

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**CARGA DE POLUIÇÃO DIFUSA EM BACIAS
HIDROGRÁFICAS COM DIFERENTES IMPACTOS
ANTRÓPICOS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Marielle Medeiros de Souza

Santa Maria, RS, Brasil

2012

CARGA DE POLUIÇÃO DIFUSA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS COM DIFERENTES IMPACTOS ANTRÓPICOS

Marielle Medeiros de Souza

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria do Carmo Cauduro Gastaldini

**Santa Maria, RS, Brasil
2012**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Medeiros de Souza, Marielle
Carga de Poluição Difusa em Bacias Hidrográficas com
Diferentes Impactos Antrópicos / Marielle Medeiros de
Souza.-2012.
182 p.; 30cm

Orientador: Maria do Carmo Cauduro Gastaldini
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil, RS, 2012

1. Qualidade da Água 2. Polutogramas 3. Degradação
Ambiental I. Cauduro Gastaldini, Maria do Carmo II.
Titulo.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de
Mestrado

**CARGA DE POLUIÇÃO DIFUSA EM BACIAS
HIDROGRÁFICAS COM DIFERENTES IMPACTOS
ANTRÓPICOS**

elaborada por
Marielle Medeiros de Souza

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Maria do Carmo Cauduro Gastaldini - UFSM
(Presidente/Orientadora)

Prof^a. Dr^a. Delmira Beatriz Wolff - UFSM

Prof^a. Dr^a. Nilza Maria dos Reis Castro - UFRGS

Santa Maria, 10 de dezembro de 2012.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu filho Felipe, que na inocência de uma criança, mesmo não sabendo o porquê dizia: "Mamãe! Tu já vai? Boa aula!", o que me deu forças para estar aqui, à minha mãe Elvira e à minha irmã Meire, exemplos de força e determinação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por fornecer a força necessária para continuar lutando, em busca dos meus ideais e sonhos.

Agradeço a minha orientadora Maria do Carmo Cauduro Gastaldini pela oportunidade, companheirismo, ensinamentos e também pela amizade que vem o estímulo para realização dos nossos sonhos.

Agradeço minha mãe Maria Elvira por acreditar em mim e estar do meu lado em todas as horas, acalmando-me nos momentos de aflição, demonstrando que posso lutar muito mais do que entendo ser possível, e por ter me ensinado nobres valores humanos, legando-me um dos maiores bens, a Educação.

A minha irmã Meire, pelo amor incondicional que nos une nesta vida e ao meu cunhado Cleber Siqueira por alegrar nossas vidas diariamente.

Ao Felipinho, pelas constantes inspirações oriundas de seus atos, que representam a alma pura de criança.

A minha grande amiga Deise Michelotti pelo apoio e ajuda em todos os momentos, minhas palavras jamais irão retribuir o que fez por mim, muito obrigada por tudo.

A Letícia Grutka trabalhar contigo foi muito bom, muito obrigada pelo incentivo de sempre.

Não posso esquecer meu agradecimento, as bolsistas de iniciação científica Taiane Conterato pela dedicação e empenho durante toda a pesquisa e Luciane Calheiro muito obrigada.

Aos colegas e amigos da Pós-Graduação: Fábio Beling, Aline Schuck, Tatiana Reckziegel, Marília Tamiosso, Lauren Ávila, Régis Leandro, Ronaldo Kanopf, Sara Ceron, Francisco Lorenzini, Mirian Valente, Catarine Consensa, Vinícius Dulac, Alencar Rizzardi e Rodrigo Burin obrigada pelo carinho e amizade.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: João Batista Dias de Paiva, Delmira Beatriz Wolff e Ana Beatris Souza de Deus Brusa muitos foram os seus ensinamentos.

Aos técnicos de laboratório Alcides Sartori, Astério do Carmo e Thiago Formentini meu agradecimento, pela paciência e amizade.

Às minhas amigas Thássia Bacco, Lisiane Kaipper pela amizade, por me escutarem mesmo não entendendo nada, pelas horas de riso e desabafo, mas importantes na realização deste trabalho.

Ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, em especial ao grupo GHIDROS pelas instalações e equipamentos utilizados no desenvolvimento desta pesquisa.

À CAPES pela bolsa de estudos concedida.

À FINEP pelo apoio a pesquisa.

A todos, MUITO OBRIGADA!

EPIGRAFE

“Se você tem meta pra um ano: Plante arroz; Se você tem metas para 10 anos: Preserve uma árvore; Se você tem metas para 100 anos: então eduque uma criança; Se você tem metas para 1000 anos: então preserve o meio Ambiente” - Confúncio

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

CARGA DE POLUIÇÃO DIFUSA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS COM DIFERENTES IMPACTOS ANTRÓPICOS

Autor: Marielle Medeiros de Souza

Orientador: Profa. Dra. Maria do Carmo Cauduro Gastaldini

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 10 de dezembro de 2012.

A ocupação desordenada do solo sem os devidos tratamentos conservacionistas e ações antrópicas indevidas, provocam impactos na hidrologia local, como também induzem a poluição dos recursos hídricos. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a carga de poluição difusa em quatro bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos, em locais distintos do rio Vacacaí Mirim no município de Santa Maria/RS, obtendo-se uma análise dos fatores que interferem na poluição do curso hídrico como: precipitação, vazões, uso e ocupação do solo, área da bacia e período seco antecedente ao evento. As concentrações médias dos eventos tiveram variabilidade em função da precipitação e da intensidade da precipitação, mas somente a bacia Alto da Colina apresentou correlação de sólidos totais, dissolvidos e amônia com o período seco antecedente. A carga difusa na bacia Rancho do Amaral com 55,8% de mata nativa obteve a menor carga de poluição difusa em todos os parâmetros analisados. A bacia Alto da Colina com influência da área urbana e agricultura apresentou carga superior em todos os parâmetros analisados, sendo a bacia de menor área. A menor carga orgânica de DBO₅ foi da bacia Rancho do Amaral com 9 kg/ha/ano e a maior a bacia Alto da Colina com 202 kg/ha/ano. Os polutogramas evidenciaram a variabilidade dos poluentes em relação à vazão e maior carga de lavagem em área urbana. A diferença na carga poluente deve-se ao processo de degradação elevada devido às atividades antrópicas, como urbanização, agricultura e lançamento de efluentes domésticos, distintos para cada bacia.

Palavras-chave: Qualidade da água, polutograma, precipitação, degradação.

ABSTRACT

Master's Essay

Post-Graduation Program in Civil Engineering

Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

DIFFUSE POLLUTION LOAD IN WATERSHEDS WITH DIFFERENT HUMAN IMPACTS

Author: Marielle Medeiros de Souza

Teacher: Dra. Maria do Carmo Cauduro Gastaldini

Date and Site of Presentation: Santa Maria, 10 december 2012.

The disordered occupancy of the soil with no suitable conservationist treatment and inappropriate human actions cause impacts in the local hydrology and, also induce the pollution of water resources. The objective of this study was evaluating load of diffuse pollution in four watersheds with different human impacts in distinct location of the Vacacaí Mirim River in Santa Maria, RS, to obtain an analysis of the factors that influence the pollution in the hydric flow as: precipitation, water discharge, soil use and occupation, basin area and, dry period preceding the event. The average concentration of events presented variability due to precipitation and intensity of precipitation, only the Alto da Colina basin presented correlation of the total solids, dissolved solids and, ammonia with the antecedent dry period. The diffuse load in the Rancho do Amaral basin, which has 55.8% of native forest, obtained the smaller charge of diffuse pollution in all analyzed parameters. The Alto da Colina basin, which is influenced by urban and agricultural areas, presented higher loads in all analyzed parameters, and it is the basin with the smallest area. The lower organic load of BOD₅ was in the Rancho do Amaral Basin with 9 kg / ha / year and the highest was in the Alto da Colina with 202 kg / ha / year. The polutographs showed the variability of the pollutants in relation to the liquid discharge and greater wash load in urban areas. The difference in pollutant load is due to the high degradation process caused by human activities such as urbanization, agriculture and domestic effluent, different for each watershed.

Keywords: Quality of the water, polutograph, precipitation, degradation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Parcelas demonstrativas do escoamento superficial urbano. Fonte: Adaptado de Maus, Righes; Buriol (2007).....	26
Figura 2 - Porcentagem de infiltração e escoamento superficial nos diferentes tratamentos analisados. Fonte: Adaptado de Maus; Righes; Buriol (2007).....	26
Figura 3 - Ilustração degradação ambiental. Fonte: USGS (2010).....	31
Figura 4 - Distribuição da concentração de metais nos sedimentos urbanos na região metropolitana de Porto Alegre-RS. (a) Zn, (b) Pb, (c) Cu. Fonte: Poletto; Merten (2008b).....	37
Figura 5 - Distribuição espacial de chumbo (Pb) em área comercial, industrial e comercial/residencial em Porto Alegre, RS. Fonte: Adaptado Martinez e Poletto (2010).....	38
Figura 6 - Locais de monitoramento de qualidade da água em áreas urbanizadas nos EUA. Fonte: Adaptado USGS (2010).	39
Figura 7 - Capitais brasileiras e estações de monitoramento da ANA. Fonte: ANA (2011).....	40
Figura 8 - Estações de monitoramento na bacia do rio Vacacai Mirim.....	47
Figura 9 - Uso e ocupação do solo da Bacia Rancho do Amaral.	49
Figura 10 - Uso e ocupação do solo da bacia Menino Deus IV.....	50
Figura 11 - Uso e ocupação o solo da bacia hidrográfica Menino Deus II.	51
Figura 12 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica Alto da Colina em 2008.	52
Figura 13 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica Alto da Colina nos anos de 1999, 2003 e 2008. Fonte: Adaptado de Rampelotto (2001) e Paz (2004).....	53
Figura 14 - Amostrador de Nível Ascendente - ANA. (a) Estação Menino Deus II; (b) Estação Menino Deus IV.....	56
Figura 15 - Curva-chave estação Rancho do Amaral.....	57
Figura 16 - Curva-chave da bacia hidrográfica Menino Deus IV.	59
Figura 17 - Barramento construído no leito do rio, na proximidade da estação fluviométrica Menino Deus II.	60
Figura 18 - Curva-chave da bacia hidrográfica Menino Deus II.....	61
Figura 19 - Curva-chave estação Alto da Colina. Fonte: Meller (2004).	62
Figura 20 - Pontos de adotados e de coleta em eventos de precipitação.	64
Figura 21 - Precipitação na bacia hidrográfica Menino Deus IV durante o período de novembro de 2011 a junho de 2012 e média histórica (2002-2012).	68

Figura 22 - Precipitação na bacia Rancho do Amaral e Alto da Colina, durante o período de abril a setembro de 2008 e média histórica (2002-2008).	68
Figura 23 - Coeficiente de variação (--%--) em tempo seco para os parâmetros de qualidade da água na bacia Rancho do Amaral.	70
Figura 24 - Variação temporal da vazão e dos parâmetros de qualidade da água analisados (polutograma) no evento do dia 29/05/2012 na bacia Rancho do Amaral.	74
Figura 25 - Carga difusa (kg/ha/ano) dos parâmetros de qualidade da água da bacia Rancho do Amaral.	82
Figura 26 - Coeficiente de variação (--%--) em tempo seco para os parâmetros de qualidade da água na bacia Menino Deus IV.	85
Figura 27 - Variação temporal da vazão e dos parâmetros de qualidade da água analisados (polutograma) no evento dia 29/05/2012 na bacia Menino Deus IV.	88
Figura 28 - Carga difusa para os parâmetros de qualidade da água na bacia Menino Deus IV.	96
Figura 29 - Coeficiente de variação (--%--) em tempo seco para os parâmetros de qualidade da água na bacia Menino Deus II.	98
Figura 30 - Variação temporal da vazão e dos parâmetros de qualidade da água analisados (polutograma) no evento do dia 29/05/2009 na bacia hidrográfica Menino Deus II.	102
Figura 31 - Carga difusa (kg/ha/ano) na bacia Menino Deus II.	109
Figura 32 - Coeficiente de variação (--%--) para os parâmetros de qualidade da água em tempo seco na bacia Alto da Colina.	112
Figura 33 - Variação temporal da vazão e dos parâmetros de qualidade da água (polutograma) analisados no evento do dia 29/05/2012 na bacia Alto da Colina.	115
Figura 34 - Carga difusa (Kg/ha/ano) e parâmetros de qualidade na bacia Alto da Colina.	123
Figura 35 - Carga difusa (kg/ha/ano) dos parâmetros de qualidade da água nas bacias Rancho do Amaral, Menino Deus IV, Menino Deus II e Alto da Colina.	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Contribuição de poluentes pontuais e difusos em porcentagens nos Estados Unidos. Fonte: Adaptado de EPA (1984) in Novotny (1999).	24
Tabela 2 - Padrões de qualidade da água para águas doces, conforme Resolução CONAMA 357/05.....	32
Tabela 3 - Total anual de nutrientes por hectare exportados nos solos com agricultura e floresta.....	42
Tabela 4 - Descrição das estações fluviométricas utilizadas.....	48
Tabela 5 - Descrição das estações pluviométricas utilizadas.....	48
Tabela 6 - Uso do solo na área da bacia Alto da Colina. Fonte: *Adaptado de Meller (2004).	54
Tabela 7 - Características das bacias hidrográficas nos anos de monitoramento.	54
Tabela 9 - Parâmetros de qualidade da água, metodologia analítica, limite de detecção e local das análises.....	63
Tabela 10 - Desvio Padrão (σ), coeficiente de variação (--%--), média (μ), máximo e mínimo dos parâmetros de qualidade da água analisados em dez amostras de tempo seco na bacia Rancho do Amaral.	69
Tabela 11 - Correlação de Pearson (r) dos parâmetros de qualidade da água em tempo seco em dez amostras na bacia Rancho do Amaral.	72
Tabela 12 - Vazões máximas, mínimas e médias (m ³ /s), precipitação (mm/min), volume escoado (m ³) e período tempo seco antecedente (dia) dos sete eventos na bacia Rancho do Amaral.	73
Tabela 13 - Concentração média dos eventos, CME, para os parâmetros de qualidade da água e vazão máxima para os sete eventos analisados na bacia hidrográfica Rancho do Amaral e análise estatística de média, mediana e desvio padrão das concentrações.	75
Tabela 14 - Concentração média dos eventos, CME, para nutrientes, na bacia hidrográfica Rancho do Amaral.	76
Tabela 15 - Correlação entre a concentração média dos sete eventos analisados, e as análises fluviográficas e pluviográficas da bacia Rancho do Amaral.....	79
Tabela 16 - Massa poluente acumulada, transportada durante os eventos analisados na bacia hidrográfica Rancho Amaral, vazão máxima e precipitação de cada evento.....	80
Tabela 17 - Massa poluente acumulada, transportada durante os eventos analisados na bacia hidrográfica Rancho do Amaral.	81
Tabela 18 - Carga difusa total transportada pelo escoamento superficial na bacia hidrográfica Rancho do Amaral.	82

Tabela 19 - Parâmetros de qualidade da água analisados na bacia Menino Deus IV em 34 amostras de tempo seco.	84
Tabela 20 - Coeficiente de correlação de Pearson (r) para os parâmetros de qualidade da água em tempo seco na bacia Menino Deus IV, analisando 34 amostras coletadas.	86
Tabela 21 - Vazões máximas, vazões mínimas e vazões médias (m ³ /s), precipitação (mm/min), volume escoado (m ³) e período tempo seco antecedente (dia) dos nove eventos de precipitação na bacia Menino Deus IV.	87
Tabela 22 - Concentração média dos nove eventos, CME, para os parâmetros de qualidade da água, na bacia hidrográfica Menino Deus IV.	89
Tabela 23 - Concentração média dos nove eventos, CME, para nutrientes e metais, na bacia hidrográfica Menino Deus IV.	90
Tabela 24 - Concentração média dos eventos, CME, para cobre, níquel, chumbo e zinco (mg/L) na bacia MDIV e comparação com a concentração média dos eventos citados na literatura.....	91
Tabela 25 - Correlação de Pearson (r) para os parâmetros hidrológicos e concentração média dos nove eventos, CME, na bacia Menino Deus IV.	93
Tabela 26 - Massa poluente acumulada, transportada durante os nove eventos analisados na bacia hidrográfica Menino Deus IV.....	94
Tabela 27 - Massa de nutrientes, transportada durante os nove eventos analisados na bacia hidrográfica Menino Deus IV.....	95
Tabela 28 - Carga difusa total transportada pelo escoamento superficial na bacia hidrográfica Menino Deus IV.	96
Tabela 29 - Desvio Padrão (σ), coeficiente de variação (--%--), média (μ), máximo e mínimo dos parâmetros de qualidade da água analisados em tempo seco para 40 amostras na bacia Menino Deus II.....	97
Tabela 30 - Correlação de Pearson (r) dos parâmetros de qualidade da água em tempo seco, para 40 amostras na bacia Menino Deus II.....	100
Tabela 31 - Vazões máximas (m ³ /s), vazões mínimas (m ³ /s), vazões médias (m ³ /s), precipitação (mm/min), volume escoado (m ³) e período tempo seco antecedente (dia) dos eventos na bacia Menino Deus II.....	101
Tabela 32 - Concentração média de nove eventos, CME, para os parâmetros de qualidade da água, na bacia hidrográfica Menino Deus II.....	103
Tabela 33- Concentração média de nove eventos, CME, para nutrientes e metais, na bacia hidrográfica Menino Deus II.....	104
Tabela 34 - Correlação de Pearson (r) para os parâmetros hidrológicos e concentração média de nove eventos, CME, na bacia Menino Deus II.....	106
Tabela 35 - Massa poluente, transportada durante os nove eventos analisados na bacia hidrográfica Menino Deus II.	107
Tabela 36 - Massa de nutrientes e metais, transportada durante os nove eventos analisados na bacia hidrográfica Menino Deus II.	108

Tabela 37 - Carga difusa transportada pelo escoamento superficial na bacia hidrográfica Menino Deus II.....	109
Tabela 38 - Desvio Padrão (σ), coeficiente de variação (--%--), média (μ), máximo e mínimo dos parâmetros de qualidade da água, analisados em tempo seco em doze amostras na bacia Alto da Colina.....	111
Tabela 39 - Coeficiente de correlação de Pearson (r) para os parâmetros de qualidade da água em doze amostras de tempo seco na bacia alto da Colina.	113
Tabela 40 - Vazões máximas, mínimas e médias (m ³ /s), precipitação (mm/min), volume escoado (m ³) e período tempo seco antecedente (dia) dos eventos na bacia Alto da Colina.	114
Tabela 41 - Concentração média dos eventos, CME, para os parâmetros de qualidade da água, na bacia hidrográfica Alto da Colina.	116
Tabela 42 - Concentração média dos eventos, CME, para nutrientes, na bacia hidrográfica Alto da Colina.	118
Tabela 43 - Correlação de Pearson (r) para os parâmetros hidrológicos e concentração média dos sete eventos na bacia Alto da Colina.	120
Tabela 44 - Massa poluente acumulada, transportada durante os sete eventos analisados na bacia hidrográfica Alto da Colina.....	121
Tabela 45 - Massa de nutrientes, transportada durante os eventos analisados na bacia hidrográfica Alto da Colina.....	122
Tabela 46 - Carga difusa transportada pelo escoamento superficial na bacia hidrográfica Alto da Colina.	122
Tabela 47 - Carga difusa (kg/ha/ano) nas bacias hidrográficas Rancho do Amaral, Menino Deus II, Menino Deus IV e Alto da Colina.	124

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AC	Estação Alto da Colina
ANA	Amostrador de Nível Ascendente
As	Arsênio
C	Concentração
Cd	Cádmio
C(t)	Concentração no tempo t
CF	Coliformes Termotolerantes
Cm	Centímetro
CME	Concentração Média do Evento
Co	Cobalto
Colif.	Coliformes
Cond.	Condutividade
CP	Coleta pontual
Cr	Cromo
CT	Coliformes totais
Cu	Cobre
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxigênio em cinco dias
DQO	Demanda Química de Oxigênio
Δt	Intervalo de tempo
EPA	Environmental Protection Agency
Esc.	Escoamento
<i>E.coli.</i>	<i>Escherichia coli</i>
g	Grama
H	Cota
h	Hora
ha	Hectare
hab	Habitante
Hg	Prata
$I_{m\acute{a}xima}$	Intensidade máxima
Kg	Kilograma
L	Litros
L	Adimensional de massa poluente acumulada
M	Massa total de poluente acumulada
MDII	Menino Deus II
MDIV	Menino Deus IV
m(t)	Massa poluente no tempo t
m ³	Metro cúbico
mg	Miligramma
mín	Mínimo
mL	Mililitro
mm	Milímetro
Ni	Níquel
NMP	Número mais provável
°C	Grau centígrado
OD	Oxigênio Dissolvido

Pb	Chumbo
pH	Potencial Hidrogeniônico
Prec.	Precipitação
PTSA	Período de tempo seco antecedente
Q	Vazão
Q _{máx}	Vazão máxima
Q _{méd}	Vazão média
Q _{mín}	Vazão mínima
Q(t)	Vazão no tempo t
RA	Rancho do Amaral
RS	Rio Grande do Sul
SD	Sólidos Dissolvidos
Se	Selênio
SS	Sólidos Suspensos
ST	Sólidos Totais
t	Tempo
Temp.	Temperatura
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
V	Volume total escoado durante o evento
v(t)	Volume escoado no tempo t
Vol.	Volume

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
1.1 Objetivos	22
1.1.1 Objetivo Geral	22
1.1.2 Objetivos Específicos	22
2 REVISÃO DA LITERATURA	23
2.1 Conceitos pertinentes de carga pontual e carga difusa	23
2.2 Impermeabilização, a vilã da drenagem	25
2.3 Efeitos da ação antrópica na interação água - superfície	27
2.4 Parâmetros de Qualidade da Água	31
2.5 Metais, um estudo à parte.....	35
2.6 Carga difusa no mundo x casos estudados	38
2.7 Controle da Poluição Difusa.....	44
3 MATERIAL E MÉTODOS	46
3.1 Descrição da área de estudo	46
3.2 Bacia Hidrográfica Rancho do Amaral	49
3.3 Bacia Hidrográfica Menino Deus IV	50
3.4 Bacia Hidrográfica Menino Deus II.....	51
3.5 Bacia Hidrográfica Alto da Colina	52
3.6 Monitoramento Qualitativo e Quantitativo	55
3.7 Construção dos Hidrogramas	57
3.8 Parâmetros de qualidade da água	62
3.9 Concentração Média do Evento (CME)	63
3.10 Análise da carga de poluição difusa	64
3.11 Análise estatística	65
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4.1 Condições hidrológicas do período avaliado.....	67
4.2 Qualidade da água na bacia hidrográfica Rancho do Amaral	69
4.2.1 Análise das características de tempo seco	69
4.2.2 Análise das características de eventos de precipitação - vazão.	73
4.2.3 Análise do escoamento superficial	77
4.2.4 Carga difusa do escoamento superficial.....	80
4.3 Qualidade da água na bacia hidrográfica Menino Deus IV	83
4.3.1 Análise das características de tempo seco	83
4.3.2 Análise das características de eventos de precipitação	87
4.3.3 Análise do escoamento superficial	91
4.3.4 Carga difusa do escoamento superficial.....	94
4.4 Qualidade da água na bacia Menino Deus II	97
4.4.1 Análise das características do tempo seco	97
4.4.2 Análise das características dos eventos de precipitação	101
4.4.3 Análise do escoamento superficial	105
4.4.4 Carga difusa do escoamento superficial.....	107
4.5 Qualidade da água na bacia hidrográfica Alto da Colina	110
4.5.1 Análise das características de tempo seco	110
4.5.2 Análise das características dos eventos de precipitação	114

4.5.3 Análise do escoamento superficial na bacia	118
4.5.4 Carga difusa do escoamento superficial	121
4.6 Comparação da carga de poluição difusa em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos	123
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES	127
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
APÊNDICE A - Planilhas de coleta em tempo seco, hidrogramas e polutogramas na bacia hidrográfica Rancho do Amaral	140
APÊNDICE B - Planilhas de coleta em tempo seco, hidrogramas e polutogramas dos eventos na bacia Menino Deus IV	149
APÊNDICE C – Planilhas de coleta em tempo seco, hidrogramas e polutograma dos eventos na bacia Menino Deus II	161
APÊNDICE D – Planilhas de coleta em tempo seco, hidrogramas e polutograma dos eventos na bacia Alto da Colina	173

1 INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado e desordenado da população, geralmente sem infraestrutura adequada, em torno de rios, córregos e riachos acarreta perda da vegetação nativa, que protege o curso d'água. As atividades humanas diárias, geram poluição por fontes pontuais e difusas em torno do corpo receptor, provocando um desequilíbrio ambiental na qualidade da água atualmente citada como interferência de fatores antropogênicos.

A poluição dos recursos hídricos tem sido motivo de preocupação da comunidade científica ambiental de todo o mundo devido aos efeitos nocivos diretos sobre o recebimento das águas, ecossistema e também para a saúde humana.

As fontes pontuais ainda são predominantes no Brasil e de estimativas mais simples em relação às fontes difusas. A carga de poluição difusa tem origem diversificada, o uso do solo é um fator que influencia diretamente na quantidade de material que chega ao curso d'água.

A poluição por cargas difusas inicia-se com o arraste dos poluentes atmosféricos devido a precipitação e o escoamento superficial direto será responsável pelo transporte dos poluentes dispostos sobre a superfície da área até o lançamento final no corpo hídrico.

Monitoramentos feitos em nível de bacia são onerosos, levam tempo para obtenção de dados, mas são fundamentais para o diagnóstico real da situação e para promover medidas de controle mais abrangentes e eficientes.

A quantificação de cargas de poluição difusa torna-se relevante para uma boa avaliação do seu potencial poluidor, dos impactos gerados e para proposta de medidas de controle. Há uma falta de compreensão dos riscos da poluição por fontes difusas, devido aos problemas técnicos de medições e ausência de preocupação entre as partes interessadas e reguladores (LERNER et al., 2011).

Diante deste contexto o objetivo desta pesquisa é avaliar a carga de poluição difusa em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos, no rio Vacacaí Mirim município de Santa Maria – RS.

As concentrações de poluentes no escoamento variam ao longo do evento hidrológico assim como variam as vazões, é difícil de calcular ou prever a distribuição temporal das concentrações, pois dependem de fatores como o estado

do corpo hídrico antes do lançamento, sua capacidade assimilativa, e ainda a quantidade e distribuição das chuvas, uso do solo na bacia do tipo e quantidade de poluente arrastado.

O polutograma representa esta concentração de poluente em função do hidrograma de escoamento superficial, um dos fenômenos discutidos quando se trata de prever os polutogramas é a ocorrência da carga de lavagem, quando o pico da concentração do poluente ocorreria antes do pico das vazões. A explicação mais comum é de que se trata da remoção inicial do material acumulado no período entre chuvas sobre o solo ou no interior de canalizações e diretamente relacionada com os fatores antropogênicos.

Segundo Tomaz (2011), quanto maior a impermeabilidade do solo maior são os impactos no ecossistema aquático, ainda cita que se as cidades não jogarem um só centímetro cúbico de efluente doméstico em rios e córregos, ainda assim a poluição dos ecossistemas aquáticos continuaria devido a poluição difusa, que corresponde à 25% do total.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo desta pesquisa é avaliar a carga de poluição difusa em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos, no rio Vacacaí Mirim município de Santa Maria – RS.

1.1.2 Objetivos Específicos

Determinar a vazão e coletar amostras (sem e com eventos de precipitação) em pontos específicos de quatro sub-bacias do rio Vacacaí Mirim com diferentes usos e ocupação do solo, analisando os parâmetros de qualidade da água;

Calcular as concentrações médias dos poluentes para os eventos considerados;

Traçar os polutogramas dos poluentes analisados nas bacias;

Comparar os resultados com o uso e ocupação do solo e com as características dos eventos de precipitação.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Conceitos pertinentes de carga pontual e carga difusa

As cargas poluidoras estão distribuídas em duas categorias: pontuais e difusas. As pontuais têm a principal característica de localização definida, possuindo as principais origens: lançamento de esgotos domésticos, lixiviado, efluentes industriais, escoamentos superficiais de indústrias ou áreas de deposição de resíduos sólidos.

As cargas difusas entram nos corpos receptores difusamente e de forma intermitente, e o efeito de escala proporcional com a extensão das áreas de origem, podendo ser proveniente do aquífero freático, do escoamento subsuperficial ou superficial direto.

Há dificuldades em monitorar as fontes difusas, pois dependem do mapeamento do uso e ocupação do solo na bacia, dada a relação intrínseca do solo drenado e a qualidade da água.

O problema de fontes pontuais de poluição está bem documentado. Existem legislações para lançamentos e controle, como também as investigações sobre contaminação formam a maior parte dos trabalhos da hidrologia ambiental (ALBUQUERQUE; OLIVEIRA, 2011).

As cargas poluidoras difusas levam a impactos cada vez mais preocupantes nas bacias hidrográficas com atividades agrícolas ou áreas ocupadas pela urbanização e são estudadas por entidades científicas internacionais tais como: *European Environment Agency (EEA)*, *Environment Agency information on diffuse pollution (EA)*, *Scottish Environment Protection Agency Pollution (SEPA)*, *Departament for Environment Food and Rural Affairs (DEFRA)*.

Em áreas urbanas as cargas difusas podem superar de duas a três vezes as pontuais (GIASANTE, 2006), dependendo da atividade econômica na bacia e do destino dos despejos (cargas pontuais) provenientes da rede pública de saneamento, tratados ou “*in natura*”.

A tabela 1 ilustra da contribuição de fontes pontuais em relação às fontes difusas considerando alguns parâmetros importantes de análise da qualidade da

água, destacando a elevada porcentagem de demanda química de oxigênio (DQO), fósforo total, nitrogênio total, e os metais chumbo e zinco em fontes difusas.

Tabela 1 - Contribuição de poluentes pontuais e difusos em porcentagens nos Estados Unidos. Fonte: Adaptado de EPA (1984) in Novotny (1999).

Poluente	Fontes pontuais (%)	Fontes difusas (%)
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	30	70
Fósforo Total	34	66
Nitrogênio Total	10	90
Chumbo (Pb)	43	57
Cobre (Cu)	59	41
Cádmio (Cd)	84	16
Zinco (Zn)	30	70

A quantificação das cargas de fontes difusas envolve muitas incertezas, pois dependem de vários fatores, entre eles: intensidade e duração das chuvas, tipo de solo, características do terreno e uso e ocupação do solo (SANTOS; LIMA, 2003; ELLIS; REVITT, 2008; LUO et al., 2009).

O escoamento superficial reflete os efeitos combinados de muitos processos ao longo do curso d'água, carregando os mais diferentes e complexos poluentes (PETERS; MEYBECK, 2000) interferindo na qualidade e quantidade do recurso hídrico.

2.2 Impermeabilização, a vilã da drenagem

A impermeabilização tem ocorrido principalmente em decorrência da urbanização, que provoca diminuição, às vezes por completo, da infiltração de substâncias e/ou da água para o subsolo. Ao contrário do que se possa imaginar, a maioria das enchentes não tem ocorrido devido à abundância de chuvas. As enchentes, que tem prejudicado a vida e a saúde das famílias, são causadas na maioria das vezes pela impermeabilização do solo (TOMAZ, 2011).

A retirada da mata provoca perda da permeabilidade do solo. Burch et al. (1987) compararam duas áreas: uma florestada e outra mantida apenas com gramíneas por um período de mais de 80 anos na cidade de Victória, estado do Texas nos Estados Unidos. Em áreas florestadas os picos de vazão foram muito menores em relação às áreas com gramíneas com altos picos de descargas durante os eventos de chuva. A condutividade hidráulica na camada superficial de solo de gramínea foi mais ou menos à metade da condutividade em floresta.

Ainda com a mesma preocupação Maus, Righes e Buriol (2007) avaliaram quatro parcelas de solos do escoamento superficial urbano (Figura 1): solo com paralelepípedo, asfalto, gramínea e área permeável. Constataram que os tratamentos com asfalto e paralelepípedos elevam o escoamento superficial aumentando a vazão e o volume total escoado e os tratamentos com asfalto e paralelepípedo tiveram os piores desempenhos quanto à infiltração, com percentual infiltrado de 29% e 80%, respectivamente (Figura 2), os valores de infiltração mais elevados nos paralelepípedos deve-se a composição do pavimento e aos espaços vazios entre os blocos de rocha.

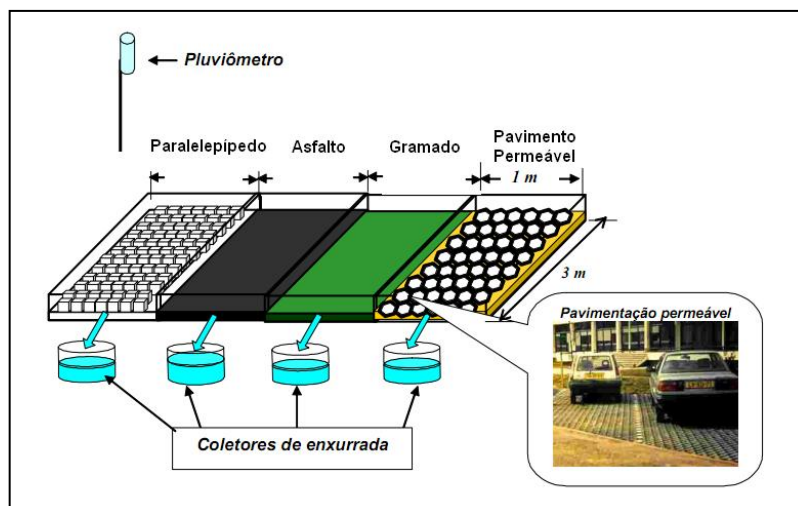


Figura 1 - Parcelas demonstrativas do escoamento superficial urbano. Fonte: Adaptado de Maus, Righes; Buriol (2007).

Além da impermeabilização do solo, a destruição da mata nativa e o assoreamento dos rios, fenômeno que se dá pela deposição de resíduos sólidos, diminui sua profundidade, sendo os principais vilões causadores das enchentes. Segundo Sansalone, Yuhang e Becciu (2006), áreas com asfalto elevam a temperatura do escoamento, aumentando a velocidade das reações químicas e interferindo em vários parâmetros de qualidade da água tais como coliformes totais, *Escherichia coli*, pH, condutividade entre outros.

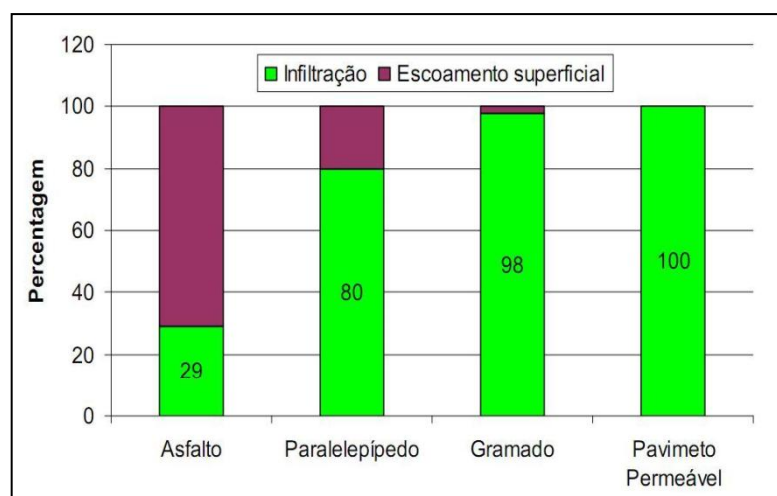


Figura 2 - Porcentagem de infiltração e escoamento superficial nos diferentes tratamentos analisados. Fonte: Adaptado de Maus; Righes; Buriol (2007).

Em locais com matas ou campos a cobertura vegetal causa uma maior infiltração devido a proporcionar uma barreira física ao escoamento, efeito das raízes que auxiliam a descompactar o solo, aumentando a porosidade e aumentando a infiltração, Tomaz (2011) cita que não há impacto no ecossistema aquático quando a impermeabilização é menor ou igual a 10%, e que os impactos são controláveis se a área impermeável for de 10% a 25%, mas quando a impermeabilização passa de 25% há grandes problemas no ecossistema aquático.

Em áreas pavimentadas durante e após a chuva, a água não consegue infiltrar-se no solo e conseqüentemente acaba por sobrecarregar rios e inundar galerias de esgotos, atingindo as residências. Alterações no solo e mudanças associadas à vegetação mudam não somente o equilíbrio, mas também a qualidade e controle da água (PETERS; MEYBECK, 2000), pois juntamente com a água elementos químicos provenientes de poluição difusa são infiltrados ou escoados para os rios.

2.3 Efeitos da ação antrópica na interação água - superfície

As atividades humanas ou ação antrópica aliada às precipitações afetam na distribuição, quantidade e qualidade química dos recursos hídricos. Existe na literatura um leque de atividades humanas que influenciam principalmente as águas superficiais.

A discussão a seguir enfatiza aqueles fatores que são relativamente comuns e de interesse neste estudo.

A poluição dos corpos d'água nem sempre é causada somente pelo esgoto sanitário ou despejos industriais não tratados. Nos dias atuais sabe-se que o ambiente urbano pode ser considerado como fonte de poluição, pois concentra atividades totalmente dinâmicas (BRUNNER, 2008; POLETO; MARTINEZ, 2011).

A chuva é responsável por arrastar poluentes atmosféricos e poluentes do solo provocando um escoamento superficial de contaminantes dispostos na superfície até o lançamento final no corpo receptor (POLETO; MARTINEZ, 2011; BECOUZE-LAREURE et al., 2011). Isoladamente, cada fonte de poluição pode ser

de pouca importância, mas quando ocorrem juntas podem ser de difícil controle, com caminhos de chegada muitas vezes mais complexos.

A poluição atmosférica em locais com valores elevados de dióxido de enxofre e óxido de nitrogênio diminui o pH da chuva. Winter et al. (1998) citam como exemplo um escoamento superficial que recebeu um fluxo significativo de águas subterrâneas, a troca química enquanto a água atravessou o subsolo comumente neutraliza a água ácida, que pode reduzir a acidez da água superficial para níveis toleráveis para os organismos aquáticos.

No entanto, se o escoamento de chuva ácida foi rápido e envolveu muito pouco fluxo através do sistema de águas subterrâneas, o escoamento superficial é altamente vulnerável e poderia tornar desprovida a maioria de vida aquática.

Os processos de lixiviação de materiais da construção civil, veículos e deposição atmosférica também carregam cargas significativas de metais não biodegradáveis para as águas do escoamento urbano (PUSCH; GUIMARÃES; GRASSI, 2007), como também grande concentração de substâncias tóxicas bioacumuladoras.

Adachi e Tainosho (2004) analisaram 60 amostras de pó de pneu e detectaram 2288 partículas de metais pesados, que associados ao pó do pneu, devido aos detritos das pavimentações e desgaste do asfalto, elevam as variedades de elementos.

Em uma área rural, a poluição difusa é devida, em grande parte, à drenagem pluviométrica de solos agrícolas e ao fluxo de retorno da irrigação, sendo associada aos sedimentos (carreados quando há erosão do solo), aos nutrientes (nitrogênio e fósforo) e aos defensivos agrícolas.

A drenagem em áreas de pecuária é associada, ainda, aos resíduos da criação animal – nutrientes, matéria orgânica e coliformes (MACLEOD; HAYGARTH, 2003; DALCANALE, 2001; CETESB, 2003; NOVOTNY, 1999).

Os pesticidas são importantes fontes de poluição do escoamento de áreas rurais, usados no controle de pragas ou como regulador de plantas, desfolhante ou dessecante. Alguns tipos de pesticidas são resistentes à degradação e podem persistir e acumular-se em ecossistemas aquáticos (PAZ, 2004).

Nos ambientes urbanos, a água lava telhados, pátios, calçadas, ruas onde possuem depósitos de poluentes gerados pela própria urbanização, carregando este material aos cursos d'água.

No entanto, em áreas urbanas existem muitas fontes potenciais de poluição difusa de águas subterrâneas e superficiais, muitas das quais não são explicitamente conhecidas e quantificadas (SANSALONE; SHENG; BECCIU, 2006). O quadro 1 contém as principais fontes geradoras de carga difusa que estão associadas a ação antrópica, tais como: deposição atmosférica, uso e ocupação do solo por área urbana e agrícola e seus respectivos poluentes.

A maioria dos cursos de água em cidades brasileiras são substancialmente degradados, segundo Rigotti e Pompêo (2011). A figura 3 elaborada pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos que estuda os efeitos da degradação ambiental em 21 estados urbanizados do país, ilustra ao longo dos bancos do córrego resíduos acumulados, pneus descartados irregularmente, pouca vegetação ou inexistente e formação de tapetes de algas que cobrem a água corrente (USGS, 2010).

Para Paul e Meyer (2001) a diminuição das áreas permeáveis, acaba criando uma grande e complexa mistura de poluentes em áreas próximas ou ainda distantes da área que foi gerada, constituindo-se numa fonte de poluição tanto maior quanto mais deficiente forem o tratamento e as redes de esgoto, ou mesmo a limpeza pública; (MACLEOD E HAYGARTH, 2003; DALCANALE, 2001; CETESB, 2003; NOVOTNY, 1999).

Fontes geradoras de poluição		Poluentes		
Deposição atmosférica	A transferência de substâncias no ar, para superfícies, incluindo solo, vegetação, águas de superfície ou superfícies internas, por processos secos ou molhados.	Indústria *Óxido de enxofre e material particulado; Veículos *Óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos voláteis.	Enxofre, metais, pesticidas, compostos orgânicos, fungos, pólen, nutrientes, cinzas e compostos químicos como óxidos, nitritos e nitratos, fosfatos, cloretos, fluoretos e silicatos, etc...	
Uso e ocupação do solo	Área Urbana	O acúmulo de poluentes nas ruas pode ser gerado por resíduos deixados por veículos, desgaste de material de freio, pneus, resto de vegetação, dejetos de animais, lixo e partículas de solo como areia e argila. Esses materiais acumulam-se nas guias e sarjetas;	A poeira da estrada é composta pelos mais variados poluentes. Os mais comumente encontrados são cobre, níquel, zinco, chumbo, cádmio e cromo, considerados de grande toxicidade.	Sólidos suspensão, hidrocarbonetos, aromáticos policíclicos, fosfatos, ésteres, metais pesados, etc...
		O uso da terra é um fator-chave que influencia na diferenciação da carga que chega ao escoamento superficial. As amostragens das análises feitas focam em determinadas áreas, tais como: urbanas, residenciais, industriais, estradas refletindo suas próprias características de superfície, mas não representam a poluição total quando uma área inclui mais de dois tipos de usos dos solos.		Metais, pesticidas, fertilizantes, hidrocarbonetos aromáticos, metais, e inúmeros contaminantes que agregados as partículas de solo contaminam o curso d'água.
	Áreas Agrícolas	O escoamento superficial em áreas agrícolas pode transportar nutrientes químicos e metais associados a partículas como fósforo, nitrogênio orgânico e metais aplicados com alguns resíduos orgânicos;		Sólidos orgânicos particulados, materiais consumidores de oxigênio, bactérias, vírus e outros nutrientes associados a resíduos orgânicos, sais, nitrogênio fósforo, metais e nutrientes principais e secundários;

Quadro 1 – Fontes Geradoras de poluição e seus respectivos poluentes. Fonte: Adaptado de: Albuquerque; Oliveira (2011); CETESB (2003); Dalcanale (2001); DEFRA (2012); EA (2007); EEA (2012); Aryal; Lee (2009); Luo et al. (2009); Macleod; Haygarth (2003); Poletto (2008); Push; Guimarães; Grassi (2007); Novotny (1999); Zygmunt (2012).



Figura 3 - Ilustração degradação ambiental. Fonte: USGS (2010).

2.4 Parâmetros de Qualidade da Água

As atividades naturais ou antrópicas alteram as características físicas, químicas e biológicas dos corpos d'água. Inúmeros parâmetros podem ser usados para a avaliação da qualidade das águas. A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº357 de 2005, indica os limites de vários parâmetros para o enquadramento de corpos hídricos, conforme a tabela 2.

Entre os parâmetros mais utilizados para avaliar a qualidade da água estão o oxigênio dissolvido e a demanda química de oxigênio (indicadores de proteção da vida aquática); o nitrogênio, o fósforo e a clorofila (indicadores de eutrofização), os coliformes totais e os coliformes termotolerantes (indicadores biológicos).

Cada parâmetro influencia de forma diferenciada na qualidade da água, podendo ter relações entre si. A temperatura elevada pode ser provocada pela poluição antrópica do corpo hídrico, provocando a influência em vários parâmetros físicos, químicos e biológicos como oxigênio dissolvido, acelera as reações químicas

e o metabolismo das bactérias. Os organismos aquáticos possuem limites para tolerância térmica.

Tabela 2 - Padrões de qualidade da água para águas doces, conforme Resolução CONAMA 357/05.

Parâmetros de Qualidade da água	Unidade	Padrões de Qualidade das águas			
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Turbidez	UNT	≤ 40	≤ 100	≤ 100	-
pH	-	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9
Oxigênio Dissolvido	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 2
Sólidos Totais	mg/L	≤ 500	≤ 500	≤ 500	-
DBO ₅	mg/L	≤ 3	≤ 5	≤ 10	-
Nitrato	mg/L - N	≤ 10	≤ 10	≤ 10	-
Nitrito	mg/L - N	≤ 1	≤ 1	≤ 1	-
Coliformes Totais	NMP/100 mL	-	-	-	-
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	≤ 200 ^a	≤ 1000 ^a	≤ 4000 ^b	-
Fósforo Total (Ambiente lântico ¹)	mg/L - P	≤ 0,02	≤ 0,03	≤ 0,05	-
Fósforo Total (Ambiente lótico ²)	mg/L - P	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,15	-
Cobre	mg/L	0,009	0,009	0,013	0,013
Níquel	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,025
Zinco	mg/L	0,18	0,18	0,5	0,5
Chumbo	mg/L	0,01	0,01	0,033	0,033

Fonte: Brasil (2005)

Notas: (-) limite não citado pela Resolução.

¹ ambiente relativo à água parada, com movimento lento ou estagnado.

² ambiente relativo a águas continentais moventes.

^a recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº274/00.

^b recreação de contato secundário (≤2500 NMP/100mL), dessedentação de animais criados confinados (≤1000 NMP/100MI).

A turbidez indica a presença de sólidos em suspensão, partículas inorgânicas como areia, silte e argila ou detritos orgânicos: algas, bactérias, plâncton em geral. A erosão e esgoto sanitário provocam aumento da turbidez influenciando as comunidades biológicas aquáticas e alterando a passagem de luz através da água, devido a presença das partículas em suspensão. A turbidez não afeta diretamente as condições de qualidade sanitária, embora sirva de abrigo aos microorganismos, interferindo no processo de desinfecção da água.

O potencial hidrogeniônico é um parâmetro importante em muitos estudos de saneamento ambiental o qual mostra a concentração iônica do hidrogênio (H⁺) em uma solução, indicando a condição da água ácida, neutra ou alcalina. A origem

natural do hidrogênio é a fotossíntese, absorção de gases da atmosfera e oxidação da matéria orgânica.

O pH contribui para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados, exercendo efeito também sobre a solubilidade de nutrientes.

A condutividade é a capacidade da água conduzir corrente elétrica e está relacionada com a presença de substâncias iônicas, partículas carregadas eletricamente. O quanto maior a quantidade de íons dissolvidos maior será a condutividade elétrica da água. O parâmetro não determina os íons específicos que estão presentes na água, mas níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam efeitos impactantes na bacia ocasionados por lançamento de resíduos devido ação antrópica. A condutividade é influenciada pela temperatura e concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas.

O oxigênio dissolvido é essencial para os organismos aeróbios, na estabilização da matéria orgânica. As bactérias o utilizam nos processos respiratórios reduzindo sua concentração. Se totalmente consumido, tem-se as condições anaeróbias, sendo o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos.

Os sólidos são todas as impurezas da água exceto os gases dissolvidos. Quanto à natureza, de maneira geral, são divididos em sólidos suspensos (resíduo não filtrável) e sólidos dissolvidos (resíduo filtrável). A soma deles representa os sólidos totais. Estes afetam a dureza da água e aumentam com a poluição devido ao aumento de erosão e poluentes no meio aquático.

O conhecimento da concentração de sólidos suspensos é tão significativo quanto avaliação da demanda bioquímica de oxigênio, pois a medida que estes impedem a penetração de luz, reduzem o oxigênio dissolvido e induzem ao aquecimento da água.

O monitoramento da água de rios permite avaliar o comportamento de despejos ao longo do corpo receptor.

A DBO é um teste importantíssimo. Mede a quantidade de oxigênio, expressa em mg/L, necessária para estabilizar (oxidar) a matéria orgânica, com ajuda de microorganismos, principalmente bactérias, num período de cinco dias mantendo-se a temperatura a 20°C. Se houver grande quantidade de esgoto, haverá grande quantidade de matéria orgânica e as bactérias necessitarão de uma grande

quantidade de oxigênio para estabilizar essa matéria orgânica. Isto significa alta demanda bioquímica de oxigênio.

As bactérias do grupo coliformes e principalmente a *Escherichia coli* são organismos indicadores da contaminação fecal, sua determinação indica a potencialidade de uma água transmitir doenças.

Alguns metais, em baixas concentrações, são nutrientes essenciais ao desenvolvimento dos seres vivos. Outros, entretanto, são tóxicos ao homem, animais e vegetais e são introduzidos nos recursos hídricos, principalmente por atividades antropogênicas. Os principais são: Ag, As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se e Zn.

O nitrogênio também é um importante nutriente para o crescimento de algas e plantas aquáticas superiores, podendo também contribuir para o fenômeno de eutrofização. Dentro do ciclo do nitrogênio, este elemento encontra-se entre várias formas e estados de oxidação. No meio aquático, algumas das formas que este elemento pode se apresentar nitrato, nitrito e amônia. E ainda pode ter origem antropogênica através do lançamento de despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes.

O fósforo ocorre em águas naturais e em efluentes geralmente em forma de fosfatos de vários tipos, entre eles: ortofosfatos, metafosfatos, polifosfatos, fosfatos ácidos, orgânicos entre outros. É um dos mais importantes nutrientes para o crescimento de plantas aquáticas. Quando esse crescimento ocorre em excesso pode haver o fenômeno da eutrofização. Na água, o fósforo pode ser encontrado em várias formas, entre elas como ortofosfatos. A presença de fosfato na água pode ser originária de processos naturais (dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica e chuva) ou de processos antropogênicos (despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais, fertilizantes e pesticidas, drenagem pluvial).

2.5 Metais, um estudo à parte

Dentre os inúmeros poluentes citados anteriormente e que não devem ser esquecidos, os metais necessitam de um capítulo à parte por estarem relacionados às atividades antropogênicas, de elevado potencial tóxico e não biodegradável (GROMAIRE et al., 2001; DAVIS; SHOKOUHIAN; NI, 2001).

Diversos estudos relatam em análises quantitativas, que os metais cobre, níquel, zinco e chumbo são os mais encontrados em áreas urbanas (DE LUCCA; MILANO; IDE, 1991; LEE et al., 2002; CHOE; BANG; LEE, 2002; GROMAIRE et al., 2001; PRESTES et al., 2006; PUSH, 2007; PRIADI et al., 2011). Isto deve-se ao fato de que as atividades antrópicas, atmosfera, materiais construtivos, tráfego, (CHON; OHANDJA; VOULVOULIS, 2012; SEKABIRA et al., 2010), uso de fertilizantes, pesticidas e biossólidos no escoamento agrícola (THÉVENOT et al., 2007; ZUFIAURRE et al., 1998) e a própria superfície (CHON; OHANDJA; VOULVOULIS, 2012, IDREES, 2009) contribuem para elevar a concentração e a complexidade de metais.

Joshi e Balasubramanian (2010) avaliando a variação temporal e espacial de metais no escoamento urbano, em 39 eventos de precipitação na cidade de Cingapura, analisaram que a pintura de paredes dos edifícios e a deposição atmosférica, em relação à área industrial e residencial obtiveram a maior fonte de metais na carga de lavagem.

Autores como Chon, Ohandja e Voulvoulis (2012), Priadi et al. (2011) e Poleto (2008), citam a importância dos metais associados aos sedimentos que aderem às partículas e são dissolvidos em água.

