,20	44,02	17.752,25	1.783,31	705,45
15:00:00	1.018,53	44,07	18.027,35	1.837,21	720,05
15:05:00	1.044,78	43,96	18.332,56	1.897,77	737,68
15:10:00	1.077,24	43,87	18.687,02	1.971,49	757,53
15:15:00	1.112,28	43,49	18.942,12	2.052,03	772,60
15:20:00	1.144,22	42,66	19.002,68	2.128,20	778,61
15:25:00	1.170,33	41,56	18.912,95	2.193,19	777,51
15:30:00	1.190,50	40,45	18.762,95	2.245,06	773,26
15:35:00	1.205,25	39,50	18.611,63	2.283,99	768,48
15:40:00	1.214,67	38,73	18.474,69	2.309,99	763,91
15:45:00	1.218,60	38,14	18.344,59	2.322,97	759,24
15:50:00	1.216,57	37,66	18.205,21	2.322,16	753,86
15:55:00	1.208,30	37,26	18.044,27	2.307,40	747,32
16:00:00	1.194,46	36,92	17.860,67	2.280,30	739,61
16:05:00	1.176,16	36,63	17.659,76	2.243,33	731,02
16:10:00	1.154,19	36,36	17.444,99	2.198,25	721,78
16:15:00	1.127,92	36,09	17.204,96	2.144,22	711,53
16:20:00	1.097,43	35,76	16.933,99	2.081,66	700,17
16:25:00	1.064,24	35,40	16.642,52	2.013,83	688,11
16:30:00	1.030,21	35,01	16.345,63	1.944,39	675,95
16:35:00	996,73	34,64	16.055,59	1.876,14	664,12
16:40:00	964,69	34,28	15.780,03	1.810,82	652,92
16:45:00	934,52	33,95	15.522,69	1.749,25	642,44

Hora	Variáveis (kg/ha.ano)				
	OD	FT	ST	DQO	DBO
16:50:00	906,40	33,66	15.285,05	1.691,81	632,75
16:55:00	880,34	33,41	15.066,81	1.638,43	623,82
17:00:00	856,23	33,17	14.866,95	1.588,96	615,61
17:05:00	833,94	32,96	14.684,20	1.543,11	608,06
17:10:00	813,32	32,78	14.516,98	1.500,60	601,11
17:15:00	794,24	32,63	14.363,89	1.461,13	594,71
17:20:00	776,48	32,50	14.223,08	1.424,35	588,81
17:25:00	759,90	32,38	14.092,59	1.389,94	583,31
17:30:00	744,45	32,28	13.972,38	1.357,81	578,23
17:35:00	730,09	32,19	13.862,04	1.327,88	573,53
17:40:00	716,73	32,12	13.760,69	1.299,95	569,19
17:45:00	704,25	32,05	13.667,32	1.273,84	565,19
17:50:00	692,60	32,00	13.580,93	1.249,39	561,45
17:55:00	681,67	31,95	13.500,67	1.226,41	557,97
18:00:00	671,38	31,91	13.425,55	1.204,77	554,70
18:05:00	661,70	31,88	13.355,01	1.184,35	551,62
18:10:00	652,56	31,84	13.289,06	1.165,07	548,72
18:15:00	643,98	31,81	13.227,98	1.146,91	546,03
18:20:00	635,93	31,79	13.171,93	1.129,86	543,55
18:25:00	628,40	31,79	13.120,68	1.113,86	541,26
18:30:00	621,38	31,78	13.073,94	1.098,88	539,17
18:35:00	614,81	31,78	13.031,21	1.084,84	537,24
18:40:00	608,67	31,78	12.992,05	1.071,68	535,45
18:45:00	602,92	31,78	12.956,00	1.059,33	533,80
18:50:00	597,54	31,79	12.922,74	1.047,73	532,26
18:55:00	592,49	31,80	12.891,91	1.036,82	530,82
19:00:00	587,75	31,82	12.863,34	1.026,56	529,47