Os metais estão associados aos sedimentos e dependendo da granulometria dos sedimentos depositam-se em diferentes locais nos bancos dos córregos ou em suspensão. Os sedimentos reagem quimicamente com as águas superficiais libertando os metais dissolvidos (AUDRY et al., 2004).

Poleto et al. (2009) fizeram um estudo da concentração de cinco metais (Cr, Cu, Ni, Pb e Zn) associados aos sedimentos urbanos recolhidos em ruas pavimentadas e barrancos em 20 cidades no Sul do Brasil, encontrando valores acima dos preconizados na legislação brasileira

Poleto e Merten (2008a) avaliaram que os metais vindos de fontes difusas de poluentes são transportados rapidamente ao curso d'água por estarem associados as partículas finas de sedimentos comparados aos sedimentos de granulometria maior, pois o material grosseiro fica retido nas encostas do escoamento urbano, tornando um bom indicador de transporte na bacia hidrográfica . Esses autores analisaram os metais Zinco e Níquel em uma bacia urbana residencial encontraram valores três vezes maiores que os valores citados na literatura, caracterizando a contribuição antrópica no processo de enriquecimento de metais nos sedimentos.

Sayed et al. (2010) analisaram a concentração de metais (Zn, Cu, Cd, Cr, Pb e Ni), em 90 amostras de poeira de rua em cinco áreas distintas na cidade de Zagazig no Egito e na urina de crianças de ambos os sexos das regiões estudadas. Constataram que a concentração de metais na urina das crianças que viviam na cidade era mais elevada, devido as emissões atmosféricas e um maior contato das crianças com poluentes urbanos, as concentrações eram superiores em relação às áreas rurais.

Prestes et al. (2006) avaliaram amostras de águas na rede de drenagem em uma avenida de tráfego intermediário da cidade de Curitiba no estado do Paraná e observaram a seguinte relação de concentrações totais: $Pb > Cu > Cd$, Addo et al. (2012) encontraram a relação de $Mn > Ni > Cu > Pb > Zn > As > Cr$ no distrito Ketu Sul em Gana.

Addo et al. (2012) estimaram também a carga anual destes metais na bacia hidrográfica da região em estudo, com aproximadamente 30 km^2 , encontrando os seguintes valores: 1.520 kg para chumbo, 950 kg para cobre e 25 kg para cádmio valores estes considerados altos.

Pesquisas desenvolvidas por Poleto (2007) e Poleto e Merten (2008a) em áreas urbanas na cidade de Porto Alegre evidenciam que os sedimentos em suspensão estão apresentando enriquecimento antropogênico em uma proporção de duas ou mais vezes superior às concentrações de referência locais (*background*) de metais pesados como o zinco, chumbo e cromo sem evidências industriais na área de estudo.

Poleto e Merten (2008b) estudaram, na região metropolitana de Porto Alegre-RS, a concentração dos metais nos sedimentos de rua e em suspensão em rio, elaborando um diagrama de concentração de Zinco (a), Chumbo (b) e Cobre (c) na poeira exemplificada na figura 4.

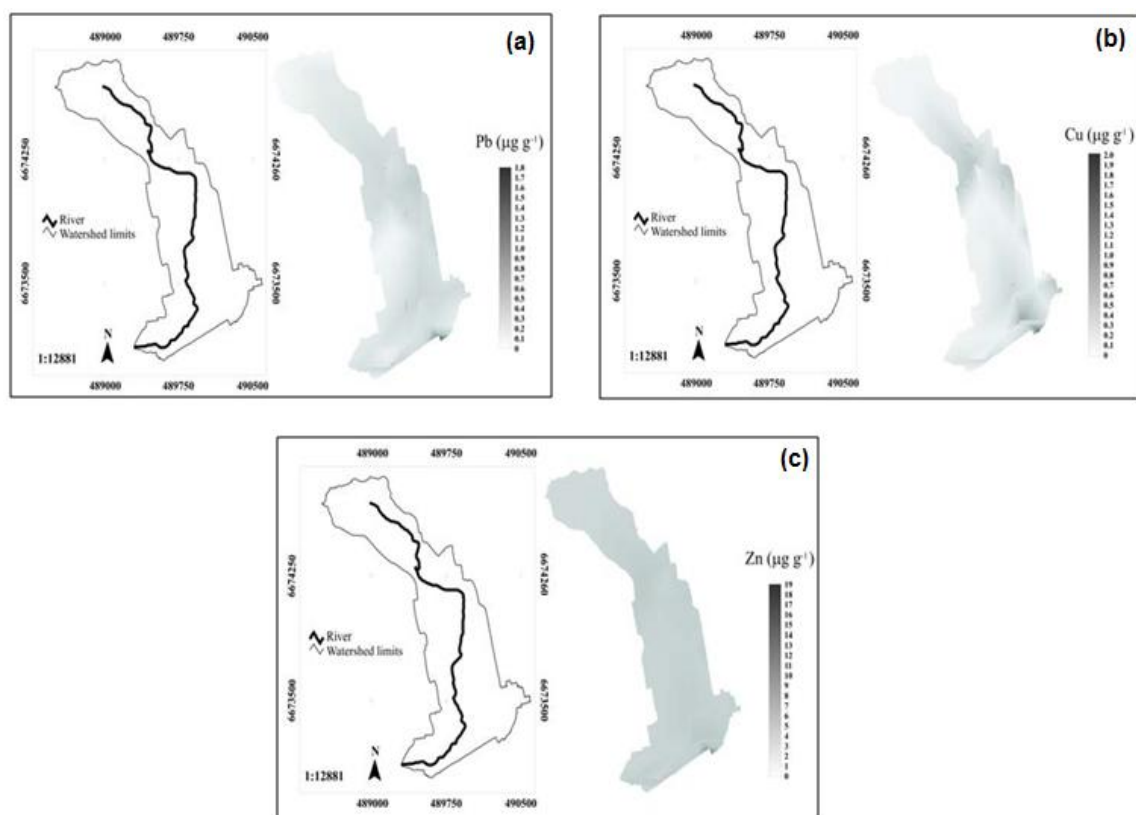


Figura 4 - Distribuição da concentração de metais nos sedimentos urbanos na região metropolitana de Porto Alegre-RS. (a) Zn, (b) Pb, (c) Cu. Fonte: Poletto; Merten (2008b).

A maior concentração de Zinco nos sedimentos de rua é devido ao tráfego intenso (CHARLESWORT et al., 2003; AYDIN et al., 2006; ADDO et al., 2012) de veículos e atividades antrópicas.

Os metais são carregados para os canais durante as precipitações, o que resulta em elevados valores destas substâncias nos sedimentos em suspensão, segundo Robertson, Taylor e Hoon (2003). O zinco é o que apresenta maiores valores, pois é um elemento que possui maior mobilidade durante a enxurrada.

Martinez e Poletto (2010) analisaram a concentração de chumbo (Pb) em sedimentos urbanos com três tipos de uso do solo: comercial/residencial, comercial e industrial. Os valores máximos encontrados foram nas partículas mais finas das amostras de sedimentos, independente do ponto de origem. Além disso, os maiores

valores de chumbo foram em áreas comerciais, situação explicada pelo volume no tráfego dos veículos.

A figura 5 ilustra a distribuição espacial de chumbo (Pb) no estudo feito em área comercial, industrial e comercial de Porto Alegre-RS por Martinez e Poletto (2010), sendo que a elevada concentração do metal é resultante do intenso tráfego de veículos da área comercial.

Além disso, em trechos de rios com áreas urbanizadas, o potencial poluidor dos sedimentos é ainda maior devido à presença adicional de poluentes orgânicos e biológicos. Estes por sua vez são oriundos do lançamento de efluentes domésticos sem tratamento e do escoamento superficial pelo efeito de “carga de lavagem” (*first flush*) das pavimentações (POLETO, 2007).

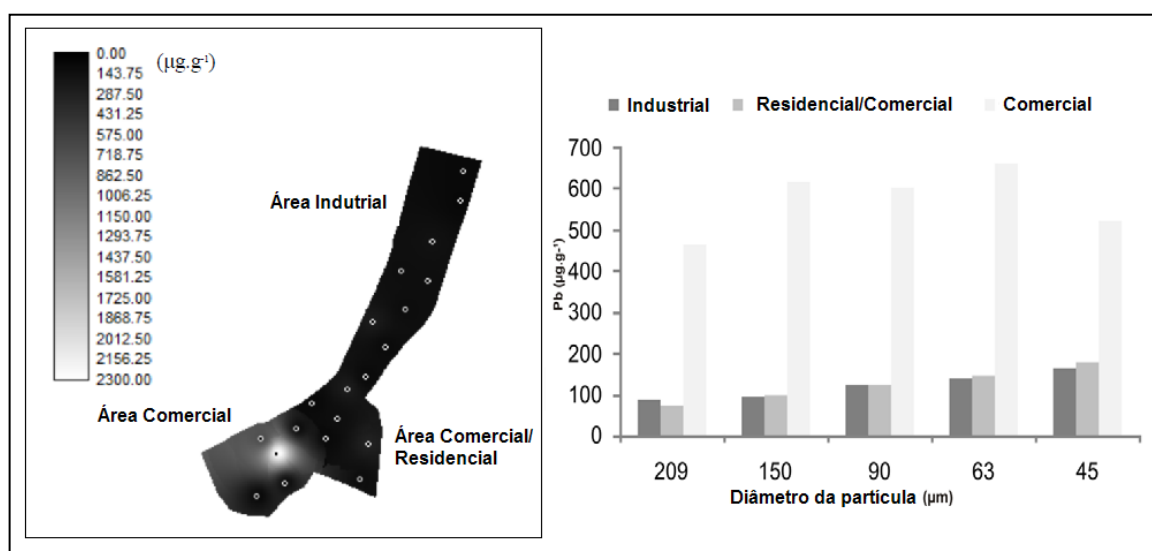


Figura 5 - Distribuição espacial de chumbo (Pb) em área comercial, industrial e comercial/residencial em Porto Alegre, RS. Fonte: Adaptado Martinez e Poletto (2010).

Fechner et al. (2012) avaliaram o impacto dos metais Cu, Cd, Zn, Ni e Pb ao longo do rio Sena (França). O rio analisado possui concentração baixa dos elementos em relação aos padrões ambientais, mas quando há aumento dos contaminantes, devido aos eventos de precipitação, a área urbana, causa impacto significativo de poluentes sobre as comunidades biológicas existentes.

2.6 Carga difusa no mundo x casos estudados

O Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) investiga os efeitos da urbanização sobre os ecossistemas em 15 regiões metropolitanas no estado dos Estados Unidos. Algumas regiões são monitoradas desde 1999, outras a partir de 2001 como ilustra a figura 6. Em todos os estudos a urbanização é definida como a conversão de um ambiente natural para usos residenciais e comerciais, e é feita a avaliação da qualidade da água nacional (USGS, 2010).

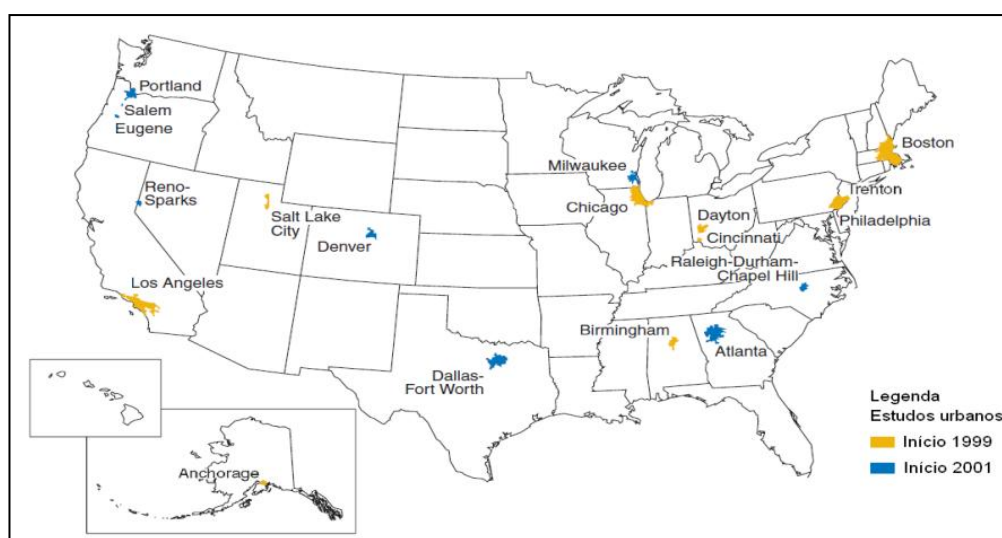


Figura 6 - Locais de monitoramento de qualidade da água em áreas urbanizadas nos EUA. Fonte: Adaptado USGS (2010).

Segundo Coles et al. (2011) nos últimos 29 anos os esforços no controle da poluição difusa nos Estados Unidos que possuem a Lei das Águas Limpas (CWA), levaram cidades com população acima de 100.000 habitantes, certas indústrias e canteiros de obras acima de 5 hectares, a desenvolverem e implementarem planos de águas pluviais para separação do escoamento, na primeira fase do *System of National Pollutant Discharge Elimination* (NPDES).

No Brasil existe o Programa Nacional de Qualidade da Água (PNQA), elaborado pela Agência Nacional das Águas (ANA), que visa ampliar o

conhecimento das águas superficiais. Este programa, entretanto, não contempla a qualidade da água em áreas urbanas, e sim locais específicos de monitoramento.

A figura 7 ilustra as capitais brasileiras e as estações de monitoramento da ANA, totalizando 1340 pontos em todo o país, onde são feitas campanhas de medição de vazão e análises de quatro parâmetros de qualidade: oxigênio dissolvido, pH, condutividade e temperatura.



Figura 7 - Capitais brasileiras e estações de monitoramento da ANA. Fonte: ANA (2011).

Nem todos os estados brasileiros têm condições de monitoramento devido a custos de logísticas (coleta, armazenamento, transporte e análises de laboratório) ou até mesmo por falta de pessoal capacitado para a tarefa resultando em vazios na avaliação dos parâmetros.

São apresentados a seguir alguns estudos de parâmetros de qualidade da água no mundo, que relatam a influência da ação antrópica no corpo receptor.

Choe, Bang e Lee (2002) analisaram a carga poluente de sólidos suspensos no escoamento superficial de áreas residenciais e industriais, localizadas em Chongju, na Coreia, obtendo a carga para área residencial de sólidos suspensos de 2.130 Kg/ha/ano e DBO₅ de 943 kg/ha/ano, áreas industriais, sólidos suspensos de 812 kg/ha/ano e DBO₅ de 329 kg/ha/ano.

Carpenter et al. (1998) estudaram as fontes difusas de nutrientes nos Estados Unidos concluindo que 82 e 84% dos descartes de N_{total} e P_{total} , respectivamente, nas águas superficiais, provêm de fontes difusas, majoritariamente (acima de 90%) de áreas rurais.

Line et al. (2002) realizaram um estudo, na bacia do Rio Neuse, em Carolina do Norte (EUA), encontrando valores carga de sólidos em suspensão em eventos de precipitação para uso do solo com área de construção de 22.600 kg/ha/ano, dez vezes maiores em relação a áreas residenciais, industriais, arborizadas, campo de golfe e pastagem. Outros parâmetros analisados também apresentaram influência relacionada ao tipo de área contribuinte.

Macleod e Haygarth (2003) compilaram vários estudos feitos na Europa sobre a importância de fontes difusas de fósforo com origem agrícola, e concluíram que as referidas fontes contribuem com 29 a 60% da carga total observada nas águas superficiais daquelas bacias.

De Luca, Milano e Ide (1991) por meio de uma análise da qualidade do escoamento pluvial urbano, na área metropolitana de Porto Alegre-RS, determinaram que a carga anual média de poluente de sólidos suspensos, transportada pela drenagem urbana, foi de 11.120 kg/ha/ano.

Em outro trabalho sobre cargas difusas, realizado no sudoeste da Coréia, Kim, Choe e Lee (2005) a carga de coliformes analisadas na bacia do rio Geum relacionou-se com o fluxo dos eventos, portanto pode ser usado como índice de origem de poluição difusa.

Diogo et al. (2007) realizaram um estudo referente a uma bacia hidrográfica de 17,8 km² (27% de área agrícola e 73% de área florestal) inserida na Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve, situada no sul de Portugal continental. O objetivo desses autores foi analisar os valores de taxas de exportação de nitrogênio total (N_{total}) e de fósforo total (P_{total}), que afluem de forma difusa à rede hidrográfica, com dados de 1990/1991 a 2005/2006. Concluíram que a carga média de nutrientes exportada foi de 0,232 para NH_4 , 0,047 para NO_2^- , 4262 para NO_3^- , 4541 para N-orgânico, 0,106 para P_{total} e 0,097 par P_2O_5 Kg/ha/ano.

A tabela 3 apresenta o N_{total} e P_{total} de diferentes usos do solo, pesquisados na literatura. Observa-se uma elevada variabilidade dos valores das taxas de exportação de N_{total} e P_{total} , consoante os casos de estudo considerados e apresentados nas várias referências bibliográficas.

Observa-se um aumento de nitrogênio total na agricultura em relação ao fósforo devido ao uso de fertilizantes. E ainda segundo Kronvang et al. (2001) o aumento de nitrogênio aumenta com a porcentagem de agricultura.

Tabela 3 - Total anual de nutrientes por hectare exportados nos solos com agricultura e floresta.

Autores (referências)	Localização estudo	Classe do Uso do solo	N_{total} (Kg/ha.ano)	P_{total} (Kg/ha.ano)
Sharpley; Smith (1994)	Oklahoma	Agricultura	28,93	5,56
Liere et al. (2002)	Holanda	Agricultura	6,40	0,61
		Floresta	-	-
Yoon et al. (2010)	Coréia	Floresta mista	36,5	1,3
		Agricultura		
Cox et al. (2012)	Sul da Austrália	2007	5,65	0,07
		2008	25,49	0,25
		2009	33,89	0,13
Kronvang et al. (2001)	Dinamarca	>80% agricultura	21,1	-
		40-60% agricultura	14,5	-
		<20% agricultura	2,4	-

Yoon et al. (2010) analisou 12 eventos de precipitação em área de floresta mista na Coréia e encontraram valores de DBO₅, sólidos suspensos, amônia, nitrato e fosfato de 66,9, 429,8, 1,6 e 0,1 Kg/ha/ano respectivamente, encontrando correlação positiva dos valores com precipitação, uso do solo e intensidade da precipitação.

Paiva et al. (2001) apresentaram os resultados das concentrações de sedimentos de treze eventos de cheia em uma bacia hidrográfica, na cidade de Santa Maria, com processo de urbanização. Foram observados picos de concentração de sedimentos no início da cheia, devido, provavelmente a carga de lavagem.

Paz (2004) analisou a evidência e a natureza da carga de lavagem gerada pelo escoamento superficial na Bacia Hidrográfica Alto da Colina, Santa Maria – RS. Neste trabalho foram coletadas amostras em tempo seco e eventos de precipitação em duas estações de amostragem da bacia a estação AC-II de característica rural monitorada no período de junho de 2001 a maio de 2002; enquanto a estação AC-I

de característica urbana monitorada de setembro de 2000 a abril de 2001. As concentrações de DBO_5 da estação AC-I (3,5 a 21,6 mg/L) são superiores aos da estação AC-II (0,5 a 3,8 mg/L). Com relação aos coliformes totais e *E.coli*, a estação AC-I apresentou um valor máximo de $2,78 \times 10^6$ organismos/100mL e na estação AC-II o máximo foi de $3,28 \times 10^5$ organismos/100mL.

Brites e Gastaldini (2007) avaliaram a carga poluente da água e de resíduos sólidos transportados pelo escoamento superficial urbano em duas bacias hidrográficas (Cancela e Alto da Colina), localizadas no município de Santa Maria – RS, no período de abril a dezembro de 2003. A carga difusa obtida na bacia Cancela para DBO_5 foi 75 kg/ha/ano, para coliformes termotolerantes de $6,5 \times 10^{11}$ organismos/ha/ano e para sólidos suspensos totais 1.685,8 kg/ha/ano. Na bacia Alta da Colina, a estação AC-I, de característica urbana, apresentou para DBO_5 a carga de 30,4 kg/ha/ano, para coliformes termotolerantes $5,4 \times 10^{11}$ organismos/ha/ano e para sólidos suspensos totais 1.860 kg/ha/ano; a estação AC-II, de característica rural, obteve carga de DBO_5 igual a 25 kg/ha/ano, de coliformes termotolerantes $2,0 \times 10^{10}$ organismos/ha/ano e para sólidos suspensos totais 2.253 kg/ha/ano.

Bonumá e Gastaldini (2007) avaliaram a qualidade das águas superficiais sob impacto de garimpo em uma pequena bacia hidrográfica, nas cabeceiras do Rio Ibicuí-Mirim, no município de São Martinho da Serra – RS, no período de dezembro de 2004 a janeiro de 2006. A bacia tem área total de 33,12 km², onde é desenvolvida a atividade de extração de pedras preciosas. A concentração média dos eventos para sólidos totais foi de 479 mg/L, para sólidos suspensos 321 mg/L, para sólidos dissolvidos 160 mg/L e 64,7 NTU para turbidez.

Todos os estudos citados anteriormente evidenciam a importância da determinação da concentração de poluentes, além disso, a influência do uso do solo e das atividades antropogênicas como fator determinante nas características de cada curso d'água.

2.7 Controle da Poluição Difusa

O controle da poluição difusa passa principalmente pelos seguintes itens: melhora do sistema de esgoto urbano, racionalidade no uso de pesticidas e adubos na agricultura, distância apropriada das atividades antrópicas nos corpos hídricos, reflorestamento, melhoras práticas de manejo e uso do solo, redução da poluição solo, ar e água, entre outros.

Para controlar cargas de poluição difusa, novas legislações vêm sendo introduzidas, como exemplo o Plano de Aplicação da Vinhaça (CETESB, 2003) que atende a norma técnica P4.231 de 2005, estabelecendo diretrizes necessárias para a aplicação da vinhaça no solo, devido ao processo da cana-de-açúcar para fabricação do álcool.

Porém as legislações parecem carecer de avaliação e novas discussões, direcionadas aos poluentes gerados (MALTA; PORTO; PEGORETTI, 2007).

Segundo Porto (1998) o controle da poluição difusa deve ser feito através de ações sobre a bacia hidrográfica, de modo a reduzir as cargas poluidoras antes do lançamento na drenagem e no corpo receptor.

O controle com ações eficientes ocorre por meio de práticas internacionais como: *Best Management Practices* (BMP), utilizado para estimar o transporte de poluição urbana difusa em uma determinada área (KANG et al.,2012).

Web sites internacionais como a *Internacional Stormwater BMP database*, possuem um banco de dados com mais de 500 estudos e publicações a respeito das BMP's.

Os princípios básicos das BMP's para melhorar a qualidade das águas pluviais são: sedimentação gravitacional que permite a deposição dos poluentes, infiltração de poluentes solúveis no solo, estabilização química e biológica de nutrientes e filtração (KANG et al.,2012).

Neste contexto, as BMP's estruturais buscam o melhoramento da qualidade e/ou controle da quantidade do escoamento através da construção de sistemas tais como bacias de retenção ou áreas de inundação; e as do tipo não estruturais, buscam a redução do volume escoado e do potencial poluidor pela adoção de medidas institucionais, educacionais ou de prevenção (EPA, 1999).

As medidas de gerenciamento controlam os poluentes de fonte difusa para corpos d'água receptores por ações, tal como (EPA, 1999): minimização dos poluentes disponíveis (redução na fonte); retardo no transporte e/ou liberação de poluentes; remediação ou interceptação antes ou depois deste ser liberado para o recurso hídrico. O Brasil e outros países do mundo, conforme os diversos estudos estão voltados para a importância da carga difusa, e somente o controle não será suficiente para melhoria da qualidade dos recursos hídricos, como também é necessário maior prevenção e conscientização da importância dos recursos disponíveis.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo

O presente estudo tem como base a bacia hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim, localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul, abrangendo as áreas dos municípios de Itaara, Santa Maria, Restinga Seca, São João do Polêsine e Silveira Martins. A bacia em estudo está situada entre as coordenadas geográficas 53° 46' 30" a 53° 49' 29" de longitude Oeste e 29° 36' 55" a 29° 39' 50" de latitude Sul, abrangendo uma área total de 1145,7 Km².

Para avaliação da carga de poluição difusa do curso d'água foram selecionadas quatro estações de monitoramento de características distintas do rio Vacacaí-Mirim: Rancho do Amaral, Menino Deus II, Menino Deus IV caracterizadas como rurais e Alto da Colina com características urbanas. A figura 8 ilustra a bacia hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim com as estações de monitoramento da qualidade da água, estações fluviométricas e pluviométricas existentes, e imagens das seções de monitoramento. Os dados utilizados para análise de carga difusa nas bacias Rancho do Amaral e Alto da Colina foram obtidos de monitoramento realizado no período de março a setembro de 2008. As bacias Menino Deus II e Menino Deus IV foram monitoradas no período de outubro de 2011 a julho de 2012.

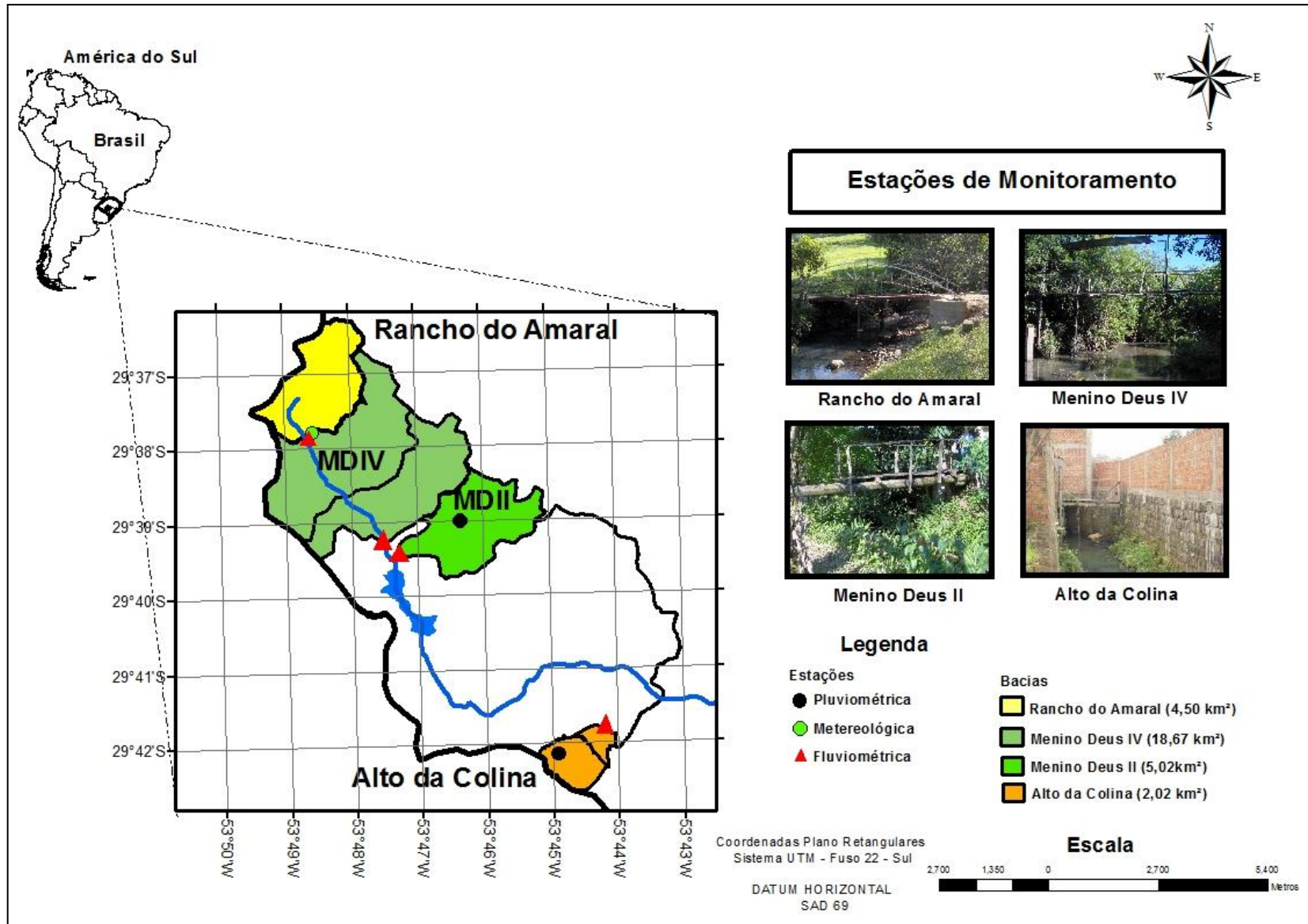


Figura 8 - Estações de monitoramento na bacia do rio Vacacai Mirim.

Nas tabelas 4 e 4 são apresentadas as coordenadas geográficas, tipo de equipamento e os períodos de dados utilizados, das estações fluviométricas e pluviométricas existentes na área de estudo.

Tabela 4 - Descrição das estações fluviométricas utilizadas.

Código da Estação	Nome	Coordenadas Geográficas		Equipamento	Período utilizado	Área (km ²)	Rural/urbana
		Latitude	Longitude				
-----	Rancho do Amaral	29°37'46,5"	53°48'39,6"	Linígrafo (eletrônico) Δt=1 min	Março a setembro de 2008	4,50	Rural
139908	Menino Deus IV	29°39'29,6"	53°47'23,9"	Linígrafo (eletrônico) Δt=5 min	Outubro 2011 até julho de 2012	18,67	Rural
148865	Menino Deus II	29°39'28,2"	53°47'19"	Linígrafo (eletrônico) Δt=1 min	Outubro 2011 até julho de 2012	5,02	Rural
139907	Alto da Colina	29°41'47"	53°44'11,5"	Linígrafo (eletrônico) Δt=1 min	Março a setembro de 2008	2,02	Urbana

Tabela 5 - Descrição das estações pluviométricas utilizadas.

Código da Estação	Nome	Coordenadas Geográficas		Equipamento	Período utilizado
		Latitude	Longitude		
-----	Rancho do Amaral	29°37'46,5"	53°48'39,6"	Estação Meteorológica	2008
-----	Maciel	29°39'2,50"	53°46'26,21"	Pluviógrafo (eletrônico) Δt=1 min	2011 até 2012
144864	Vila Maria	29°42'4,5"	53°44'52,6"	Pluviógrafo (eletrônico) Δt=1 min	2008

3.2 Bacia Hidrográfica Rancho do Amaral

A bacia hidrográfica Rancho do Amaral caracteriza-se por zona rural com baixo grau de degradação ambiental, localizada à montante da barragem que abastece 40,0% do município de Santa Maria.

Localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul entre os municípios de Santa Maria e Itaara, abrange aproximadamente 4,50 km², onde predominam áreas de mata nativa (47,6%) característica do bioma Mata Atlântica, como também áreas de campo (39,4%), agricultura (3,6%) e eucalipto (8,2%) a figura 5 ilustra o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica Rancho do Amaral.

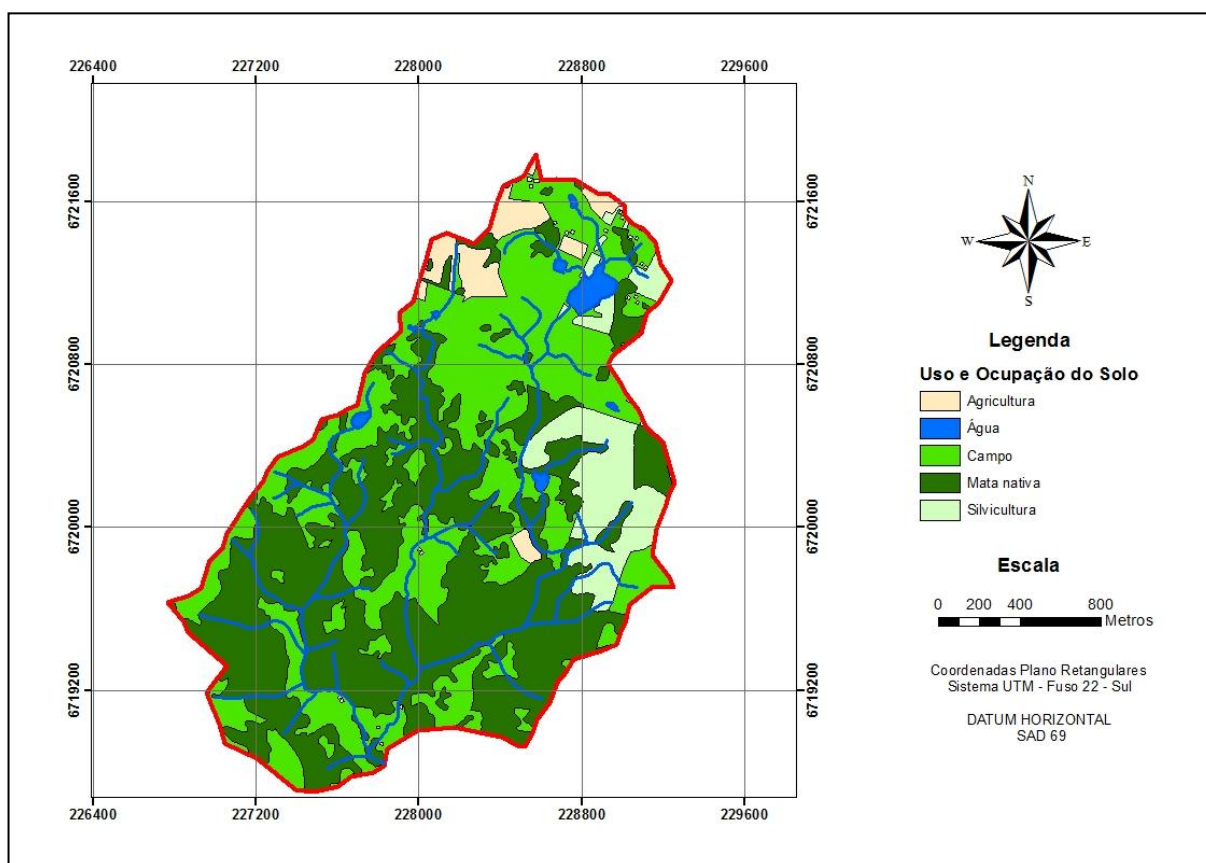


Figura 9 - Uso e ocupação do solo da Bacia Rancho do Amaral.

3.3 Bacia Hidrográfica Menino Deus IV

A bacia hidrográfica Menino Deus IV caracteriza-se como rural abrangendo uma área de 18,67 Km² com elevado grau de degradação ambiental, devido a retirada da cobertura vegetal e agricultura próxima ao curso d'água, com predomínio de 53,5 % de mata nativa e 37,3% de campo (Figura 10).

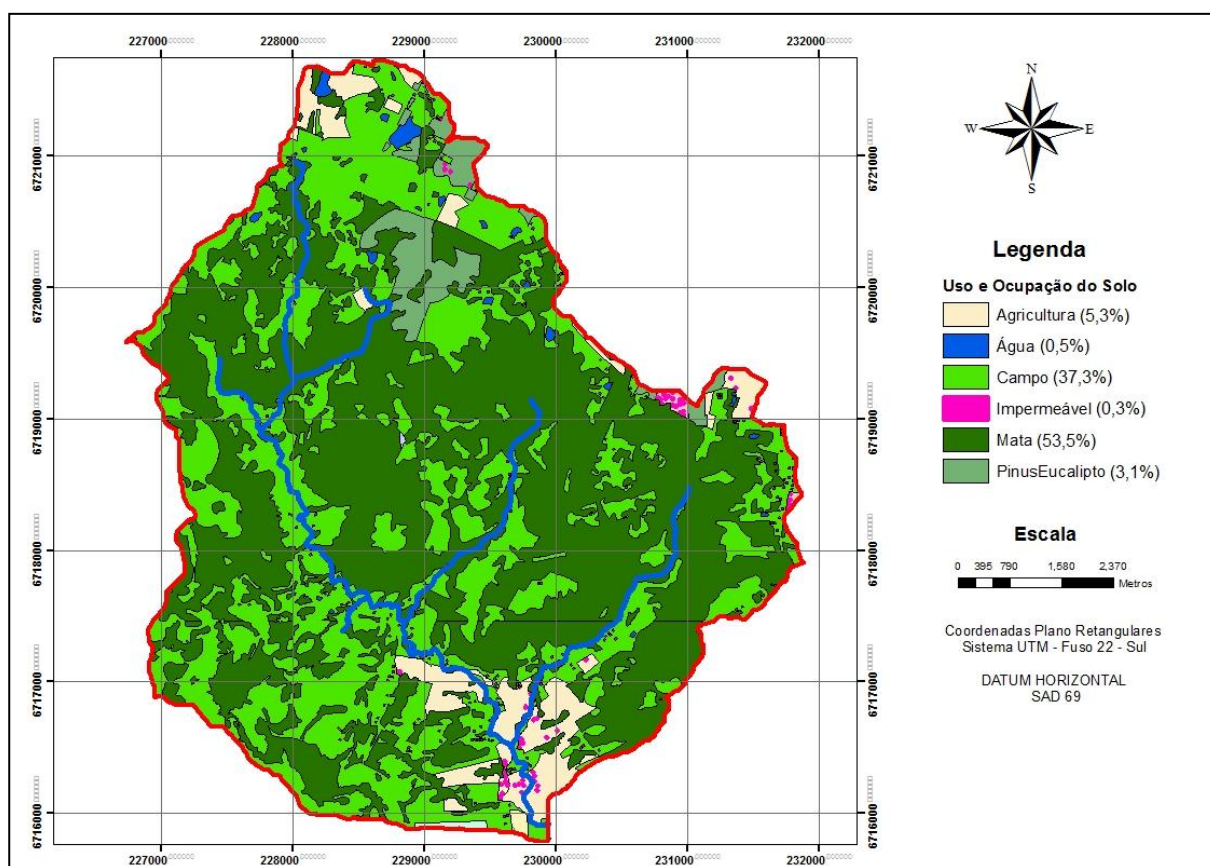


Figura 10 - Uso e ocupação do solo da bacia Menino Deus IV.

3.4 Bacia Hidrográfica Menino Deus II

A bacia hidrográfica Menino Deus II possui uma área de 5,02 Km², representa 18,5% da área de contribuição ao reservatório do Vacacaí Mirim segundo estudo feito por Paranhos (2008). A cobertura vegetal predominante é de florestas (63,8%), tendo 24,5% de campo e uma pequena porcentagem de agricultura e solo impermeável, ilustrada na figura 11.

A bacia apresenta residências sem infraestrutura sanitária junto ao leito do rio, como também um cemitério, que no geral em condições apropriadas de solo e drenagem não apresentam nenhuma ameaça significativa de poluição (UÇISIK; RUSHBROOK, 1998), no entanto por estar em uma área de declividade elevada e menos de 30 m do recurso hídrico, pode ser fonte de contaminação grave.

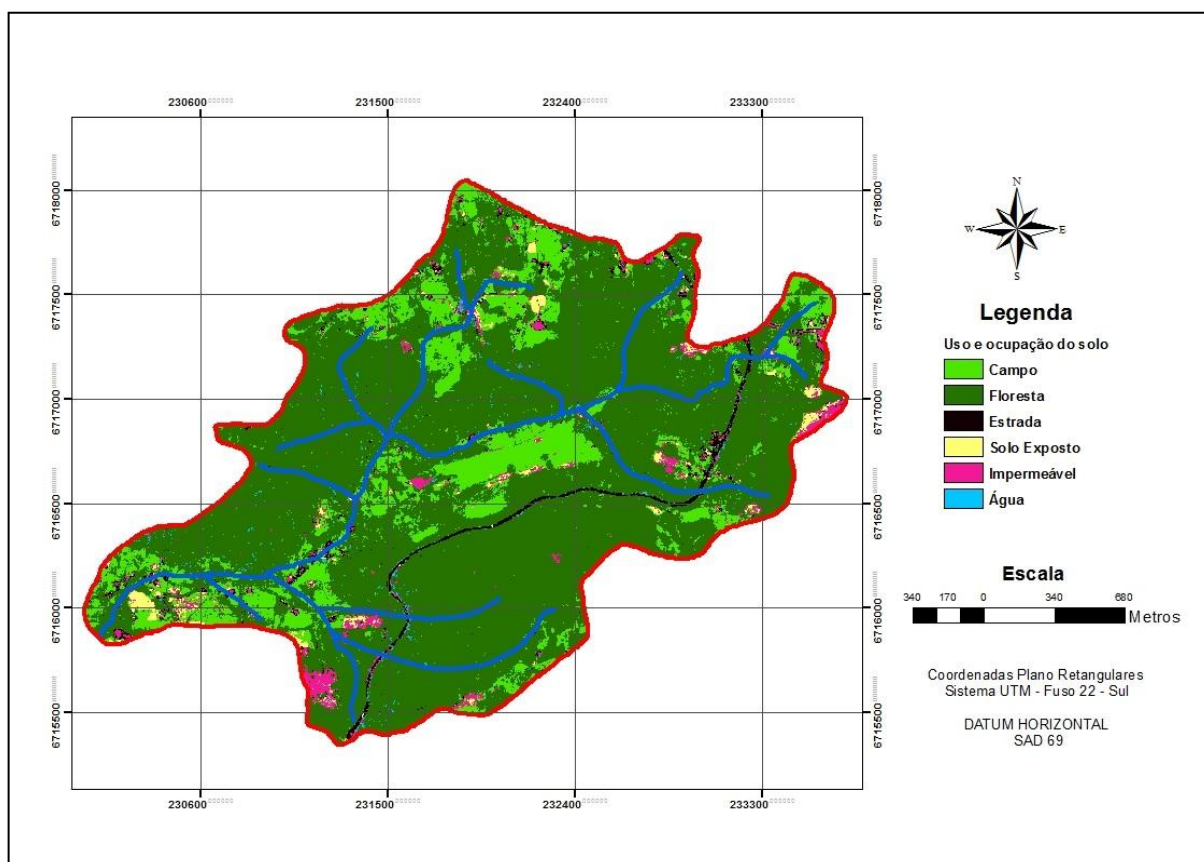


Figura 11 - Uso e ocupação o solo da bacia hidrográfica Menino Deus II.

3.5 Bacia Hidrográfica Alto da Colina

A bacia hidrográfica Alto da Colina possui área de 2,02 Km², possuindo características rurais à montante e urbana no exutório da bacia.

A figura 12 ilustra o uso e ocupação do solo na bacia Alto da Colina, no ano de 2008, com a maior porcentagem de área agrícola e campos. Possui no seu interior pequeno reservatório, pequenas propriedades e muitas estradas de terra.

A figura 13 ilustra a alteração do uso e ocupação do solo da bacia nos anos de 1999 feita por Rampeloto (2001) e 2003 elaborada por Paz (2004) e a situação em 2008, evidenciando o aumento de área agrícola, observou-se que a análise do uso e ocupação do solo realizada em estudos anteriores, considerou toda área de campo como residencial, por isso a diminuição em 2008 da área urbana conforme quantificado na tabela 6.

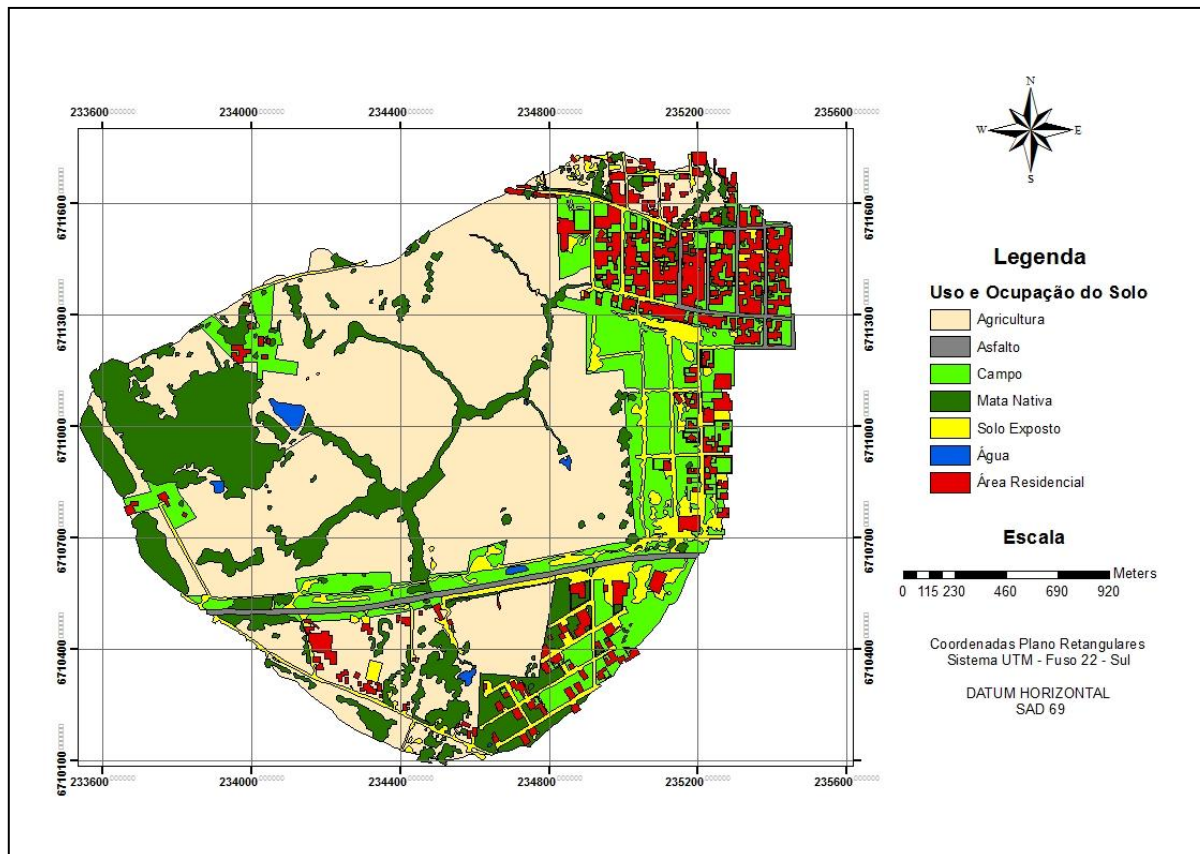


Figura 12 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica Alto da Colina em 2008.

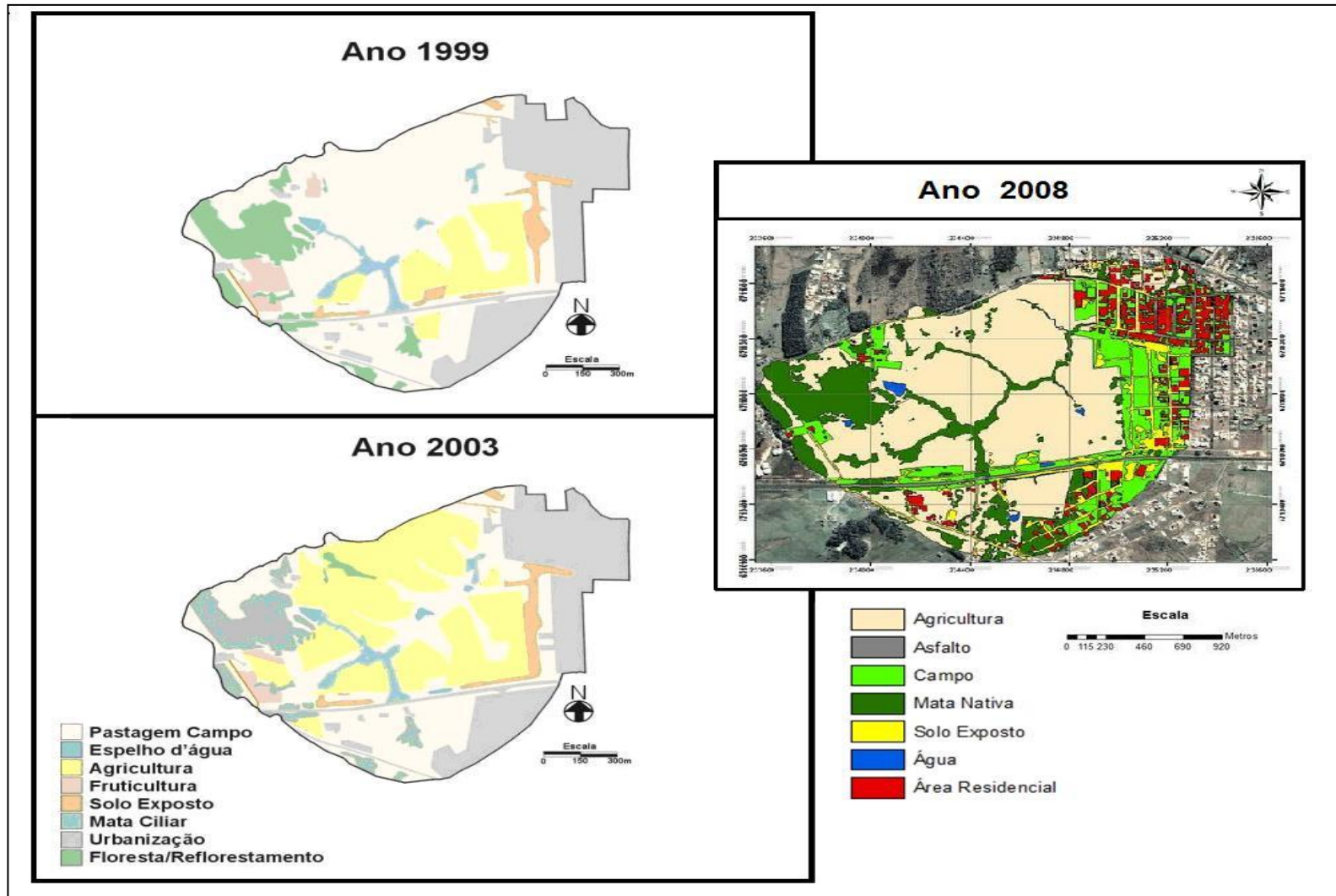


Figura 13 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica Alto da Colina nos anos de 1999, 2003 e 2008. Fonte: Adaptado de Rampelotto (2001) e Paz (2004).

Tabela 6 - Uso do solo na área da bacia Alto da Colina. Fonte: *Adaptado de Meller (2004).

Uso do Solo	Ano – 1999*	Ano – 2003*	Ano - 2008	
	Percentual (%)	Percentual (%)	Área (Km ²)	Percentual (%)
Agricultura	10,0	28,1	1,01	50,0
Água	0,2	0,4	0,01	0,5
Área Residencial			0,28	13,9
Asfalto	20,0	22,3	0,04	2,0
Campo	52,6	31,3	0,30	14,8
Mata Nativa	13,7	12,2	0,35	17,3
Solo Exposto	3,5	5,7	0,03	1,5

A tabela 7 resume as características das áreas de estudo, das bacias Rancho do Amaral, Menino Deus IV, Menino Deus II e Alto da Colina. A bacia Menino Deus IV possui maior área e Alto da colina maior percentual de área impermeável (7,4%), como também, maior percentual de agricultura (50%).

Tabela 7 - Características das bacias hidrográficas nos anos de monitoramento.

Bacia hidrográfica	Rancho do Amaral (2008)	Menino Deus IV (2012)	Menino Deus II (2012)	Alto da Colina (2008)
Área (km ²)	4,5	18,6	5,0	2,0
Mata nativa (%)	55,8	56,6	63,8	17,3
Campo (%)	39,4	37,3	24,4	14,8
Agricultura (%)	3,6	5,3	8,5	50,0
Impermeável (%)	-	0,3	3,2	17,4

3.6 Monitoramento Qualitativo e Quantitativo

O monitoramento qualitativo e quantitativo nas bacias hidrográficas consistiram de:

- Coleta de amostras: Coleta Manual e Coleta com Amostrador de Nível Ascendente (ANA), nas seções de monitoramento;
- Medições dos perfis de velocidade nas seções de monitoramento para determinação das descargas líquidas, utilizando o programa Hidromolnete (BACK, 2006);
- Análises de laboratório para determinação da concentração dos parâmetros de qualidade: OD, temperatura, sólidos suspensos, sólidos totais, pH, condutividade, turbidez, DBO₅, coliformes totais, *Escherichia coli*, amônia, nitrito, nitrato e fosfato e os metais: cobre, níquel, zinco e chumbo.

As amostras de água nas estações fluviométricas das bacias hidrográficas Menino Deus II e Menino Deus IV, foram coletadas no período de novembro de 2011 a junho de 2012, semanalmente em períodos sem eventos de precipitação e durante os eventos de acordo com as cotas das garrafas do ANA, ou quando coletadas manualmente em eventos de precipitação na subida da onda de cheia do rio.

Nas estações Rancho do Amaral e Alto da Colina foram coletadas amostras no período de abril a setembro de 2008, período este monitorado pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos – GHIDROS, em período seco antecedente ao evento, e durante as precipitações de acordo com a cota das garrafas dos amostradores de nível.

A coleta manual foi realizada no centro da seção de amostragem em um ponto representativo da massa líquida, utilizando-se de recipientes plásticos limpos, previamente identificados, com enxágue dos frascos três vezes com a própria amostra e evitando aeração excessiva no momento da coleta.

Os amostradores auxiliaram o monitoramento em períodos noturnos durante a passagem da onda de cheia, quando não seriam possíveis de serem coletadas amostras manuais, instalados nas margens das seções de amostragem como ilustra a figura 14.

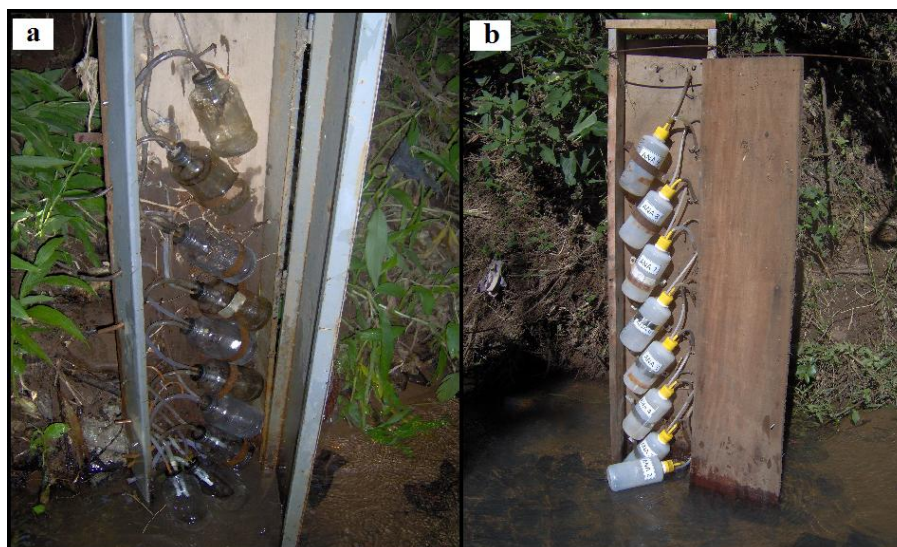


Figura 14 - Amostrador de Nível Ascendente - ANA. (a) Estação Menino Deus II; (b) Estação Menino Deus IV.

A tabela 8 contém a relação nível-garrafa dos amostradores nas seções de monitoramento.

Tabela 8 - Relação nível-garrafa dos amostradores de nível ascendente - ANA, instalado nas bacias hidrográficas Rancho do Amaral, Menino Deus II, Menino Deus IV e Alto da Colina.

Garrafa	Rancho do Amaral (cm)	Menino Deus II (cm)	Menino Deus IV (cm)	Alto da Colina (cm)
G1	36,5	21,0	32,0	24,0
G2	48,5	26,0	46,0	34,0
G3	58,5	32,0	62,5	46,0
G4	68,5	37,0	79,0	58,0
G5	78,5	42,0	95,0	71,0
G6	88,5	51,0	112,0	84,0
G7	98,5	62,5	127,0	97,0
G8	108,5	75,5	145,0	-
G9	-	88,5	-	-

3.7 Construção dos Hidrogramas

Para a construção dos hidrogramas foram determinadas as curvas chaves de vazão em relação ao nível de água e a vazão que escoa no leito fluvial. A curva chave é elaborada plotando-se sucessivas medições de cota – descarga líquida num gráfico. Esta curva é utilizada para converter dados de cota em vazão em dias que não se tem dados de campo.

A curva chave utilizada na estação Rancho do Amaral foi calibrada a partir de 23 medições realizadas em campo. A equação da curva-chave, pode ser expressa pela equação 1:

$$- \quad - \quad (1)$$

Sendo: $Q = \text{m}^3/\text{s}$; $H = \text{m}$.

A figura 15 ilustra a curva-chave da estação Rancho do Amaral. As características de vazão ajudam no entendimento dos processos que atuam no transporte de poluentes durante os eventos.

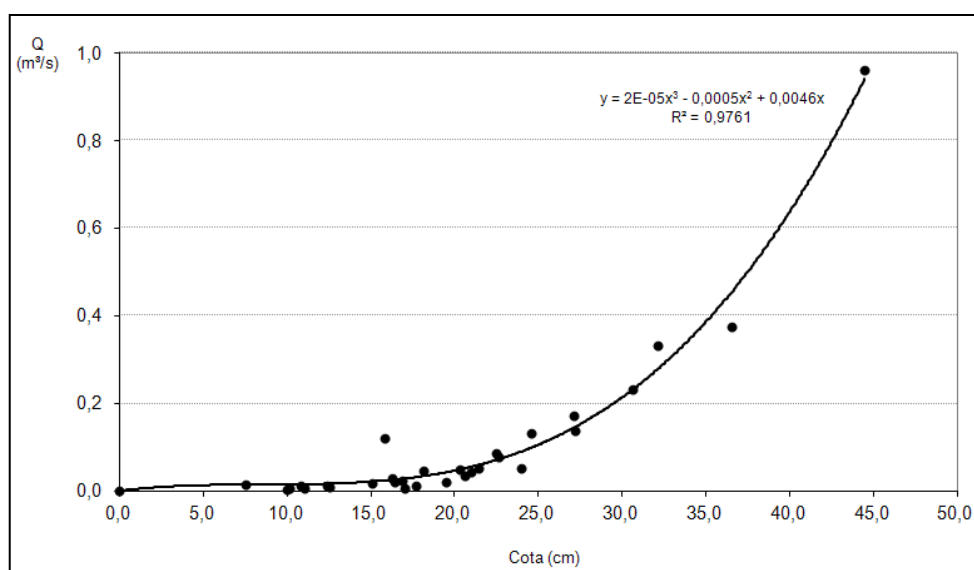


Figura 15 - Curva-chave estação Rancho do Amaral.

Para a definição da curva-chave na bacia Menino Deus IV, foi realizada a extrapolação de vazão pelo método de Stevens que segundo Pereira Filho, Santos e Fill (2003) comparando os tipos de extrapolação existentes na literatura, o método pode somente ser aplicado se a seção tiver perfil estável. A extrapolação foi feita para as cotas maiores que 0,795 m, devido a dificuldades de se obter essas medidas.

Os níveis elevados foram observados durante períodos noturnos ou na ocorrência de precipitação intensa que geralmente o rio arrasta grande quantidade de galhos, resíduos e restos de animais mortos, podendo ocasionar a perda do equipamento, no caso o molinete.

As vazões foram divididas em três faixas $0,20 \leq h \leq 0,30\text{m}$ de $0,20 < h \leq 0,795$ e acima de 0,795 m conforme descrito a seguir nas equações 2, 3 e 4:

$$\text{Para } 0,20 \leq H \leq 0,30\text{m} \quad - \quad (2)$$

$$\text{Para } 0,20 < H \leq 0,795 \quad - \quad (3)$$

$$\text{Para } \geq 0,795 \text{ m} \quad - \quad (4)$$

Sendo: Q = vazão (m^3/s); H = cota (m).

A figura 16 ilustra a curva-chave Menino Deus IV com as vazões observadas e extrapoladas e seus respectivos níveis de aplicação das equações anteriores.

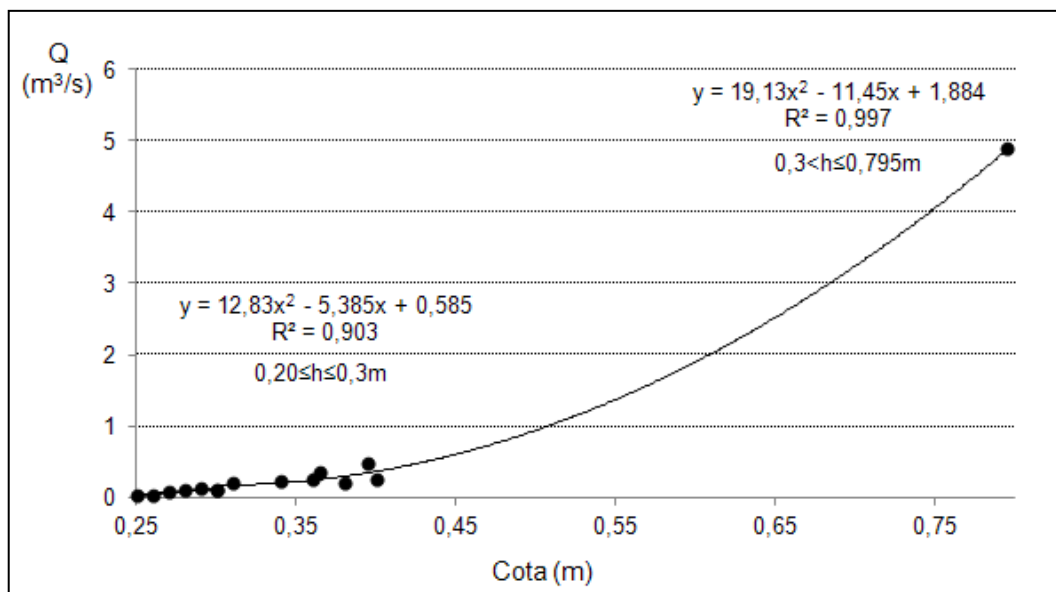


Figura 16 - Curva-chave da bacia hidrográfica Menino Deus IV.

Durante o desenvolvimento das atividades de campo encontrou-se alguns problemas em relação às medições na estação fluviométrica Menino Deus II. Os trabalhos de campo iniciaram em outubro de 2011. Em uma visita de campo observou-se um barramento no leito do rio (Figura 17), a aproximadamente 15 metros da ponte hidrométrica e com aproximadamente 1 m de altura, construído com objetivo de recreação para as crianças das redondezas. Este barramento permaneceu lá até 20 de dezembro de 2011. Neste período os dados de vazão foram desprezados, devido a alteração que este barramento pode ter causado nos dados de coleta.



Figura 17 - Barramento construído no leito do rio, na proximidade da estação fluviométrica Menino Deus II.

A curva-chave da bacia Menino Deus II foi calibrada a partir de 25 medições realizadas em campo, para as cotas de 0,06 a 0,96m e está representada pela equação 5:

$$\text{Para } 0,06 \leq H \leq 0,96 \text{ m}$$

(5)

Sendo: $Q = \text{m}^3/\text{s}$; $H = \text{m}$.

As vazões necessárias para pesquisa ficaram dentro desses valores de cota, então não foi preciso extrapolação para cotas maiores.

A figura 18 ilustra a vazão observada (m^3/s) nas medições em função das cotas (m) analisadas.

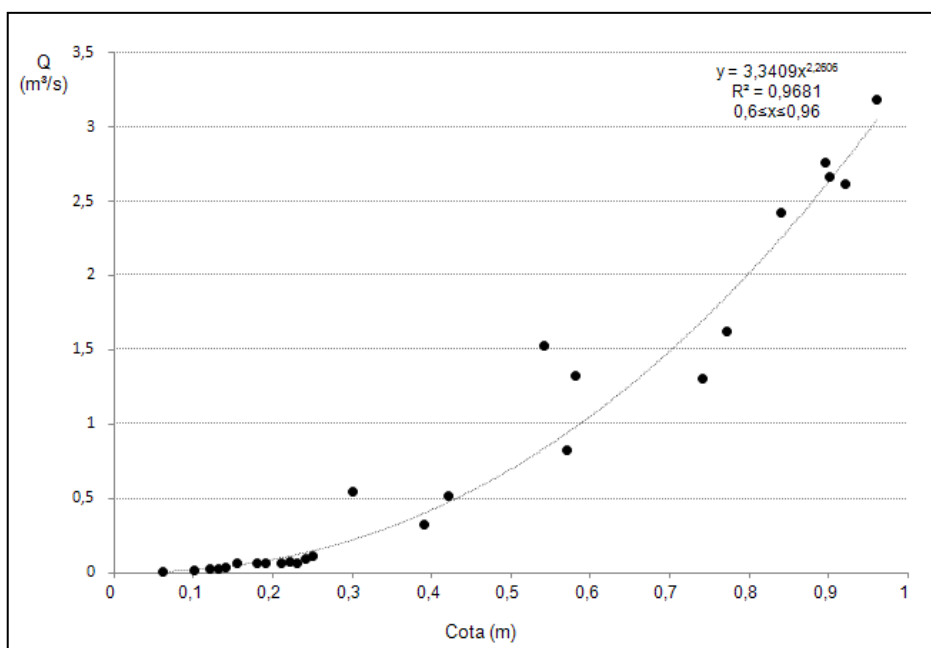


Figura 18 - Curva-chave da bacia hidrográfica Menino Deus II.

A curva-chave utilizada na estação Alto da Colina é apresentada pelas equações 6, 7 e 8 (MELLER, 2004), e foi utilizada porque a seção de monitoramento não apresentou variação significativa desde então.

Foi elaborada a partir de 23 medições em campo, realizadas entre 1999 e 2002, com atualização no período de 2002 a dezembro de 2003 por Meller (2004). O ajuste foi dividido em três faixas de 0 a 0,195, 0,195 a 0,954m e acima de 0,954m.

Para $H < 0,195$ m

(6)

Para $0,195 < H < 0,954$

(7)

Para $H > 0,954$

(8)

Sendo: Q = vazão (m³/s); H = cota (m).

A figura 19 ilustra a curva-chave Alto da Colina construída por Meller (2004).

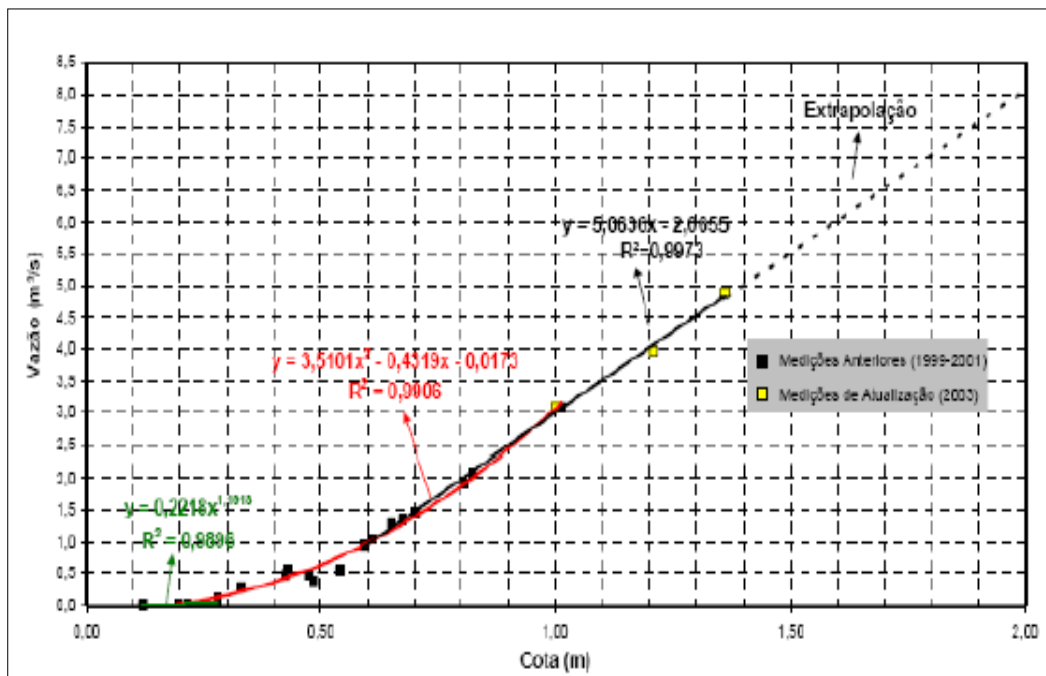


Figura 19 - Curva-chave estação Alto da Colina. Fonte: Meller (2004).

Na tabela 3 é descrita a metodologia utilizada em laboratório para a análise dos parâmetros de qualidade, o limite de detecção do método de avaliação e os locais de análise dos parâmetros analisados.

3.8 Parâmetros de qualidade da água

Os parâmetros de qualidade da água analisados nesta pesquisa foram: temperatura da água, turbidez, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos totais, suspensos e dissolvidos, DBO₅, coliformes totais, *Escherichia coli*, os metais: cobre, níquel, zinco e chumbo, amônia, nitrito, nitrato e fosfato. A metodologia analítica, o limite de detecção e os locais de análise dos parâmetros estão descritos, resumidamente, na tabela 9.

A metodologia utilizada para as análises segue a descrita no *Standard Methods for the Examination of the water and wastewater* (APHA, AWWA, WPCF,1995).

Tabela 9 - Parâmetros de qualidade da água, metodologia analítica, limite de detecção e local das análises.

Parâmetros de Qualidade da água	Metodologia Analítica	Limite de Detecção	Local de análise
Temperatura da água	Termometria	0,1°C	<i>in situ</i>
Turbidez	Nefelométrico	0,1 UNT	LASAM
pH	Potenciométrico	0,1	LASAM
Condutividade Elétrica	Potenciométrico	0,1 µS/cm	LASAM
Oxigênio Dissolvido	Oxímetro	0,1 mg/L	<i>in situ</i>
Sólidos Totais	Gravimétrico	0,1 mg/L	LASAM
Sólidos Suspensos	Gravimétrico	0,1 mg/L	LASAM
Sólidos Dissolvidos	Gravimétrico	0,1 mg/L	LASAM
DBO ₅	Winckler	0,1 mg/L	LASAM
Coliformes Totais	Ideex-colilert	1 NMP/100 mL	LASAM
<i>Escherichia coli</i>	Ideex-colilert	1 NMP/100 mL	LASAM
Cobre, Níquel	ICP - MS	0,1 µ/L	LAQUIA
Zinco, Chumbo	ICP - OES	0,1 µ/L	LAQUIA
Amônia	Cromatografia Iônica	0,1 mg/L	LABEFLO
Nitrito	Cromatografia Iônica	0,1 mg/L	LABEFLO
Nitrato	Cromatografia Iônica	0,1 mg/L	LABEFLO
Fosfato	Cromatografia Iônica	0,1 mg/L	LABEFLO

Notas: *in situ*: determinação em campo, no momento da coleta; LASAM: Laboratório de saneamento Ambiental- Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSM; LAQUIA: Laboratório de Química Industrial da UFSM; LABEFLO: Laboratório de Engenharia Florestal da UFSM

3.9 Concentração Média do Evento (CME)

A Concentração Média do Evento (CME), para os parâmetros de qualidade d'água analisados, é apropriada para avaliar os efeitos do escoamento superficial nos corpos d'água receptores, uma vez que estes respondem lentamente as vazões pluviais. Portanto, este é um importante parâmetro a ser analisado (LEE et al., 2011). A equação 9 abaixo, indica como esta concentração foi calculada.

$$- \text{—————} \text{—————} \text{—————} \quad (9)$$

Sendo: CME = concentração média do evento (mg/L); M = massa total de poluente durante o evento (g); V = volume total durante o evento (m³/s); t = tempo (s); C_t = concentração no tempo t (mg/L); Q_t = vazão no tempo t (m³/s); Δt = intervalo de tempo (s).

3.10 Análise da carga de poluição difusa

Na avaliação completa das características de qualidade da água em eventos de precipitação, semanalmente eram realizadas coletas de amostras caracterizadas como coletas em tempo seco. Durante a passagem da onda de cheia, adotaram-se pontos iniciais e finais (pontos adotados), assumidos as características do tempo seco mais próximo ao evento. A figura 20 exemplifica a passagem da onda de cheia (variação de vazão) os pontos adotados e coletados.

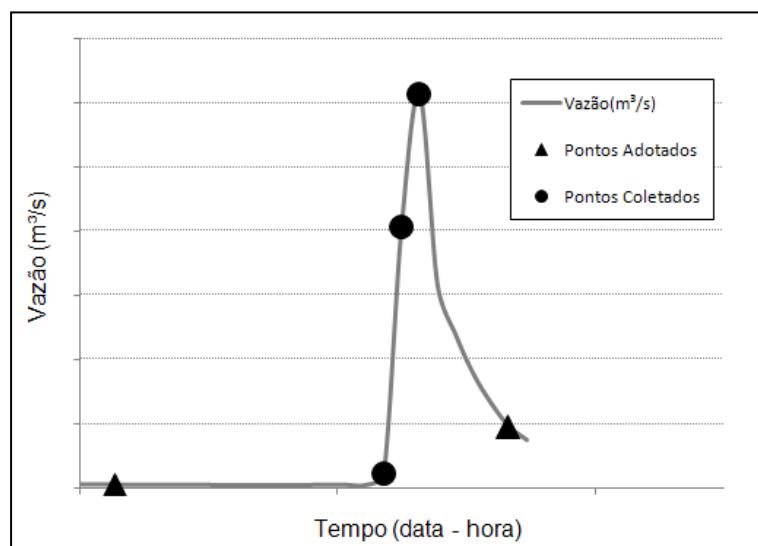


Figura 20 - Pontos de adotados e de coleta em eventos de precipitação.

A adoção de pontos iniciais justifica-se pela dificuldade de chegar à estação antes do início da precipitação, devido à ocorrência em horários imprevistos. Os

pontos finais justificam-se pela extensão de alguns eventos impossibilitando a permanência da equipe em campo.

As massas poluentes totais foram obtidas através da multiplicação das CMEs pelos volumes totais escoados durante os eventos de precipitação.

Como os corpos d'água apresentam uma carga poluente de base e vazão de base, o valor da massa poluente causada por esta carga foi calculado conforme a equação 10.

(10)

Sendo: M_{base} = massa total de poluente durante o evento devido à carga de base (g); C_{base} = concentração anterior ao início do evento (mg/L); Q_{base} = vazão anterior ao início do evento (m³/s); Δt = duração total do evento (s).

A carga de poluição difusa em função da área da bacia foi calculada conforme a equação 11.

_____ (11)

A carga de poluição difusa em função do número de habitantes foi calculada conforme a equação 12.

_____ (12)

3.11 Análise estatística

Os dados obtidos, após as análises, foram tabulados e analisados estatisticamente utilizando o *software* SPSS *Statistcs* 17.0 para cálculo das médias (μ), mínimos, máximos, desvio padrão (σ), coeficiente de variação (---%---) e correlação de Pearson (r).

A comparação das médias entre as concentrações dos parâmetros de qualidade da água e os fatores ambientais (períodos seco e chuvoso) foram analisados estatisticamente a partir do índice de correlação de Pearson (r).

Segundo UWE (2012), Florence, Paulraj e Ramachandramoorthy (2012) e Kim, Yur e Kim (2007), este coeficiente indica o grau de intensidade da correlação entre duas variáveis e, ainda, o sentido dessa correlação. Varia de +1 (correlação perfeita positiva) a -1 (correlação perfeita negativa), sendo também adimensional (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

Além disso, as unidades adotadas não afetam o valor do coeficiente de correlação, e sim evidenciam a força de associação entre as variáveis (UWE, 2012).

Crespo (2005) estabelece limites entre os índices de correlação tais como:

$0,6 \leq r \leq 1$, conclusões significativas entre as variáveis analisadas;

$0,3 \leq r < 0,6$, há uma correlação relativamente fraca entre as variáveis;

e se $0 < r < 0,3$, a correlação é muito fraca e, praticamente, nada se pode concluir sobre a relação entre as variáveis em estudo.

Um valor do coeficiente de correlação elevado, embora estatisticamente significativo, não implica necessariamente numa relação de causa e efeito, mas a tendência que as variáveis apresentam quanto à sua variação conjunta (NAGHETTINI; PINTO, 2007, p.359).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condições hidrológicas do período avaliado

Os dados hidrológicos de precipitação foram utilizados para elaboração dos hidrogramas dos eventos monitorados nas bacias de estudo, e também, para correlação da precipitação e dos períodos de dias secos antecedentes aos eventos analisados.

Os dados de precipitação da bacia Rancho do Amaral foram obtidos pelo pluviógrafo denominado Rancho do Amaral no período de 2008. As precipitações na bacia Alto da Colina foram obtidas pelo pluviógrafo denominado Vila Maria no período de 2008, e os dados das bacias Menino Deus II e IV pelo pluviógrafo Maciel no período de 2011 a 2012. Utilizou-se também os dados da estação Santa Maria (OMM:83936) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para comparação dos dados dos pluviógrafos da pesquisa com a média histórica mensal da cidade de Santa Maria.

A figura 21 ilustra a precipitação total registrada no pluviógrafo da bacia Menino Deus II e Menino Deus IV, durante o período de novembro de 2011 a junho de 2012 e a média histórica mensal no período de 2002 a 2012 do INMET. O regime de distribuição das chuvas, nas bacias MDII e MDIV no período estudado (2011-2012) foi relativamente uniforme, com desvio de precipitação no mês de fevereiro (406 mm) registrado no pluviógrafo do Maciel, acima da média histórica para o período, e o mês de maio também ficou acima da média histórica.

A precipitação total mensal registrada no pluviógrafo da bacia Rancho do Amaral e no pluviógrafo da bacia Alto da Colina, no ano de 2008, encontra-se ilustrada na figura 22. A precipitação máxima na bacia Alto da Colina ocorreu no mês de julho e a precipitação máxima na bacia Rancho do Amaral ocorreu no mês de junho, valores estes acima da média histórica de 2002 a 2008.

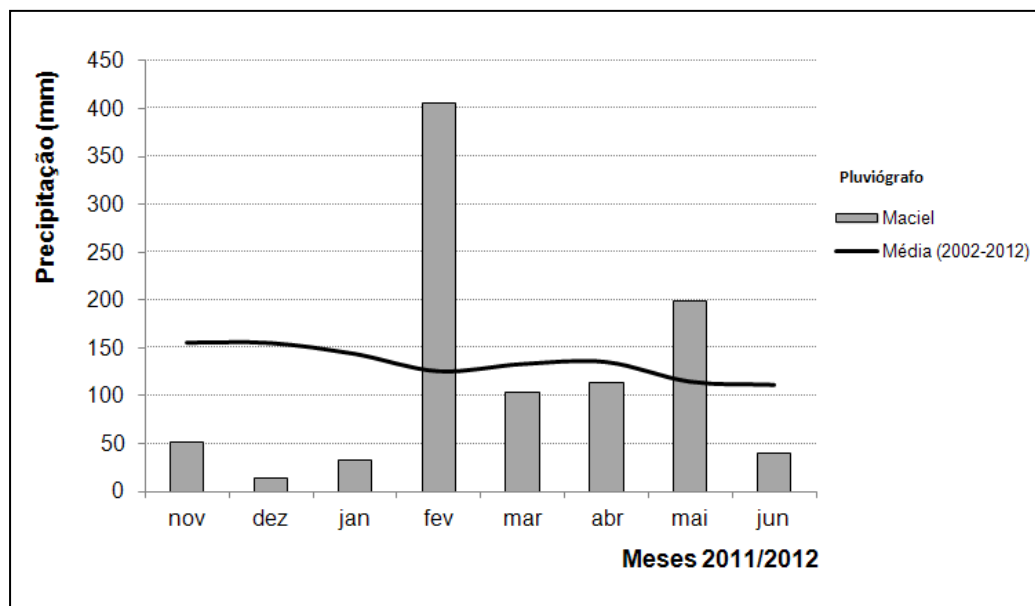


Figura 21 - Precipitação na bacia hidrográfica Menino Deus IV durante o período de novembro de 2011 a junho de 2012 e média histórica (2002-2012).



Figura 22 - Precipitação na bacia Rancho do Amaral e Alto da Colina, durante o período de abril a setembro de 2008 e média histórica (2002-2008).

4.2 Qualidade da água na bacia hidrográfica Rancho do Amaral

4.2.1 Análise das características de tempo seco

A bacia Rancho do Amaral, com predomínio de 47,6% mata nativa, possui baixo grau de degradação ambiental, nesta bacia foram analisadas dez amostras em período de tempo seco. Os parâmetros de qualidade da água analisados em tempo seco que são as coletas realizadas antes e depois do evento de precipitação, quando possível, encontram-se no Apêndice A (Tabela A.1) e evidenciam a preservação da área, com parâmetros dentro dos limites estabelecidos pela classe II da resolução CONAMA 357/2005. Foram realizadas dez coletas, no período de maio a setembro de 2008.

Os dados da análise estatística de desvio padrão (σ), coeficiente de variação (CV), média (μ), máximo e mínimo dos parâmetros de qualidade da água analisados em dez amostras de tempo seco estão inseridos na tabela 10.

Tabela 10 - Desvio Padrão (σ), coeficiente de variação (CV), média (μ), máximo e mínimo dos parâmetros de qualidade da água analisados em dez amostras de tempo seco na bacia Rancho do Amaral.

Parâmetros	DP (σ)	CV(%)	Média (μ)	Máximo	Mínimo
T (°C)	3	21	16	20	11
OD (% C.saturação)	7,5	15	48,9	59,5	34,8
pH	0,4	5	7,1	7,6	6,3
Cond. (uS/cm)	18,4	33	55,08	104,6	38,8
Turb. (NTU)	9,8	100	9,8	32,5	0,22
CT (NMP/100mL)	1,0E+04	331	3,1E+03	3,4E+04	892,5
<i>E.coli.</i> (NMP/100mL)	1,0E+03	226	4,5E+02	3,4E+02	86,5
DBO ₅ (mg/L)	0,9	87	1,06	3,4	0,2
ST (mg/L)	25,6	48	53,6	103,5	18,5
SS (mg/L)	2,8	68	4,2	9,8	0,9
SD (mg/L)	24,6	50	49,5	98,9	15,9
Amônia (mg/L)	0,24	56	0,43	0,75	0,08
Nitrato (mg/L)	0,18	33	0,53	0,86	0,38
Nitrito (mg/L)	0,33	81	0,41	0,92	0,17

Fosfato (mg/L)	0,23	62	0,38	0,71	0,18
-----------------------	------	----	------	------	------

A representação gráfica do coeficiente de variação está ilustrada na figura 23. A variabilidade dos dados, tirando a ordem de influencia das grandezas, é expressa pelo coeficiente de variabilidade. Dos parâmetros analisados os coliformes totais apresentaram maior variabilidade 331%, seguidos de *E.coli* 226%, esta variação deve-se em função do horário das coletas e dos despejos domésticos no rio, quando as coletas foram realizadas no início da manhã entre às 10:00h e 11:00h os valores, de coliformes foram elevados em relação as coletas realizadas durante o período da tarde.

O pH obteve coeficiente de variação baixo, devido a manter-se em 7 UNT em praticamente todas as análises, com exceção do dia, 12/09/2008 que o pH foi de 8 UNT e do dia 14/04/2008 de 6 UNT.

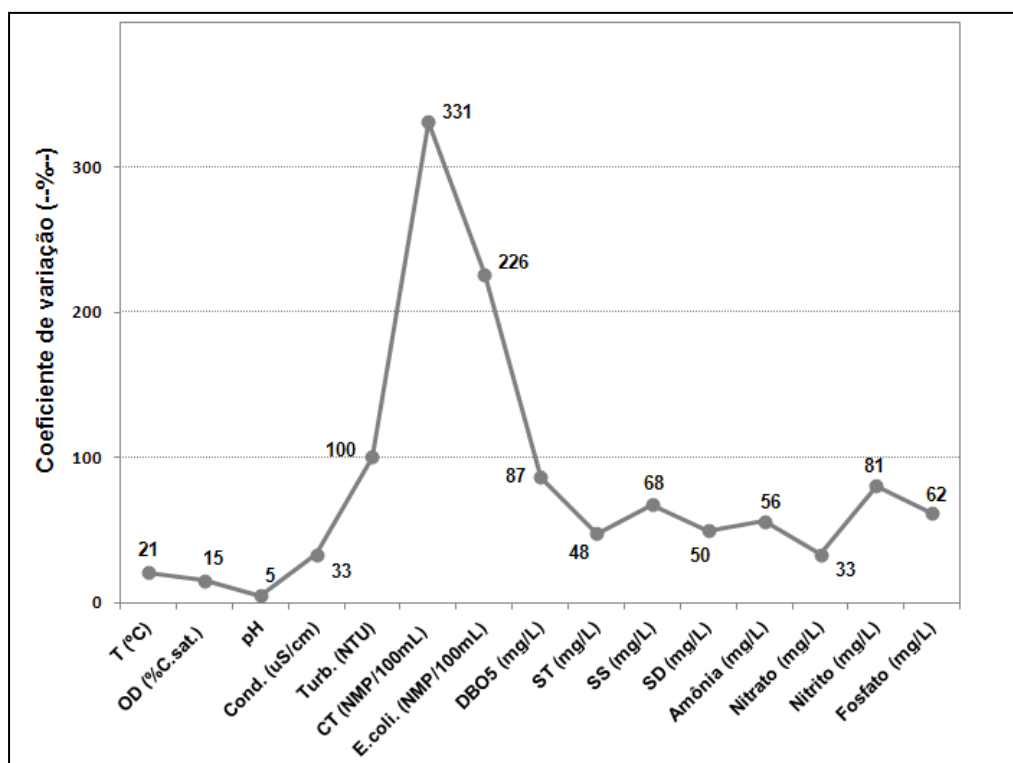


Figura 23 - Coeficiente de variação (---%) em tempo seco para os parâmetros de qualidade da água na bacia Rancho do Amaral.

A tabela 11 apresenta os coeficientes de correlação de Pearson (r) para os parâmetros de qualidade em tempo seco. A correlação de amônia e pH foi de $r=0,86$ significativamente positiva, observando a série (Apêndice A - Tabela A.1), observa-se que na medida que aumenta o pH, aumenta a quantidade de amônia, potencialmente mais tóxica do que o íon amônio (NH_4^+).

Escherichia coli e coliformes totais tiveram correlação positiva ($r=0,87$). Uma das principais causas da turbidez é a matéria sólida em dispersão, como também materiais orgânicos e inorgânicos, a correlação forte foi encontrada entre sólidos suspensos e turbidez de 0,89 na bacia Rancho do Amaral. Nitrito correlacionou-se com nitrato ($r=0,85$) e fosfato correlacionou-se com nitrato ($r=0,84$) e nitrito ($r=0,95$).

Tabela 11 - Correlação de Pearson (r) dos parâmetros de qualidade da água em tempo seco em dez amostras na bacia Rancho do Amaral.

Correlação	T (°C)	OD (%)	pH	Cond. (uS/cm)	Turb. (NTU)	CT (NMP/100mL)	<i>E.coli.</i> (NMP/100mL)	DBO ₅ (mg/L)	ST (mg/L)	SS (mg/L)	SD (mg/L)	Amônia (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Fosfato (mg/L)
T (°C)	1,00														
OD(% C.saturação)	-0,95	1,00													
pH	0,21	-0,33	1,00												
Cond. (uS/cm)	0,08	-0,04	-0,07	1,00											
Turb. (NTU)	0,28	-0,48	0,40	0,03	1,00										
CT (NMP/100mL)	0,36	0,19	-0,75	-0,11	-0,12	1,00									
<i>E.coli.</i> (NMP/100mL)	0,17	0,06	-0,42	-0,15	0,08	0,87	1,00								
DBO ₅ (mg/L)	0,03	0,02	0,23	-0,18	0,21	0,25	0,63	1,00							
ST (mg/L)	-0,01	-0,38	-0,02	-0,12	0,48	0,18	0,14	-0,06	1,00						
SS (mg/L)	0,02	-0,18	0,35	-0,15	0,89	0,07	0,34	0,51	0,40	1,00					
SD (mg/L)	-0,01	-0,37	-0,06	-0,11	0,40	0,18	0,10	-0,13	0,99	0,30	1,00				
Amônia (mg/L)	0,34	-0,31	0,86	-0,04	0,08	-0,20	0,13	0,08	0,24	0,09	0,24	1,00			
Nitrato (mg/L)	0,68	-0,51	-0,51	-0,29	-0,31	-0,19	-0,47	-0,42	-0,44	-0,52	-0,39	-0,37	1,00		
Nitrito (mg/L)	0,32	-0,33	-0,47	-0,40	-0,69	-0,50	-0,49	-0,33	-0,46	-0,73	-0,38	-0,43	0,85	1,00	
Fosfato (mg/L)	-0,97	0,54	-0,64	-0,26	-0,79	-0,08	0,00	0,16	-0,38	-0,36	-0,35	-0,94	0,84	0,95	1,00

4.2.2 Análise das características de eventos de precipitação - vazão.

Os dados de vazão máxima, mínima e média (m^3/s), precipitação (mm), intensidade da precipitação, calculada de milímetro por minuto, durante os eventos, volume escoado (m^3) e período de tempo seco antecedente (dia) dos sete eventos da bacia Rancho do Amaral estão na tabela 12.

A intensidade média da precipitação, para todos os eventos, em todas as bacias foram calculadas de milímetro a cada minuto de precipitação.

De acordo com a análise a vazão máxima ocorreu no evento do dia 28/05/2008 de maior precipitação e período de tempo seco antecedente menor.

Tabela 12 - Vazões máximas, mínimas e médias (m^3/s), precipitação (mm/min), volume escoado (m^3) e período tempo seco antecedente (dia) dos sete eventos na bacia Rancho do Amaral.

Data do Evento	$Q_{m\acute{a}x}$ (m^3/s)	$Q_{m\acute{i}n}$ (m^3/s)	$Q_{m\acute{e}d}$ (m^3/s)	P (mm)	$I_{m\acute{a}x}$ (mm/min)	$V_{escoado}$ (m^3)	PTSA* (dia)
13/04/2008	0,234	0,015	0,040	41,8	1,0	1,8E+04	11
28/04/2008	0,170	0,016	0,022	67,9	1,6	2,2E+04	15
28/05/2008	2,428	0,021	0,116	123,6	1,0	1,7E+05	3
09/06/2008	0,842	0,069	0,163	68,6	2,4	5,4E+04	10
26/06/2008	0,842	0,045	0,112	80,4	3,4	5,1E+04	17
05/09/2008	1,118	0,060	0,131	73,6	0,8	2,6E+04	7
11/09/2008	2,108	0,167	0,474	65,6	1,2	2,0E+05	5

PTSA* = Período de tempo seco antecedente

Os hidrogramas analisados, que representam a variação de precipitação (mm) e vazão (m^3/s) dos eventos, estão ilustrados no Apêndice A (Figuras 1 a 7). Nos hidrogramas foram inseridos os pontos de coleta.

O polutograma representa a variação da vazão com a concentração dos parâmetros de qualidade, de cada evento chuvoso, com isso pode-se verificar a variação dos poluentes no decorrer dos eventos monitorados, inseridos no Apêndice A (Figuras 8 a 14).

Um fato relevante detectado, embora já conhecido e verificado em outros estudos (BRITES; GASTALDINI, 2007, LUO et al., 2009), é que o pico do polutograma, em alguns parâmetros, ocorre adiantado em relação ao pico do hidrograma do escoamento superficial (Figura 24). Esta constatação pode ser evidenciada para os parâmetros coliformes totais, *Escherichia coli*, nitrato e fosfato, mostrando a ocorrência da carga de lavagem. A carga de lavagem pode ser entendida como a remoção inicial de todo material acumulado no período entre as chuvas, produzindo um pico na concentração de poluentes no início do escoamento superficial.

A bacia Rancho do Amaral por possuir pequenas áreas agrícolas de agricultura familiar, mesmo nos eventos de precipitação teve uma variação de poluentes, sendo que os poluentes dispostos na bacia foram carregados durante as chuvas.

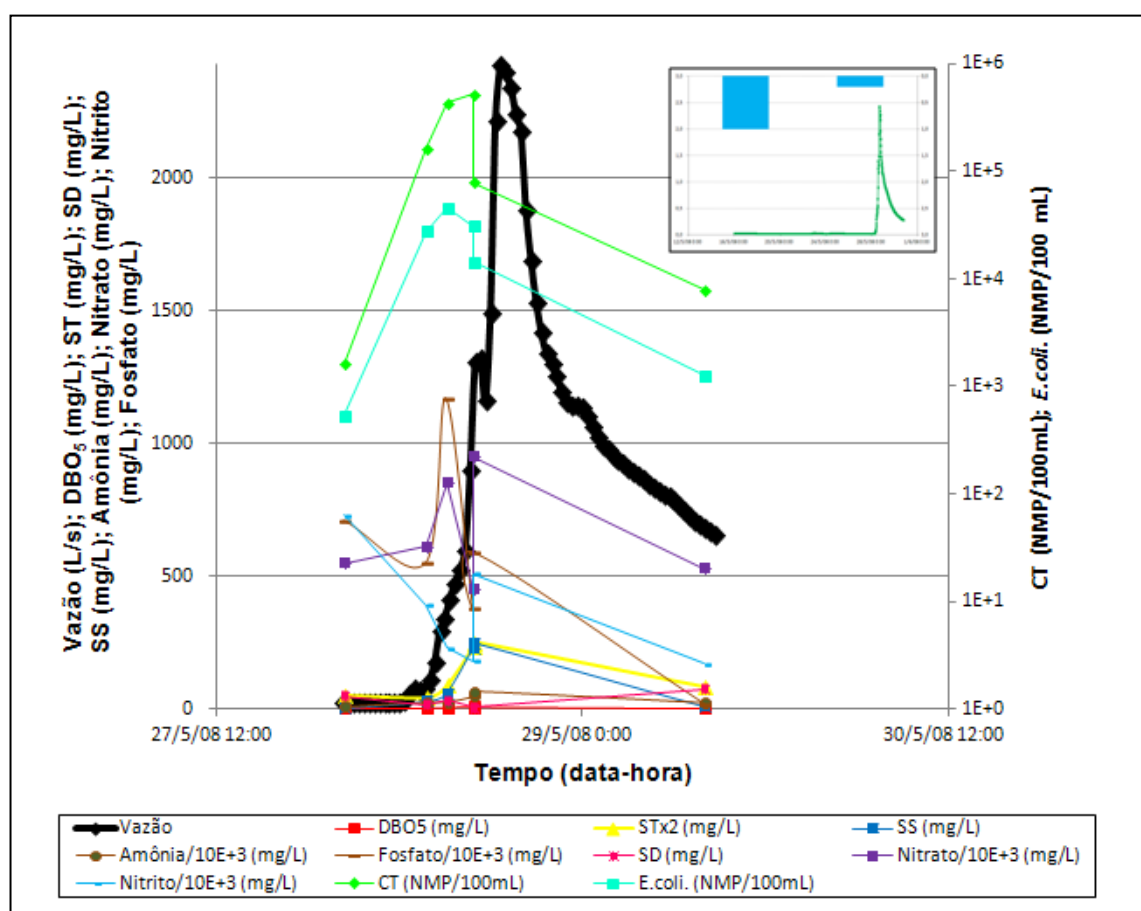


Figura 24 - Variação temporal da vazão e dos parâmetros de qualidade da água analisados (polutograma) no evento do dia 29/05/2012 na bacia Rancho do Amaral.

As concentrações médias dos poluentes nos sete eventos analisados estão inseridas na tabela 13, como também a análise estatística de média, mediana, máximo e mínimo. Para o cálculo das concentrações foram coletados pontos iniciais (tempo seco) e finais de coleta no dia mais próximo ao evento (ilustrados nos hidrogramas do Apêndice A). Segundo Metádier e Bertrand-Krajewski (2012) o início e o fim do evento se baseiam em comparação com o tempo seco.

Na bacia a concentração máxima de DBO₅ foi de 22 mg/L, a vazão máxima foi de 2,108 m³/s e a intensidade de precipitação foi de 1,2 mm/min. Por apresentar grande quantidade de mata nativa, a quantidade elevada de DBO₅ deve-se a fonte difusa de agricultura na cabeceira da bacia. Yoon et al. (2010) avaliaram uma área de floresta mista na Coréia do Sul, em 12 eventos de precipitação e obtiveram uma concentração máxima de DBO₅ de 2,3 mg/L, com intensidade da precipitação de 0,04 mm/min.

A mediana é a medida de uma tendência central dos valores da amostra, essa medida em relação a concentração média dos eventos para sólidos totais foi de 231 mg/L indicando uma tendência da amostra para este valor, em relação aos sólidos suspensos a mediana foi de 93,62 mg/L e de dissolvidos 70,35 mg/L, para esses parâmetros a mediana representa melhor a tendência das amostras visto que o evento do dia 11/09/2008 superou os demais.

Tabela 13 - Concentração média dos eventos, CME, para os parâmetros de qualidade da água e vazão máxima para os sete eventos analisados na bacia hidrográfica Rancho do Amaral e análise estatística de média, mediana e desvio padrão das concentrações.

Evento	DBO ₅ (mg/L)	CT (NMP/100mL)	<i>E.coli.</i> (NMP/100mL)	ST (mg/L)	SS (mg/L)	SD (mg/L)	Q _{máx} (m ³ /s)
13/4/2008	4	1,1E+05	1,5E+04	332,52	259,69	70,4	0,234
28/4/2008	10	4,9E+05	4,4E+04	1001,98	365,13	636,9	0,170
28/5/2008	4	1,5E+05	2,3E+04	105,98	78,89	27,1	2,428
09/6/2008	4	9,5E+03	3,7E+01	231,11	59,37	171,7	0,842
26/6/2008	2	1,3E+04	1,7E+03	84,08	38,22	33,8	0,842
05/9/2008	3	7,3E+04	2,7E+04	186,17	93,62	58,6	1,118
11/9/2008	22	3,8E+05	1,1E+05	2302,31	2157,06	145,2	2,108
MÉDIA	7	8,3E+05	8,3E+03	606,31	436,00	163,39	1,106
MEDIANA	4	1,0E+05	2,3E+04	231,11	93,62	70,35	0,842
D.PADRÃO	7	1,8E+05	3,7E+04	811,20	768,44	215,86	0,870

. A bacia Rancho do Amaral no evento do dia 11/09/2008 obteve a concentração de sólidos suspensos de 2157 mg/L, valor 71 vezes maior comparado a floresta mista de Yoon et al. (2010). Yoon et al. (2010) avaliaram a concentração média de sólidos suspensos de 30 mg/L, com precipitação de 40 mm, intensidade máxima de 0,07 mm/min e período seco antecedente de 9 dias, com as condições hidrológicas aproximadas da Rancho do Amaral.

As concentrações médias de nutrientes na bacia encontram-se na tabela 14. A média de nitrato de 0,82 mg/L foi menor que o encontrado por Ghafouri e Swain (2005) em área rural com concentração de 2,05 mg/L, e maior em relação ao máximo (0,23 mg/L) na floresta mista de Yoon et al. (2010). Isto se deve as diferenças da cobertura do solo, que áreas com florestas o solo devido as raízes, possuem uma maior porosidade fazendo com que os elementos químicos juntamente com a água infiltre no solo diminuindo a concentração de poluentes no escoamento superficial.

Em relação a média de amônia (CME= 1,1 mg/L) o mesmo foi encontrado por Zhang et al. (2012) em área florestada na China (CME= 1,1 mg/L). O nutriente fosfato teve a concentração média de 0,35 mg/L, Zhang et al. (2012) encontraram para o fósforo total o valor de 0,17 mg/L, menor que o encontrado na bacia em estudo.

Tabela 14 - Concentração média dos eventos, CME, para nutrientes, na bacia hidrográfica Rancho do Amaral.

Evento	Amônia (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Q _{máx} (m ³ /s)
13/4/2008	-	-	-	-	0,234
28/4/2008	-	-	-	-	0,170
28/5/2008	2,70	0,65	0,40	0,33	2,428
09/6/2008	0,30	0,44	0,45	0,15	0,842
26/6/2008	0,20	0,61	0,01	0,12	0,842
05/9/2008	1,10	0,95	0,44	0,06	1,118
11/9/2008	1,00	1,45	0,25	1,09	2,108
MÉDIA	1,07	0,82	0,31	0,35	1,106
MEDIANA	0,98	0,65	0,40	0,15	0,842
D.PADRÃO	0,99	0,40	0,19	0,43	0,870

4.2.3 Análise do escoamento superficial

Com os parâmetros de CME e dados hidrológicos de vazões médias, máximas e mínimas (m^3/s), volume escoado (m^3) e período de tempo seco antecedente (dias), dos sete eventos analisados, pode-se correlacionar os dados com análise de correlação de Pearson (r). A tabela 15 detalha os valores estatísticos na matriz de correlação.

Observa-se que o período seco antecedente não teve relação significativa com parâmetros de concentração média dos poluentes, resultado também encontrado por Yoon et al. (2010) quando analisaram 12 eventos na Coréia em bacia de floresta mista, no período de 2008 a 2009..

O volume escoado teve correlação significativa com a precipitação ($r=0,92$). E as vazões médias tiveram correlação com as vazões mínimas ($r=0,98$).

Em relação aos nutrientes a amônia teve forte correlação com as vazões máximas ($r=0,85$) e com a precipitação ($r=0,85$), essas correlações podem ser explicadas, devido a dejetos suínos na cabeceira da bacia e transportados durante eventos de precipitação, mas os valores das concentrações estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação pertinente.

Nitrato teve correlação significativa com os parâmetros fluviográficos vazões mínimas ($r=0,83$) e vazões médias ($r=0,85$), com a DBO_5 ($r=0,88$), coliformes totais ($r=0,89$), *Escherichia coli* ($r=0,96$), sólidos totais ($r=0,88$) e sólidos suspensos ($r=0,89$)

O fosfato teve correlação com a vazão mínima ($r=0,86$), vazão média ($r=0,96$), com DBO_5 ($r=0,98$), coliformes totais ($r=0,96$), *E.coli* ($r=0,95$), sólidos totais ($r=0,96$), sólidos suspensos ($r=0,97$) e nitrato ($r=0,82$). Segundo Yu et al. (2011) em estudos com área agrícola essas correlações deve-se ao uso de fertilizantes em áreas agrícolas, a bacia Rancho do Amaral possui pequenas culturas de milho e mandioca de agricultura familiar que alguns parâmetros correlacionaram-se com as vazões mínimas. Possui também áreas com solo exposto que pode carrear uma maior quantidade de elementos químicos durante os eventos de precipitação e alterar a qualidade do curso natural do rio.

Escherichia coli também teve correlação forte com sólidos totais ($r=0,96$) e sólidos suspensos ($r=0,95$).

No entanto, áreas agrícolas e de uso da terra nua também tem alguns efeitos de elevar a concentração de amônia e fósforo em eventos com intensidade da precipitação elevada (GUSMÁN, 2012). Yoon et al.(2010) em estudo com 12 eventos de 2008-2009 encontraram correlação significativamente positiva das concentrações médias de sólidos suspensos ($r=0,65$), nitrogênio total ($r=0,65$), nitrato ($0,58$) com precipitação; e amônia ($r=0,66$) e fósforo total ($r=0,80$) com a intensidade de precipitação em floresta mista na Coréia.

Tabela 15 - Correlação entre a concentração média dos sete eventos analisados, e as análises fluviográficas e pluviográficas da bacia Rancho do Amaral.

Correlação	Q máx m ³ /s	Q mín m ³ /s	Q méd m ³ /s	P mm	Vol. Esc m ³	PTSA dias	DBO ₅ mg/L	CT NMP/100 mL	<i>E.coli</i> NMP/100 mL	ST mg/L	SS mg/L	SD mg/L	Amônia mg/L	Nitrato mg/L	Nitrito mg/L	Fosfato mg/L
Q máx (m ³ /s)	1,00															
Q mín (m ³ /s)	0,49	1,00														
Q méd (m ³ /s)	0,64	0,98	1,00													
P (mm)	0,70	-0,16	-0,02	1,00												
Vol. Esc (m ³)	0,64	-0,30	-0,13	0,92	1,00											
PTSA (dias)	-0,81	-0,39	-0,50	-0,42	-0,47	1,00										
DBO ₅ (mg/L)	-0,43	-0,31	-0,29	-0,60	-0,29	0,10	1,00									
CT (NMP/100 mL)	0,03	0,21	0,23	-0,09	-0,22	-0,03	-0,13	1,00								
<i>E.coli</i> (NMP/100 mL)	0,44	0,75	0,78	-0,11	-0,26	-0,42	-0,15	0,75	1,00							
ST (mg/L)	0,27	0,77	0,77	-0,28	-0,40	-0,23	-0,10	0,76	0,96	1,00						
SS (mg/L)	0,42	0,86	0,88	-0,23	-0,32	-0,36	-0,06	0,59	0,95	0,96	1,00					
SD (mg/L)	-0,47	-0,16	-0,23	-0,23	-0,33	0,41	-0,18	0,76	0,23	0,34	0,08	1,00				
Amônia (mg/L)	0,85	-0,29	-0,09	0,85	0,79	-0,79	0,03	0,35	0,17	-0,05	-0,02	-0,45	1,00			
Nitrato (mg/L)	0,47	0,83	0,85	-0,35	-0,46	-0,44	0,88	0,89	0,96	0,88	0,89	0,21	0,10	1,00		
Nitrito (mg/L)	0,18	-0,10	-0,10	0,13	0,22	-0,69	-0,08	-0,02	-0,04	-0,14	-0,16	0,31	0,41	-0,09	1,00	
Fosfato (mg/L)	0,65	0,86	0,96	-0,19	-0,18	-0,46	0,98	0,96	0,95	0,96	0,97	0,42	0,15	0,82	-0,14	1,00

4.2.4 Carga difusa do escoamento superficial

A tabela 16 contém os dados de massa poluente transportada em cada evento monitorado. Os eventos tiveram grande variabilidade de massas transportadas. O evento do dia 28/05/2008, teve a maior massa transportada de DBO₅, coliformes totais e *Escherichia coli* como também, a maior vazão e precipitação. Em relação aos sólidos houve bastante variação da quantidade nos eventos.

Tabela 16 - Massa poluente acumulada, transportada durante os eventos analisados na bacia hidrográfica Rancho Amaral, vazão máxima e precipitação de cada evento.

Evento	DBO ₅ (g)	CT (NMP)	<i>E.coli.</i> (NMP)	ST (g)	SS (g)	SD (g)	Q _{máx} (m ³ /s)	P (mm)
13/4/2008	7,9E+04	1,9E+09	2,7E+08	6,0E+06	4,7E+06	1,3E+06	0,234	41,8
28/4/2008	2,2E+05	1,1E+10	9,8E+08	2,2E+07	8,2E+06	1,4E+07	0,170	67,9
28/5/2008	6,8E+05	2,6E+10	3,9E+09	1,8E+07	1,3E+07	4,6E+06	2,428	123,6
09/6/2008	2,1E+05	5,2E+08	2,E+06	1,3E+07	3,2E+06	9,3E+06	0,842	68,6
26/6/2008	8,6E+04	6,6E+08	8,5E+07	4,3E+06	1,9E+06	1,7E+06	0,842	80,4
05/9/2008	8,5E+04	1,9E+09	7,1E+08	4,8E+06	3,3E+06	1,5E+06	1,118	73,6
11/9/2008	4,4E+05	7,6E+09	2,2E+09	4,6E+07	4,3E+07	2,9E+06	2,108	65,6
MÉDIA	2,6E+05	3,1E+09	3,1E+08	1,6E+07	1,1E+07	5,1E+06	0,234	41,8
MEDIANA	2,13E+05	1,92E+09	7,09E+08	1,26E+07	4,72E+06	2,92E+06	0,842	68,6
D.PADRÃO	2,26E+05	9,27E+09	1,45E+09	1,49E+07	1,47E+07	4,93E+06	0,87	24,7

As massas transportadas de nutrientes (Tabela 17) tiveram bastante variação entre os eventos, a média de amônia foi de 2,8E+04 g, de nitrato, nitrito e fosfato 4,4E+04, 2,2E+04 e 2,3E+04 respectivamente.

Na avaliação da carga difusa da bacia em função da área, a massa total de poluentes dividiu-se pela área e pelo período de monitoramento (equação 11) dos eventos, resultando na carga difusa transportada na drenagem pluvial.

Tabela 17 - Massa poluente acumulada, transportada durante os eventos analisados na bacia hidrográfica Rancho do Amaral.

Evento	Amônia (g)	Nitrato (g)	Nitrito (g)	Fosfato (g)
13/4/2008	-	-	-	-
28/4/2008	-	-	-	-
29/5/2008	6,3E+04	1,1E+05	6,8E+04	5,6E+04
09/6/2008	1,8E+04	2,4E+04	2,5E+04	3,8E+04
26/6/2008	1,1E+04	3,1E+04	7,0E+02	6,1E+03
05/9/2008	2,9E+04	2,5E+04	1,1E+04	1,6E+03
11/9/2008	2,0E+04	2,9E+04	5,0E+03	2,2E+04
MÉDIA	2,8E+04	4,4E+04	2,2E+04	2,3E+04
MEDIANA	2,0E+04	2,9E+04	1,2E+04	2,2E+04
D.PADRÃO	2,1E+04	3,7E+04	2,7E+04	2,2E+04

A carga difusa em função do número de habitantes calculou-se dividindo a massa poluente pelo número de habitantes e período de monitoramento conforme equação 12 citada anteriormente. Considerou-se a área da bacia de 4,05 km² e período monitorado de 158 dias, o número de habitantes foi estimado pelo número de residências, considerando 5 habitantes por moradia, totalizando 190 habitantes na bacia Rancho do Amaral. A tabela 18 expressa os valores para a carga difusa determinada na bacia de estudo em função da área e em função do número de habitantes.

A carga difusa de DBO₅ analisada de 9 kg/ha/ano é menor que a encontrada por Yoon et al. (2010) em floresta mista de 66,9 kg/ha/ano, e menor do que a avaliada por Brites e Gastaldini (2007b) na bacia Alto da Colina II em Santa Maria de características rurais de 24,6 kg/ha/ano, demonstrando a interferência do uso e ocupação do solo nas bacias.

A carga difusa de nitrato 26,9 kg/ha/ano de Yoon et al. (2010) é maior em relação a bacia Rancho do Amaral (1,13 kg/ha/ano) em virtude das diferenças do uso do solo das bacias.

Tabela 18 - Carga difusa total transportada pelo escoamento superficial na bacia hidrográfica Rancho do Amaral.

Parâmetros	Função da área da bacia (kg/ha/ano)	Função número de habitantes (kg/hab/ano)
DBO ₅	9	22
Coliformes Totais	2,5E+05*	6,0E+05**
<i>Escherichia coli</i>	4,2E+04*	1,0E+05**
ST	589	1390
SS	402	952
SD	183	434
Amônia	0,73	1,73
Nitrato	1,13	2,67
Nitrito	0,57	1,34
Fosfato	0,60	1,43

*organismos/ha/ano

**organismos/hab/ano

A figura 25 ilustra a carga difusa em Kg/ha/ano dos parâmetros de qualidade analisados na bacia Rancho do Amaral no período de maio a setembro de 2008.

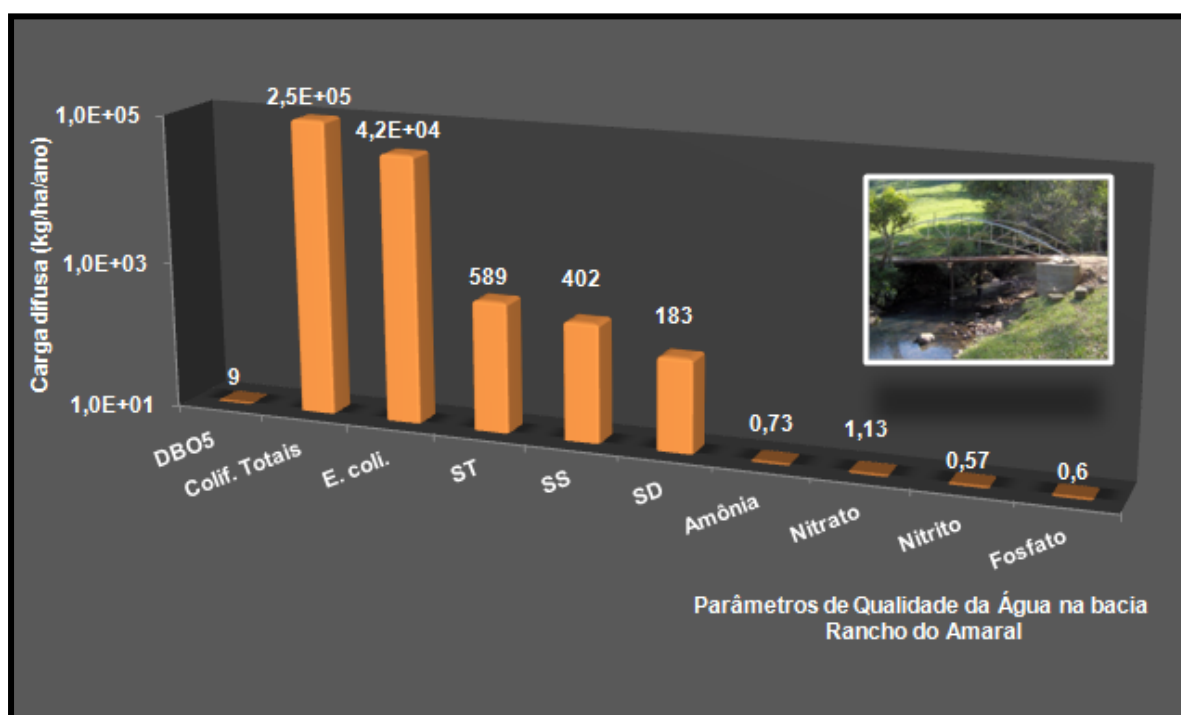


Figura 25. Carga difusa (kg/ha/ano) dos parâmetros de qualidade da água da bacia Rancho do Amaral.

4.3 Qualidade da água na bacia hidrográfica Menino Deus IV

A bacia Menino Deus IV apresenta contribuição de esgoto doméstico lançado indevidamente, resíduos sólidos ao longo do curso d'água e contribuição da agricultura comprometendo a qualidade do rio. Observou-se em algumas coletas de tempo seco, odor forte e espuma sobrenadante característica da poluição do recurso hídrico.

Das bacias analisadas, a bacia Menino Deus IV apresenta maior área total (km²), e maior porcentagem de área de campo.

4.3.1 Análise das características de tempo seco

Os parâmetros de qualidade da água analisados em tempo seco estão no Apêndice B (Tabela B.1). Na tabela 19 são apresentadas a análise estatística de 34 amostras de período seco coletados no período de novembro de 2011 a maio de 2012. Análise estatística de desvio padrão (σ), coeficiente de variação, (%), média (μ), máximo e mínimo dos parâmetros de qualidade da água analisados na bacia Menino Deus IV.

As concentrações médias em tempo seco de DBO₅ e Sólidos Totais foram de 22,5 mg/L e 200,2 mg/L, respectivamente, valores próximos foram encontrados por Luo et al. (2009) em análise do escoamento urbano, no entanto, a bacia possui 0,31% de área impermeável, essa contribuição elevada provém de lançamento de esgoto *in natura*.

Tabela 19 - Parâmetros de qualidade da água analisados na bacia Menino Deus IV em 34 amostras de tempo seco.

Parâmetros	DP (σ)	CV(--%--)	Média (μ)	Máximo	Mínimo
T (°C)	3,5	17	21,0	27,0	14,9
OD (% C.saturação)	0,8	3	26,9	26,2	1,4
pH	0,5	8	7,2	7,9	4,6
Cond. (uS/cm)	26,2	19	136,0	133,4	54,9
Turb. (NTU)	44,4	162	27,4	256,0	1,7
CT (NMP/100mL)	3,1 E+05	1334	2,4E+04	2,7E+04	50,0
<i>E.coli.</i> (NMP/100mL)	1,1 E+05	1834	6,2E+03	4,1E+05	40,0
DBO ₅ (mg/L)	16,5	74	22,5	19,7	0,5
ST (mg/L)	184,7	92	200,2	1066,0	72,5
SS (mg/L)	116,9	236	49,6	11,5	1,5
SD (mg/L)	89,0	59	150,6	471,5	61,3
Nitrato (mg/L)	0,03	36	0,09	0,07	0,06
Nitrito (mg/L)	0,59	78	0,75	1,86	0,06
Fosfato (mg/L)	0,05	40	0,12	0,10	0,07
Cobre (μ g/L)	2,00	51	3,9	9,4	3
Níquel (μ g/L)	0	0	12	12	12
Chumbo (μ g/L)	0	0	30	30	30
Zinco (μ g/L)	4,8	44	11	12,1	2

Em relação aos nutrientes nitrato e fosfato em tempo seco, apresentaram a mesma média de Yoon et al. (2010) em estudo com áreas de florestas sem evento de precipitação. Segundo a Resolução CONAMA n°357/05 os parâmetros em tempo seco se enquadram dentro dos parâmetros estabelecidos para Classe II, com exceção de coliformes totais e *Escherichia coli*.

A figura 26 ilustra o coeficiente de variação (--%--) para os parâmetros analisados em tempo seco na bacia Menino Deus IV. Os parâmetros coliformes totais e *Escherichia coli*, possuem maior coeficiente de variação. Isto pode ser explicado pela variabilidade temporal das coletas em tempo seco, relacionadas ao período manhã/tarde e ciclos de entrada de poluentes (esgoto doméstico, por exemplo). O menor coeficiente de variação foi do pH, que se manteve neutro na maioria das coletas com um dia de acidez fraca (pH=5) e um dia de coleta com básico fraco (pH=8).

Em relação à correlação dos parâmetros em tempo seco, para as 34 amostras coletadas, descritos na tabela 20, poucas concentrações tiveram

correlação significativa forte, que segundo Crespo (2005), para ter uma correlação forte o coeficiente deve estar entre 0,6 a 1,0. A turbidez correlacionou-se com os sólidos em suspensão ($r=0,86$). Os sólidos totais correlacionaram-se com sólidos suspensos ($r=0,92$) e dissolvidos ($r=0,86$).

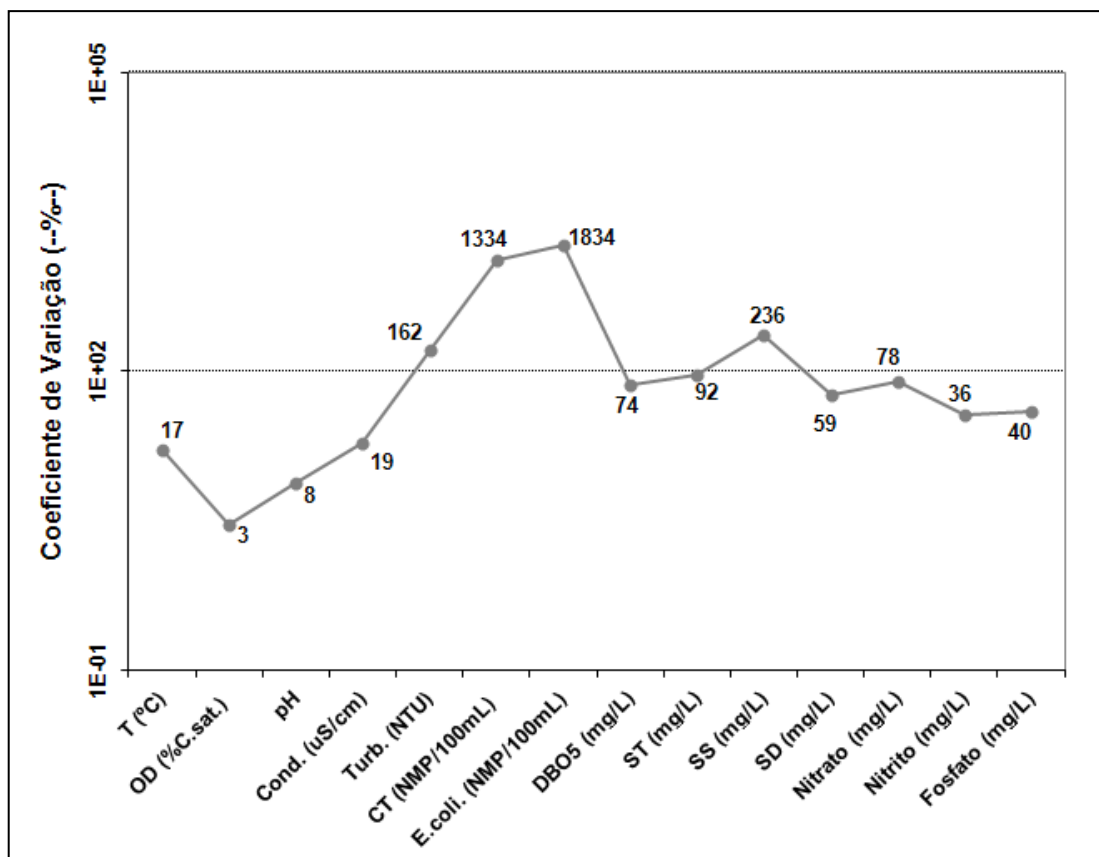


Figura 26 - Coeficiente de variação (---%---) em tempo seco para os parâmetros de qualidade da água na bacia Menino Deus IV.

Outra correlação também alta foi de Coliformes totais com *E.coli.* ($r=0,88$), esta correlação também foi encontrada na bacia Rancho do Amaral com coeficiente de Pearson (r) de 0,87. Na bacia Menino Deus IV os metais não foram correlacionados em tempo seco devido a períodos não analisados. As análises em tempo seco para metais somente eram realizadas se houvesse previsão de precipitação, devido a isso a correlação não teve uma amostra significativa.

Tabela 20 - Coeficiente de correlação de Pearson (r) para os parâmetros de qualidade da água em tempo seco na bacia Menino Deus IV, analisando 34 amostras coletadas.

Correlação	T (°C)	OD (%)	pH	Cond. (uS/cm)	Turb. (NTU)	CT (NMP/100mL)	<i>E.coli.</i> (NMP/100mL)	DBO ₅ (mg/L)	ST (mg/L)	SS (mg/L)	SD (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fosfato (mg/L)
T (°C)	1,00													
OD (% C.saturação)	-0,69	1,00												
pH	0,19	0,00	1,00											
Cond. (uS/cm)	0,20	-0,09	0,20	1,00										
Turb. (NTU)	0,16	-0,07	-0,29	-0,52	1,00									
CT (NMP/100mL)	-0,44	0,25	-0,13	-0,25	0,22	1,00								
<i>E.coli.</i> (NMP/100mL)	-0,40	0,36	-0,12	-0,20	0,17	0,88	1,00							
DBO ₅ (mg/L)	-0,65	0,44	-0,20	-0,40	0,09	0,47	0,36	1,00						
ST (mg/L)	-0,26	0,21	-0,24	-0,45	0,69	0,41	0,36	0,48	1,00					
SS (mg/L)	-0,06	0,07	-0,23	-0,48	0,86	0,37	0,32	0,36	0,92	1,00				
SD (mg/L)	-0,46	0,34	-0,19	-0,30	0,31	0,37	0,33	0,52	0,86	0,60	1,00			
Nitrito (mg/L)	0,06	0,17	-0,37	0,19	0,08	-0,07	0,12	-0,02	0,41	0,26	0,42	1,00		
Nitrato (mg/L)	-0,18	0,48	-0,32	-0,35	0,20	0,15	0,15	0,48	0,12	0,15	0,04	-0,58	1,00	
Fosfato (mg/L)	-0,51	0,23	0,40	-0,32	0,02	0,08	0,05	0,52	0,27	0,15	0,39	-0,47	0,52	1,00

4.3.2 Análise das características de eventos de precipitação

Na bacia Menino Deus IV, foram analisados nove eventos de precipitação no período de novembro de 2011 a junho de 2012.

Os dados de vazão máxima, mínima e média (m^3/s), precipitação (mm), intensidade média da precipitação (mm/min), volume escoado (m^3) e período de tempo seco antecedente (dias) dos eventos analisados na bacia Menino Deus IV estão representados na tabela 21. A máxima precipitação ocorreu no evento do dia 29/05/2012 de máxima vazão e volume escoado.

Tabela 21 - Vazões máximas, vazões mínimas e vazões médias (m^3/s), precipitação (mm/min), volume escoado (m^3) e período tempo seco antecedente (dia) dos nove eventos de precipitação na bacia Menino Deus IV.

Evento	$Q_{máx}$ (m^3/s)	$Q_{mín}$ (m^3/s)	$Q_{méd}$ (m^3/s)	P (mm)	$I_{máx}$ (mm/min)	$V_{escoado}$ (m^3)	PTSA* (dia)
10/11/2011	1,020	0,147	0,062	32,75	1,94	1,1E+04	14
13/01/2012	0,029	0,027	0,025	14,53	1,55	1,9E+02	19
24/01/2012	0,024	0,053	0,027	21,78	1,29	5,6E+03	2
03/02/2012	1,345	0,151	0,020	86,48	2,08	3,6E+04	8
06/02/2012	22,42	0,799	1,032	47,30	2,57	6,0E+04	2
29/02/2012	7,630	0,421	0,033	61,06	2,11	1,8E+04	2
05/04/2012	0,483	0,098	0,041	45,73	1,68	9,4E+03	20
14/04/2012	0,226	0,133	0,043	37,33	0,45	1,6E+04	6
29/05/2012	52,998	0,038	0,039	163,49	2,05	1,7E+05	15

*PTSA = Período de tempo seco antecedente

Os hidrogramas dos eventos analisados encontram-se no Apêndice B (Figuras 1 a 9). Estes representam a variação de vazão ao longo do tempo em função da precipitação nos eventos analisados.

Combinando os parâmetros de qualidade da água em cada evento chuvoso foi possível obter o conjunto de hidrogramas e polutogramas. No polutograma é possível analisar a variação da concentração dos poluentes de acordo com os picos de vazões. Os polutogramas encontram-se no Apêndice B (Figuras 10 a 19).

No polutograma (Figura 27) observou-se que o pico das concentrações de DBO₅, coliformes totais, *Escherichia coli*, sólidos totais e suspensos, os nutrientes fosfato e nitrato, os metais cobre e zinco no evento do dia 29/05/2012, ocorreu antes do pico de vazão, característico da carga de lavagem. Na bacia de estudo apresentou variações entre os parâmetros e eventos, demonstrando a variabilidade na ocorrência e intensidade do fenômeno.

A carga de lavagem também ocorreu nos eventos dos dias 24/01/2012, 05/04/2012, 14/04/2012 para coliformes totais e *Escherichia coli* e no dia 03/02/2012 somente para coliformes totais.

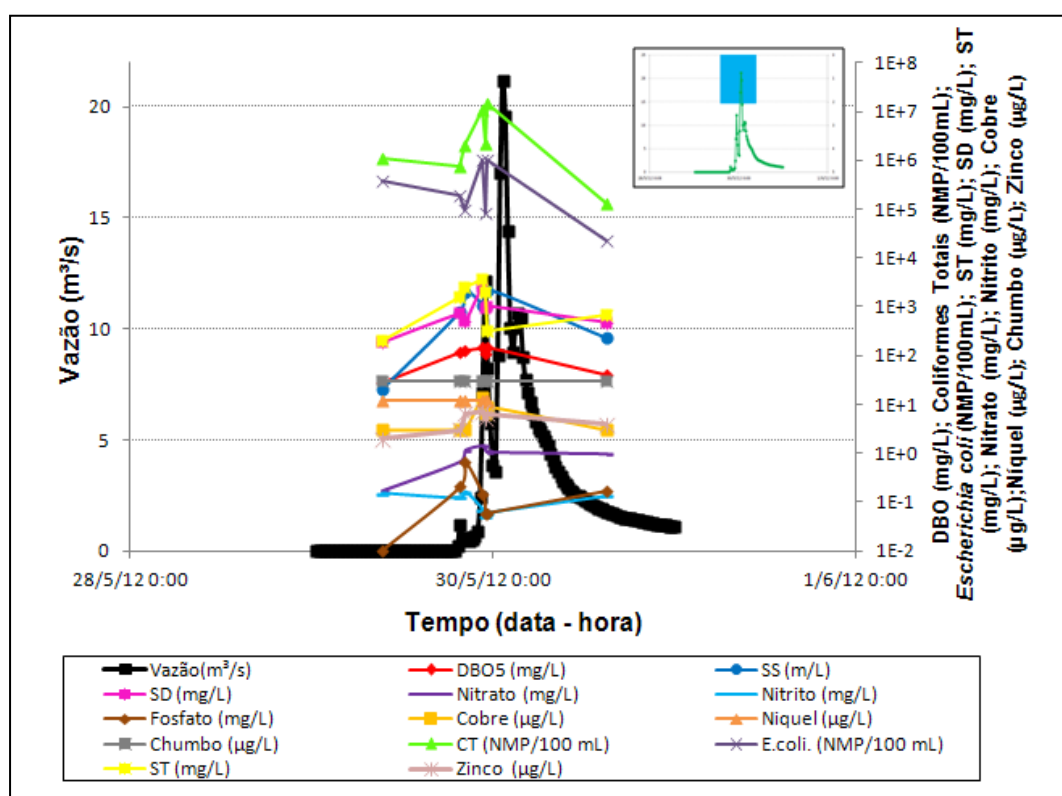


Figura 27 - Variação temporal da vazão e dos parâmetros de qualidade da água analisados (polutograma) no evento dia 29/05/2012 na bacia Menino Deus IV.

A tabela 22 contém os resultados da concentração média dos eventos de precipitação e análise estatística de média, mediana e desvio padrão para os parâmetros de qualidade amostrados.

Analisando o conteúdo orgânico dos eventos, a DBO₅ variou de 9 mg/L a 83 mg/L com mediana de 40 mg/L. A máxima DBO₅ ocorreu no evento do dia

29/05/2012, no mesmo evento a precipitação foi elevada e ocorreu o maior volume escoado.

Tabela 22 - Concentração média dos nove eventos, CME, para os parâmetros de qualidade da água, na bacia hidrográfica Menino Deus IV.

Evento	DBO ₅ (mg/L)	CT (NMP/100mL)	<i>E.coli.</i> (NMP/100 ml)	ST (mg/L)	SS (mg/L)	SD (mg/L)	P (mm)	I (mm/min)
10/11/2011	9	2,0E+03	1,2E+03	113,5	70,4	43,2	32,75	1,94
13/01/2012	37	5,0E+04	7,0E+03	438,4	23,6	414,8	14,53	1,55
24/01/2012	9	7,4E+03	2,8E+04	130,3	33,2	97,1	21,78	1,29
03/02/2012	26	1,4E+04	2,1E+04	586,7	446,4	140,3	86,48	2,08
06/02/2012	40	4,7E+04	1,6E+04	3418,1	2793,2	624,8	47,30	2,57
29/02/2012	55	1,3E+06	3,0E+05	1025,8	758,9	144,9	61,06	2,11
05/04/2012	62	1,7E+06	4,1E+05	1509,5	1028,0	9,4	45,73	1,68
14/04/2012	69	1,9E+06	6,0E+05	593,3	202,9	70,2	37,33	0,45
29/05/2012	83	2,2E+06	1,7E+05	1284,6	814,8	265,6	163,49	2,05
MÉDIA	43	1,2E+05	4,6E+04	1011,1	685,7	201,1	56,72	1,75
MEDIANA	40	5,0E+04	2,8E+04	593,3	446,4	140,3	45,73	1,94
D.PADRÃO	26	9,5E+05	2,2E+05	1023,5	874,2	201,8	45,38	0,61

A concentração média nos eventos analisados para sólidos totais foi de 1011,1 mg/L variando de 113,5 mg/L (10/11/2011) a 3418,1 mg/L (06/02/2012). O evento do dia 06/02/2012 de maior concentração de sólidos não foi o evento de maior precipitação para carrear quantidade elevada de sedimento, mas evento de maior intensidade de precipitação ($I_{máx}=2,57$), devido a força da intensidade, carrou todo material disponível e os sedimentos dos taludes dos rios. Essa variação também foi encontrada por Huang et al. (2007) analisando área urbana na cidade de Macau na China, por Lee et al. (2011) avaliando a concentração média dos eventos no escoamento de autoestrada na Coreia e por Zhang et al. (2012) avaliando três tipos de uso do solo (agrícola, floresta e povoado) na China.

A tabela 23 contém a concentração média e a análise estatística de média, mediana e desvio padrão para os nutrientes e metais analisados na bacia Menino Deus IV. A concentração média dos eventos para nitrato (1,28 mg/L) é superior a bacia Rancho do Amaral (0,82 mg/L), no entanto os nutrientes nitrito (0,05 mg/L) e fosfato (0,21 mg/L) tem valores inferiores a análise de nitrito e fosfato na bacia

Rancho do Amaral de concentração média 0,31 mg/L e 0,35 mg/L, respectivamente, embora a bacia Menino Deus IV possuir maior área de agricultura que poderia ser fonte de nutriente, não apresentou esses valores elevados.

Em relação a concentração média de cobre (4,32 µg/L), níquel (11,92 µg/L) chumbo (30,32 µg/L) e zinco (8,65 µg/L), os valores são menores às análise de metais em eventos de precipitação analisados por Lee et. (2011) analisando uma auto estrada na Coréia com tráfego intenso de veículos.

Quanto aos padrões ambientais da resolução CONAMA 357/05 o chumbo ultrapassa o limite estabelecido para Classe III. A relação estabelecida na bacia MDIV para a CME de metais foi de Pb>Ni>Zn>Cu, a relação Pb>Cu também foi encontrada por Prestes et al. (2006) analisando uma área urbana na cidade de Curitiba/MG.

Tabela 23 - Concentração média dos nove eventos, CME, para nutrientes e metais, na bacia hidrográfica Menino Deus IV.

Evento	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Cobre (µg/L)	Níquel (µg/L)	Chumbo (µg/L)	Zinco (µg/L)
10/11/2011	-	-	-	-	-	-	-
13/01/2012	-	-	-	-	-	-	-
24/01/2012	-	-	-	-	-	-	-
03/02/2012	-	-	-	-	-	-	-
06/02/2012	1,35	0,01	0,44	5,49	12,00	31,60	7,38
29/02/2012	0,92	0,09	0,13	5,83	11,6	30,0	13,30
05/04/2012	1,29	0,05	0,10	3,00	12,00	30,00	17,97
14/04/2012	1,81	0,00	0,13	3,00	12,00	30,00	0,03
29/05/2012	1,03	0,12	0,23	4,26	12,00	30,00	4,58
MÉDIA	1,28	0,05	0,21	4,32	11,92	30,32	8,65
MEDIANA	1,29	0,05	0,13	4,26	12,00	30,00	7,38
D.PADRÃO	0,35	0,05	0,14	1,34	0,18	0,72	7,09

A tabela 24 compara os valores encontrados na bacia Menino Deus IV com os valores da literatura. Dos valores citados a bacia MDIV apresenta valores inferiores a usos do solo residencial, comercial, rodovias e urbanas em relação às áreas citadas.

Tabela 24 - Concentração média dos eventos, CME, para cobre, níquel, chumbo e zinco (mg/L) na bacia MDIV e comparação com a concentração média dos eventos citados na literatura.

MDIV/ LITERATURA	Uso do solo	Cobre (mg/L)	Níquel (mg/L)	Chumbo (mg/L)	Zinco (mg/L)
MDIV		0,004	0,012	0,030	0,009
Davis et al. (2001)	Área Urbana	18	-	51	1600
Gnecco et al. (2009)	Escoamento telhado	19,4	-	13,2	81,1
	Escoamento estrada	10	-	5,1	446,7
Lee et al. (2011)	Rodovia na Coréia	67,25	62,6	17,7	33,3
Maniquiz, Lee, Kim (2010)	Área Urbana	-	-	1,2	0,3
Francey et al. (2010)	Área telhado	6,3	2,9	5,8	0,12
	Área comercial	2,9	24	43	0,95
	Alta densidade residencial	5,8	16,8	112,2	1,24

4.3.3 Análise do escoamento superficial

Os parâmetros de concentração média dos eventos e os dados hidrológicos de vazões máximas, médias e mínimas (m^3/s), precipitação (mm), volume escoado (m^3/s) e período tempo seco antecedente (dias) da bacia Menino de Deus IV, foram correlacionados com análise de correlação de Pearson (r), os valores de correlação estão representados na tabela 25. A vazão máxima teve correlação significativa com a precipitação ($r=0,81$) e com o volume escoado ($r=0,91$). Assim como o volume escoado teve correlação significativa com a precipitação ($r=0,95$).

Assim como a bacia Rancho do Amaral, os coliformes totais correlacionaram-se com a *Escherichia coli* ($r= 0,88$) e com a DBO_5 ($r=0,90$).

Os sólidos totais na bacia tiveram correlação com as vazões médias ($r=0,80$) e com sólidos suspensos ($r=0,99$) e os sólidos suspensos com as vazões médias ($r=0,86$). Em se tratando de nutrientes o nitrato teve correlação com a precipitação ($r=0,81$). O fosfato com as vazões mínimas ($r=0,87$), sólidos totais ($r=0,85$), suspensos ($r=0,83$) e forte correlação com dissolvidos ($0,99$). Estes níveis de correlação podem ser justificados pelo uso de fertilizantes nas atividades agrícolas

da região, pois nas proximidades dos córregos pode-se observar agriculturas familiares de milho, mandioca e hortaliças, que segundo os agricultores utilizam fertilizantes fosfatados e nitrogenados encontrados no mercado local sem os devidos tratamentos conservacionistas.

Em relação aos metais, o cobre teve correlação significativa com as vazões médias ($r=0,93$). Dos metais analisados o que mais teve correlação com os demais parâmetros foi o chumbo correlacionando-se com as vazões mínimas ($r=0,99$), as vazões médias ($0,90$), sólidos totais ($0,93$), suspensos ($0,94$), dissolvidos ($r=0,88$) e fosfato ($r=0,90$).

A relação do metal chumbo com os sólidos também está relatado nos estudos feitos por Miguel et al (1997) em rodovias na cidade de Madrid (Espanha) e Oslo (Noruega) analisando os metais aderidos aos sedimentos no período de 1990 a 1994, por Poletto (2007) em área urbana residencial na cidade de Porto Alegre, Poletto e Merten (2008b), Poletto et al (2009) e Martinez e Poletto (2010) na região metropolitana de Porto Alegre, todos os autores analisaram que os metais variam temporalmente de acordo com os eventos de precipitação, tráfego de veículos e as atividades antrópicas nas regiões de estudo.

Nenhum parâmetro apresentou correlação significativa com o período seco antecedente na bacia Menino de Deus IV.

Tabela 25 - Correlação de Pearson (r) para os parâmetros hidrológicos e concentração média dos nove eventos, CME, na bacia Menino Deus IV.

Correlação	Q máx m ³ /s	Q mín m ³ /s	Q méd m ³ /s	P mm	Vol. Esc m ³	PTSA dias	DBO ₅ mg/L	CT NMP/100 mL	<i>E.coli</i> NMP/100 mL	ST mg/L	SS mg/L	SD mg/L	Nitrato mg/L	Nitrito mg/L	Fosfato mg/L	Cu (μ/L)	Ni (μ/L)	Pb (μ/L)	Zn (μ/L)
Q máx (m ³ /s)	1,00																		
Q mín (m ³ /s)	0,34	1,00																	
Q méd (m ³ /s)	0,32	0,76	1,00																
P (mm)	0,81	-0,10	-0,08	1,00															
Vol. Esc (m ³)	0,91	0,04	-0,06	0,95	1,00														
PTSA (dias)	-0,05	-0,20	-0,57	0,11	0,13	1,00													
DBO ₅ (mg/L)	0,49	-0,03	-0,03	0,54	0,53	0,23	1,00												
CT (NMP/100 mL)	0,24	-0,12	-0,19	0,38	0,33	0,16	0,90	1,00											
<i>E.coli</i> (NMP/100 mL)	-0,17	-0,09	-0,12	-0,02	-0,10	0,00	0,69	0,88	1,00										
ST (mg/L)	0,57	0,69	0,80	0,23	0,28	-0,17	0,38	0,13	0,03	1,00									
SS (mg/L)	0,54	0,72	0,86	0,19	0,23	-0,26	0,25	0,03	-0,05	0,99	1,00								
SD (mg/L)	0,52	0,41	0,55	0,10	0,27	-0,10	0,06	-0,35	-0,47	0,61	0,57	1,00							
Nitrato (mg/L)	-0,51	0,28	-0,03	-0,55	-0,40	-0,09	-0,02	0,12	0,56	-0,08	-0,11	-0,13	1,00						
Nitrito (mg/L)	0,57	-0,58	-0,40	0,81	0,66	0,34	0,49	0,28	-0,33	-0,27	-0,27	-0,09	-0,88	1,00					
Fosfato (mg/L)	0,66	0,87	0,73	0,19	0,36	-0,38	-0,53	-0,87	-0,84	0,85	0,83	0,99	-0,03	-0,17	1,00				
Cu (μ/L)	0,35	0,65	0,93	-0,11	-0,06	-0,73	-0,81	-0,90	-0,74	0,70	0,75	0,79	-0,37	-0,04	0,71	1,00			
Ni (μ/L)	0,15	0,39	-0,18	0,11	0,28	0,48	0,21	0,00	-0,01	0,28	0,19	0,18	0,59	-0,39	0,32	-0,41	1,00		
Pb (μ/L)	0,27	0,99	0,90	-0,25	-0,08	-0,48	-0,82	-0,96	-0,67	0,93	0,94	0,88	0,14	-0,48	0,90	0,76	0,25	1,00	
Zn (μ/L)	-0,30	-0,17	0,04	-0,23	-0,38	0,35	-0,28	-0,05	-0,07	0,17	0,20	-0,29	-0,52	0,26	-0,32	0,08	-0,37	-0,11	1,00

4.3.4 Carga difusa do escoamento superficial

Para obter-se a carga difusa do escoamento superficial é necessário determinar a carga de massa poluente transportada durante os eventos de precipitação. A tabela 26 contém os dados de massa poluente transportada durante os eventos analisados.

A maior massa de todos os parâmetros analisados foi transportada no evento do dia 29/05/2012 de maior precipitação, com exceção dos sólidos em suspensão que teve maior massa transportada no evento de maior intensidade de precipitação.

Tabela 26 - Massa poluente acumulada, transportada durante os nove eventos analisados na bacia hidrográfica Menino Deus IV.

Evento	DBO ₅ (g)	CT (NMP)	<i>E.coli.</i> (NMP)	ST (g)	SS (g)	SD (g)	P (mm)	I _{máx} (mm/min)
10/11/2011	9,8E+04	2,1E+07	1,3E+07	1,2E+06	7,5E+05	4,6E+05	32,75	1,94
13/01/2012	7,2E+03	9,6E+06	1,3E+06	8,4E+04	4,5E+03	7,9E+04	14,53	1,55
24/01/2012	4,7E+04	4,2E+07	1,6E+08	7,3E+05	1,9E+05	5,4E+05	21,78	1,29
03/02/2012	9,3E+05	5,0E+08	7,6E+08	2,1E+07	1,6E+07	5,1E+06	86,48	2,08
06/02/2012	2,4E+06	2,8E+09	9,8E+08	2,1E+08	1,7E+08	3,8E+07	47,30	2,57
29/02/2012	9,9E+05	2,4E+10	5,4E+09	1,8E+07	1,4E+07	2,6E+06	61,06	2,11
05/04/2012	5,8E+05	1,6E+10	3,8E+09	1,4E+07	9,6E+06	8,8E+04	45,73	1,68
14/04/2012	1,1E+06	3,0E+10	9,6E+09	9,5E+06	3,3E+06	1,1E+06	37,33	0,45
29/05/2012	1,4E+07	3,8E+11	2,9E+10	2,2E+08	1,4E+08	4,6E+07	163,49	2,05
MÉDIA	2,3E+06	1,5E+09	6,1E+08	5,5E+07	3,9E+07	1,0E+07	56,72	1,75
MEDIANA	9,3E+05	2,8E+09	9,8E+08	1,4E+07	9,6E+06	1,1E+06	45,73	1,94
D.PADRÃO	4,6E+06	1,2E+11	9,5E+09	9,0E+07	6,6E+07	1,8E+07	45,38	0,61

A massa de nutrientes e metais transportada na bacia Menino Deus IV encontra-se na tabela 27. O evento do dia 29/05/2012 de maior precipitação apresentou maior massa de todos os nutrientes e metais analisados.

Somando a massa de poluentes dos eventos monitorados dividindo pelo intervalo de tempo, deste período e área da bacia resultou-se a carga difusa transportada pela drenagem pluvial da área de estudo.

Considerou-se a área da bacia Menino Deus IV de 18,6 km², período monitorado de 205 dias. A tabela 28 contém os valores da carga difusa determinada na bacia em função da área e em função do número de habitantes.

Tabela 27 - Massa de nutrientes, transportada durante os nove eventos analisados na bacia hidrográfica Menino Deus IV.

Evento	Nitrato (g)	Nitrito (g)	Fosfato (g)	Cobre (µg)	Níquel (µg)	Chumbo (µg)	Zinco (µg)	P (mm)	I _{máx} (mm/m in)
10/11/2011	-	-	-	-	-	-	-	32,75	1,94
13/01/2012	-	-	-	-	-	-	-	14,53	1,55
24/01/2012	-	-	-	-	-	-	-	21,78	1,29
03/02/2012	-	-	-	-	-	-	-	86,48	2,08
06/02/2012	6,0E+2	8,1E+4	2,7E+4	3,3E+5	7,2E+5	1,9E+6	4,5E+5	47,30	2,57
29/02/2012	1,6E+3	1,7E+4	2,3E+3	1,1E+5	2,1E+5	5,4E+5	2,4E+5	61,06	2,11
05/04/2012	5,0E+2	1,2E+4	9,4E+2	2,8E+4	1,1E+5	2,8E+5	1,7E+5	45,73	1,68
14/04/2012	1,6E+2	2,9E+4	2,1E+3	4,8E+4	1,9E+5	4,8E+5	2,6E+5	37,33	0,45
29/05/2012	2,0E+4	1,8E+5	3,9E+4	7,3E+5	2,1E+6	5,1E+6	7,9E+5	163,4	2,05
MÉDIA	4,6E+3	6,3E+4	1,4E+4	2,5E+5	6,6E+5	1,7E+6	3,8E+5	56,72	1,75
MEDIANA	6,0E+2	2,9E+4	2,3E+3	1,1E+5	2,1E+5	5,4E+5	2,6E+5	45,73	1,94
D.PADRÃO	8,7E+3	6,9E+4	1,8E+4	3,0E+5	8,2E+5	2,0E+6	2,5E+5	45,38	0,61

As cargas difusas foram calculadas conforme equação 11 e 12 citadas anteriormente. Analisando a ocupação do solo da bacia Menino Deus IV, observou-se 182 residências na bacia, considerando 5 habitantes por moradia, estimou-se uma população de 910 habitantes.

Dos valores analisados a DBO₅ apresentou o dobro da carga anual da bacia Rancho do Amaral, essa influência está relacionada à maior contribuição de efluente doméstico, das 182 residências existentes na bacia Menino Deus IV e contribuição das atividades antrópicas da região.

Em relação aos sólidos totais, suspensos e dissolvidos a bacia MDIV mesmo tendo maior área e maior número de eventos analisados, apresentou carga difusa em função do número de habitantes menor do que a bacia Rancho do Amaral, isto pode estar relacionado às diferenças nas precipitações de cada evento, e na intensidade das precipitações.

Tabela 28 - Carga difusa total transportada pelo escoamento superficial na bacia hidrográfica Menino Deus IV.

Parâmetros	Função da área da bacia (kg/ha/ano)	Função número de habitantes (kg/hab/ano)
DBO ₅	19,8	40
Coliformes Totais	4,1E+5*	8,8E+5**
<i>Escherichia coli</i>	4,6E+4*	9,8E+4**
ST	480	963
SS	343	689
SD	92,1	183
Nitrato	0,27	0,6
Nitrito	0,02	0,04
Fosfato	1,26	0,14
Cobre	1,0E-05	2,4E-05
Níquel	3,0E-05	6,4E-05
Chumbo	8,0E-05	1,6E-04
Zinco	1,8E-05	3,7E-05

* organismos/ha/ano**organismos/habitantes/ano

A figura 28 ilustra a variação da carga difusa (kg/ha/ano) para os parâmetros de qualidade da água analisados na bacia Menino Deus IV.

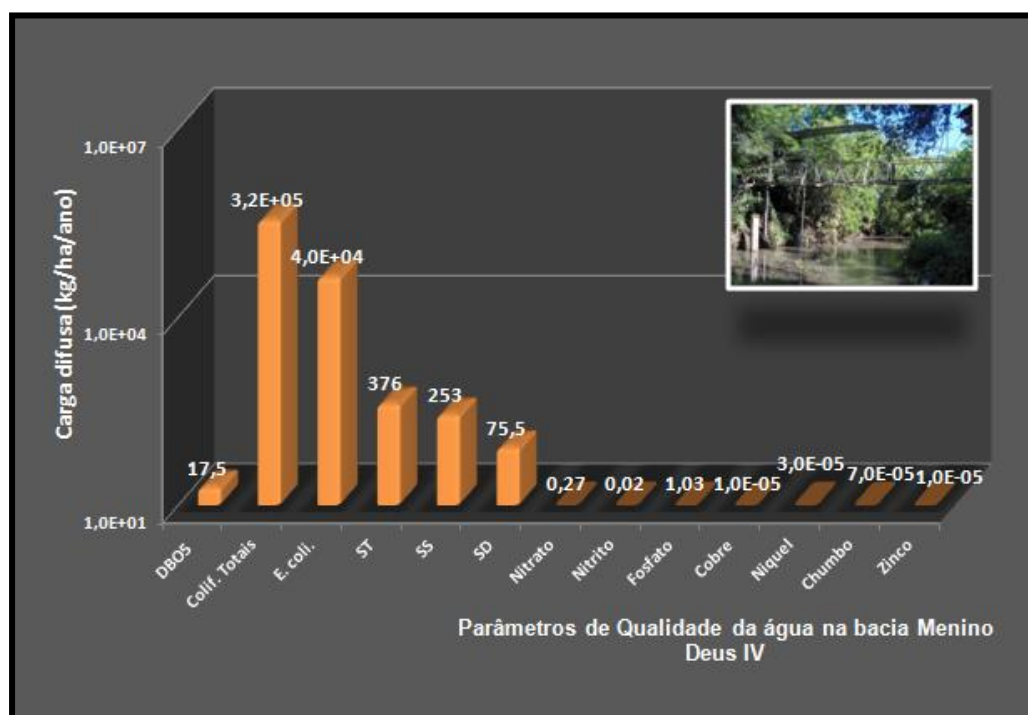


Figura 28 - Carga difusa para os parâmetros de qualidade da água na bacia Menino Deus IV.

4.4 Qualidade da água na bacia Menino Deus II

A bacia Menino Deus II possui maior porcentagem de mata nativa (63,8%). Nas proximidades da estação fluviográfica há habitações sem coleta de efluente doméstico, sendo lançados diretamente no corpo receptor, como também aproximadamente 120 metros a montante da estação localiza-se um cemitério sem cuidados de impermeabilização do solo na região.

4.4.1 Análise das características do tempo seco

Os parâmetros de qualidade da água analisados, sendo 40 amostras, estão descritos no Apêndice C (Tabela C.1). A análise estatística de desvio padrão (σ), coeficiente de variação (--%--), média (μ), máximo e mínimo das 40 amostras dos parâmetros de qualidade da água analisados em tempo seco estão inseridos na tabela 29.

Tabela 29 - Desvio Padrão (σ), coeficiente de variação (--%--), média (μ), máximo e mínimo dos parâmetros de qualidade da água analisados em tempo seco para 40 amostras na bacia Menino Deus II.

Parâmetros	DP (σ)	CV(--%--)	Média (μ)	Máximo	Mínimo
T (°C)	3,4	18	19,1	24,4	12,3
OD (% C.saturação)	11,7	34	34,5	100,0	26,0
pH	0,5	7	7,4	7,9	5,4
Cond. (uS/cm)	22,6	18	122,7	160,8	66,4
Turb. (NTU)	42,1	215	19,6	261,0	1,7
CT (NMP/100mL)	284188,5	3497	8,1E+03	1,7E+06	36,4
<i>E.coli.</i> (NMP/100mL)	130115,5	4107	3,2E+03	8,2E+05	82,0
DBO ₅ (mg/L)	9,6	67	14,5	49,7	0,6
ST (mg/L)	133,0	77	171,9	772,5	65,0
SS (mg/L)	119,5	262	45,6	727,6	0,6
SD (mg/L)	72,2	57	126,3	446,6	44,1
Nitrato (mg/L)	0,6	83	0,7	1,9	0,1
Nitrito (mg/L)	0,1	118	0,1	0,4	0,0
Fosfato (mg/L)	0,0	41	0,1	0,2	0,0

Cobre (µg/L)	1,5	41	3,6	8,1	3,0
Níquel (µg/L)	0,0	0	12,0	12,0	12,0
Chumbo (µg/L)	0,0	0	30,0	30,0	30,0
Zinco (µg/L)	2,8	30	9,1	13,2	2,9

A bacia Menino Deus II com predomínio de mata nativa, possui baixo grau de degradação ambiental, no entanto o parâmetro DBO₅ excedeu à classe III da resolução do CONAMA 357/2005 em tempo seco. A representação gráfica do coeficiente de variação está ilustrada na figura 29.

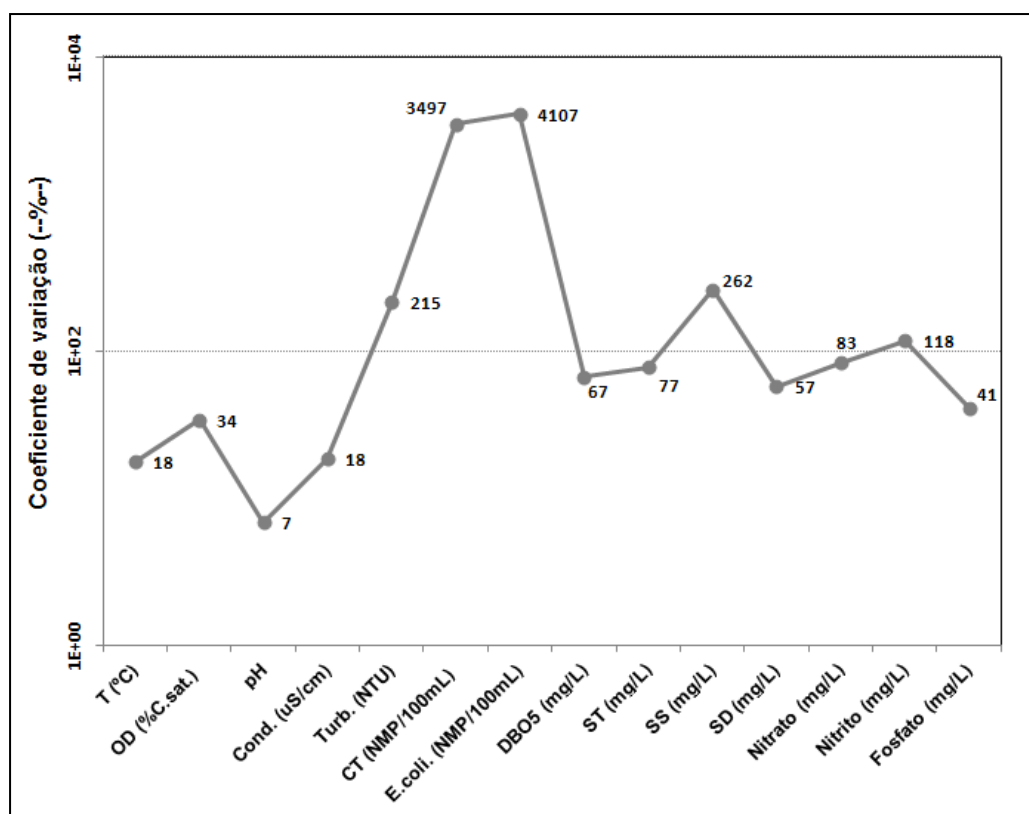


Figura 29 - Coeficiente de variação (CV) em tempo seco para os parâmetros de qualidade da água na bacia Menino Deus II.

A variabilidade dos dados, tirando a ordem de influência das grandezas, é expressa pelo coeficiente de variabilidade. A bacia Menino Deus II no período de tempo seco teve maior número de amostras coletadas em relação às demais bacias

analisadas, dos parâmetros *Escherichia coli* apresentou a maior variabilidade 4107%, seguido dos coliformes totais de 3497%, superando as demais os coeficientes da bacia Rancho do Amaral e Menino Deus II, explicado pela variação das bactérias durante os períodos do dia, e por ter um maior número de amostras essa variação ser mais representativa. Verificou-se uma grande variação do número de coliformes totais e *Escherichia coli* dentre as amostras, o que pode ser observado pelo alto desvio padrão

A tabela 30 contém os coeficientes de correlação de Pearson (r) para os parâmetros de qualidade em tempo seco na bacia Menino Deus II.

Dos parâmetros em tempo seco, os coliformes totais correlacionaram-se com a turbidez ($r=0,90$) e *Escherichia coli* ($r=0,91$). A *Escherichia coli* e coliformes totais tiveram correlação de $r=0,99$, o tempo seco das bacias anteriores também tiveram correlações significativas, entretanto, a correlação da bacia Menino Deus II foi mais significativa (MDII>MDIV>RA).

Sólidos suspensos teve correlação com a turbidez ($r=0,91$), coliformes totais ($r=0,87$), *Escherichia coli* ($r=0,89$) e com sólidos totais ($r=0,84$). Dos nutrientes o nitrito correlacionou-se com coliformes totais ($r=0,96$) e *Escherichia coli* ($r=0,96$).

Tabela 30 - Correlação de Pearson (r) dos parâmetros de qualidade da água em tempo seco, para 40 amostras na bacia Menino Deus II.

Correlação	T (°C)	OD (%)	pH	Cond. (uS/cm)	Turb. (NTU)	CT (NMP/100mL)	<i>E.coli.</i> (NMP/100mL)	DBO ₅ (mg/L)	ST (mg/L)	SS (mg/L)	SD (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Fosfato (mg/L)
T (°C)	1,00													
OD(% C.saturação)	-0,57	1,00												
pH	0,20	-0,05	1,00											
Cond. (uS/cm)	0,29	-0,11	0,49	1,00										
Turb. (NTU)	0,13	-0,09	-0,29	-0,47	1,00									
CT (NMP/100mL)	0,00	-0,02	-0,36	-0,42	0,90	1,00								
<i>E.coli.</i> (NMP/100mL)	0,02	-0,04	-0,32	-0,42	0,91	0,99	1,00							
DBO ₅ (mg/L)	-0,15	0,20	-0,26	-0,45	0,60	0,60	0,59	1,00						
ST (mg/L)	-0,04	0,08	-0,42	-0,25	0,80	0,78	0,76	0,58	1,00					
SS (mg/L)	0,19	-0,07	-0,20	-0,27	0,91	0,87	0,89	0,59	0,84	1,00				
SD (mg/L)	-0,40	0,27	-0,44	-0,02	-0,02	-0,01	-0,07	0,10	0,45	-0,10	1,00			
Nitrato (mg/L)	-0,31	0,17	-0,61	-0,28	0,11	0,16	0,16	0,19	0,26	0,09	0,32	1,00		
Nitrito (mg/L)	-0,38	0,13	-0,31	-0,19	-0,18	0,96	0,96	0,29	-0,14	-0,15	-0,12	-0,38	1,00	
Fosfato (mg/L)	-0,64	0,69	0,18	0,10	-0,26	-0,19	-0,14	-0,32	-0,28	-0,23	-0,08	0,66	0,69	1,00

4.4.2 Análise das características dos eventos de precipitação

Nove eventos de precipitação foram analisados na bacia Menino Deus II no período de novembro de 2011 a junho de 2012.

Os dados de vazão máxima, mínima e média (m^3/s), precipitação (mm), intensidade média da precipitação (mm/min), volume escoado (m^3) e período de tempo seco antecedente (dias) dos eventos analisados na bacia Menino Deus II estão representados na tabela 31. A máxima precipitação ocorreu no evento do dia 29/05/2012 de maior vazão máxima e volume escoado.

Tabela 31 - Vazões máximas (m^3/s), vazões mínimas (m^3/s), vazões médias (m^3/s), precipitação (mm/min), volume escoado (m^3) e período tempo seco antecedente (dia) dos eventos na bacia Menino Deus II.

Evento	$Q_{máx}$ (m^3/s)	$Q_{mín}$ (m^3/s)	$Q_{méd}$ (m^3/s)	P (mm)	$I_{máx}$ (mm/min)	$V_{escoado}$ (m^3)	PTSA (dia)
10/11/2011	0,091	0,019	0,028	32,75	1,94	1,4E+03	14
13/01/2012	0,016	0,007	0,120	14,53	1,55	1,4E+03	19
24/01/2012	0,037	0,009	0,017	21,78	1,29	1,2E+02	2
03/02/2012	0,216	0,110	0,053	86,48	2,08	2,0E+04	8
06/02/2012	2,376	0,048	0,219	47,30	2,57	1,2E+04	2
29/02/2012	1,439	0,016	0,067	61,06	2,11	4,7E+03	2
05/04/2012	0,103	0,034	0,055	45,73	1,68	6,5E+03	20
14/04/2012	0,317	0,048	0,219	37,33	0,45	7,4E+03	6
29/05/2012	14,037	0,055	0,058	163,50	2,05	3,4E+04	15

*PTSA = Período de tempo seco antecedente

Os hidrogramas dos eventos analisados encontram-se no Apêndice C (Figuras 1 a 9), representando a variação de vazão ao longo do tempo em função da precipitação nos eventos analisados.

Com o polutograma foi possível analisar a variação da concentração dos poluentes de acordo com os picos de vazões. Os polutogramas encontram-se no Apêndice C (Figuras 10 a 19).

No polutograma (Figura 30) observou-se que o pico das concentrações de DBO₅, coliformes totais, *Escherichia coli*, sólidos totais, suspensos e dissolvidos, os nutrientes nitrato e fosfato, os metais cobre e zinco no evento do dia 29/05/2012, ocorreu antes do pico de vazão, característico da carga de lavagem. A bacia de estudo apresentou variações entre os parâmetros e eventos, demonstrando a variabilidade na ocorrência e intensidade do fenômeno.

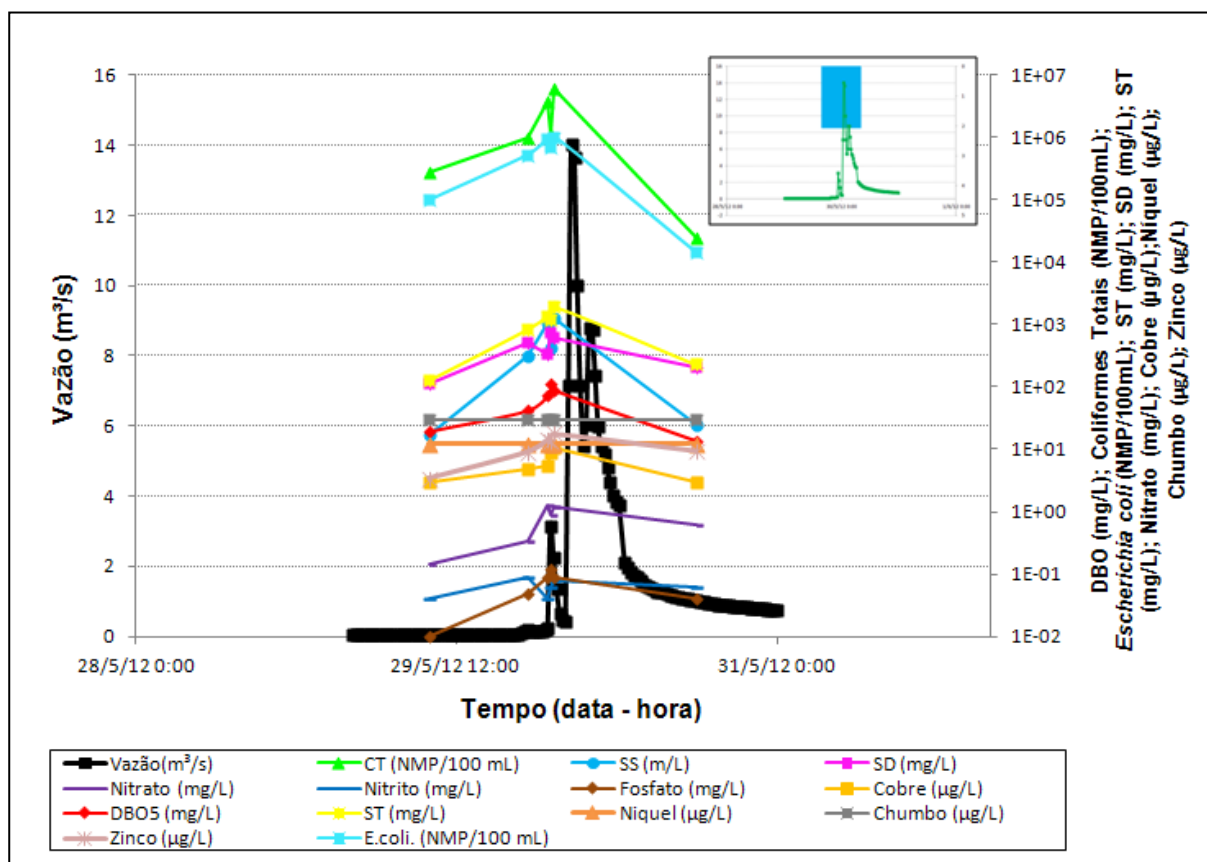


Figura 30 - Variação temporal da vazão e dos parâmetros de qualidade da água analisados (polutograma) no evento do dia 29/05/2009 na bacia hidrográfica Menino Deus II.

A carga de lavagem também ocorreu nos eventos dos dias 13/01/2012 para coliformes totais e *Escherichia coli*, no dia 24/01/2012 para sólidos totais e dissolvidos, no evento do dia 03/02/2012 para coliformes totais, *Escherichia coli* e sólidos suspensos, no evento do dia 06/02/2012 para coliformes totais, *Escherichia coli*, sólidos totais, suspensos e dissolvidos e finalmente no evento do dia

29/02/2012 para coliformes totais, *Escherichia coli*, sólidos totais, dissolvidos e o nutriente fosfato.

A tabela 32 contém os resultados da concentração média dos eventos para os parâmetros de qualidade amostrados.

Analisando o conteúdo orgânico dos eventos, a DBO₅ variou de 10 mg/L a 127 mg/L com média de 38 mg/L. A máxima DBO₅ foi maior do que na estação Rancho do Amaral e Menino Deus IV. A maior concentração média de patógenos foi no evento do dia 29/02/2012 de intensidade de precipitação elevada, aumentando a contribuição de matéria orgânica no curso d'água. Em relação aos sólidos totais a maior concentração foi no evento do dia 06/02/2012 de intensidade de precipitação máxima.

Tabela 32 - Concentração média de nove eventos, CME, para os parâmetros de qualidade da água, na bacia hidrográfica Menino Deus II.

Evento	DBO ₅ (mg/L)	CT (NMP/100mL)	<i>E.coli.</i> (NMP/100 ml)	ST (mg/L)	SS (mg/L)	SD (mg/L)	Q _{máx} (m ³ /s)	I _{máx} (mm/min)
10/11/2011	10	2,7E+03	8,0E+03	147,1	108,0	39,1	1,94	1,55
13/01/2012	11	1,2E+04	3,4E+03	25,0	-	110,8	1,29	2,08
24/01/2012	127	-	-	759,9	362,6	397,3	2,57	2,11
03/02/2012	18	1,3E+04	4,8E+03	599,3	83,5	515,8	1,68	0,45
06/02/2012	36	4,2E+04	3,1E+03	1780,7	522,7	1258,0	2,05	0,09
29/02/2012	68	2,5E+06	9,9E+05	645,8	451,7	194,1	0,02	0,04
05/04/2012	23	9,3E+05	6,7E+05	1591,1	40,9	1537,0	0,23	2,38
14/04/2012	21	1,4E+05	7,1E+04	452,4	28,0	403,5	1,44	0,10
29/05/2012	28	7,9E+05	2,1E+05	555,2	246,2	309,2	0,32	14,04
MÉDIA	38	9,1E+04	3,8E+04	728,5	230,4	529,4	13,95	17,95
MEDIANA	26	9,3E+04	4,0E+04	599	177	397	0,27	2,00
D.PADRÃO	35	8,6E+05	3,8E+05	593	195	519	5,71	5,16

Em se tratando de nutrientes e metais a tabela 35 contém as concentrações médias dos eventos na bacia Menino Deus II. A concentração média dos eventos para nitrato (1,34 mg/L) é superior a bacia Rancho do Amaral (0,82 mg/L) e Menino Deus IV (1,28 mg/L). O nutriente nitrito (0,07 mg/L) estabelece a relação de RA>MDII>MDIV, diferente da relação estabelecida entre o nutriente fosfato de RA>MDIV>MDII.

Em relação à concentração média de cobre (8,6 µg/L), zinco (11 µg/L) os valores são maiores que as análises de metais na bacia Menino Deus IV de 4,51 µg/L para cobre e 8,6 µg/L para zinco, mas ainda são menores aos valores encontrados na literatura.

Na tabela 33 a concentração é maior em relação a análise do escoamento de material construtivo de telhado em Genova na Itália para zinco (10 µg/L) feito por Gnecco et al. (2005), demonstrando a variabilidade em função do uso do solo e da contribuição antrópica ao redor do curso d'água.

A relação estabelecida na bacia Menino Deus II para a CME de metais foi de Pb>Ni>Zn>Cu. A mesma relação foi encontrada na bacia Menino Deus IV, diferentemente da encontrada por Gnecco et al. (2005) avaliando o escoamento de estrada em Genova na Itália de Zn>Cu>Pb que devido aos metais associados a poeira eleva a quantidade de metais nos rios, carregados durante os eventos de precipitação.

Tabela 33- Concentração média de nove eventos, CME, para nutrientes e metais, na bacia hidrográfica Menino Deus II.

Evento	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Cobre (µg/L)	Níquel (µg/L)	Chumbo (µg/L)	Zinco (µg/L)	Q _{máx} (m ³ /s)	I _{máx} (mm/min)
10/11/2011	-	-	-	-				1,94	1,55
13/01/2012	-	-	-	-				1,29	2,08
24/01/2012	-	-	-	-				2,57	2,11
03/02/2012	-	-	-	-				1,68	0,45
06/02/2012	1,08	0,16	0,09	25,96	12,00	30,00	7,00	2,05	0,09
29/02/2012	0,93	0,04	0,15	5,88	12,00	30,00	7,90	0,02	0,04
05/04/2012	1,37	-	0,19	3,00	7,50	30,00	12,06	0,23	2,38
14/04/2012	2,55	0,01	0,03	4,33	12,00	30,00	16,37	1,44	0,10
29/05/2012	0,76	0,07	0,06	3,85	12,00	30,00	11,44	0,32	14,04
MÉDIA	1,34	0,28	0,10	8,60	11,10	30,00	10,95	13,95	17,95
MEDIANA	1,08	0,06	0,09	4,33	12,00	30,00	11,19	0,27	2,00
D.PADRÃO	0,71	0,06	0,06	9,76	1,80	0,00	3,34	5,71	5,16

4.4.3 Análise do escoamento superficial

Os parâmetros de concentração média dos eventos e os dados hidrológicos de vazões máximas, médias e mínimas (m^3/s), precipitação (mm), volume escoado (m^3) e período tempo seco antecedente (dias) da bacia Menino de Deus II, foram correlacionados com análise de correlação de Pearson (r), os valores de correlação estão representados na tabela 34.

Em relação aos parâmetros hidrológicos a precipitação teve correlação com a vazão máxima ($r=0,89$), significativamente mais forte do que as correlações na bacia Rancho do Amaral e Menino Deus IV de $r=0,70$ e $r=0,81$, respectivamente. Além disso, a precipitação teve correlação forte com o volume escoado ($r=0,96$) e o volume escoado com as vazões máximas ($r=0,84$).

Em relação aos patógenos, assim como as bacias anteriores, *Escherichia coli* teve correlação significativa forte com coliformes totais ($r=0,95$) e com fosfato ($r=0,80$). Os sólidos totais correlacionaram-se com sólidos dissolvidos ($r=0,94$).

Em se tratando de metais cobre correlacionou-se com sólidos suspensos ($r=0,71$) e sólidos totais ($r=0,64$), Poletto e Merten (2007, 2008a) em análise de metais associados aos sedimentos na região metropolitana de Porto Alegre-RS, associaram que os metais variam temporalmente durante os eventos de precipitação devido às atividades antropogênicas e ainda segundo Scott (2012) e Stum (1986) o sedimento funciona como um semidouro de metais e princípios ativos dos agrotóxicos, que podem ser disponibilizados, caso haja alterações hidrológicas no curso d'água.

Scott (2012) ainda cita que o sedimento de fundo, funciona como um filtro de metais e as vazões mínimas por estarem em maior contato com o sedimento de fundo, revolvendo o sedimento, interferem na quantidade de metais no corpo hídrico. Esta correlação foi encontrada entre zinco e as vazões mínimas de $r=0,87$.

Entre os metais, o chumbo teve correlação com cobre ($r=0,99$) e correlação também do Zinco com *Escherichia coli* ($r=0,78$).

A correlação significativa forte de zinco com fosfato ($r=1,00$) segundo Campos et al. (2005) pode ser explicada devido aos fertilizantes fosfatados conterem metais pesados das rochas que os originaram ou de ingredientes utilizados na fabricação do fertilizante.

Tabela 34 - Correlação de Pearson (r) para os parâmetros hidrológicos e concentração média de nove eventos, CME, na bacia Menino Deus II.

Correlação	Q máx m ³ /s	Q mín m ³ /s	Q méd m ³ /s	P mm	Vol. Esc m ³	PTSA dias	DBO ₅ mg/L	CT NMP/100 mL	<i>E.coli</i> NMP/100 mL	ST mg/L	SS mg/L	SD mg/L	Nitrato mg/L	Nitrito mg/L	Fosfato mg/L	Cu (μ/L)	Ni (μ/L)	Pb (μ/L)	Zn (μ/L)
Q máx (m ³ /s)	1,00																		
Q mín (m ³ /s)	0,20	1,00																	
Q méd (m ³ /s)	-0,07	0,12	1,00																
P (mm)	0,89	0,55	-0,19	1,00															
Vol. Esc (m ³)	0,84	0,69	0,00	0,96	1,00														
PTSA (dias)	0,16	-0,09	-0,26	0,11	0,11	1,00													
DBO ₅ (mg/L)	-0,08	-0,37	-0,31	-0,17	-0,28	-0,62	1,00												
CT (NMP/100 mL)	0,19	-0,21	-0,21	0,27	0,05	-0,13	0,20	1,00											
<i>E.coli</i> (NMP/100 mL)	0,03	-0,23	-0,23	0,13	-0,07	-0,01	0,17	0,95	1,00										
ST (mg/L)	-0,01	0,17	0,26	0,03	0,10	-0,22	0,17	0,11	0,26	1,00									
SS (mg/L)	0,22	-0,17	0,09	0,12	0,05	-0,72	0,61	0,36	0,23	0,45	1,00								
SD (mg/L)	-0,10	0,23	0,27	-0,04	0,08	0,06	-0,06	-0,02	0,19	0,94	0,12	1,00							
Nitrato (mg/L)	-0,53	0,19	0,60	-0,57	-0,45	-0,09	-0,49	-0,46	-0,35	-0,25	-0,66	-0,03	1,00						
Nitrito (mg/L)	0,17	0,31	0,30	0,06	0,22	-0,25	0,04	-0,36	-0,41	0,71	0,70	0,48	-0,52	1,00					
Fosfato (mg/L)	-0,39	-0,73	-0,61	-0,28	-0,45	0,32	0,36	0,58	0,80	0,51	0,07	0,50	-0,41	0,01	1,00				
Cu (μ/L)	-0,14	0,22	0,62	-0,26	-0,08	-0,57	0,12	-0,41	-0,46	0,64	0,71	0,40	-0,21	0,91	-0,13	1,00			
Ni (μ/L)	0,21	0,87	0,36	0,11	0,38	0,48	-0,95	-0,92	-0,79	0,32	-0,48	0,50	0,32	0,26	-0,39	0,16	1,00		
Pb (μ/L)	-0,12	0,28	0,61	-0,25	-0,05	-0,48	0,02	-0,48	-0,51	0,69	0,65	0,47	-0,20	0,93	-0,12	0,99	0,25	1,00	
Zn (μ/L)	-0,34	-0,71	-0,64	-0,23	-0,40	0,35	0,35	0,57	0,78	0,52	0,08	0,51	-0,46	0,04	1,00	-0,12	-0,37	-0,11	1,00

4.4.4 Carga difusa do escoamento superficial

Os dados de massa poluente transportada estão inseridos na tabela 35, com variabilidade de massa entre os eventos. O evento do dia 29/05/2012 teve a maior massa transportada de DBO₅, coliformes totais, *Escherichia coli* e sólidos suspensos no evento de maior precipitação e volume escoado. Sólidos totais e dissolvidos no evento do dia 06/02/2012 de maior intensidade da precipitação.

Tabela 35 - Massa poluente, transportada durante os nove eventos analisados na bacia hidrográfica Menino Deus II.

Evento	DBO ₅ (g)	CT (NMP)	<i>E.coli.</i> (NMP)	ST (g)	SS (g)	SD (g)	P (mm)	I _{máx} mm/min)
10/11/2011	1,4E+04	3,8E+06	1,1E+07	2,1E+05	1,5E+05	5,5E+04	32,75	1,55
13/01/2012	1,5E+04	1,8E+07	4,9E+06	3,6E+04	-	1,6E+05	14,53	2,08
24/01/2012	1,6E+04	-	-	9,5E+04	4,5E+04	5,0E+04	21,78	2,11
03/02/2012	3,5E+05	2,5E+08	9,5E+07	1,2E+07	1,6E+06	1,0E+07	86,48	0,45
06/02/2012	4,2E+05	5,0E+08	3,7E+07	2,1E+07	6,1E+06	1,5E+07	47,30	0,09
29/02/2012	3,2E+05	1,2E+10	4,7E+09	3,1E+06	2,1E+06	9,2E+05	61,06	0,04
05/04/2012	1,5E+05	6,1E+09	4,3E+09	1,0E+07	3,5E+05	1,0E+07	45,73	2,38
14/04/2012	1,5E+05	1,1E+09	5,2E+08	3,3E+06	3,6E+05	3,0E+06	37,33	0,10
29/05/2012	9,5E+05	2,7E+10	7,0E+09	1,9E+07	8,3E+06	1,0E+07	163,50	14,04
MÉDIA	2,7E+05	6,0E+09	2,1E+09	7,6E+06	2,4E+06	5,5E+06	56,72	17,95
MEDIANA	2,1E+05	1,1E+09	5,2E+08	5,5E+06	1,6E+06	4,2E+06	46,52	2,00
D.PADRÃO	2,7E+05	8,5E+09	2,5E+09	7,4E+06	2,8E+06	5,2E+06	40,70	5,16

A massa de nutrientes e metais transportada na bacia Menino Deus II encontra-se na tabela 36, o evento do dia 29/05/2008 de maior precipitação apresentou maior massa de todos os nutrientes.

Tabela 36 - Massa de nutrientes e metais, transportada durante os nove eventos analisados na bacia hidrográfica Menino Deus II.

Evento	Nitrato (g)	Nitrito (g)	Fosfato (g)	Cobre (µg)	Níquel (µg)	Chumbo (µg)	Zinco (µg)
10/11/2011	-	-	-	-	-	-	-
13/01/2012	-	-	-	-	-	-	-
24/01/2012	-	-	-	-	-	-	-
03/02/2012	-	-	-	-	-	-	-
06/02/2012	1,3E+04	1,8E+03	1,1E+03	3,0E+05	1,4E+05	3,5E+05	8,2E+04
29/02/2012	4,4E+03	2,0E+02	7,1E+02	2,8E+04	5,7E+04	1,4E+05	3,7E+04
05/04/2012	8,9E+03	-	1,2E+03	2,0E+04	4,9E+04	2,0E+05	7,8E+04
14/04/2012	1,9E+04	7,4E+01	2,2E+02	3,2E+04	8,8E+04	2,2E+05	1,2E+05
29/05/2012	2,6E+04	2,3E+03	1,9E+03	1,3E+05	4,0E+05	1,0E+06	3,8E+05
MÉDIA	1,4E+04	1,1E+03	1,0E+03	1,0E+05	1,5E+05	3,8E+05	1,4E+05
MEDIANA	1,3E+04	1,0E+03	1,1E+03	3,2E+04	8,8E+04	2,2E+05	8,2E+04
D.PADRÃO	8,3E+03	1,1E+03	6,1E+02	1,2E+05	1,5E+05	3,6E+05	1,4E+05

Para cálculo da carga difusa conforme a equação 11 e 12 citadas anteriormente, considerou-se a área da bacia de 5,02 km² e período monitoramento de 205 dias. Na estimativa do número de habitantes, analisando a ocupação do solo observou-se 88 residências, considerando 5 moradores estimou-se a população de 440 habitantes. A tabela 37 expressa os valores para a carga difusa determinada na bacia de estudo em função da área e do número de habitantes.

Em relação a carga difusa orgânica de 9 kg/ha/ano, foi igual a bacia Rancho do Amaral de área aproximada e a metade da bacia MDIV (18 kg/ha/ano) de área quatro vezes superior. A carga difusa para *Escherichia coli* foi superior a bacia Rancho do Amaral (4,2E+04 organismos/ha/ano) e Menino Deus IV (4,4E+04 organismos/ha/ano) com 5,92E+04 organismos/ha/ano.

A relação de sólidos totais e sólidos suspensos entre as bacias anteriores foi de RA>MDIV>MDII e para sólidos dissolvidos RA>MDII>MDIV.

Os nutrientes a maior carga difusa foi de nitrato de 0,25 kg/ha/ano. E os metais a maior carga foi de zinco de 1,8E-04 kg/ha/ano.

Tabela 37 - Carga difusa transportada pelo escoamento superficial na bacia hidrográfica Menino Deus II.

Parâmetro	Função da área da	Função do número de habitantes
	bacia (kg/ha/ano)	da bacia (kg/ha/ano)
DBO ₅	9	10
Coliformes Totais	1,6E+05*	1,9E+05**
<i>Escherichia coli</i>	5,9E+04*	6,7E+04**
ST	241,8	276
SS	67,5	77,1
SD	174,8	200
Nitrato	0,25	0,3
Nitrito	0,014	0,02
Fosfato	0,09	0,02
Cobre	2,0E-05	2,7E-05
Níquel	3,0E-05	3,0E-05
Chumbo	6,8E-05	7,7E-05
Zinco	1,8E-04	1,1E-03

* organismos/ha/ano **organismos/habitante/ano

A figura 31 ilustra a variação da carga difusa (kg/ha/ano) em função dos parâmetros de qualidade da água na bacia Menino Deus II.

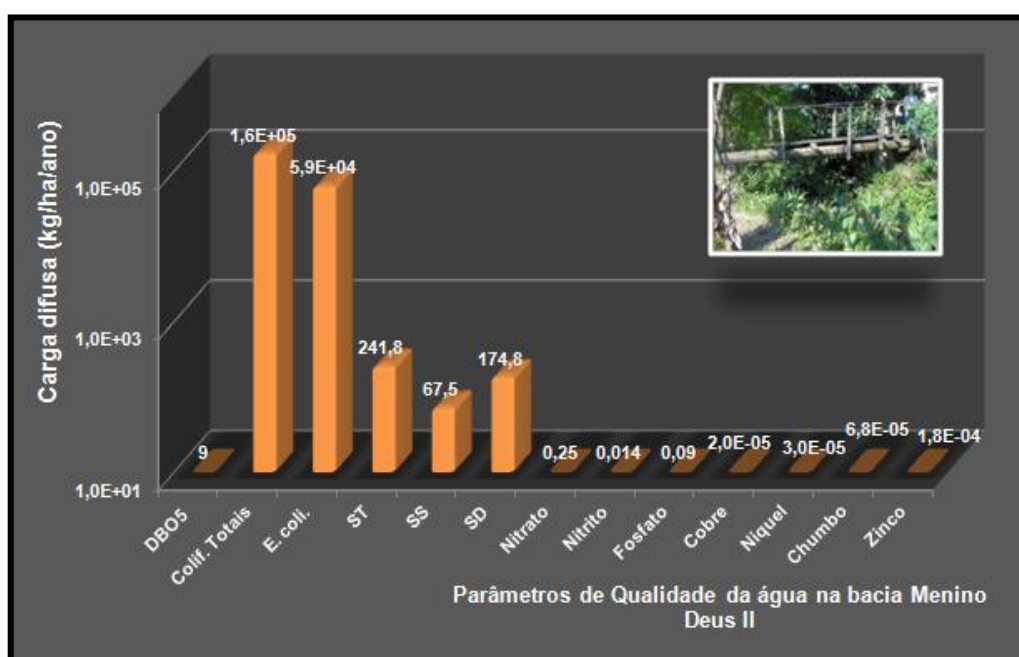


Figura 31 - Carga difusa (kg/ha/ano) na bacia Menino Deus II.

4.5 Qualidade da água na bacia hidrográfica Alto da Colina

A bacia Alto da Colina possui alto grau de impermeabilização, consequentemente apresenta tempos de resposta rápidos.

Para esta bacia foram avaliados sete eventos de precipitação no período de abril a setembro de 2008.

4.5.1 Análise das características de tempo seco

Os parâmetros de qualidade da água em tempo seco analisados para a bacia Alto da Colina encontram-se no Apêndice D (Tabela D.1)

Os dados da análise estatística de doze amostras em tempo seco, de desvio padrão (σ), coeficiente de variação (--%--), média (μ), máximo e mínimo, da estação de monitoramento estão inseridos na tabela 38.

A condutividade elétrica teve concentração média de 216,2 ($\mu\text{S/cm}$), variando de 74 a 412 ($\mu\text{S/cm}$). Estas oscilações estão ligadas à variação horária de coleta. Paz (2004) para a mesma bacia em tempo seco encontrou a média de 176,9 ($\mu\text{S/cm}$), com variação de 100 a 307 ($\mu\text{S/cm}$).

A demanda bioquímica de oxigênio teve média de 12 mg/L, variando de 3 a 23 mg/L. Em anos anteriores Paz (2004) e Brites e Gastaldini (2007) encontraram a concentração média de 14 mg/L em tempo seco. Luo et al. (2009) encontraram valor médio de 19 mg/L, essas diferenças podem ser explicadas devido a variação horária de coleta, uma vez que esta bacia recebe lançamentos de esgoto *in natura*.

Os sólidos totais tiveram média de 162 mg/L, variando de 103 a 227 mg/L. Brites e Gastaldini (2007) encontraram a concentração de 25 mg/L. O aumento de sólidos na bacia foi de seis vezes em um ano. Luo et al. (2009) avaliando o escoamento superficial em área urbana de 1,2 km², com 32% de área residencial, 36% terra verde e 16% área comercial, na bacia de Futian, em Shenzhen na China, com área aproximada a bacia Alto da Colina, diferente em porcentagem da área residencial, encontraram a concentração média em tempo seco de 106 mg/L também menor do que na bacia da pesquisa.

A concentração média de amônia (2,7 mg/L) e média de fosfato (0,7 mg/L) foram próximos aos analisados por Luo et al. (2009), entretanto encontraram o nitrogênio total (1,9mg/L) e fósforo total (0,5 mg/L), em tempo seco.

Em relação a concentração média de coliformes totais em tempo seco ($5,8 \times 10^5$ NMP/100mL) e de *Escherichia coli* ($1,4 \times 10^5$ NMP/100mL), os valores foram menores do que a análise de Brites e Gastaldini (2007) de $1,9 \times 10^6$ para coliformes totais e $8,8 \times 10^5$ para *Escherichia coli*.

Tabela 38 - Desvio Padrão (σ), coeficiente de variação (--%--), média (μ), máximo e mínimo dos parâmetros de qualidade da água, analisados em tempo seco em doze amostras na bacia Alto da Colina.

Parâmetros	DP (σ)	CV(--%--)	Média (μ)	Máximo	Mínimo
T (°C)	3,6	21	17,5	23,6	12,4
OD (%C.saturação)	34,7	72	48,1	91,4	3,4
pH	0,2	3	7,1	7,4	6,6
Cond. (uS/cm)	118,9	55	216,2	412,0	73,8
Turb. (NTU)	18,2	42	43,7	71,2	17,4
CT (NMP/100mL)	$1,1 \times 10^6$	182	$5,8 \times 10^5$	$3,4 \times 10^6$	$7,8 \times 10^3$
<i>E.coli.</i> (NMP/100mL)	$1,3 \times 10^5$	94	$1,4 \times 10^5$	$4,1 \times 10^5$	$3,4 \times 10^3$
DBO ₅ (mg/L)	6,5	55	12	23	3
ST (mg/L)	40,7	25	161,6	227,5	103,5
SS (mg/L)	9,7	39	25,0	40,0	9,6
SD (mg/L)	41,0	30	136,5	216,3	83,9
Amônia (mg/L)	3,0	110	2,7	8,2	0,3
Nitrato (mg/L)	1,2	86	1,4	3,8	0,3
Nitrito (mg/L)	0,1	33	0,4	0,7	0,3
Fosfato (mg/L)	0,3	38	0,7	1,1	0,4

A figura 32 ilustra o coeficiente de variação (--%--) dos parâmetros de qualidade da água com a menor variabilidade de pH (3%) e maior de coliformes totais (182%). A variação elevada de coliformes justifica-se pelos horários das coletas e a quantidade de despejos domésticos lançados nos diferentes períodos do dia.

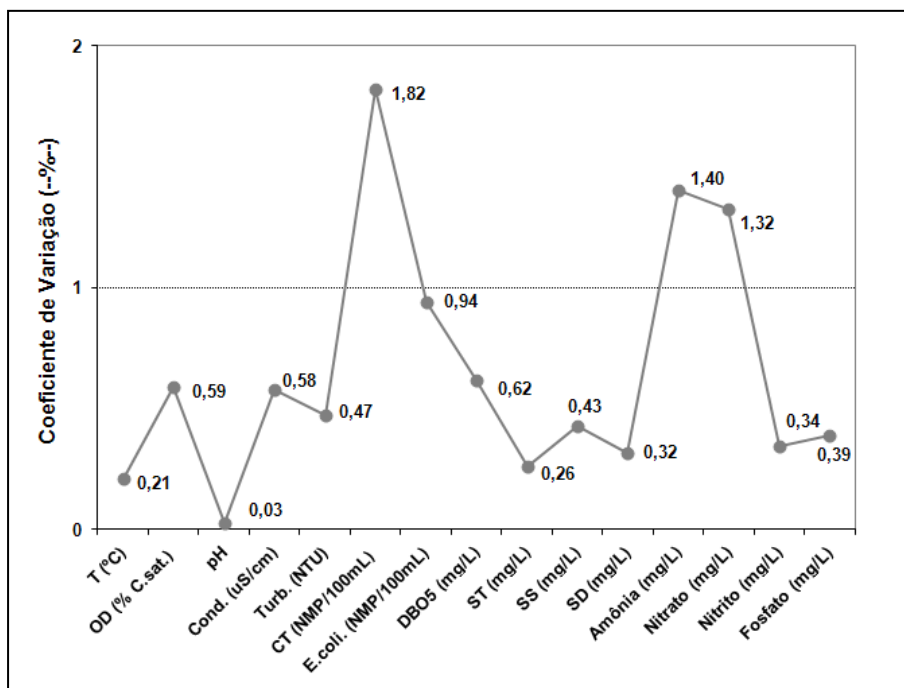


Figura 32 - Coeficiente de variação (---%) para os parâmetros de qualidade da água em tempo seco na bacia Alto da Colina.

A tabela 39 mostra os resultados estatísticos de correlação entre os parâmetros analisados em tempo seco, destacando relação de sólidos totais e sólidos dissolvidos ($r=0,97$), significativamente correlacionada. Florence et al. (2012) na cidade de Salem em Tamil Nadu na Índia analisando com correlação de Pearson em período seco encontrou a correlação de $r=0,96$ para área urbana.

A DBO_5 em relação a OD (%) teve correlação de $-0,86$ indicando que quanto maior a concentração de DBO_5 , menor a percentagem de oxigênio saturado, influenciado pela contribuição de matéria orgânica no esgoto doméstico.

Em relação aos coliformes a correlação entre *E.coli.* e coliformes totais foi de $r=0,62$, Selvakumar e Borst (2006) também encontraram correlação significativa entre os parâmetros, segundo Hathaway et al. (2010) essas relações podem ser variável entre bacias devido a sazonalidade, mas importante na determinação de valores máximos de *E.coli.* os chamados *Total Maximum Daily Loads* (TMDL).

E.coli. correlacionou-se com a condutividade ($r=0,74$), a condutividade e a temperatura ($r=0,80$) também obteve correlação significativamente positiva. Como esta bacia recebe despejos domésticos, sem tratamento estes elevam a condutividade, a concentração de coliformes, bem como a DBO_5 e a amônia.

Tabela 39 - Coeficiente de correlação de Pearson (r) para os parâmetros de qualidade da água em doze amostras de tempo seco na bacia alto da Colina.

Correlação	T (°C)	OD (%)	pH	Cond. (uS/cm)	Turb. (NTU)	CT (NMP/100mL)	<i>E.coli.</i> (NMP/100mL)	DBO ₅ (mg/L)	ST (mg/L)	SS (mg/L)	SD (mg/L)	Amônia (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Fosfato (mg/L)
T (°C)	1,00														
OD (%)	-0,76	1,00													
pH	0,49	-0,73	1,00												
Cond. (uS/cm)	0,80	-0,95	0,70	1,00											
Turb. (NTU)	-0,33	0,77	-0,57	-0,71	1,00										
CT (NMP/100mL)	0,58	-0,65	0,41	0,76	-0,72	1,00									
<i>E.coli.</i> (NMP/100mL)	0,40	-0,74	0,41	0,74	-0,77	0,62	1,00								
DBO ₅ (mg/L)	0,59	-0,86	0,45	0,79	-0,60	0,46	0,80	1,00							
ST (mg/L)	0,69	-0,50	0,53	0,60	0,05	0,27	0,26	0,46	1,00						
SS (mg/L)	-0,09	0,51	-0,22	-0,36	0,58	-0,30	-0,45	-0,22	0,09	1,00					
SD (mg/L)	0,70	-0,61	0,58	0,69	-0,09	0,34	0,37	0,50	0,97	-0,15	1,00				
Amônia (mg/L)	0,32	-0,93	0,69	0,97	-0,84	0,49	0,87	0,94	0,13	-0,56	0,35	1,00			
Nitrato (mg/L)	-0,61	0,36	0,06	-0,34	0,04	0,09	0,12	-0,40	0,10	0,23	0,03	-0,36	1,00		
Nitrito (mg/L)	0,42	-0,02	-0,03	0,07	0,22	-0,41	-0,13	0,24	0,35	0,49	0,22	0,11	-0,28	1,00	
Fosfato (mg/L)	-0,02	-0,43	0,24	0,49	-0,39	0,52	0,07	0,64	0,08	0,15	-0,14	0,37	-0,65	0,30	1,00

4.5.2 Análise das características dos eventos de precipitação

Para cálculos das cargas difusas foram adotados pontos iniciais e finais nos eventos analisados, assumindo para os mesmos a carga de poluição, de tempo seco, do dia mais próximo ao evento, com exceção do evento do dia 12/08/2008 em que a coleta foi realizada somente pelo amostrador de nível ascendente.

Os dados de vazão máxima, média e mínima (m^3/s), precipitação (mm), intensidade média da precipitação (mm/min), volume escoado (m^3) e período de tempo seco antecedente (dia) dos eventos estão apresentados na tabela 40.

Tabela 40 - Vazões máximas, mínimas e médias (m^3/s), precipitação (mm/min), volume escoado (m^3) e período tempo seco antecedente (dia) dos eventos na bacia Alto da Colina.

Data do Evento	$Q_{m\acute{a}x}$ (m^3/s)	$Q_{m\acute{i}n}$ (m^3/s)	$Q_{m\acute{e}d}$ (m^3/s)	P (mm)	$I_{m\acute{a}x}$ (mm/min)	$V_{escoado}$ (m^3)	PTSA* (dia)
13/04/2008	0,72	0,019	0,053	44,9	0,87	4,4E+04	11
28/04/2008	0,654	0,019	0,054	51,9	0,59	7,1E+04	15
28/05/2008	2,437	0,019	0,085	105,6	0,5	3,3E+04	26
09/06/2008	1,538	0,022	0,176	60,2	1,07	6,5E+04	10
26/06/2008	0,942	0,021	0,086	67,5	0,94	2,1E+04	21
12/08/2008	1,334	0,323	0,911	35,8	0,97	5,8E+03	10
04/09/2008	1,706	0,019	0,160	67,4	0,26	6,3E+04	6

*PTSA = Período de tempo seco antecedente

Os hidrogramas dos eventos analisados encontram-se no Apêndice D (Figura 1 a 7).

Com os dados dos hidrogramas, pode-se combinar os parâmetros de qualidade analisados em cada evento chuvoso produzindo um conjunto de hidrogramas e polutogramas inseridos no Apêndice D (Figura 8 a 14).

No polutograma (Figura 33) observou-se que o pico das concentrações dos poluentes DBO_5 , coliformes totais, sólidos totais e sólidos dissolvidos no evento do dia 28/05/2008, ocorreu antes do pico de vazão, característico da carga de lavagem. Segundo análise de Brites e Gastaldini (2007) na bacia urbanizada Cancela o efeito

da carga de lavagem apresenta variações entre os parâmetros e eventos, demonstrando a variabilidade na ocorrência e intensidade do fenômeno.

A carga de lavagem também ocorreu no evento no dia 28/04/2008 para DBO₅, sólidos totais, sólidos suspensos e coliformes totais. No evento do dia 09/06/2008 para sólidos totais e sólidos suspensos, e no evento do dia 12/08/2008 para coliformes totais, sólidos totais e sólidos suspensos.

Jung et al. (2008) analisaram dois solos de características distintas: agrícola e autoestrada na bacia do rio Han na Coreia, ocorrendo a carga de lavagem na auto estrada, mesmo em pequenos eventos o mesmo não aconteceu na área agrícola, concluindo que a ocorrência depende de fatores como a hidrologia local e uso da terra devendo ser considerado na seleção das *Best Management Practices* (BMPs).

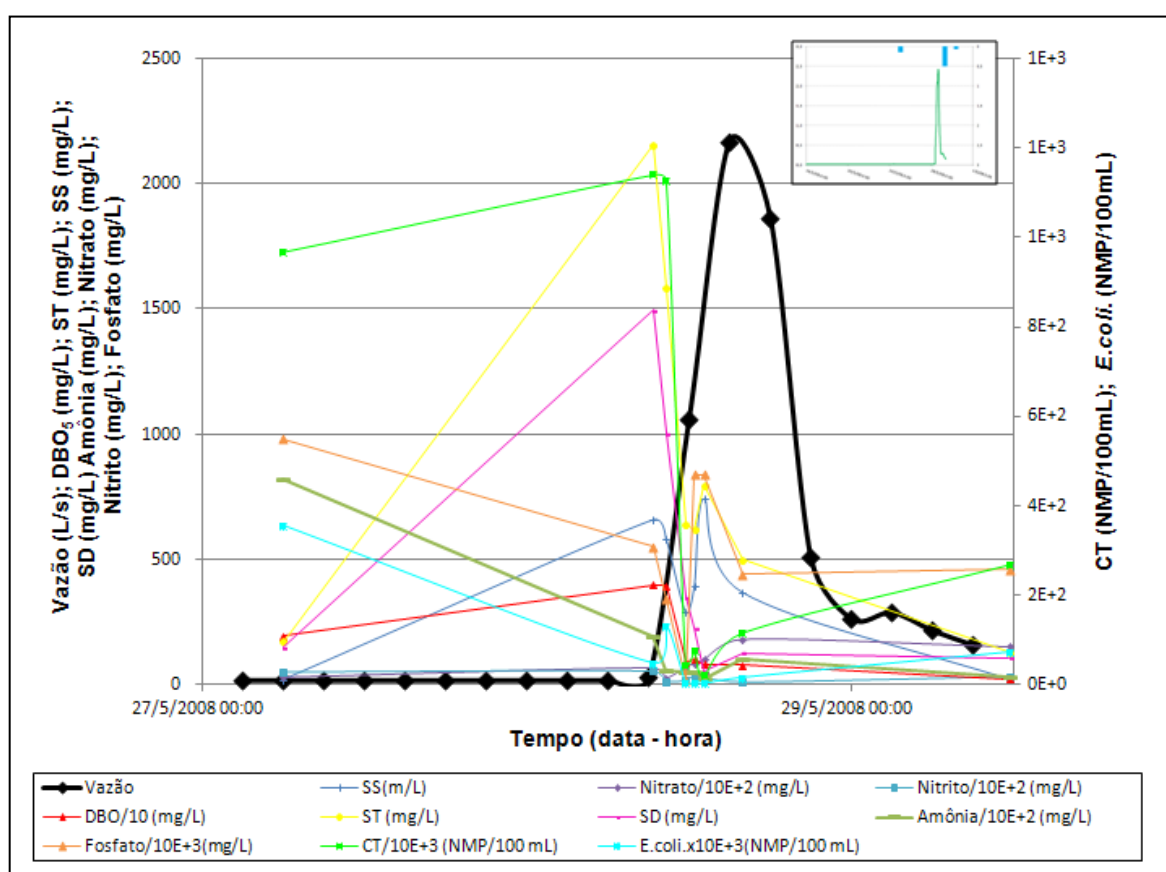


Figura 33 - Variação temporal da vazão e dos parâmetros de qualidade da água (polutograma) analisados no evento do dia 29/05/2012 na bacia Alto da Colina.

A tabela 41 contém os resultados da concentração média dos eventos para os parâmetros de qualidade amostrados.

Alguns parâmetros, foram descartados devido ao período muito longo de dias antecedentes secos e ao fato de que há um efeito de diluição significativa nos períodos de chuvas. Em função disso os valores das concentrações médias dos eventos foram negativos, fato este também encontrado por Metadiér e Bertrand-Krajewski (2012) analisando duas bacias: Chassieu (263 eventos) e Ecully (239 eventos) em Lyon na França no período de cinco anos de medição.

Analisando o conteúdo orgânico, DBO_5 , dos eventos observou-se que ocorreu uma variabilidade nos valores das CMEs, sendo que o valor máximo supera, aproximadamente sete vezes o mínimo, variabilidade também encontrada por Huang et al. (2007) analisando 5 eventos de precipitação, em bacia urbanizada com 0,14 Km^2 de área na cidade de Macau. O evento do dia 09/06/2008 de máxima concentração de DBO_5 , teve intensidade de precipitação alta o que elevou a contribuição de matéria orgânica no curso d'água.

Tabela 41 - Concentração média dos eventos, CME, para os parâmetros de qualidade da água, na bacia hidrográfica Alto da Colina.

Evento	DBO_5 (mg/L)	CT (NMP/100mL)	<i>E.coli.</i> (NMP/100 mL)	ST (mg/L)	SS (mg/L)	SD (mg/L)	P (mm)	Q (m^3/s)
13/04/2008	41	2,1E+06	2,0E+05	981,8	699,2	282,7	44,93	0,72
28/04/2008	32	1,2E+06	8,4E+04	869,8	568,0	301,7	51,87	0,654
28/05/2008	37	1,0E+06	2,5E+04	2050,0	656,1	1393,8	105,63	2,437
09/06/2008	5	-	-	914,1	645,9	268,1	60,12	1,538
26/06/2008	11	9,7E+04	1,4E+04	778,9	316,9	260,0	67,5	0,942
12/08/2008	6	1,7E+05	5,0E+04	928,1	0,2	373,8	35,78	1,334
04/09/2008	8	1,1E+05	2,3E+04	-	1497,1	-	67,24	1,706
MÉDIA	20	4,1E+05	4,35E+04	1087,11	626,20	480,02	61,87	1,33
MEDIANA	11	5,8E+05	3,76E+04	921,09	645,90	292,20	60,12	1,33
D.PADRÃO	15	8,2E+05	7,11E+04	476,58	457,52	449,54	22,53	0,63

A concentração de coliformes totais (9,7E+04 - 2,1E+06 NMP/100 mL) e *E.coli.* (1,4E+04 a 2E+05 NMP/100 mL) teve pequena faixa de variação. O parâmetro *E.coli.* (2E+05 NMP/100 mL) no dia 13/04/2008, durante o evento teve concentração elevada no tempo seco, no pico da vazão e temperatura elevada (20 –

24°C). A mesma discussão Brites e Gastaldini (2007) teve em análise na bacia urbanizada Cancela com valores médios ainda maiores de CME de $1,2E+07$ a $1,7E+06$ NMP/100 mL.

Analisando a densidade de *E.coli.* com os sedimentos An, Kampbell e Breidenbach (2002) não encontraram uma correlação significativa, no entanto, concluíram que no verão com aumento da temperatura, aumenta a concentração de coliformes na área urbana. As concentrações são similares as encontradas por Selvakumar e Borst (2006). Ainda, neste sentido, Hathaway et al. (2010) em estudo com 20 eventos em área residencial, analisaram concentrações significativamente menores de coliformes no inverno.

Os parâmetros sólidos totais, suspensos e dissolvidos apresentaram concentrações elevadas e variáveis entre os eventos, destaque para o evento do dia 28/05/2008 que devido a maior precipitação e vazão elevada, carrou maior quantidade de sedimentos. Jung et al. (2008) ainda cita que a maior quantidade de sedimentos em suspensão ocorre nas duas primeiras horas de escoamento, o que também ocorreu neste evento, com concentração elevada dos três parâmetros nas primeiras horas do escoamento.

Em relação a CME para os nutrientes (Tabela 42) analisou-se que a concentração de amônia, nitrato e fóstato é elevada no ambiente urbano devido a presença de efluentes domésticos. Zhang et al. (2012) citam que a contaminação tem correlação espacial positiva com o uso do solo, resultados indicam que com aumento da precipitação e o impacto da utilização da terra a poluição é maior. Embora o nitrogênio e o fósforo sejam nutrientes essenciais que regulam muitas funções celulares, uma superabundância destes nutrientes pode causar crescimento da população de plantas aquáticas levando a problemas como mortandade de peixes (GUSMÁN et al., 2012).

Tabela 42 - Concentração média dos eventos, CME, para nutrientes, na bacia hidrográfica Alto da Colina.

Evento	Amônia (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Fosfato (mg/L)	P (mm)	Q (m³/s)
13/04/2008	-	-	-	-	44,93	0,72
28/04/2008	-	-	-	-	51,87	0,654
28/05/2008	1,34	0,81	0,52	0,51	105,63	2,437
09/06/2008	-	0,58	0,06	0,31	60,12	1,538
26/06/2008	0,28	1,22	0,74	0,77	67,5	0,942
12/08/2008	-	-	-	-	35,78	1,334
04/09/2008	1,03	1,61	0,15	0,36	67,24	1,706
MÉDIA	0,88	1,06	0,37	0,49	61,87	1,33
MEDIANA	1,03	1,02	0,34	0,44	60,12	1,33
D.PADRÃO	0,55	0,45	0,32	0,21	22,53	0,63

4.5.3 Análise do escoamento superficial na bacia

Com os parâmetros de CME e dados hidrológicos de vazões médias, máximas e mínimas (m³/s), volume escoado (m³), precipitação (mm) e período tempo seco antecedente pode-se correlacionar com análise de correlação de Pearson (r). A tabela 43 detalha os valores estatísticos na matriz de correlação.

Os sólidos totais correlacionaram-se com as vazões máximas ($r=0,85$), a precipitação ($r=0,83$) e volume escoado ($r=0,96$), evidenciando que a medida que aumenta a precipitação, aumenta o volume escoado, aumentando a concentração de sedimentos no curso d'água.

A amônia teve correlação significativa com os parâmetros sólidos totais ($r=1,000$), sólidos dissolvidos ($r=1,00$), vazões máximas ($r=0,98$), volume escoado ($r=0,81$), *E.coli.* ($r=1,00$) e negativa com a vazão mínima ($r=-0,96$). Huang et al. (2007) analisando bacia urbanizada, encontrou forte correlação de nitrogênio total com a carga de lavagem, diferente da bacia Alto da Colina que a amônia somente apresentou carga de lavagem no evento do dia 04/09/2008.

Hathaway e Hunt (2011) avaliaram 20 eventos de precipitação na Carolina do Norte (USA) em área urbana, correlacionando a área com a concentração média de coliformes totais e *Escherichia coli*, os resultados do estudo indicaram que o

escoamento apresentou risco potencial à saúde pública devido a níveis elevados de bactérias indicadoras de todas as partes do evento.

Houve correlação significativa entre os parâmetros precipitação e sólidos totais ($r=0,83$) e sólidos dissolvidos ($r=0,85$).

Em relação ao período de tempo seco antecedente os sólidos totais ($r= 0,97$), sólidos dissolvidos ($r=0,96$), precipitação ($r=0,88$) e amônia ($r=0,81$) tiveram correlação forte significativa. Lee et al. (2011) analisando uma auto estrada urbana na Coréia do Sul durante o período de 2007 a 2009, os hidrogramas resultantes e polutogramas indicaram o pico dos poluentes após os 20 minutos de precipitação, e dependente do período seco antecedente e da intensidade da precipitação.

Tabela 43 - Correlação de Pearson (r) para os parâmetros hidrológicos e concentração média dos sete eventos na bacia Alto da Colina.

Correlação	Q máx m ³ /s	Q mín m ³ /s	Q méd m ³ /s	P mm	Vol. Esc m ³	PTSA dias	DBO ₅ mg/L	CT NMP/100 mL	<i>E.coli</i> NMP/100 mL	ST mg/L	SS mg/L	SD mg/L	Amonia mg/L	Nitrato mg/L	Nitrito mg/L	Fosfato mg/L
Q máx (m ³ /s)	1,00															
Q mín (m ³ /s)	0,00	1,00														
Q méd (m ³ /s)	0,07	0,99	1,00													
P (mm)	0,76	-0,51	-0,49	1,00												
Vol. Esc (m ³)	0,39	-0,25	-0,32	0,76	1,00											
PTSA (dias)	0,76	-0,32	-0,33	0,88	0,76	1,00										
DBO ₅ (mg/L)	-0,10	-0,40	-0,51	0,25	0,47	0,51	1,00									
CT (NMP/100 mL)	-0,30	-0,37	-0,45	-0,08	0,08	0,21	0,92	1,00								
<i>E.coli.</i> (NMP/100 mL)	-0,56	-0,11	-0,18	-0,50	-0,32	-0,24	0,64	0,88	1,00							
ST (mg/L)	0,85	-0,17	-0,17	0,83	0,77	0,97	0,49	0,16	-0,26	1,00						
SS (mg/L)	0,28	-0,61	-0,53	0,32	-0,29	0,18	0,05	0,05	-0,02	0,35	1,00					
SD (mg/L)	0,86	-0,12	-0,13	0,85	0,82	0,96	0,43	0,03	-0,38	0,99	0,25	1,00				
Amônia (mg/L)	0,98	-0,96	0,22	0,72	0,14	0,81	0,66	0,73	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00			
Nitrato (mg/L)	-0,27	-0,53	-0,02	-0,21	-0,36	-0,38	-0,26	-0,87	-0,21	-0,26	0,60	-0,17	-0,30	1,00		
Nitrito (mg/L)	-0,21	-0,12	-0,95	0,41	0,77	0,18	0,46	0,13	-0,65	0,10	-0,64	0,19	-0,58	0,11	1,00	
Fosfato (mg/L)	-0,45	0,04	-0,85	0,17	0,60	-0,07	0,22	-0,17	-0,84	-0,17	-0,65	-0,08	-0,79	0,19	0,96	1,00

4.5.4 Carga difusa do escoamento superficial

A tabela 44 contém os dados de massa poluente transportada, o evento do dia 28/05/08 teve as maiores massas transportadas de DBO₅, coliformes totais, sólidos totais, sólidos suspensos e sólidos dissolvido, sendo o evento de maior precipitação.

Tabela 44 - Massa poluente acumulada, transportada durante os sete eventos analisados na bacia hidrográfica Alto da Colina.

Evento	DBO ₅ (g)	CT (NMP)	<i>E.coli.</i> (NMP)	ST (g)	SS (g)	SD (g)	P (mm)	Q (m ³ /s)
13/04/2008	1,8E+06	9,3E+10	8,8E+09	4,3E+07	3,1E+07	1,2E+07	44,93	0,72
28/04/2008	2,2E+06	8,4E+10	5,9E+09	6,2E+07	4,0E+07	2,1E+07	51,87	0,654
28/05/2008	1,2E+07	3,3E+11	8,2E+09	6,7E+08	2,1E+08	4,6E+08	105,63	2,437
09/06/2008	3,7E+05	-	-	5,1E+07	4,0E+07	1,1E+07	60,12	1,538
26/06/2008	2,3E+05	2,1E+09	2,9E+08	1,6E+07	6,7E+06	5,5E+06	67,5	0,942
12/08/2008	3,4E+04	9,6E+08	2,9E+08	5,3E+06	1,1E+03	2,2E+06	35,78	1,334
04/09/2008	5,1E+05	7,2E+09	1,4E+09	-	9,4E+07	-	67,24	1,706
MÉDIA	2,4E+06	1,8E+10	1,9E+09	1,4E+08	6,1E+07	8,6E+07	61,87	1,33
MEDIANA	5,1E+05	4,6E+10	3,7E+09	5,2E+07	4,0E+07	1,5E+07	60,12	1,33
D.PADRÃO	4,3E+06	1,3E+11	3,9E+09	2,6E+08	7,4E+07	1,8E+08	22,53	0,63

A massa de nutrientes transportada na bacia Alto da Colina encontra-se na tabela 45, o evento do dia 28/05/2008 de maior precipitação apresentou maior massa de todos os nutrientes.

Na estimativa da carga difusa somou-se a massa de poluentes dos eventos ocorridos no período monitorado e dividiu-se pelo intervalo de tempo, deste período, resultando a carga difusa transportada difusamente pela drenagem pluvial da área de estudo.

Considerou-se a área da bacia de 2,02 km², período monitorado de 154 dias. A população da bacia de aproximadamente 1800 habitantes estimado em função do de 360 residências considerando 5 habitantes por moradia. A tabela 46 expressa os valores para a carga difusa determinada na bacia de estudo em função da área e do número de habitantes.

Tabela 45 - Massa de nutrientes, transportada durante os eventos analisados na bacia hidrográfica Alto da Colina.

Evento	Amônia (g)	Nitrato (g)	Nitrito (g)	Fosfato (g)	P (mm)	Q (m³/s)
13/04/2008	-	-	-	-	44,93	0,72
28/04/2008	-	-	-	-	51,87	0,654
28/05/2008	4,4E+05	2,6E+05	1,7E+05	1,7E+05	105,63	2,437
09/06/2008	-	4,0E+04	4,1E+03	2,2E+04	60,12	1,538
26/06/2008	5,9E+03	2,6E+04	1,6E+04	1,6E+04	67,5	0,942
12/08/2008	-	-	-	-	35,78	1,334
04/09/2008	6,5E+04	1,0E+05	1,5E+04	2,3E+04	67,24	1,706
MÉDIA	1,7E+05	1,1E+05	5,1E+04	5,7E+04	61,87	1,33
MEDIANA	6,5E+04	7,1E+04	1,6E+04	2,2E+04	60,12	1,33
D.PADRÃO	2,3E+05	1,1E+05	7,9E+04	7,3E+04	22,53	0,63

A carga poluente de DBO₅ foi de 202 kg/ha/ano, sete vezes maior em relação a carga encontrada por Brites e Gastaldini (2007) avaliaram a carga na mesma bacia Alto da Colina em 2007 de 30,4 kg/ha/ano. Como também a DBO₅ é maior do que as demais bacias estudadas. Com relação aos coliformes totais em função da área e do número de habitantes os valores analisados foram menores aos anos anteriores descritos por Brites e Gastaldini (2007).

Tabela 46 - Carga difusa transportada pelo escoamento superficial na bacia hidrográfica Alto da Colina.

Parâmetro	Função da área da bacia (kg/ha/ano)	Função do número de habitantes (kg/hab/ano)
DBO ₅	202	23
Coliformes Totais	6,1E+9*	6,8E+8**
<i>Escherichia coli</i>	2,9E+8*	3,3E+7**
ST	1,1E+4	1,1E+06
SS	5,1E+3	5,7E+05
SD	6,5E+3	6,8E+02
Amônia	5,97	0,67
Nitrito	2,35	0,26
Nitrato	5,05	0,57
Fosfato	2,66	0,30

* organismos/ha/ano

**organismos/hab/ano

A carga difusa de sólidos totais em função da área foi de $1,1E+4$ kg/ha/ano superior ao analisado por Brites e Gastaldini (2007) de $1,8E+3$ kg/ha/ano.

Em relação aos sólidos suspensos a carga difusa foi de $5,1E+03$ kg/ha/ano e $5,7E+05$ kg/hab/ano.

A figura 34 ilustra a carga difusa (kg/ha/ano) dos parâmetros de qualidade da água na bacia Alto da Colina.



Figura 34 - Carga difusa (Kg/ha/ano) e parâmetros de qualidade na bacia Alto da Colina.

4.6 Comparação da carga de poluição difusa em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos

As bacias hidrográficas no rio Vacacaí Mirim no município de Santa Maria-RS apresentaram usos e ocupações do solo distintos. Os diferentes usos e áreas influenciaram nas variações das cargas poluidoras difusas (Tabela 47).

A bacia hidrográfica Rancho do Amaral com características de área de preservação natural apresentou a mesma carga orgânica da bacia Menino Deus II

de maior área. Em relação aos sólidos, nitrato e nitrito foi superior a bacia Menino Deus II e também superior a Menino Deus IV de área quatro vezes maior.

Em compensação a bacia Alto da Colina de menor área e maior número de habitantes em relação às demais apresentou elevada carga difusa em todos os parâmetros, influenciada pela área urbana e contribuição do esgoto *in natura* na região.

Tabela 47 - Carga difusa (kg/ha/ano) nas bacias hidrográficas Rancho do Amaral, Menino Deus II, Menino Deus IV e Alto da Colina.

Parâmetro	Carga difusa (kg/ha/ano)			
	RANCHO DO AMARAL	MENINO DEUS II	MENINO DEUS IV	ALTO DA COLINA
DBO ₅	9	9	17,5	201
Coliformes Totais	2,50E+05*	1,6E+05*	3,2E+05*	6,1E+09*
<i>E.coli.</i>	4,20E+04*	5,9E+04*	4,0E+04*	2,9E+08*
ST	589	241,8	376	1,1E+04
SS	402	67,5	253	5,1E+03
SD	183	174,8	75,5	6,5E+03
Amônia	0,73	-	-	5,97
Nitrato	1,13	0,25	0,27	2,35
Nitrito	0,57	0,01	0,02	5,05
Fosfato	0,60	0,09	1,03	2,66
Cobre	-	2,0E-05	1,0E-05	-
Níquel	-	3,0E-05	3,0E-05	-
Chumbo	-	6,8E-05	7,0E-05	-
Zinco	-	1,8E-04	1,0E-05	-
Área Km²	4,50	5,03	18,00	2,02

*organismos/ha/ano

A bacia MDIV com área maior (18,6 km²) e maior porcentagem de campo (37%) influenciaram na elevada carga difusa de DBO₅, coliformes totais e fosfato devido à ausência da cobertura vegetal na área de campo.

A figura 35 ilustra a variação das cargas difusas (kg/ha/ano) nas bacias hidrográficas Rancho do Amaral, Menino Deus II, Menino Deus IV e Alto da Colina. A bacia Alto da Colina destacou-se em todos os parâmetros devido a influência de 17,4% de área impermeabilizada, 50% de área agrícola e número de habitante.

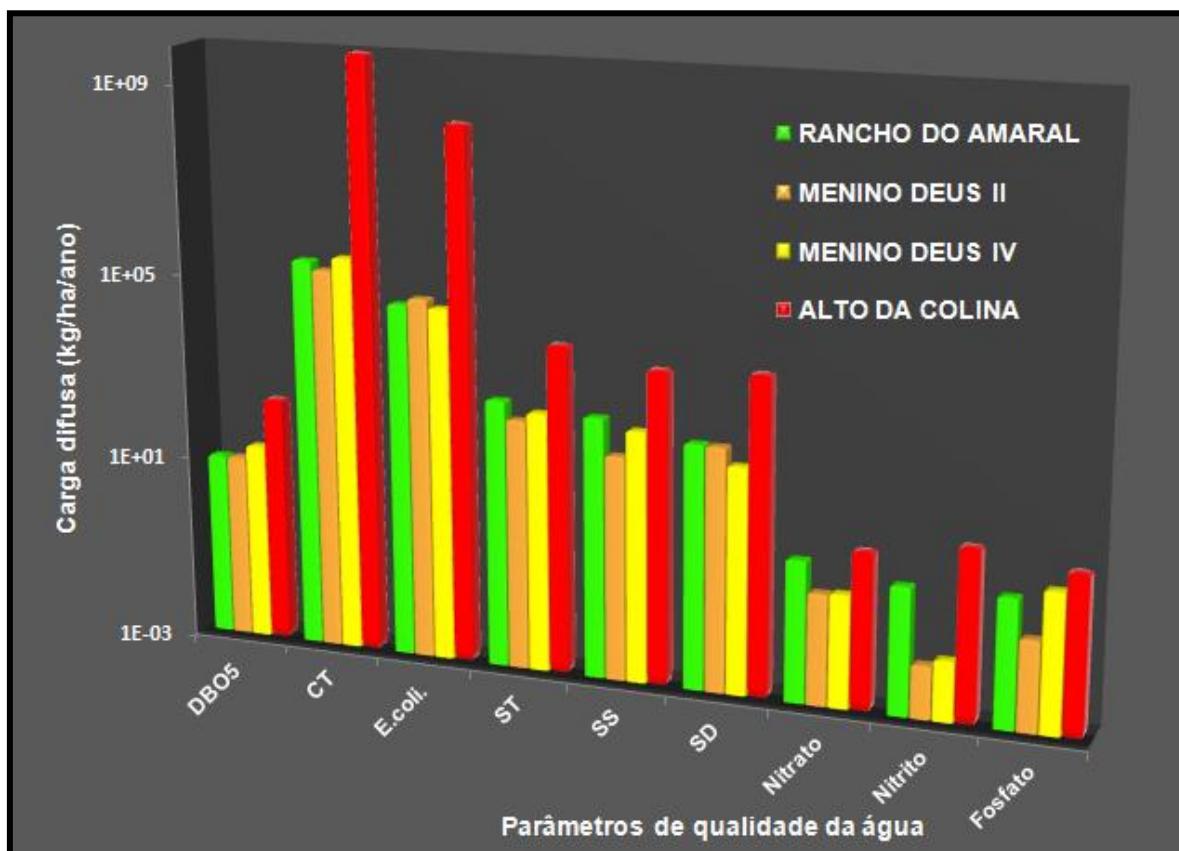


Figura 35 - Carga difusa (kg/ha/ano) dos parâmetros de qualidade da água nas bacias Rancho do Amaral, Menino Deus IV, Menino Deus II e Alto da Colina.

A área urbana por apresentar maior quantidade de poluentes tais como: efluentes domésticos, resíduos sólidos, resíduos da deposição atmosférica, e todos os outros poluentes citados anteriormente teve influência superior em todos os parâmetros de qualidade da água analisados. Comprovou-se que o uso do solo e as às atividades antrópicas influenciam na qualidade da água analisada.

As bacias com maior porcentagem de mata nativa, menor escoamento superficial, pois as raízes auxiliaram a descompactar o solo, aumentando a porosidade e juntamente com a água elementos químicos provenientes de poluição difusa são infiltrados ou parte escoados para os rios. A cobertura vegetal proporcionou uma barreira física ao escoamento.

O uso e ocupação do solo foram fatores determinantes na qualidade hídrica dos cursos d'água, devido ao escoamento superficial, que carregou todo e qualquer tipo de material presente sobre a superfície de área urbana às áreas de drenagem.

A urbanização e o aumento de áreas impermeáveis auxiliaram no transporte de sedimentos mais rápido ao corpo receptor, carregando também os mais diferentes poluentes agregados aos sedimentos ali presentes.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

No presente estudou avaliou-se a carga de poluente de bacias hidrográficas com diferentes áreas, cobertura vegetal, uso agrícola e urbano na bacia hidrográfica do Vacacaí Mirim, localizadas no município de Santa Maria-RS.

A qualidade da água foi analisada por meio de coletas em períodos de tempo seco e úmido, possibilitando a obtenção da carga poluente do escoamento superficial e a correlação com as variáveis hidrológicas dos períodos analisados. As análises físico-químicas, microbiológicas e de metais são indicativos de qualidade da água em rios. Considerando o uso e ocupação do solo essas análises mostram que a bacia Alto da Colina interfere de maneira acentuada e negativa na qualidade da água do rio Vacacaí Mirim, com intensa degradação do rio, ultrapassando os limites estabelecidos pela Classe IV segundo a Resolução CONAMA 357/05.

A bacia Rancho do Amaral com área de 4,5 km², o uso do solo apresentou maior porcentagem de mata nativa (47,6%) e campo (39,4%). Referente as concentrações de poluentes os parâmetros estão dentro dos limites estabelecidos pela Classe II da resolução CONAMA 357/05.

A bacia hidrográfica Alto da Colina com área de 2,02 km² e população de 1800 habitantes, comparando com as demais bacias apresentou concentrações elevadas de todos os poluentes, sendo ela a bacia de menor área.

A concentração média dos poluentes nos eventos mostrou tendência a aumentar com a precipitação e com a intensidade de precipitação. O período seco antecedente apresentou correlação significativa com sólidos totais, sólidos dissolvidos e amônia na bacia urbanizada Alto da Colina. Com relação a análise estatística todas as bacias tiveram correlação significativa forte entre *Escherichia coli* e coliformes totais, no entanto, a bacia Alto da Colina com maior contribuição de efluente doméstico, o coeficiente de Pearson foi o superior de $r=0,97$.

O número de coliformes num corpo hídrico não é constante, tendo a variar com o período de precipitação e estiagem, o efeito de diluição pode ser efetivo, entretanto, a pesquisa demonstrou que com a intensidade da chuva aumenta o número de coliformes em comparação a períodos com ausência de precipitação.

Os polutogramas evidenciaram a variabilidade dos poluentes em relação à vazão e maior carga de lavagem em área urbana. A diferença na carga poluente deve-se ao processo de degradação elevada devido às atividades antrópicas, como urbanização, agricultura e efluente doméstico.

Este trabalho contribuiu para o entendimento da problemática da poluição difusa na geração de cargas poluidoras. Aconselha-se o seguimento do trabalho com uso de modelos qualitativos, tal como, *ArcView Generalized Watershed Loading Function* (AVGWLF), para comparação entre as concentrações para diferentes sub-bacias e definição das prioridades de ações no controle da poluição difusa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADACHI, K.; TAINOSHO, Y. Characterization of heavy metal particles embedded in tire dust. **Environment International**, v.30, p. 1009-1017, 2004.

ADDO, M. A.; DARKO, E. O.; GORDON, C.; NYARKO, B. J. B.; GBADAGO, J. K. Heavy metal concentrations in road deposited Dust at Ketu-South district, Ghana. **International Journal of Science and Technology**, v.2, n.1, p. 28-39, 2012.

ALBUQUERQUE, E.; OLIVEIRA, G. Impacts of diffuse pollution on water resources. In: 12th International Conference on Urban Drainage. **Anais...** ABRH/IWA: Porto Alegre-RS, 2011.

AN, Y. J.; KAMPBELL, D. H.; BREIDENBACH, G. P. Escherichia coli and total coliforms in water and sediments at lake marinas. **Environmental Pollution**, v.120, n.3, p. 771-778, 2002.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS 2011. Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/projetos/QualidadeAgua.aspx>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

APHA; AWWA; WPCF. **Standard Methods for the Examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington D.C., 1995.

ARYAL, R. K; LEE, B. K. Characteristics of Suspended Solids and Micropollutants in First-Flush Highway Runoff. **Water Air Soil Pollut: Focus**, v. 9, p. 339-346, 2009.

AUDRY, S.; SCHAFER, J.; BLANC, G.; BOSSY, C.; LAVAUX, G. Anthropogenic components of heavy metal (Cd, Zn, Cu, Pb) budgets in the Lot-Garonne fluvial system (France). **Applied Geochemistry**, v.19, p. 769-786, 2004.

AYDIN, N. S.; WONG, C. S. C.; AYDIN, A.; SONG, Z.; YOU, M.; LI, X. D. Heavy metal contamination and distribution in the urban environment. **Environmental Geochemistry and Health**, v.28, p. 375-391, 2006.

BACK, A. J. Medidas de medição de vazão com molinete hidrométrico e coleta de sedimentos em suspensão. Boletim Técnico nº130. EPAGRI, Florianópolis – SC, 2006, 58p.

BECOUCHE-LAREURE, C.; DEMBÉLÉ, A.; CREN-OLIVÉ, C. BERTRAND-KRAJEWSKI, J. L. Mass balances of priority pollutants from different sources in urban wet weather discharges. In: 12th International Conference on Urban Drainage. **Anais...** ABRH/IWA: Porto Alegre-RS, 2011.

BONUMÁ, N. B; GASTALDINI, M.C.C. Assessment of diffuse pollution load resulting from the implementation of mining operations in the Lageado Grande Watershed, RS, Brazil. In: 11th International Conference on Diffuse Pollution and the 1st Joint Meeting of the IWA Diffuse Pollution and Urban Drainage Specialist Groups, 2007. **Anais...** IWA: Belo Horizonte - MG, 2007.

BRITES, A. P. Z. GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da carga de poluente no sistema de drenagem de duas bacias hidrográficas urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n.4, Out/Dez, p. 211-221, 2007.

BRUNNER, P. H. Reshaping Urban Metabolism. **Journal of Industrial Ecology**, v.11, n.2, p. 11-13, 2008.

BURCH, G. J.; BATH, R. K.; MOORE, I. D.; O'LOUGHLIN, E. M. Comparative hydrological behavior of forested and cleared catchments in southeastern Australia. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.90, n.1, p. 19-42, 1987.

CAMPOS, M. L.; SILVA, F. N.; NETO, A. E. F.; GUIMARÃES, L. R.; MARQUES, J. J.; ANTUNES, S. A. Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p. 361-367, 2005.

CARPENTER, S. R.; CARACO, N. F.; CORRELL, D. L.; HOWARTH, R. W.; SHARPLEY, A. N.; SMITH, V. H. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. **Ecological Applications**, Washington, v.8, n.3, p. 559-568, 1998.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, v.1, Série relatórios. 2003. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/agua_geral.asp>. Acesso em: 10 jun. 2012.

CHARLESWORTH, S. M.; EVERETT, M.; MCCARTHY, R.; ORDÓÑEZ, A.; MIGUEL, E. A Comparative Study of Heavy Metal Concentration and Distribution in Deposited Street Dusts in a Large and a Small Urban Area: Birmingham and Coventry, West Midlands, UK. **Environment International**, v.29, n.1, p. 563-573, 2003.

CHOE, J. S.; BANG, K. W.; LEE, J. H. Characterization of Surface Runoff in Urban Areas. **Water Science and Technology**, v.45, n. 9, p. 249-254, 2002.

CHON, H.; OHANDJA, D.; VOULVOULIS, V. The role of sediments as a source of metals in river catchments. **Chemosphere**, v.437, p. 42-52, 2012.

DIOGO, P.; COELHO, P.; ALMEIDA, M.; RODRIGUES, A. C. Phosphorus sources and reservoir eutrophication in Portugal. In: 11th International Specialized Conference on Diffuse Pollution and Sustainable Basin Management. **Anais...** ABRH/IWA: Belo Horizonte, 2007.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**: dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 19 set. 2010.

COX, J. W.; OLIVER, D. P.; FLEMING, N. K.; ANDERSON, J. K. Off-site transport of nutrients and sediment from three main land-uses in the Mt Lofty Ranges, South Australia. **Agricultural Water Management**, v.106, p. 50-59, 2012.

CRESPO, P. P. **Estatística fácil**. São Paulo: Saraiva, 2005.

DALCANALE, F. **Simulação de cargas difusas em bacias rurais**. 2001.110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Escola Politécnica de São Paulo, 2001.

DAVIS, A. P.; SHOKOUHIAN, M.; NI, S. Loading estimates of lead, copper, cadmium and zinc in urban runoff from specific sources. **Chemosphere**, v.44, p. 997-1009, 2001.

DEFRA - DEPARTAMENT FOR ENVIRONMENTAL FOOD AND RURAL AFFAIRS. **Catchment Sensitive Farming**. Reino Unido, 2012. Disponível em: <<http://www.defra.gov.uk/food-farm/land-manage/nitrates-watercourses/csf/>>. Acesso em: 10 ago. 2012.

DE LUCCA, S. J.; MILANO, L. B.; IDE, C. N. Rain and urban stormwater quality. **Water Science and Technology**, Kyoto, v.23, p. 133-140, 1991.

EA - ENVIRONMENTAL AGENCY. **Diffuse water pollution**: Diffuse water pollution in England and wales report. Reino Unido, 2007. Disponível em:

<<http://www.environment-agency.gov.uk/research/library/publications/33983.aspx>>. Acesso em: 17 ago. 2012.

EEA - EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Diffuse Sources**. Londres, 2008. Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/themes/water/water-pollution/diffuse-sources>>. Acesso em: 15 ago. 2012.

ELLIS, J. B.; REVITT, D. M. Quantifying Diffuse Pollution Sources and Loads for Environmental Quality Standards in Urban Catchments. **Water, Air, & Soil Pollution: Focus**, Londre, UK, v.8, n.5-6, p. 577-585, 2008.

EPA - ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY **Preliminary Data Summary of Urban Storm Water Best Management Practices**. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, EPA-821-R-99-012. 1999.

FECHNER, L. C.; GOURLAY-FRANCÉ, C.; BOURGEAULT, A.; MARIE-HÉLÈNE, T. Diffuse urban pollution increases metal tolerance of natural heterotrophic biofilms. **Environmental Pollution**, v.162, p. 311-318, 2012.

FLORENCE, P. L.; PAULRAJ, A.; RAMACHANDRAMOORTHY, T. Water quality index and correlation study for the assessment of water quality and its parameters of Yercaud Taluk, Salem District, Tamil Nadu, India. **Chemical Science Transactions**, v.1, n.1, p. 139-149, 2012.

FRANCEY, M. FLERCHR, T. M.; DELETIC, A.; DUNCAN, H. New Insights into the Quality of Urban Storm Water in South Eastern Australia. **Journal of Environmental Engineering**, v.136, n.4, p. 381-390, 2010.

GHAFOURI, M. SWAIN, C. E. Spatial Analysis of Urban Stormwater Quality. **Journal of Spatial Hydrology**, v. 5, n.1, p. 33-46, 2005.

GIASANTE, A. E. Avaliação de cargas poluidoras difusas para planejamento ambiental em bacias hidrográficas: aplicação na Bacia do Ribeirão Piraí, SP. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais... AIDIS**: Montivideo-UY, 2006.

GNECCO, I.; BERRETTA, C.; LANZA, L. G.; BARBERA, P. L. Storm water pollution in the urban environment of Genoa, Italy. **Atmospheric research**, v.77, p. 60-73, 2005.

GUSMÁN, G. T. N.; HAPEMAN, C. J.; PRABHAKARA, K.; CODLING, E. E.; SHELTON, D. R.; RICE, C. P.; HIVELY, W. D.; MCCARTY, G. W.; LANG, M. W.; TORRENTS, A. Potential pollutant sources in a Choptank River (USA) subwatershed and the influence of land use and watershed characteristics. **Science of the Total Environment**, v.430, p. 270-279, 2012.

GROMAIRE, M. C.; GARNAUD, S.; SAAD, M.; CHEBO, G. Contribution of different sources to the pollution of wet weather flows in combined sewers. **Water Researches**, v.35, n.2, p. 521-533, 2001.

HATHAWAY, J. M.; HUNT, W. F.; ASCE, M.; SIMMONS, O. D. Statistical Evaluation of Factors Affecting Indicator Bacteria in Urban Storm - Water Runoff. **Journal of Environmental Engineering**, v.136, p. 1360-1368, 2010.

HATHAWAY, J. M.; HUNT, W.F. Evaluation of First Flush for Indicator Bacteria and Total Suspended Solids in Urban Stormwater Runoff. **Water Air Soil Pollut**, v. 217, p. 135-147, 2011.

HUANG, J.; DU, P.; AO, C.; LEI, M.; ZHAO, D.; HO, M.; WANG, Z. Characterization of surface runoff from a subtropics urban catchment. **Journal of Environmental Sciences**, n.19, p. 148-152, 2007.

IDREES, F. A. Assessment of trace metal distribution and contamination in surface soils of Amman. **Jordan Journal of Chemistry**, v.4, n.1, p. 77-87, 2009.

JOSHI, U. M.; BALASUBRAMANIAN, R. Characteristics and environmental mobility of trace elements in urban runoff. **Chemosphere**, v.80, p. 310-318, 2010.

JUNG, Y. J.; STENSTROM, M. K.; JUNG, D. I.; KIM, L. H.; MIN, K. S. National pilot projects for management of diffuse pollution in Korea. **Desalination**, v.226, p. 97-105, 2008.

KANG, H.; KANG, H.; LEE, J.; YANG, K. Estimation of Pollution Loading of Non-Point Source in Expressway. In: 40th Expressway transportation research institute. **Anais...** Expressway: Korea, 2012.

KIM, G.; CHOE, E.; LEE, D. Diffuse and point pollution impacts on the pathogen indicator organism level in the Geum River, Korea. **Science of the Total Environment**, n.350, p. 94-105, 2005.

KIM, G.; YUR, J.; KIM, J. Diffuse pollution loading from urban stormwater runoff in Daejeon city, Korea. **Journal of Environmental Management**, v.85, p. 09-16, 2007.

KRONVANG, B.; JENSEN, J. P.; HOFFMANN, C. C.; BOERS, P. Nitrogen transport and fate in European streams, rivers, lakes and wetlands. **Nitrogen in the Environment Sources, Problem and Management**, p. 183-206, 2001.

LEE, J. H.; BANG, K. W.; KETCHUM, L. H.; CHOE, J. S.; YU, M. J. First Flush Analysis of Urban Storm Runoff. **Science of the Total Environment**. v.293, p. 163-175, 2002.

LEE, J. Y.; KIM, H.; KIM, Y.; HAN, M. Y. Characteristics of the event mean concentration (EMC) from rainfall runoff on an urban highway. **Environmental Pollution**, n.159, p. 884-888, 2011.

LERNER, D.; RICHARDS, D.; SAUL, A.; SCHELLART, A.; SNAITH, H. Can the big society reduce diffuse urban pollution? **Proceedings of Water & Environment .CIWEM's Annual Conference, Big Society: Future Environment**. London, UK: Chartered Institution of Water and Environmental Management, 2011.

LIERE, V. L.; JANSE, J.; JEUKEN, M.; PUIJENBROEK, P. V.; SCHOUMANS, O.; HENDRIKS, R.; ROELSMA, J.; JONKERS, D. Effect of nutrient loading on surface waters in polder Bergambacht, The Netherlands. In: *Sympósium al Wageningen. Anais...IAHS: Wageningen, 2002.*

LINE, D. E.; WHITE, N. M.; OSMOND, D. L.; JENNINGS, G.D.; MOJONNIER, C.B.; Pollutant export from various land use in the upper Neuse river Basin. **Water Environmental Research**, v.74, n.1, p. 100-108, 2002.

LUO, H.; LUO, L.; HUANG, G.; LIU, P.; LI, J.; HU, S.; WANG, F.; XU, R.; HUANG, X. Total pollution effect of urban surface runoff. **Journal of Environmental Sciences**, v.21, p. 1186-1193, 2009.

MACLEOD, T. C.; HAYGARTH, P. A review of the significance of non-point source agricultural phosphorus to surface water. **Scope Newsletter**, Devon, UK, n.51, p. 01-10, 2003.

MALTA, L. R. S.; PORTO, M. F. A.; PEGORETTI, A. Avaliação da aplicação mais adequada de resíduos na agricultura para reduzir a poluição difusa: ferramenta de apoio para novas legislações. In: *XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais... ABRH: São Paulo, 2007.*

MANQUIZ, M. C.; LEE, L.; KIM, L-H. Multiple linear regression models of urban runoff pollutant load and event mean concentration considering rainfall variables. **Journal of Environmental Sciences**, v.22, n.6, p. 946-952, 2010.

MANSOR, M. T. C.; FILHO, J. T.; ROSTON, D. M. Avaliação preliminar das cargas difusas de origem rural, em uma sub-bacia do Rio Jaguari, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p. 715-723, 2006.

MARTINEZ, L. L. G.; POLETO, C. Lead distribution by urban sediments on impermeable areas of Porto Alegre – RS, Brazil. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v.4, n.1, p. 01-08, 2010.

MAUS, V. W.; RIGHES, A. A.; BURIOL, G. A. Pavimentos permeáveis e o escoamento superficial da água em áreas urbanas. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste. **Anais...** ABRH: Cuiabá-MT, 2007.

MELLER, A. **Simulação hidrodinâmica integrada de sistema de drenagem em Santa Maria-RS**. 2004. 164f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

METADIER, M.; BERTRAND-KRAJEWSKI, J. -L. The use of long-term on-line turbidity measurements for the calculation of urban stormwater pollutant concentrations, loads, pollutographs and intra-event fluxes. **Water Research**, Article in Press, 2012.

MIGUEL, E.; LHAMAS, J. F.; CHÁCON, E.; BERG, T.; LARSSSEN, S.; ROYSET, O.; VADSET, M. Origin and Patterns of Distribution of Trace Elements in Street Dust: Unleaded Petrol and Urban Lead. **Atmosphere Environment**, v.31, n.17, p. 2733-2740, 1997.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A (Coords.). **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.

NOVOTNY, V. Diffusive Pollution From Agriculture – A Worldwide Outlook. **Water Science and Technology**, v.39, n.3, p. 01-13, 1999.

PAIVA, E. M. C. D.; PAIVA, J. B. D.; COSTAS, M. F. T.; SANTOS, F. A. Concentração de Sedimentos em Suspensão em uma Pequena Bacia Hidrográfica em Urbanização In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...** João Pessoa: ABES, 2001.

PAUL, M. J.; MEYER, J. L. Streams in the urban landscape. **Annual Review Ecology Systematics**, v.32, p. 333, 2001.

PARANHOS, R. M. **Avaliação de metodologia para a estimativa de produção de sedimentos em uma pequena bacia rural de encosta**. 2004. 112f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

PAZ, M. F. **Estudo comparativo da carga de lavagem em bacias urbana e rural**. 2004. 168f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

PEREIRA FILHO, D. P.; SANTOS, I.; FILL, H. D. Sistema de ajuste e extrapolação de curva de descarga – Stevens. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais...** ABRH: Curitiba, 2006.

PETERS, N. E.; MEYBECK, M. Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts to human activities. **Water International**, v.25, n.2, p. 185-193, 2000.

POLETO, C. **Ambiente e sedimentos**. Porto Alegre: ABRH, p.404, 2008.

POLETO, C. **Fontes potenciais e qualidade dos sedimentos fluviais em suspensão em ambiente urbano**. 2007. 137f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

POLETO, C.; BORTOLUZZI, E. C.; CHARLESWORTH, S. M.; MERTEN, G. H. Urban sediment particle size and pollutants in Southern Brazil. **Journal Soils Sediments**, v.9, n. 4, p. 317-327, 2009.

POLETO, C.; MARTINEZ, L. L. G. Pollution risks for water resources due urban sediments. In: 12th International Conference on Urban Drainage. **Anais...** ABRH/IWA: Porto Alegre-RS, 2011.

POLETO, C.; MERTEN, G. H. Estudos de Zn e Ni em sedimentos fluviais em suspensão e o risco potencial aos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.13, n.3, p. 147-154, 2008a.

POLETO, C.; MERTEN, G. H. Urban Street Pollutants. **Revista Pesquisas em Geociências**, v.35, n.2, p. 03-08, 2008b.

POLETO, C.; MERTEN, G. H. Urban watershed studies in Southern Brazil. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v.1, n.2, p. 70-78, 2007.

PORTO, M. F. A. Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas. In: BRAGA, B.; TUCCI, C. E. M.; TOZZI, M. Drenagem Urbana: gerenciamento, simulação, controle. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, p. 387-428, 1998.

PRESTES, E. C; ANJOS, V. E.; SODRÉ, F. F.; GRASSI, M. T. "Copper, lead and cadmium loads and behavior in urban stormwater runoff in Curitiba, Brazil." **J. Braz. Chem. Soc**, v. 17, p. 53-60, 2006.

PRIADI, C.; AYRAULT, S.; PACINI, S.; BONTE, P. Urbanization impact on metals mobility in riverine suspend sediment: Role of metal oxides. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v.8, n.1, p. 01-18, 2011.

PUSCH, P. B.; GUIMARÃES, J. R.; GRASSI, M. T. Estimativa de cargas de metais a partir de fontes difusas de poluição urbana. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais...** ABRH: São Paulo-SP, 2007.

PUSH, P. B. **Inventário de cargas de metais a partir de fontes difusas de poluição**. 2007. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2007.

RAMPELOTTO, G.; PAIVA, E. M. C. D.; MELLER, A. Monitoramento da bacia hidrográfica Alto da Colina. In: I Seminário de Drenagem Urbana do Mercosul, V Seminário nacional de Drenagem Urbana. **Anais...** ABRH: Porto Alegre-RS, 2001.

RIGOTTI, J. A.; POMPÊO, C. A. Assessment of Urban Stream Condition: Case Study. In: 12th International Conference on Urban Drainage. **Anais...** ABRH/IWA: Porto Alegre-RS, 2011.

ROBERTSON, D. J.; TAYLOR, K. G.; HOON, S. R. Geochemical and mineral magnetic characterization of urban sediment particulates, Manchester, UK, **Applied Geochemistry**, v.18, p. 269-282, 2003.

SANSALONE, J.; SHENG, Y.; BECCIU, G. Differentiation of Mass and Flow Limited Rainfall-Runoff Events for Overland Flow from Small Urban Catchments. **Water Environment Federation**, v.71, n.80, p. 5549-5558, 2006.

SANTOS, D. M. G; LIMA, M. Águas pluviais e poluição difusa em meios urbanos. **Escola Superior de Tecnologia: Tecnovisão**, n.14, p. 27-29, 2003.

SAYED, A. E.; GIRGIS, B. R.; RAJAB, M. H.; NASSAR, E. S. Trace metal concentrations in street dust sample in Zagazig city, Egypt and their risk assessment. In: 50th Conference International Scientific Environmental. **Anais...**University Zagazig-Egypt, 2010.

SCOTT, D. **Material fate and transport through streams/rivers**. 2012. Palestra realizado no minicurso PPGEAmb - Universidade Federal de Santa Maria, em 8/9 nov. 2012.

SEKABIRA, K.; ORYEM, O. H.; BASAMBA, T. A.; MUTUMBA, G.; KAKUDIDI, E. Assessment of heavy metal pollution in the urban stream sediments and its tributaries. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v.7, n.3, p. 435-446, 2010.

SELVAKUMAR, A.; BORST, M. Variation of microorganism concentrations in urban stormwater runoff with land use and seasons. **Journal of Water and Health**, v.04, n.1, p. 109-125, 2006.

SEPA - SCOTTISH ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY. **Diffuse Pollution**. 2012. Disponível em: <http://www.sepa.org.uk/water/water_regulation/regimes/pollution_control/diffuse_pollution.aspx>. Acesso em: 15 ago. 2012.

SHARPLEY, A. N.; SMITH, S. J. Wet tillage and water quality in the Southern Plains. **Soil & Tillage Research**, v.30, p. 33-48, 1994.

STUM. W. Coordinative interactions between soil solids and water-An aquatic chemist's point of view, **Geoderma**, v.38, p. 19-30, 1986.

TAYLOR, G. K.; OWENS, P. N. Sediments in urban river basins: a review of sediment-contaminant dynamics in an environmental system conditioned by human activities. **Journal Soils Sediments**, p. 281-303, 2009.

THÉVENOT, D. R.; MOILLERON, R.; LESTE, L.; GROMAIRE, M. C.; ROCHER, V.; CAMBIER, P.; BONTÉ, P.; COLIN, J. L.; PONTEVÈS, C.; MEYBECK, M. Critical budget of metal sources and pathways in the Seine River basin (1994–2003) for Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb and Zn. **Science of the Total Environment**, Article in press, 2007.

TOMAZ, P. Impermeabilização, a vilã da drenagem. *Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente*. Ano XIX, nº60, julho/setembro, 2011.

UÇISIK, A. S.; RUSHBROOK, P. The impact of cemeteries on the environment and public health. **World Health Organization**, Copenhagen, 1998.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **National Water-Quality Assessment Program 2010**. Disponível em: <<http://water.usgs.gov/nawqa/>>. Acesso em: 12 Jun, 2012.

UWE - UNIVERSITY OF THE WEST OF ENGLAND. **Pearson's Correlation Coefficient, (r)**. 2012. Disponível em: <<http://hsc.uwe.ac.uk/dataanalysis/quantInfAssPear.asp>>. Acesso em: 10 out. 2012.

WINTER, T. C.; HARVEY, J. W.; FRANKE, O. L.; ALLEY, W. M. **Ground water an surface water: a single resource**. Denver-Colorado, 1998, 87p.

YOON, S. W.; CHUNG, S. W.; OH, D. G.; LEE, J. W. Monitoring of non-point source pollutants load from a mixed forest land use. **Journal Environmental Sciences**, v.22, n.6, p. 801-805, 2010.

YU, X. LINGGUANG, H. LIGANG, X. Characteristics of Diffuse Source N Pollution in Lean River Catchment. **Procedia Environmental Sciences**, v.10, p. 2437-2443, 2011.

ZHANG, W. S.; WANG, X. Y.; LI, X. X.; REN, W. P.; LI, J. H. Diffuse export of nutrients under different land uses in the irrigation area of lower Beiyunhe River (China). **Procedia Environmental Sciences**, v. 13, p. 1363-1372, 2012.

ZUFIAURRE, R.; OLIVAR, A.; CHAMORRO, P.; NERÍN, C.; CALLIZO, A. Speciation of metals in sewage sludge for agricultural uses. **The analyst**, v.123, p. 155-159, 1998.

ZYGMONT, J. **Best Management Practice Manuals: Urban best management practice for nonpoint source pollution**. Wyoming Department of Environmental Quality. Wyoming, 1999. Disponível em: <<http://deq.state.wy.us/wqd/watershed/nps/NPS.htm>>. Acesso em: 21 ago. 2012.

APÊNDICE A - Planilhas de coleta em tempo seco, hidrogramas e polutogramas na bacia hidrográfica Rancho do Amaral

Tabela A.1– Parâmetros de qualidade da água em tempo seco da bacia hidrográfica Rancho do Amaral.

Data	Hora	T (°C)	%OD (mg/L)	pH	Cond. (uS/cm)	Turb. (NTU)	CT (NMP/100mL)	E.coli. (NMP/100mL)	DBO5 (mg/L)	ST (mg/L)	SS (mg/L)	SD (mg/L)	Amônia (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Fosfato (mg/L)
11/4/2008	10:52	20	-	7	55,6	0,2	3,5E+03	9,5E+01	1	18,5	2,6	15,9	-	-	-	-
14/4/2008	10:47	18	-	6	49,9	1,1	3,4E+04	3,5E+03	1	62,0	3,2	58,8	-	-	-	-
25/4/2008	14:05	20	34,8	7	52,7	4,7	8,9E+02	8,7E+01	1	65,0	2,8	62,2	-	-	-	-
16/5/2008	09:47	14	46,7	7	53,0	1,4	1,6E+03	5,4E+02	1	52,0	2,1	49,9	0,08	0,55	0,73	0,71
29/5/2008	10:22	13	52,4	7	57,6	32,5	7,9E+03	1,3E+03	1	84,0	9,8	74,2	0,24	0,53	0,17	-
5/6/2008	09:27	14	52,5	7	104,6	9,5	2,4E+03	5,4E+02	1	34,5	2,5	32,0	0,47	0,47	0,22	0,27
19/6/2008	10:20	11	59,5	7	38,8	6,1	2,5E+03	2,1E+02	0	36,5	0,9	35,6	0,44	0,86	0,92	-
3/9/2008	11:05	18	43,0	7	44,2	11,5	1,2E+03	3,7E+02	0	35,0	5,2	29,8	-	-	-	-
8/9/2008	11:00	12	52,7	7	52,3	13,7	1,6E+03	3,4E+02	0	103,5	4,6	98,9	0,75	0,38	0,21	0,18
12/9/2008	14:25	15	49,9	8	42,1	17,1	5,0E+03	1,6E+03	3	45,5	8,2	37,3	0,61	0,39	0,2	0,35

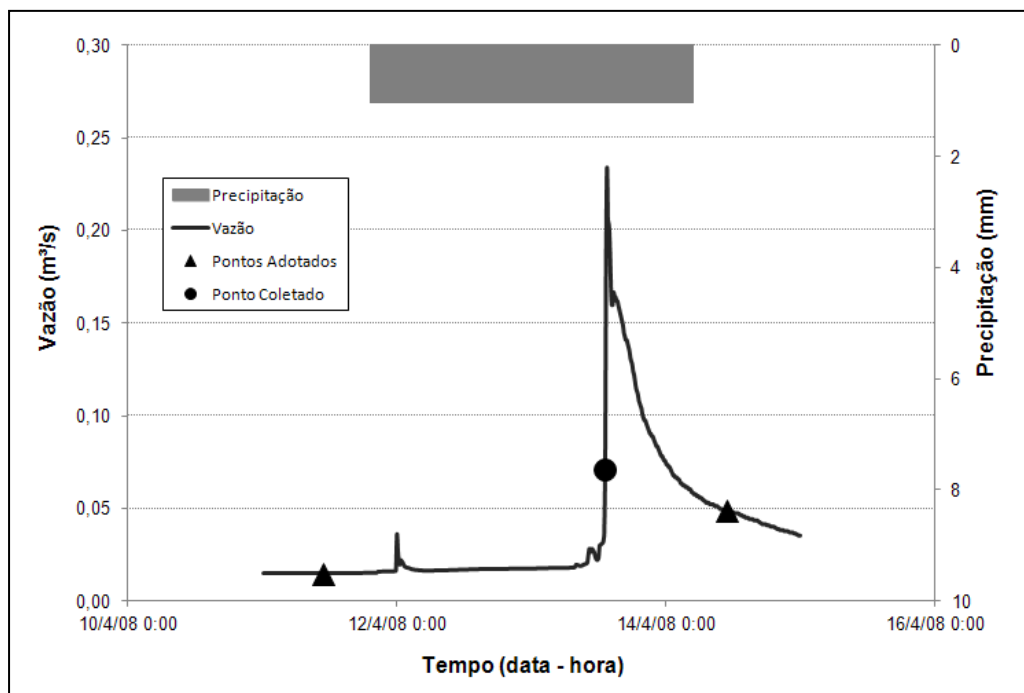


Figura A.1 – Hidrograma do evento – dia 13/04/2008 – bacia Rancho do Amaral.

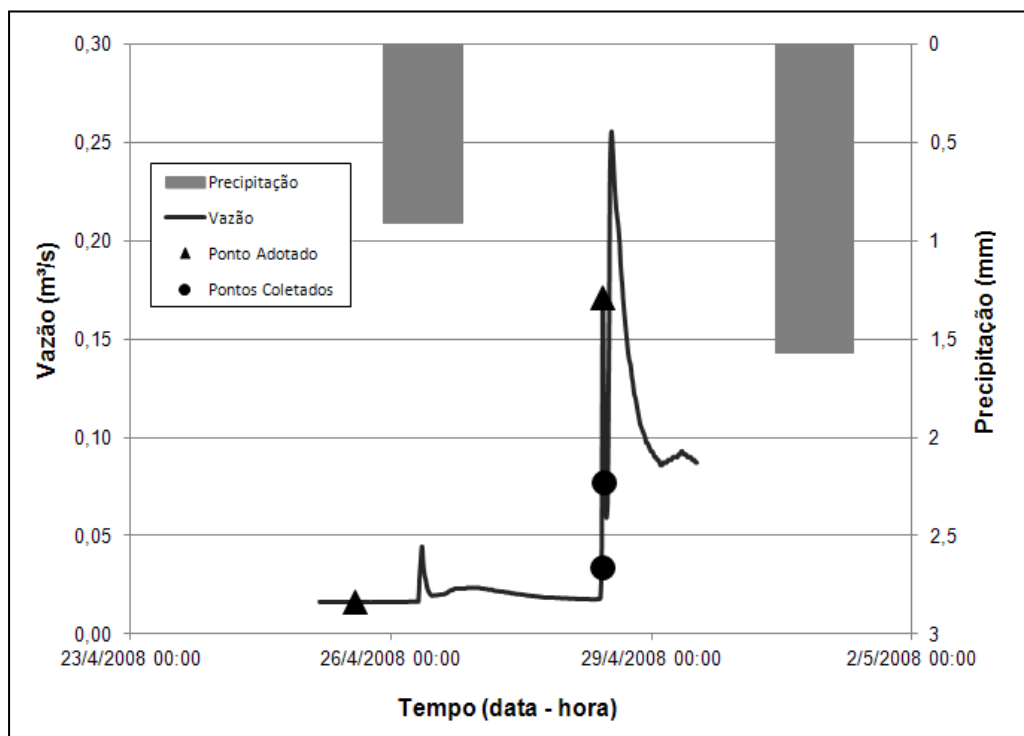


Figura A.2 – Hidrograma do evento – dia 28/04/2008 – bacia Rancho do Amaral.

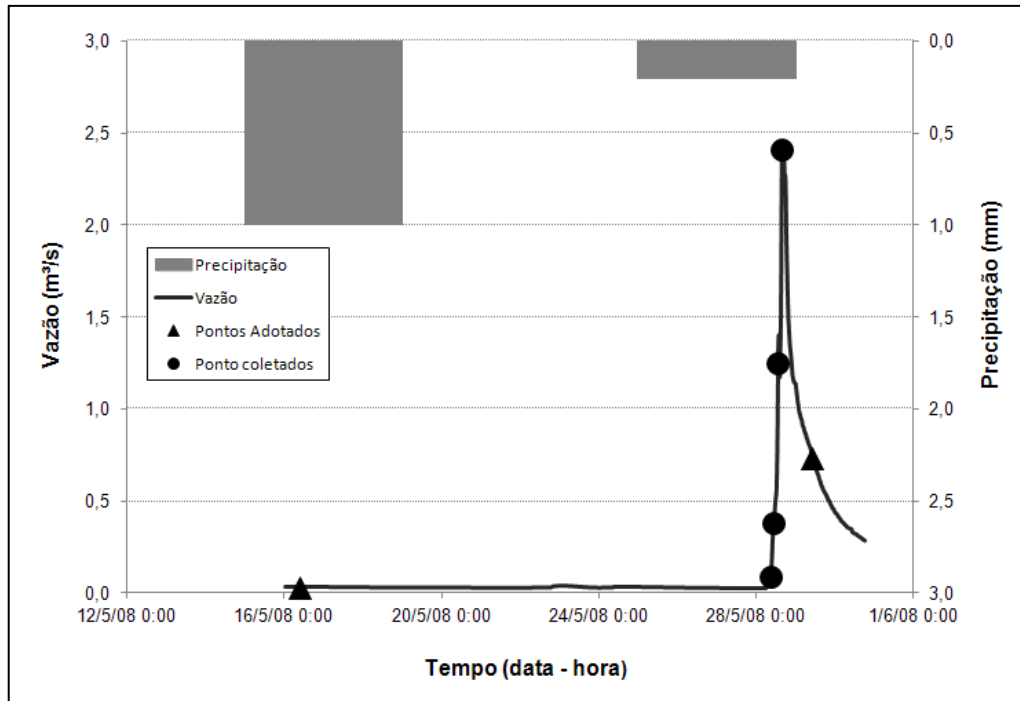


Figura A.3 – Hidrograma do evento – dia 28/05/2008 – bacia Rancho do Amaral.

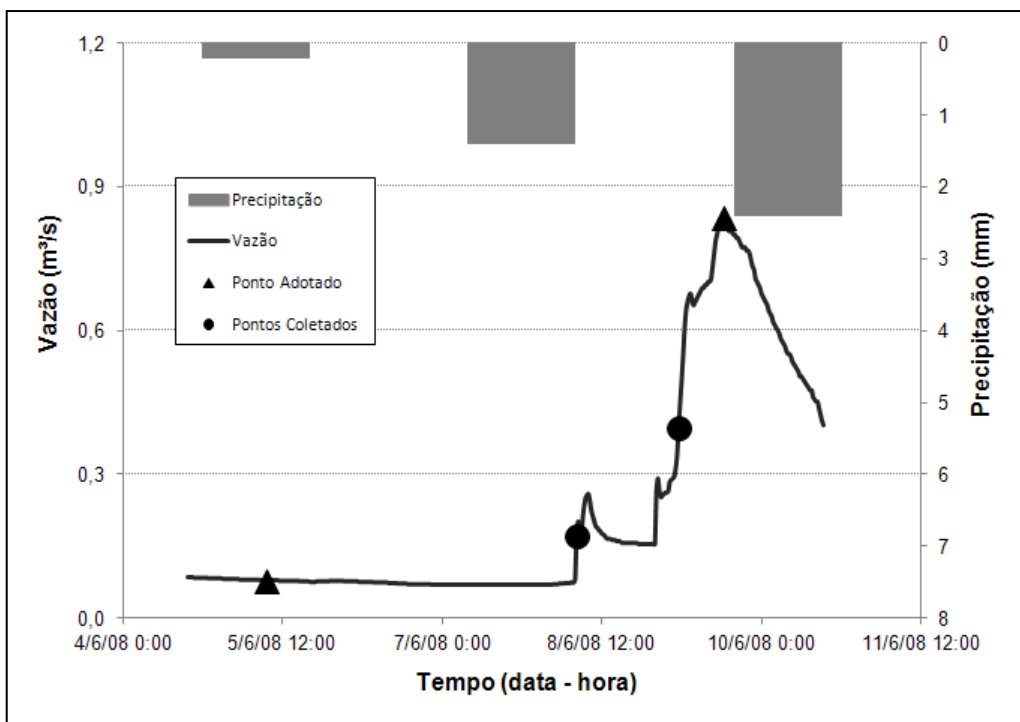


Figura A.4 – Hidrograma do evento – dia 9/06/2008 – bacia Rancho do Amaral.

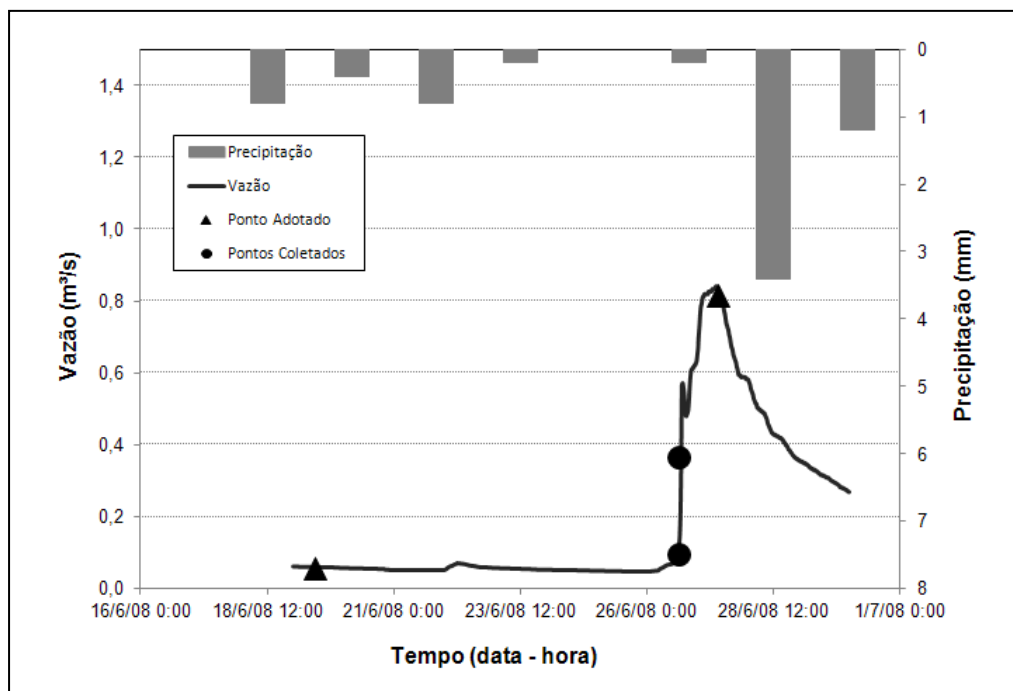


Figura A.5 – Hidrograma do evento – dia 26/06/2008 – bacia Rancho do Amaral.

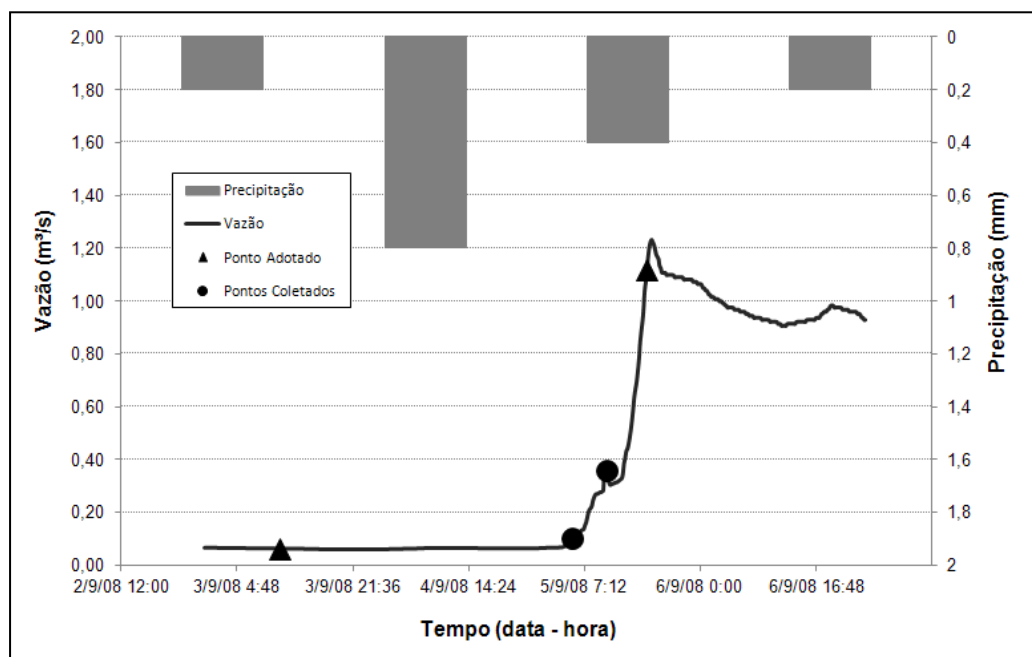


Figura A.6 – Hidrograma do evento – dia 05/09/2008 – bacia Rancho do Amaral.

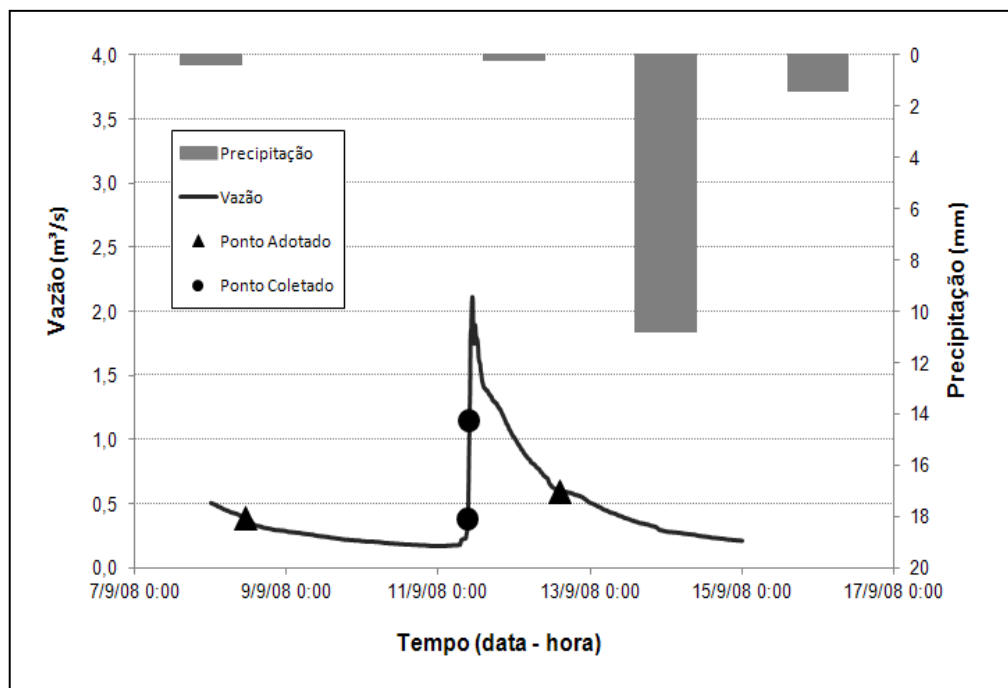


Figura A.7 – Hidrograma do evento – dia 11/09/2008 – bacia Rancho do Amaral.

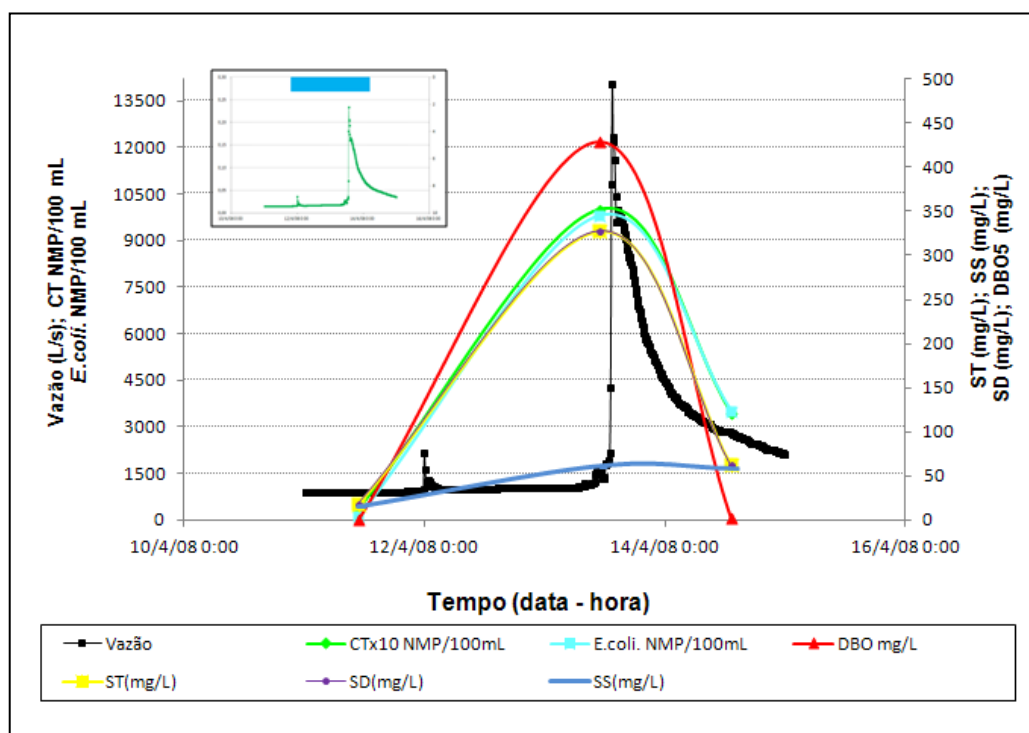


Figura A.8 - Polutograma do evento – dia 13/04/2008 – bacia Rancho do Amaral.

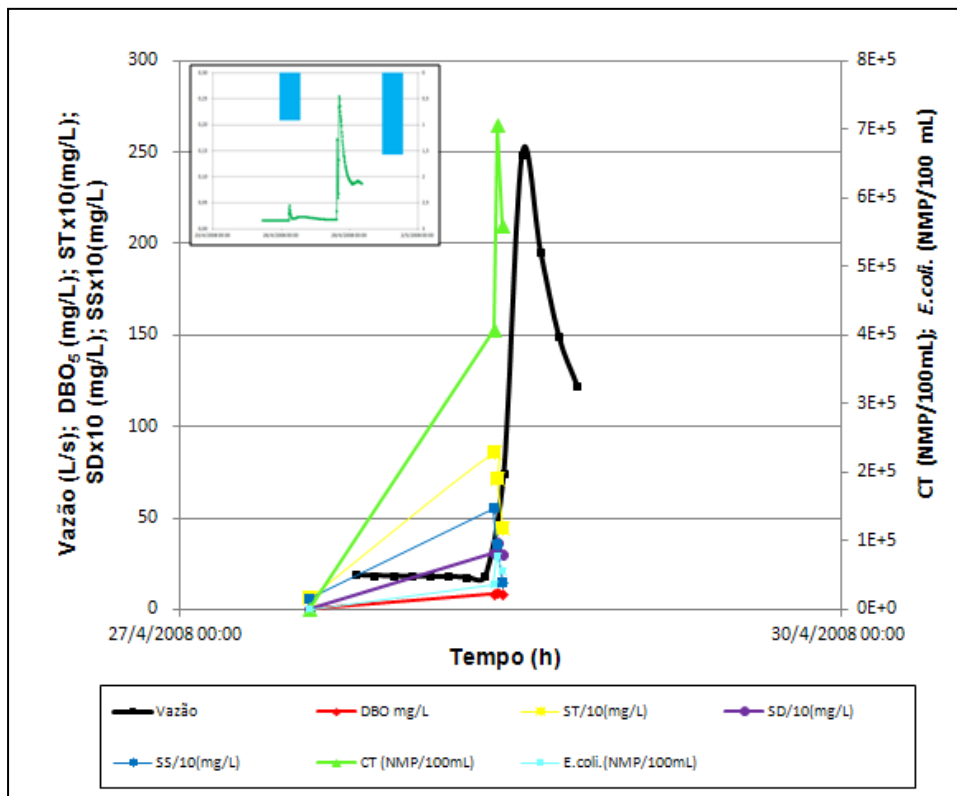


Figura A.9 - Polutograma do evento – dia 28/04/2008 – bacia Rancho do Amaral.

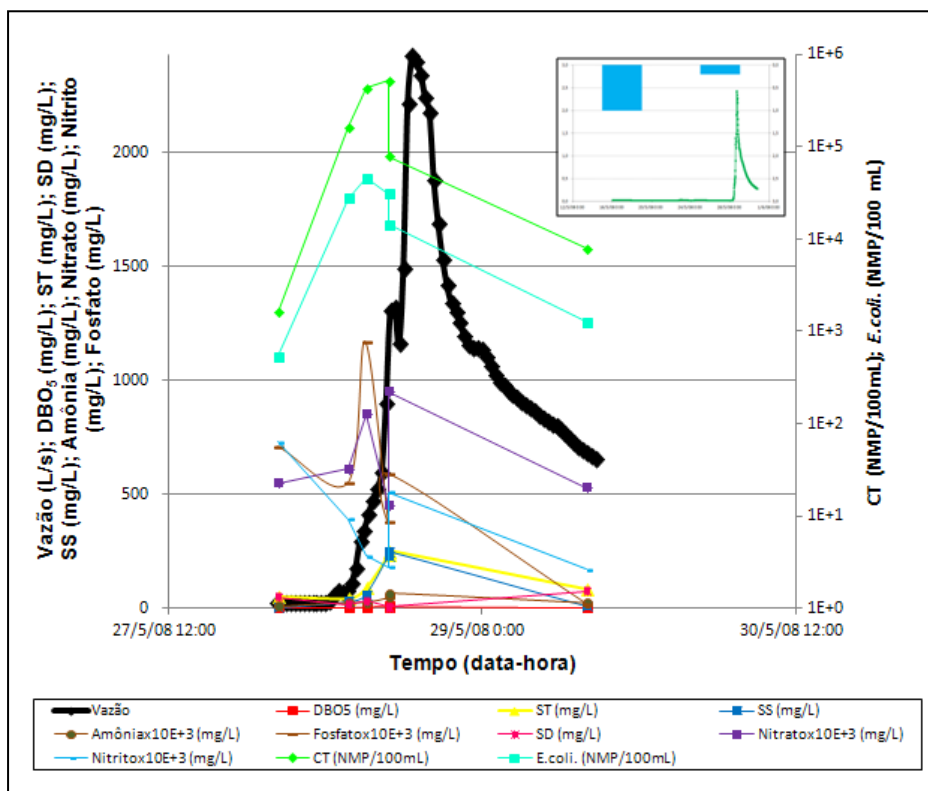


Figura A.10 - Polutograma do evento – dia 28/05/2008 – bacia Rancho do Amaral.

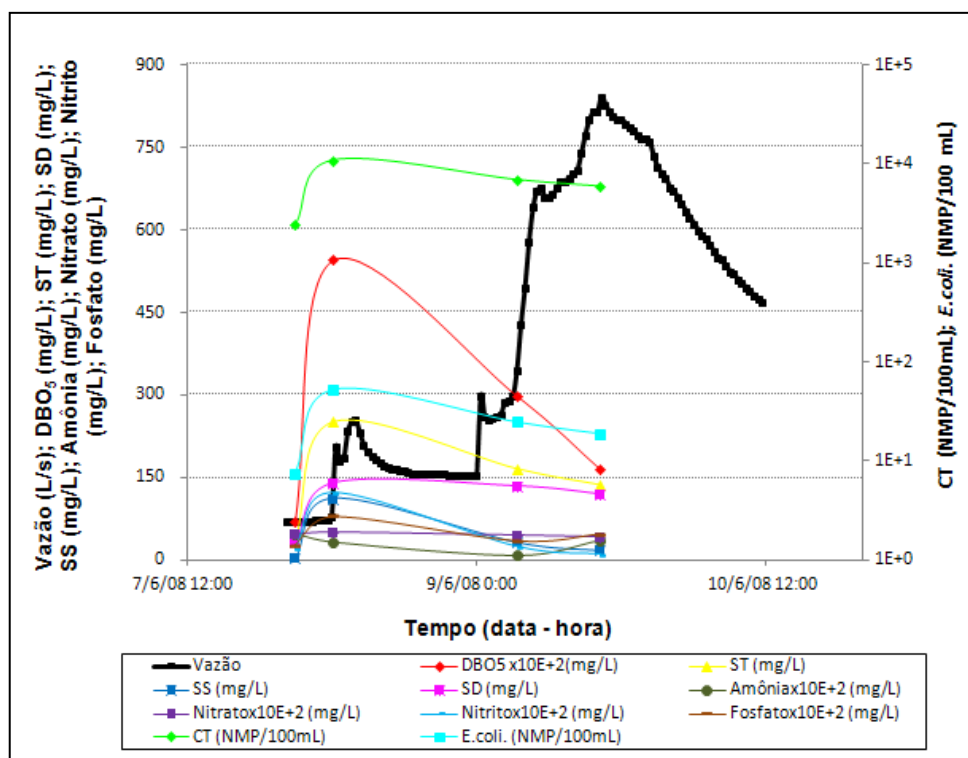


Figura A.11 - Polutograma do evento – dia 09/06/2008 – bacia Rancho do Amaral.

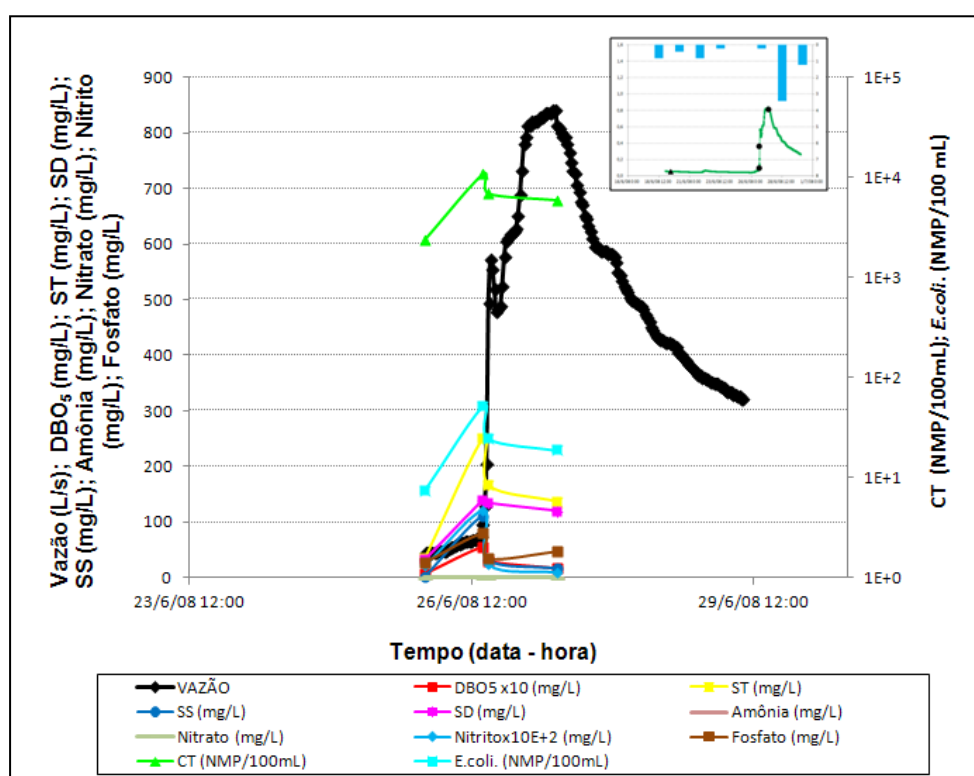


Figura A.12 - Polutograma do evento – dia 26/06/2008 – bacia Rancho do Amaral.

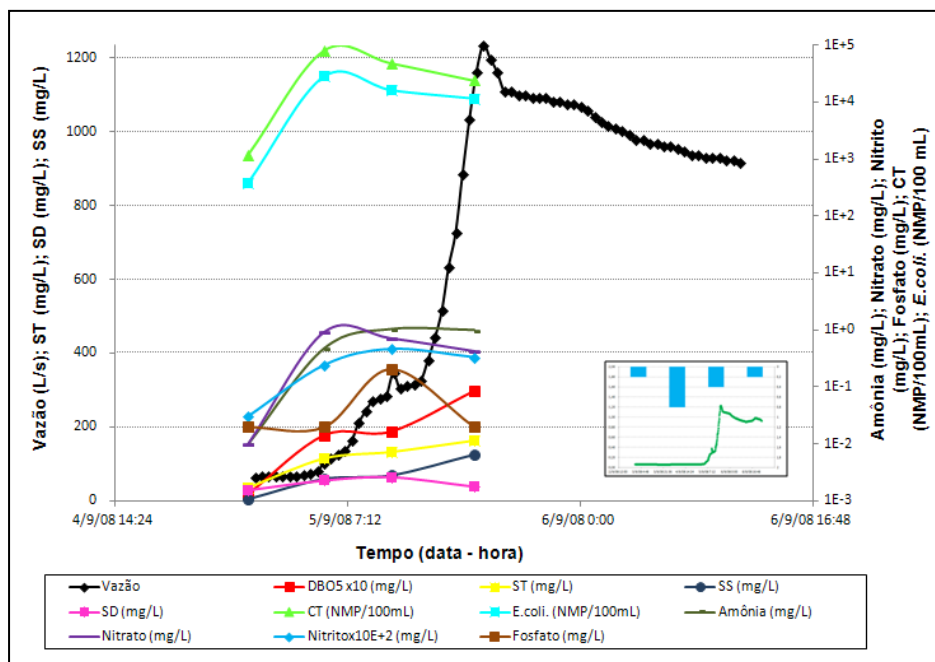


Figura A.13 - Polutograma do evento – dia 05/09/2008 – bacia Rancho do Amaral.

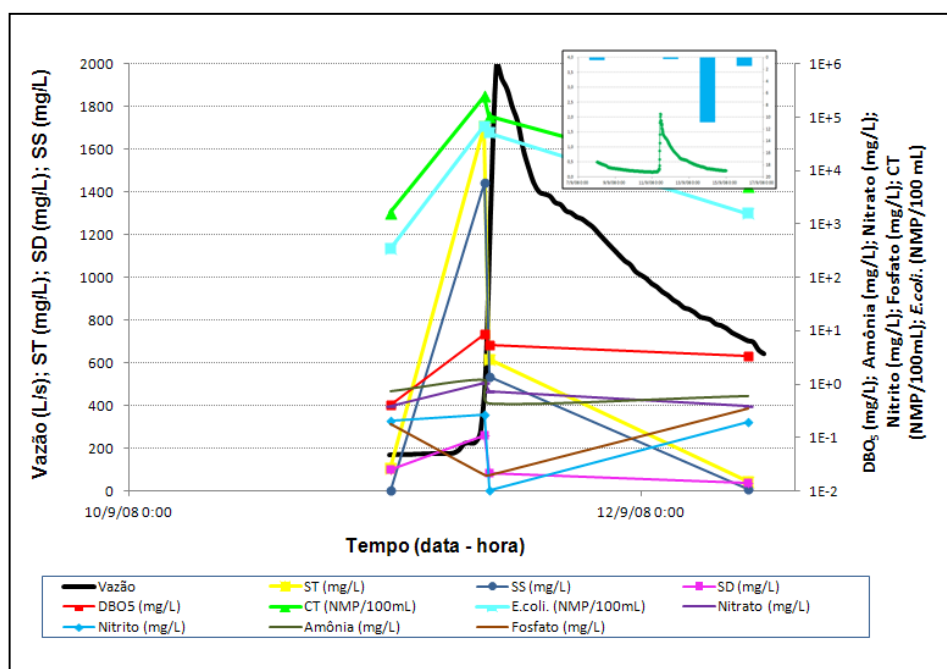


Figura A.14 - Polutograma do evento – dia 11/09/2008 – bacia Rancho do Amaral.

APÊNDICE B - Planilhas de coleta em tempo seco, hidrogramas e polutogramas dos eventos na bacia Menino Deus IV

Tabela B.1 – Parâmetros de qualidade da água em tempo seco da bacia hidrográfica Menino Deus IV.

Data	Hora	T (°C)	OD (mg/L)	pH	Cond. (uS/cm)	Turb. (NTU)	CT (NMP/100mL)	E.coli. (NMP/100mL)	DBO5 (mg/L)	SS (mg/L)	ST (mg/L)	SD (mg/L)
03/11/2011	13:20	21	5,7	7	115,0	20,5	6,1E+02	1,7E+02	20	87,0	5,0	82,0
09/11/2011	17:00	26	5,6	8	123,0	16,4	7,4E+02	4,0E+02	23	102,0	15,0	87,0
10/11/2011	13:20	21	5,1	7	91,0	23,1	6,7E+03	3,5E+03	24	78,5	11,7	66,8
16/11/2011	10:40	21	5,9	7	119,0	10,9	5,7E+02	2,2E+02	19	115,0	23,0	92,0
29/11/2011	16:20	27	5,2	8	124,4	6,0	4,7E+02	2,4E+02	4	95,0	6,4	88,6
05/12/2012	16:40	21	5,9	7	138,0	46,0	2,4E+04	3,0E+02	9	125,0	4,4	120,6
16/12/2012	09:00	18	8,8	7	149,0	42,0	2,4E+03	9,3E+02	7	72,5	2,3	70,2
22/12/2012	08:00	23	5,0	5	155,5	41,0	5,1E+02	2,9E+02	7	92,0	2,0	90,5
29/12/2012	08:30	20	5,7	8	156,9	48,0	1,4E+04	1,0E+04	7	170,5	5,9	164,6
05/01/2012	08:45	22	5,7	8	163,4	4,8	5,2E+03	1,1E+03	3	126,5	4,3	122,2
10/01/2012	08:40	24	4,8	8	172,0	6,2	4,6E+03	2,9E+03	1	98,0	5,6	92,4
12/01/2012	16:00	25	6,9	8	167,6	3,0	4,1E+03	1,8E+03	12	181,5	7,0	174,5
14/01/2012	15:10	22	6,3	8	168,6	5,6	1,8E+03	1,3E+03	7	89,5	1,5	88,0
19/01/2012	10:15	23	5,4	7	169,5	6,5	9,6E+02	8,3E+02	28	115,5	45,4	70,1
23/01/2012	09:00	23	5,72	7	163,5	8,2	1,4E+04	2,1E+03	3	119,0	7,5	111,5
25/01/2012	11:30	24	5,55	7	133,5	6,0	5,0E+01	4,0E+01	4	92,5	5,0	87,5
01/02/2012	09:30	25	4,6	7	207,0	7,7	3,0E+04	3,8E+02	8	146,0	4,9	141,1
04/02/2012	10:45	23	5,6	7	142,8	118,8	4,8E+04	5,0E+03	19	318,0	256,7	61,3
06/02/2012	10:45	24	5,8	7	122,9	10,3	4,9E+04	4,3E+04	35	130,0	8,5	121,5
06/02/2012	20:25	25	6,8	7	97,8	88,0	4,7E+03	4,5E+03	20	138,5	12,4	126,1
28/02/2012	09:30	23	6,2	7	147,6	5,4	2,0E+04	8,3E+03	20	98,0	5,8	92,2
29/02/2012	19:13	22	6,1	7	54,9	256,0	9,8E+05	3,3E+05	45	1066,0	683,3	382,7
06/03/2012	11:00	22	4,3	7	115,7	47,0	2,4E+04	1,0E+03	8,6	146,5	1,5	145,0
13/03/2012	09:25	25	5,3	7	135,1	43,0	2,4E+04	1,0E+03	16,49	177,0	61,5	115,5
21/03/2012	12:20	23	5,9	7	132,9	39,0	3,4E+04	8,4E+03	13,38	468,0	127,9	340,1
30/03/2012	09:30	25	5,6	7	144,5	44,0	2,1E+05	7,4E+03	25,5	106,0	11,0	95,0
04/04/2012	11:30	20	5,3	7	107,6	21,0	6,E+04	9,0E+03	11,47	100,0	2,2	97,8
06/04/2012	09:20	18	4,8	7	131,5	16,0	6,9E+05	2,2E+04	36,96	134,0	19,8	114,2

Data	Hora	T (°C)	%OD (mg/L)	pH	Cond. (uS/cm)	Turb. (NTU)	CT (NMP/100mL)	E.coli. (NMP/100mL)	DBO5 (mg/L)	ST (mg/L)	SS (mg/L)	SD (mg/L)
13/04/2012	09:40	21	5,9	7	137,9	7,8	5,4E+04	4,6E+04	18	158,0	25,6	132,4
16/04/2012	09:50	17	5,1	7	123,4	8,1	9,6E+05	3,3E+05	34	148,5	8,6	139,9
25/04/2012	15:30	16	6,1	7	110,5	3,9	6,9E+04	5,4E+04	26	177,5	11,0	166,5
03/05/2012	14:50	17	7,0	7	131,3	4,3	6,7E+05	2,5E+05	22	232,5	26,7	205,8
11/05/2012	08:40	17	7,1	7	156,7	3,9	2,6E+05	1,7E+05	41	196,5	41,4	155,1
18/05/2012	13:00	17	7,5	7	147,3	4,1	6,5E+05	4,1E+05	24	183,0	19,2	163,8

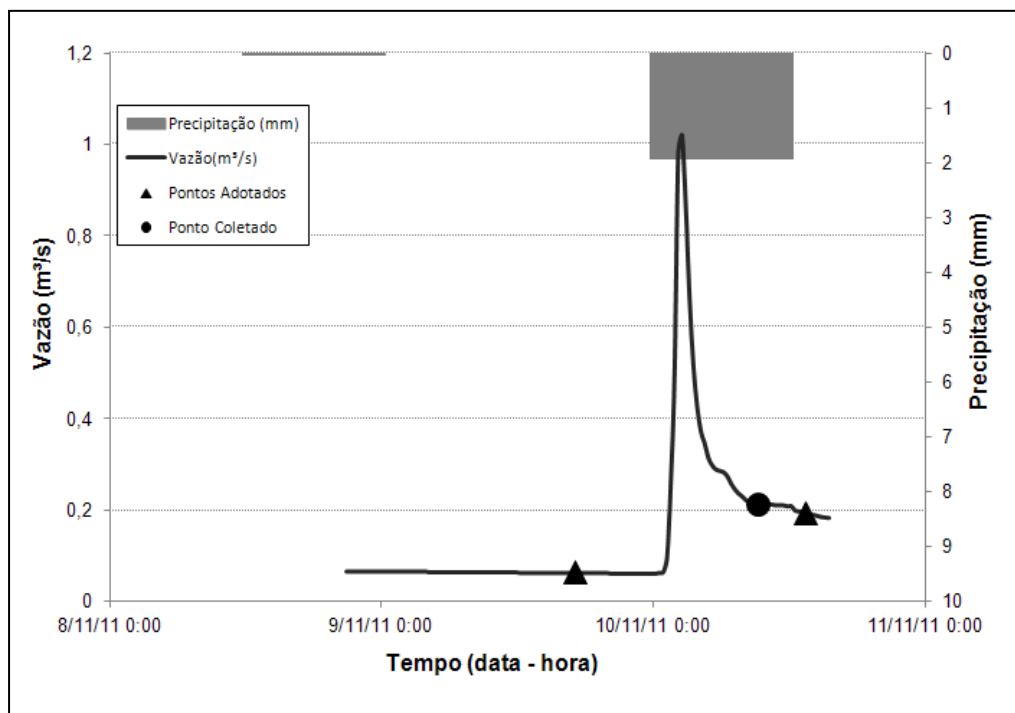


Figura B.1 – Hidrograma do evento – dia 10/11/2011 – bacia Menino Deus IV.

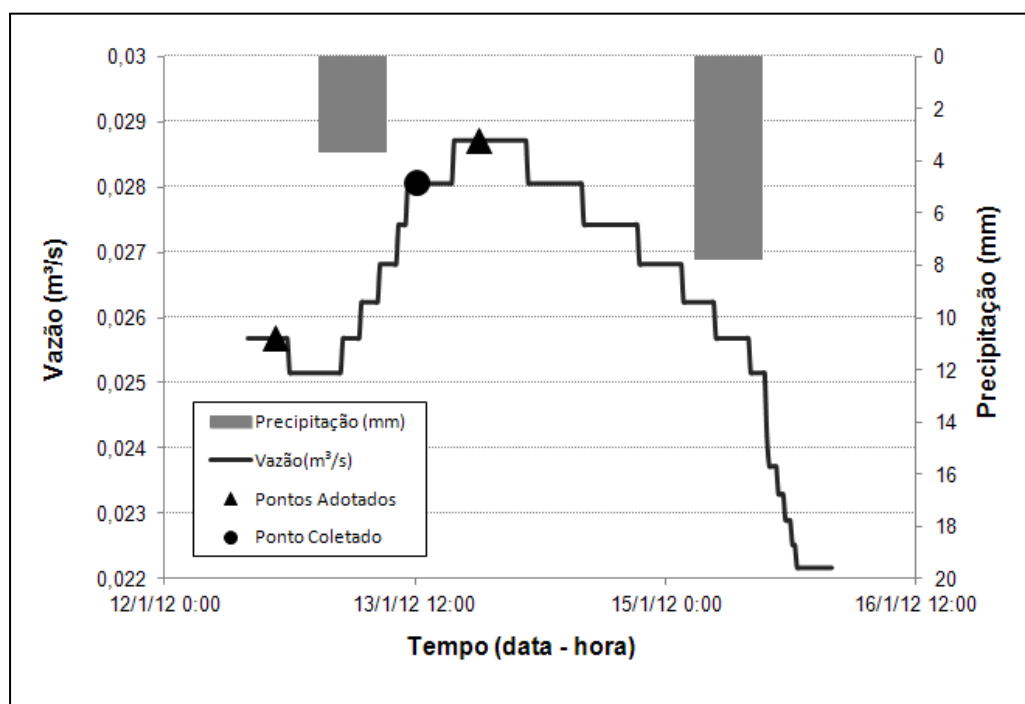


Figura B.2 – Hidrograma do evento – dia 13/01/2012 – bacia Menino Deus IV.

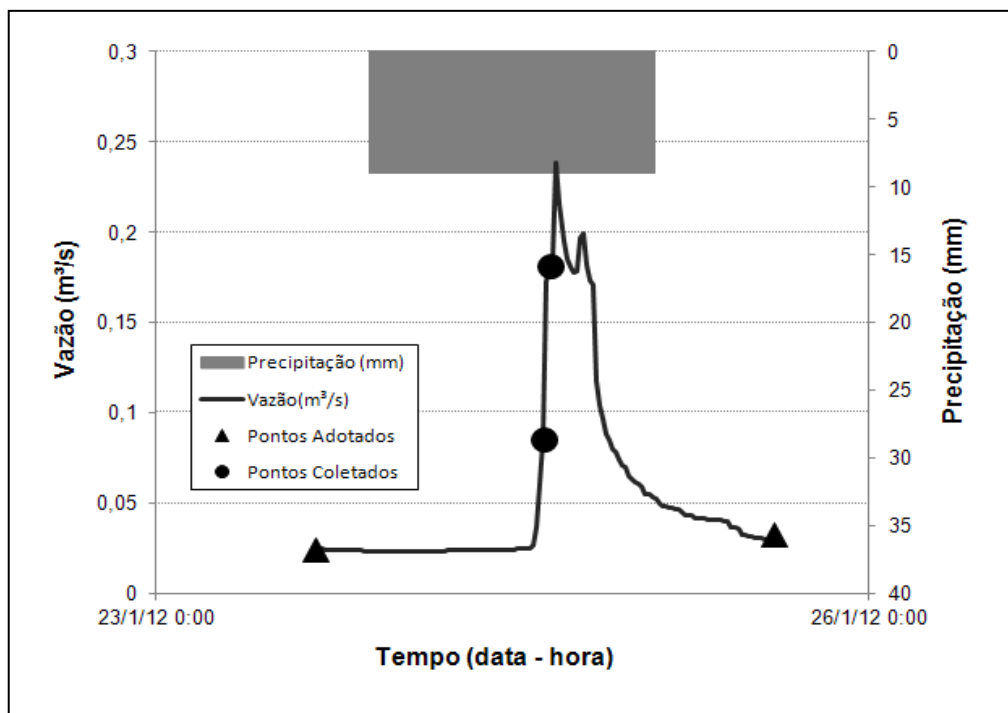


Figura B.3 – Hidrograma do evento – dia 24/01/2012 – bacia Menino Deus IV.

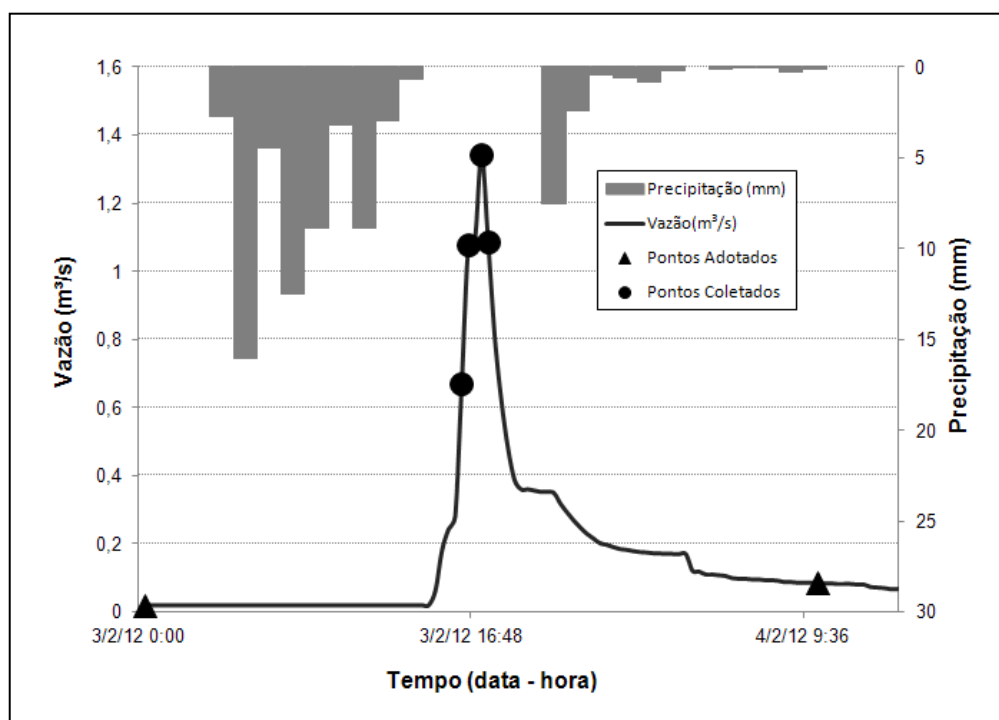


Figura B.4 – Hidrograma do evento – dia 03/02/2012 – bacia Menino Deus IV.

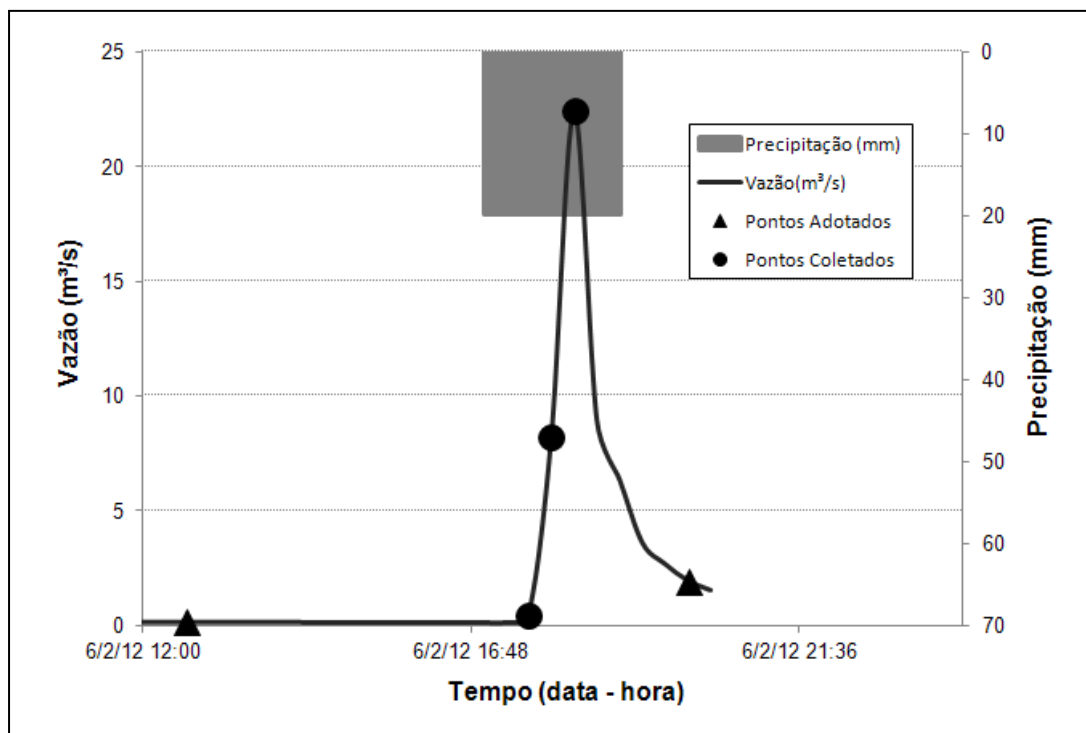


Figura B.5 – Hidrograma do evento – dia 06/02/2012 – bacia Menino Deus IV.

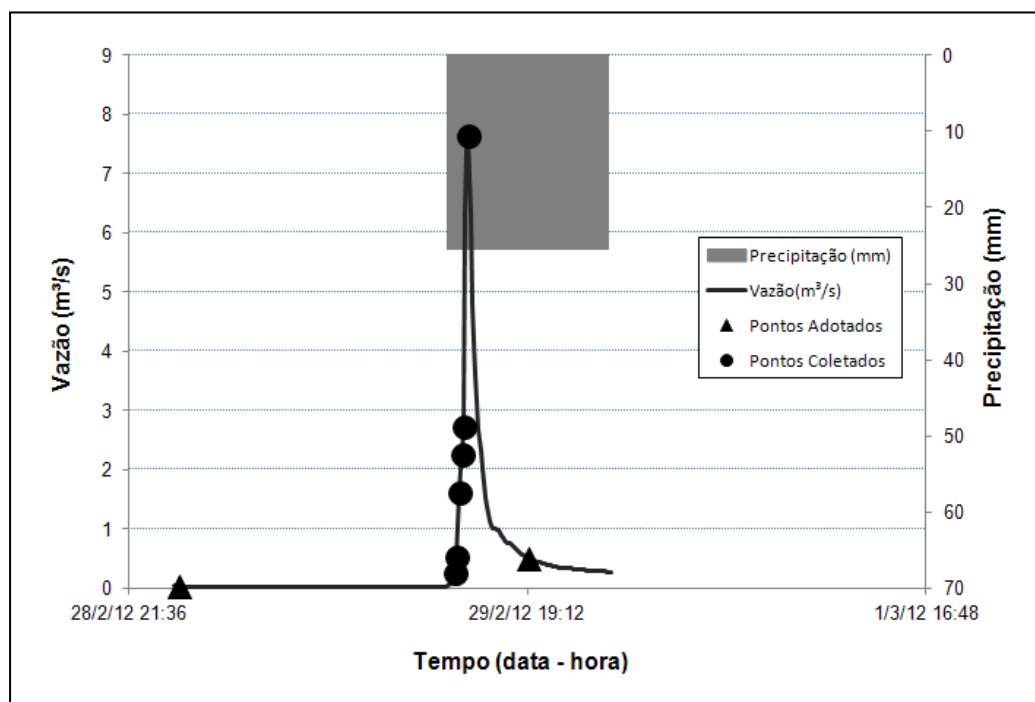


Figura B.6 – Hidrograma do evento – dia 29/02/2012 – bacia Menino Deus IV.

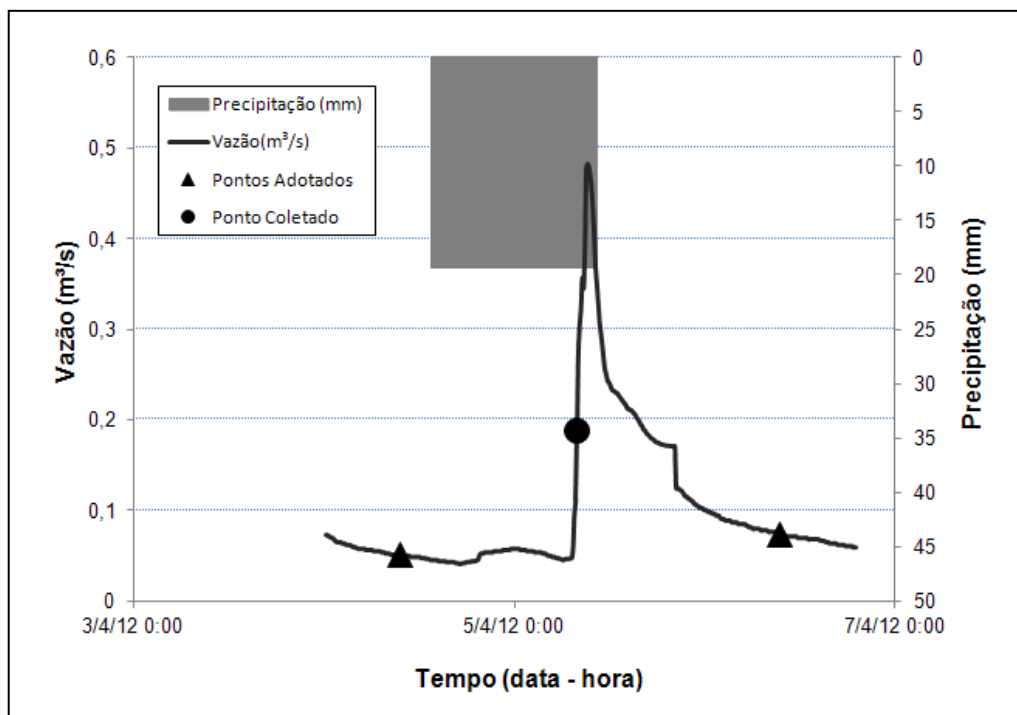


Figura B.7 – Hidrograma do evento – dia 05/04/2012 – bacia Menino Deus IV.

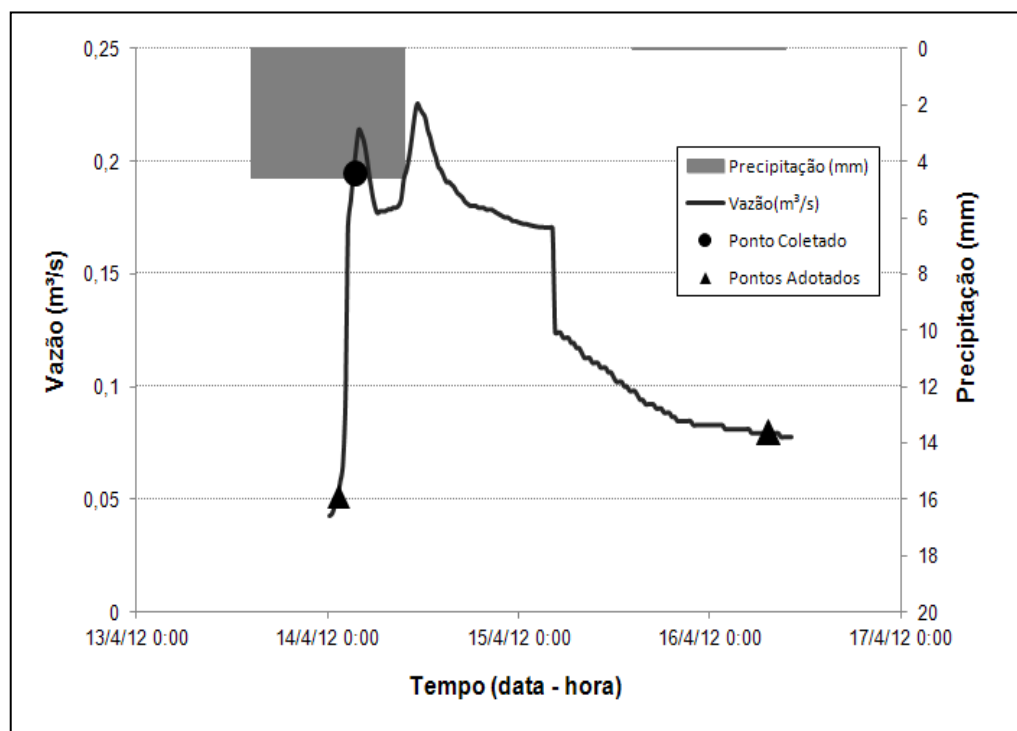


Figura B.8 – Hidrograma do evento – dia 14/04/2012 – bacia Menino Deus IV.

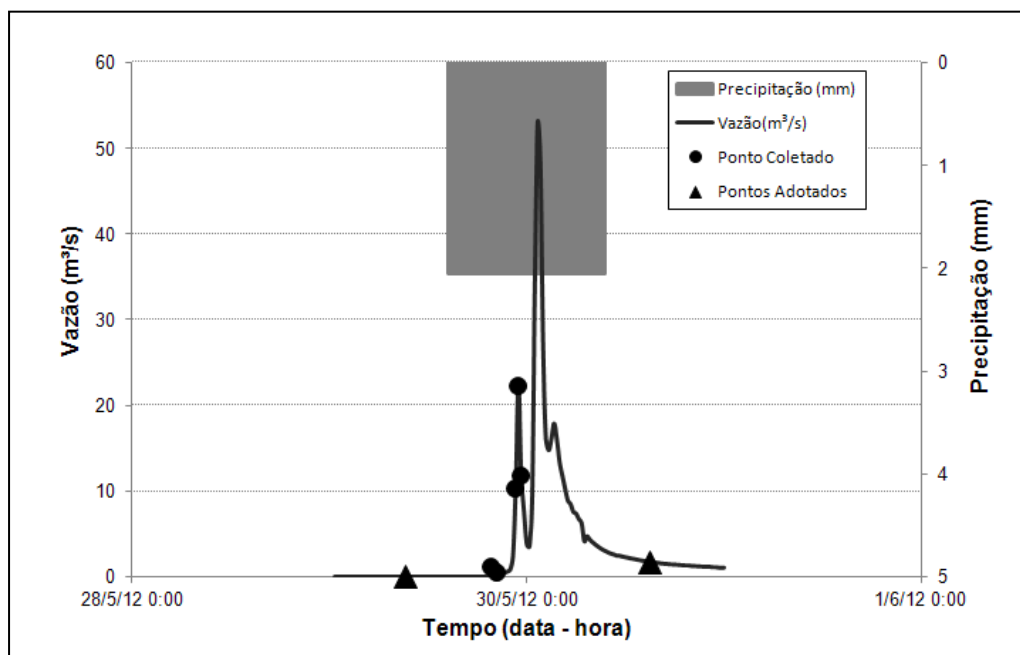


Figura B.9 – Hidrograma do evento – dia 29/05/2012 – bacia Menino Deus IV.

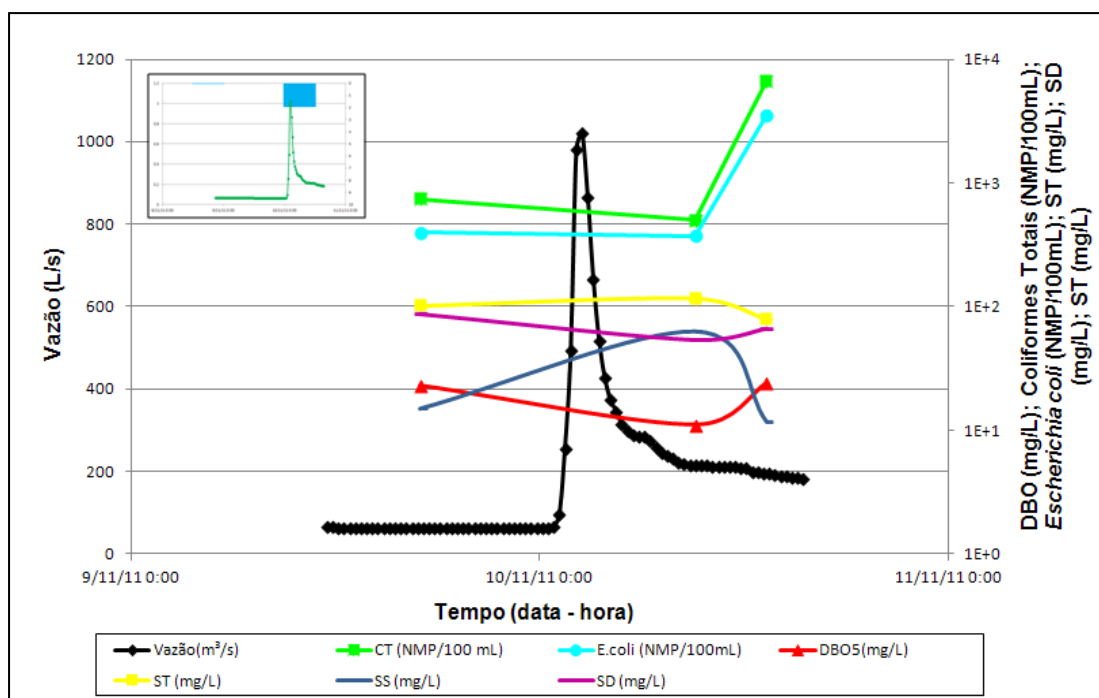


Figura B.10 – Polutograma do evento – dia 10/11/2011 – bacia Menino Deus IV.

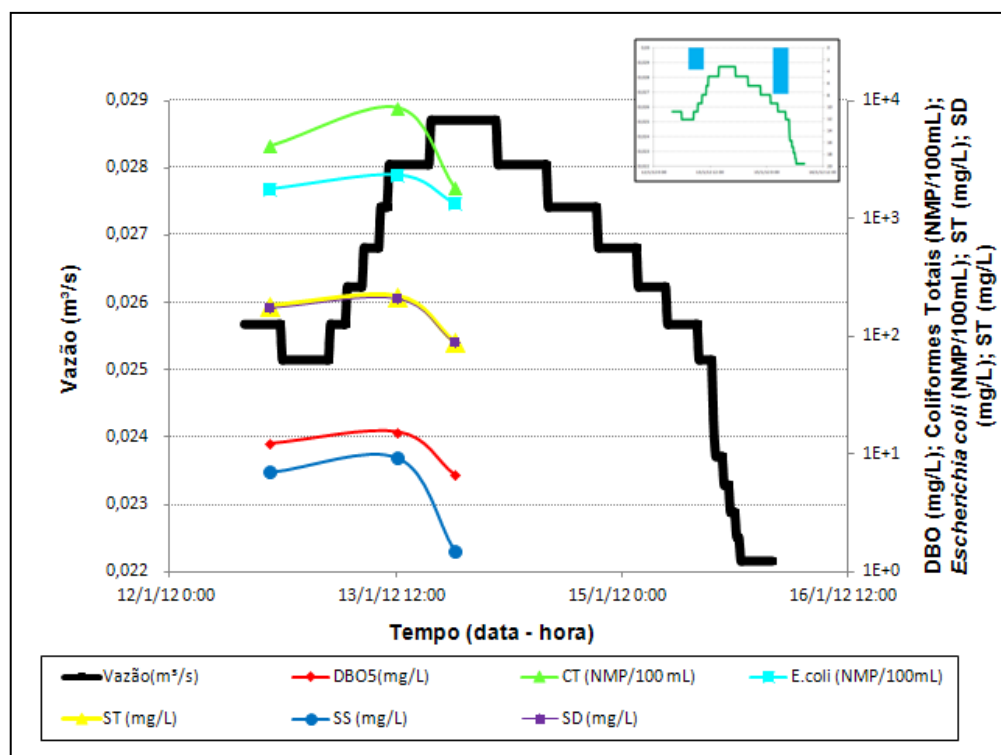


Figura B.11 – Polutograma do evento – dia 13/01/2012 – bacia Menino Deus IV.

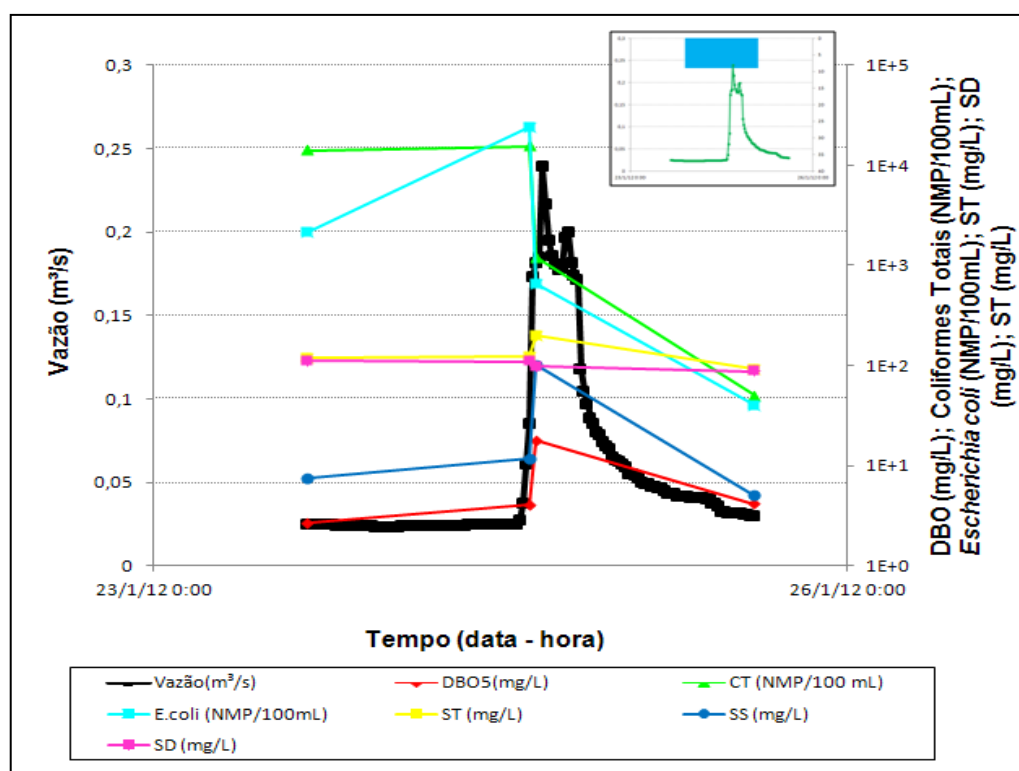


Figura B.12 – Polutograma do evento – dia 24/01/2012 – bacia Menino Deus IV.

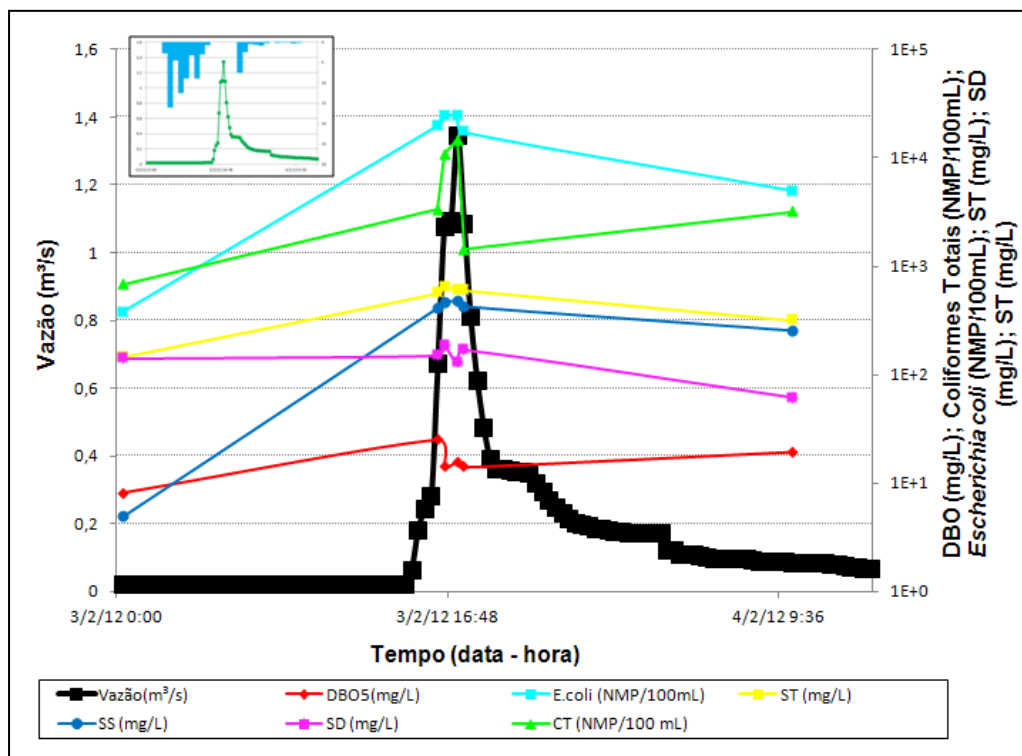


Figura B.13 – Polutograma do evento – dia 03/02/2012 – bacia Menino Deus IV.

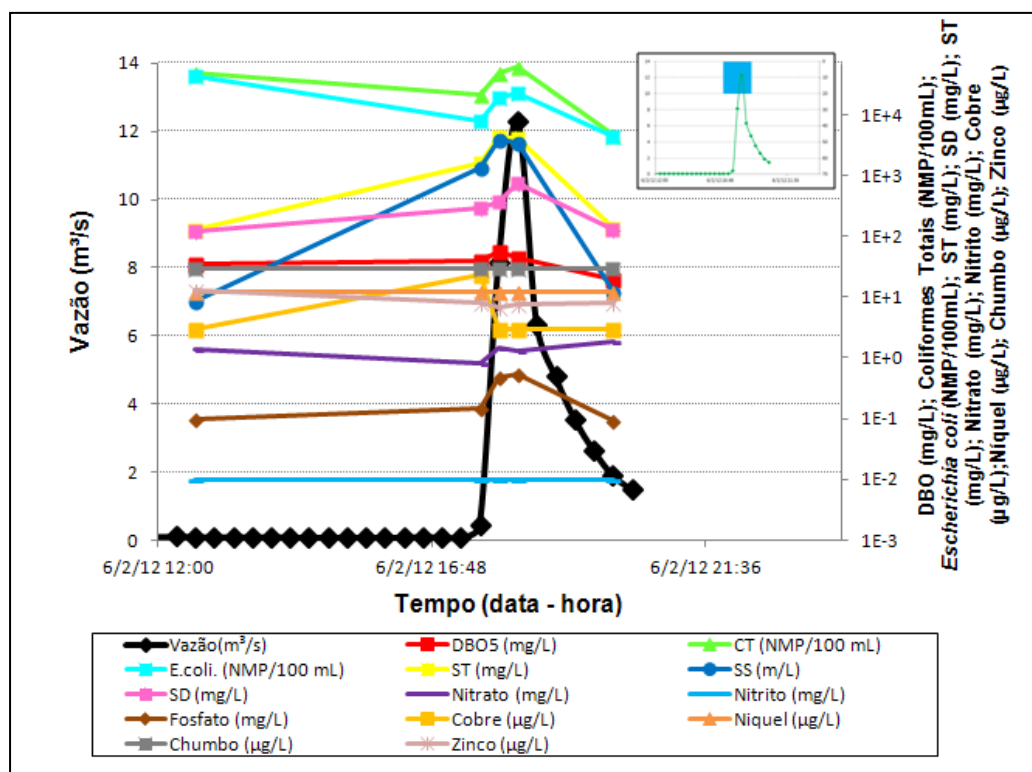


Figura B.14 – Polutograma do evento – dia 06/02/2012 – bacia Menino Deus IV.

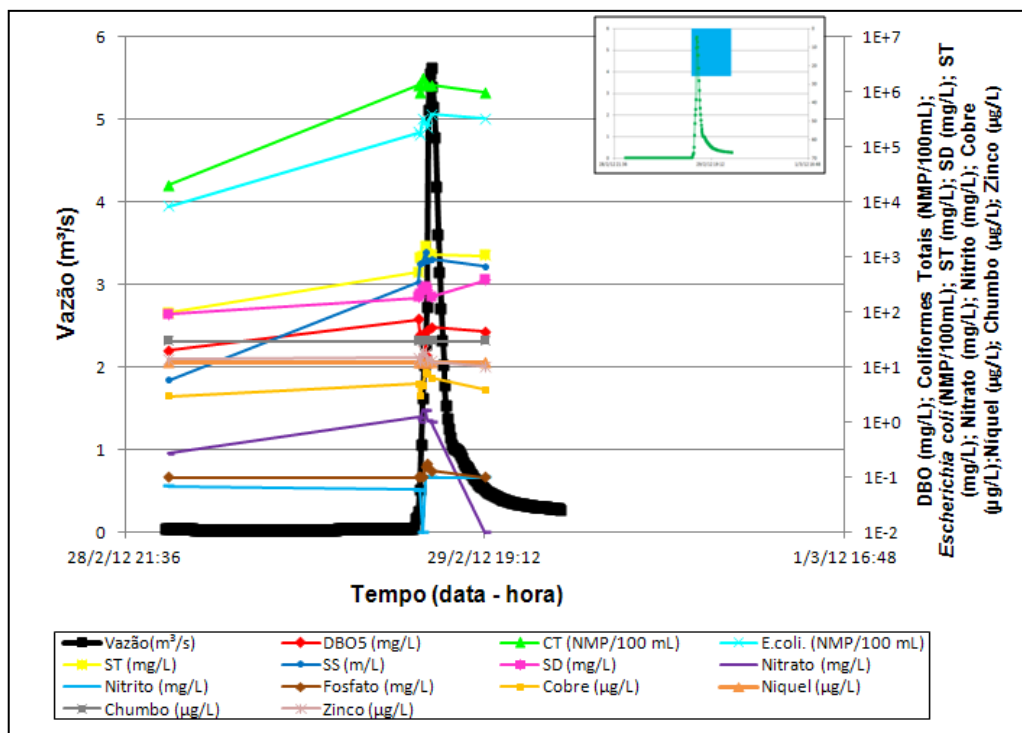


Figura B.15 – Polutograma do evento – dia 29/02/2012 – bacia Menino Deus IV.

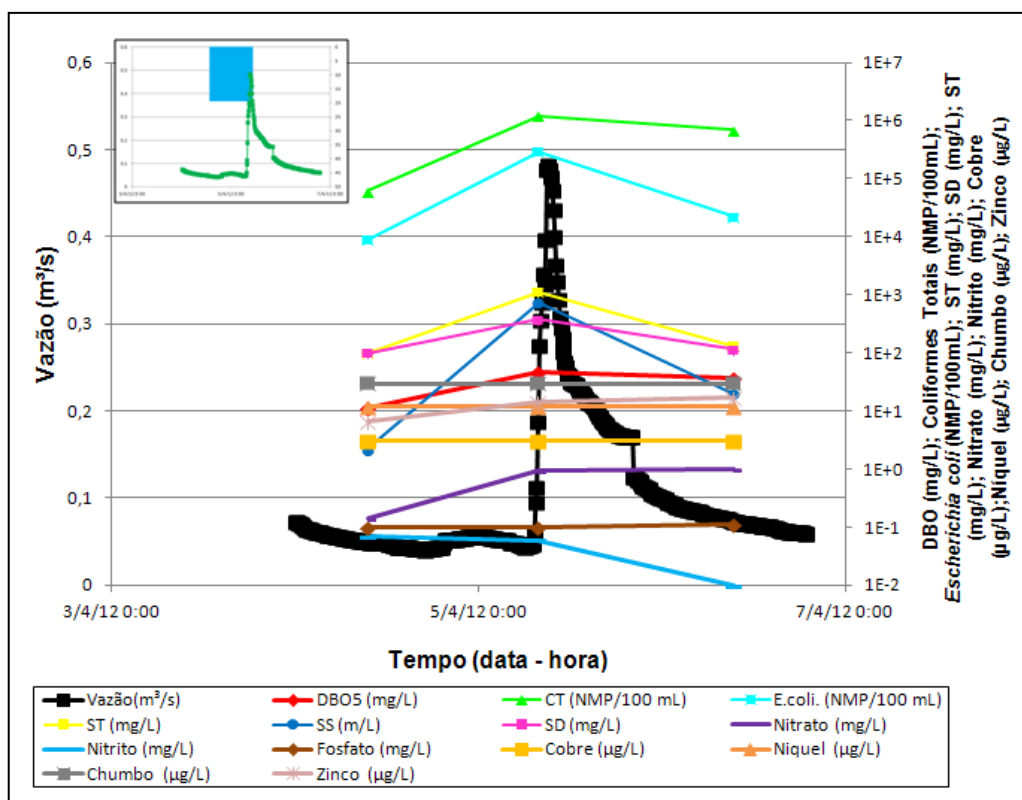


Figura B.16 – Polutograma do evento – dia 05/04/2012 – bacia Menino Deus IV.

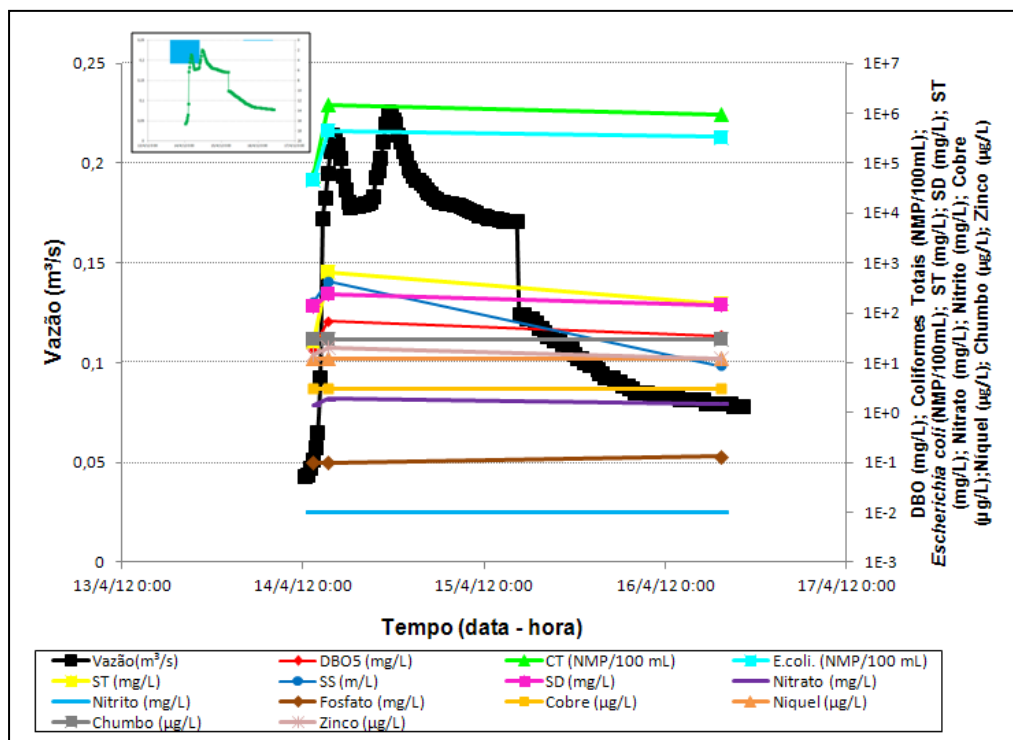


Figura B.17 – Polutograma do evento – dia 14/04/2012 – bacia Menino Deus IV.

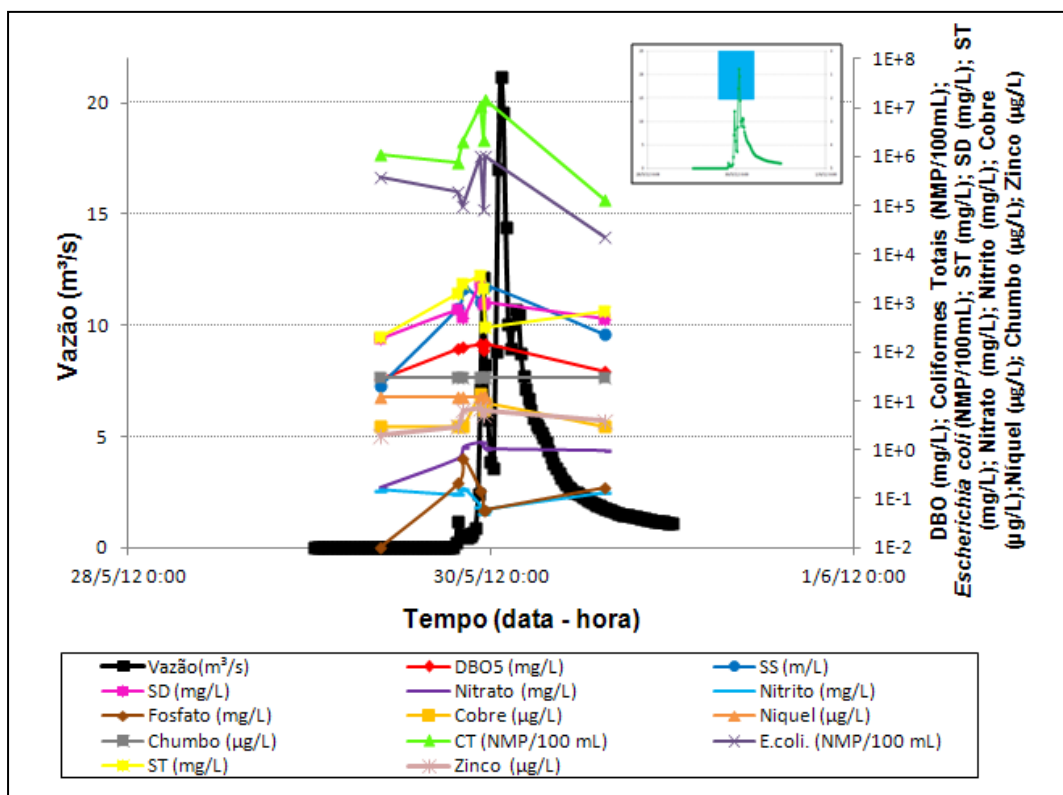


Figura B.18 – Polutograma do evento – dia 29/05/2012 – bacia Menino Deus IV.

APÊNDICE C – Planilhas de coleta em tempo seco, hidrogramas e polutograma dos eventos na bacia Menino Deus II

Tabela C1 – Parâmetros de qualidade da água em tempo seco da bacia hidrográfica Menino Deus II.

ata	Hora	T (°C)	OD (mg/L)	pH	Cond. (uS/cm)	Turb. (NTU)	CT (NMP/100mL)	E.coli. (NMP/100mL)	DBO5 (mg/L)	ST (mg/L)	SS (mg/L)	SD (mg/L)
03/11/2011	13:00	19	5,8	6,5	109,5	8,0	2,2E+02	1,2E+02	3	69,5	23,1	46,4
09/11/2011	16:40	19	7,1	7,6	96,0	4,0	5,1E+02	2,1E+02	16	74,0	0,6	73,4
10/11/2011	13:20	21	ND	7,2	91,0	23,0	6,7E+03	3,5E+03	24	65,0	10,0	55,0
16/11/2011	10:20	19	6,8	7,1	110,0	6,0	4,8E+02	1,3E+02	11	67,5	3,6	63,9
29/11/2011	16:00	20	6,4	7,9	113,9	5,0	3,4E+02	1,9E+02	2,5	78,5	11,7	66,8
05/12/2012	16:00	19	ND	7,6	116,1	26,0	3,6E+01	3,3E+02	12	94,5	2,5	92,0
16/12/2012	08:00	20	7,02	7,9	128,2	28,0	2,4E+03	1,2E+03	4	210,0	1,3	208,7
22/12/2012	08:40	21	7,36	7,9	140,9	20,0	1,3E+02	8,2E+01	5	87,0	1,5	85,5
29/12/2012	08:50	19	7,79	7,8	143,6	18,0	3,0E+02	1,3E+02	6	129,0	1,9	127,1
05/01/2012	09:50	19	6,1	7,7	149,7	36,4	2,4E+04	1,8E+03	3	209,0	79,46	129,54
10/01/2012	09:25	24	6,5	7,5	159,7	7,2	2,9E+03	1,8E+03	9	204,0	125,4	78,6
12/01/2012	15:30	24	8,6	7,7	160,8	4,2	1,1E+03	1,2E+03	11	383,0	221,3	161,7
14/01/2012	15:10	22	6,8	7,7	147,7	4,5	3,3E+03	1,1E+03	7	105,0	2,7	102,3
19/01/2012	10:00	22	5,9	7,8	158,5	2,3	1,1E+03	3,8E+02	30	146,5	10,0	136,5
23/01/2012	09:15	22	6,4	7,8	141,3	3,8	8,2E+03	2,0E+03	1	96,0	7,2	88,8
25/01/2012	10:00	22	6,7	7,1	146,5	1,7	1,6E+02	1,2E+02	5	112,5	9,2	103,3
01/02/2012	09:30	22	6,2	7,7	152,6	6,3	4,5E+02	4,1E+02	8	158,5	45,0	113,5
04/02/2012	10:45	20	6,3	6,8	113,4	80,0	1,5E+04	1,1E+03	31	417,5	155,83	261,67
06/02/2012	10:45	23	6,1	6,5	110,7	20,5	2,2E+04	6,6E+02	21	117,5	10,78	106,72
06/02/2012	19:50	23	7,2	7,2	97,6	14,0	4,9E+04	3,2E+03	24	159,5	56,4	103,1
28/02/2012	09:40	21	7,4	7,9	123,3	2,5	1,0E+04	1,8E+03	20	77,5	4,6	72,9
29/02/2012	16:02	21	6,9	6,7	66,4	261,0	1,7E+06	8,7E+05	50	772,5	727,62	44,88
06/03/2012	10:45	21	5,8	7,5	111,8	15,0	6,3E+03	4,1E+03	14	114,5	1,8	112,7
13/03/2012	09:15	23	7,0	7,8	111,8	20,0	8,3E+03	4,1E+03	11	130,0	4,6	125,4
21/03/2012	12:10	21	7,8	7,6	128,7	20,0	1,7E+04	8,1E+03	15	106,5	62,4	44,1
30/03/2012	10:00	23	7,3	7,5	127,9	23,0	2,3E+05	6,5E+04	12	112,5	12,6	99,9

Data	Hora	T (°C)	%OD (mg/L)	pH	Cond. (uS/cm)	Turb. (NTU)	CT (NMP/100mL)	E.coli. (NMP/100mL)	DBO5 (mg/L)	ST (mg/L)	SS (mg/L)	SD (mg/L)
04/04/2012	10:00	19	7,1	7	134,4	3,5	7,3E+03	2,0E+03	5	142,0	28,2	113,8
06/04/2012	10:00	16	6,4	5	112,7	31,9	4,2E+05	1,4E+05	13	470,0	23,4	446,6
13/04/2012	10:10	19	35,6	7	149,5	5,4	3,4E+04	2,2E+04	10	113,5	9,9	103,6
16/04/2012	09:30	15	38,2	7	115,0	6,4	6,5E+04	5,3E+04	13	155,0	5,13	149,9
25/04/2012	15:00	14	35,6	7	96,0	2,1	3,5E+04	1,9E+04	11	112,5	7,6	104,9
03/05/2012	14:00	16	35,6	7	115,1	2,1	2,5E+04	1,4E+04	13	174,5	10,7	163,8
11/05/2012	08:00	15	35,3	7	116,9	2,5	6,5E+04	3,0E+04	14	133,5	11,8	121,7
18/05/2012	12:40	15	34,8	7	132,6	2,7	2,1E+05	8,0E+04	14	103,0	10,2	92,8
29/05/2012	08:50	18	32,2	7	115,9	3,2	2,7E+05	9,9E+04	19	127,5	17,7	109,8
31/05/2012	16:40	15	43,1	7	68,0	48,0	2,5E+04	1,4E+04	13	226,0	25,0	201,2
04/06/2012	15:00	12	100,0	7	119,1	4,1	7,6E+04	1,0E+04	24	227,5	12,4	215,1
13/06/2012	08:20	13	40,9	7	117,0	3,1	6,5E+04	9,1E+03	22	178,2	21,2	157,1
20/06/2012	13:40	13	40,3	8	142,1	3,0	1,7E+04	9,0E+03	24	183,5	21,6	161,9
27/06/2012	10:00	13	40,9	8	114,8	5,1	3,8E+04	8,2E+03	24	233,5	27,7	205,8

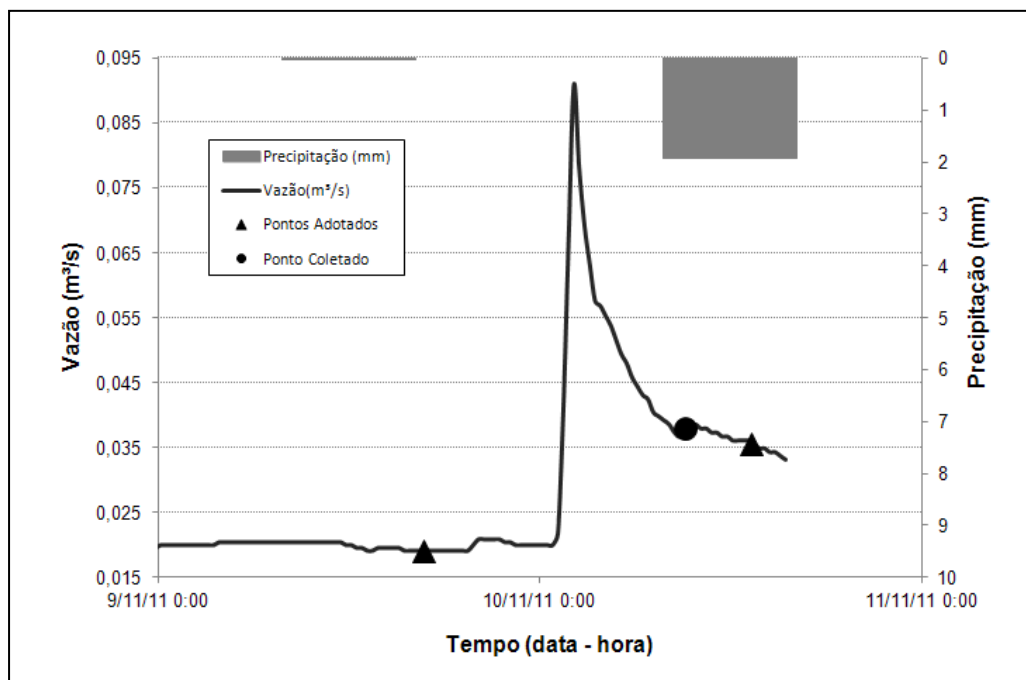


Figura C.1 – Hidrograma do evento – do dia 10/11/2011 – bacia Menino Deus II.

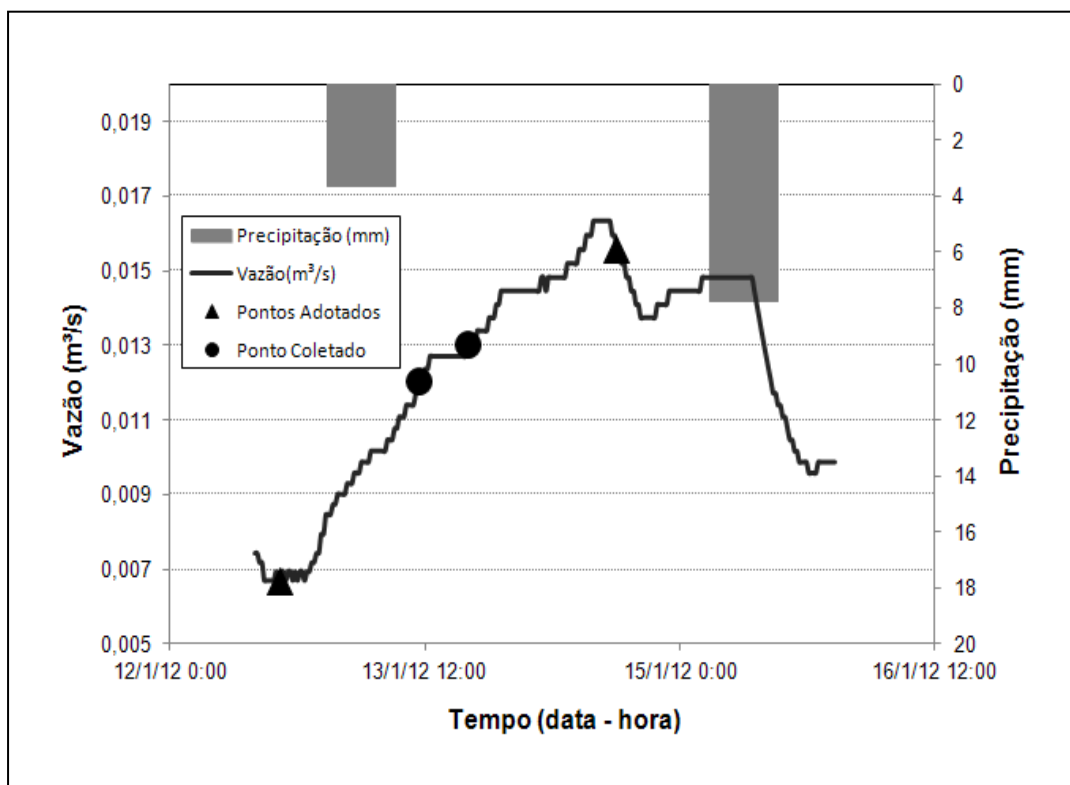


Figura C.2 – Hidrograma do evento – dia 13/01/2012 – bacia Menino Deus II.

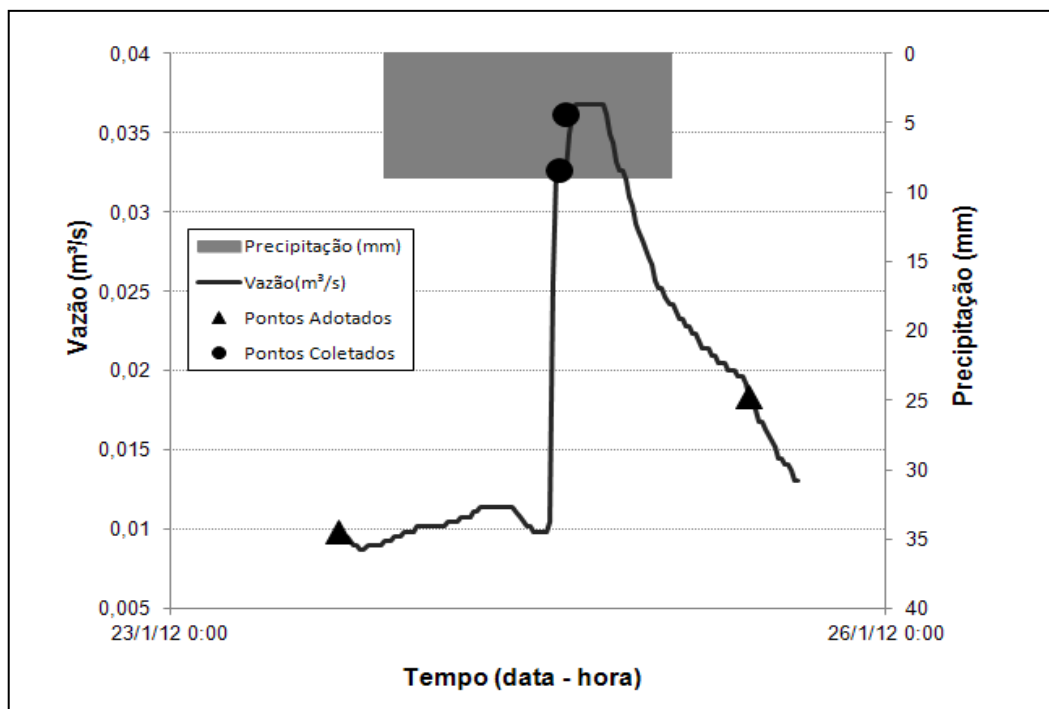


Figura C.3 – Hidrograma do evento – dia 24/01/2012 – bacia Menino Deus II.

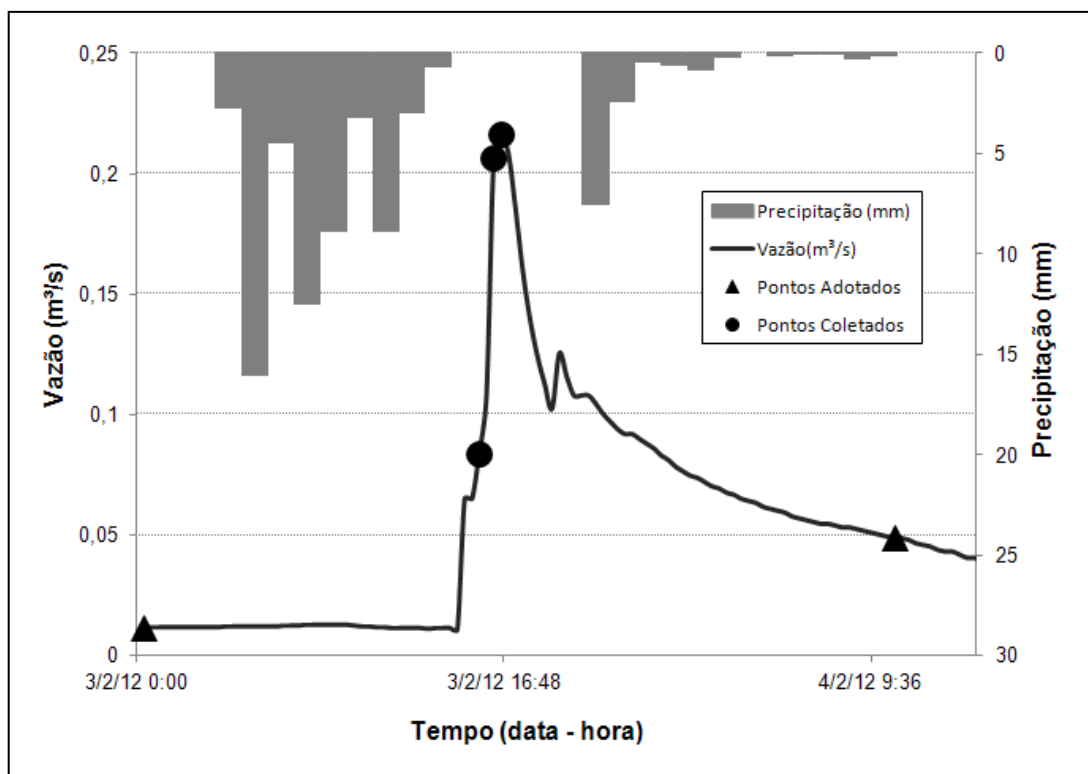


Figura C.4 – Hidrograma do evento – dia 03/02/2012 – bacia Menino Deus II.

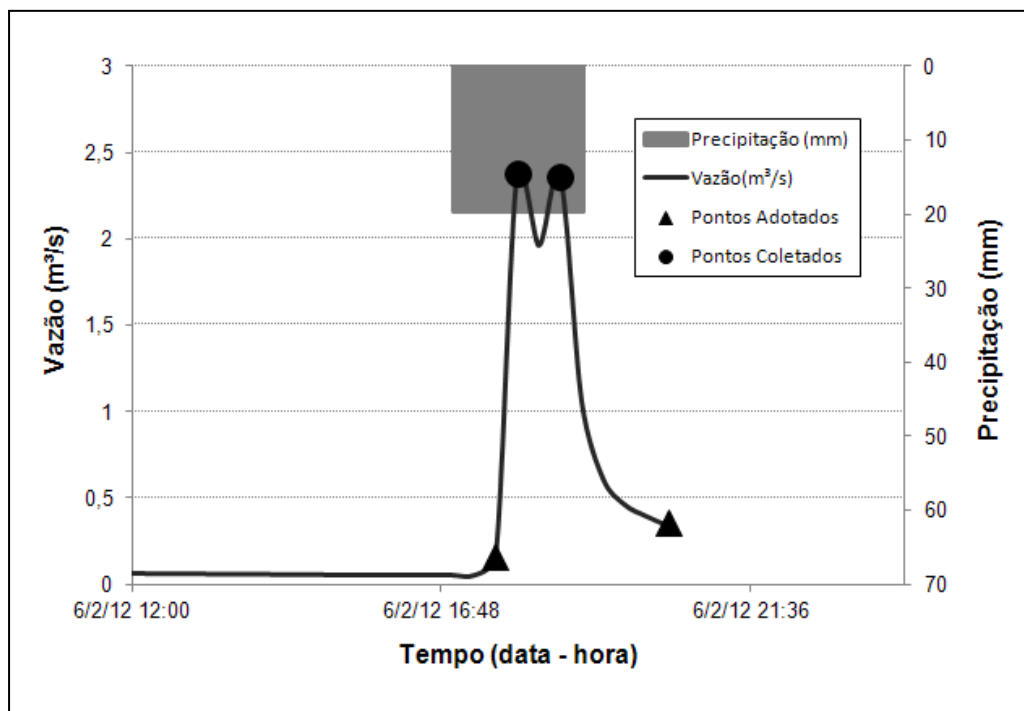


Figura C.5 – Hidrograma do evento – dia 06/02/2012 – bacia Menino Deus II.

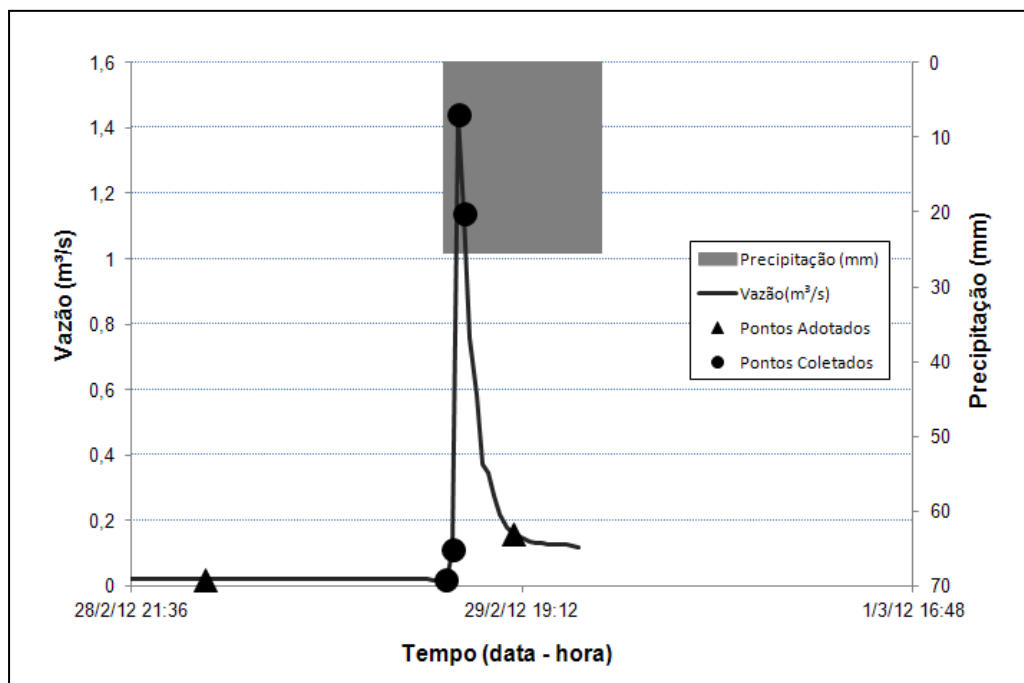


Figura C.6 – Hidrograma do evento – dia 29/02/2012 – bacia Menino Deus II.

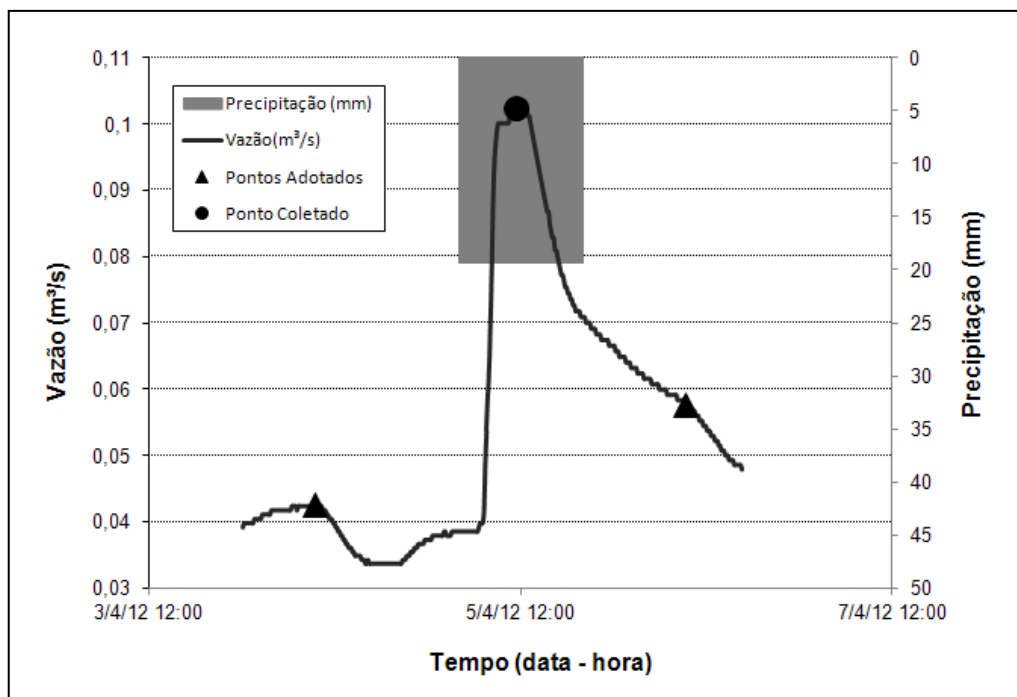


Figura C.7 – Hidrograma do evento – dia 05/04/2012 – bacia Menino Deus II.

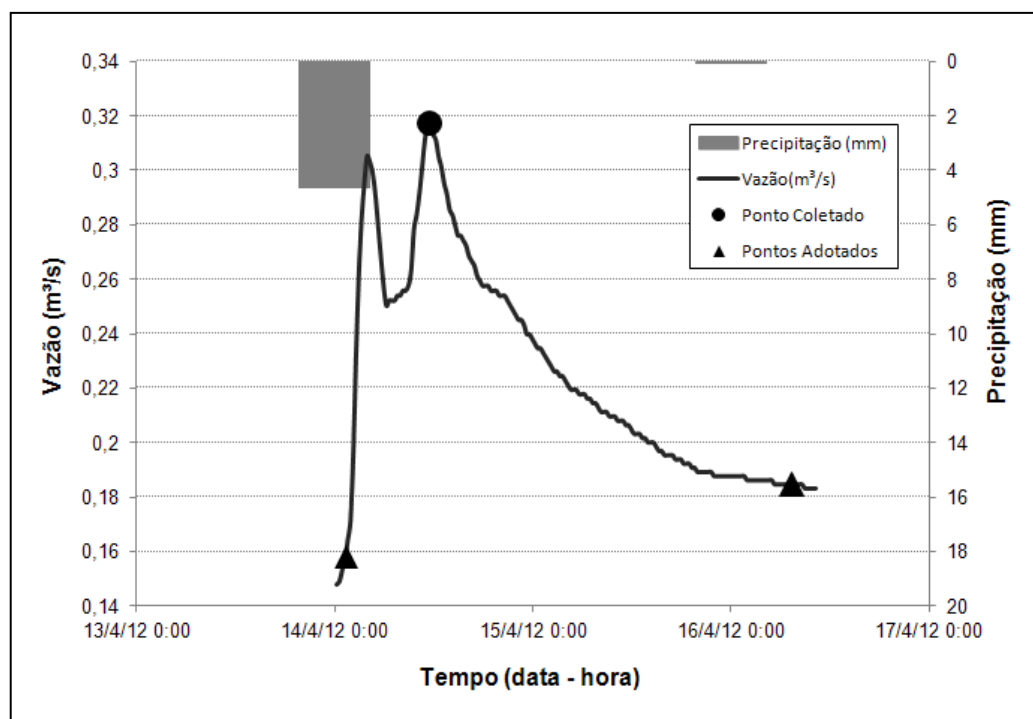


Figura C.8 – Hidrograma do evento – dia 14/04/2012 – bacia Menino Deus II.

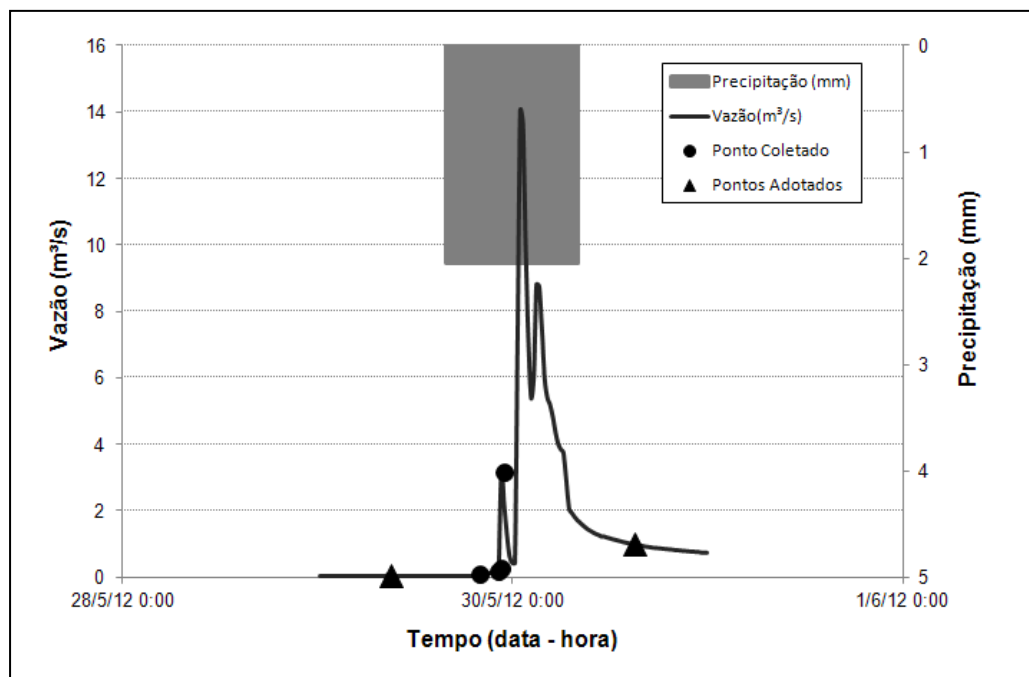


Figura C.9 – Hidrograma do evento – dia 29/05/2012 – bacia Menino Deus II.

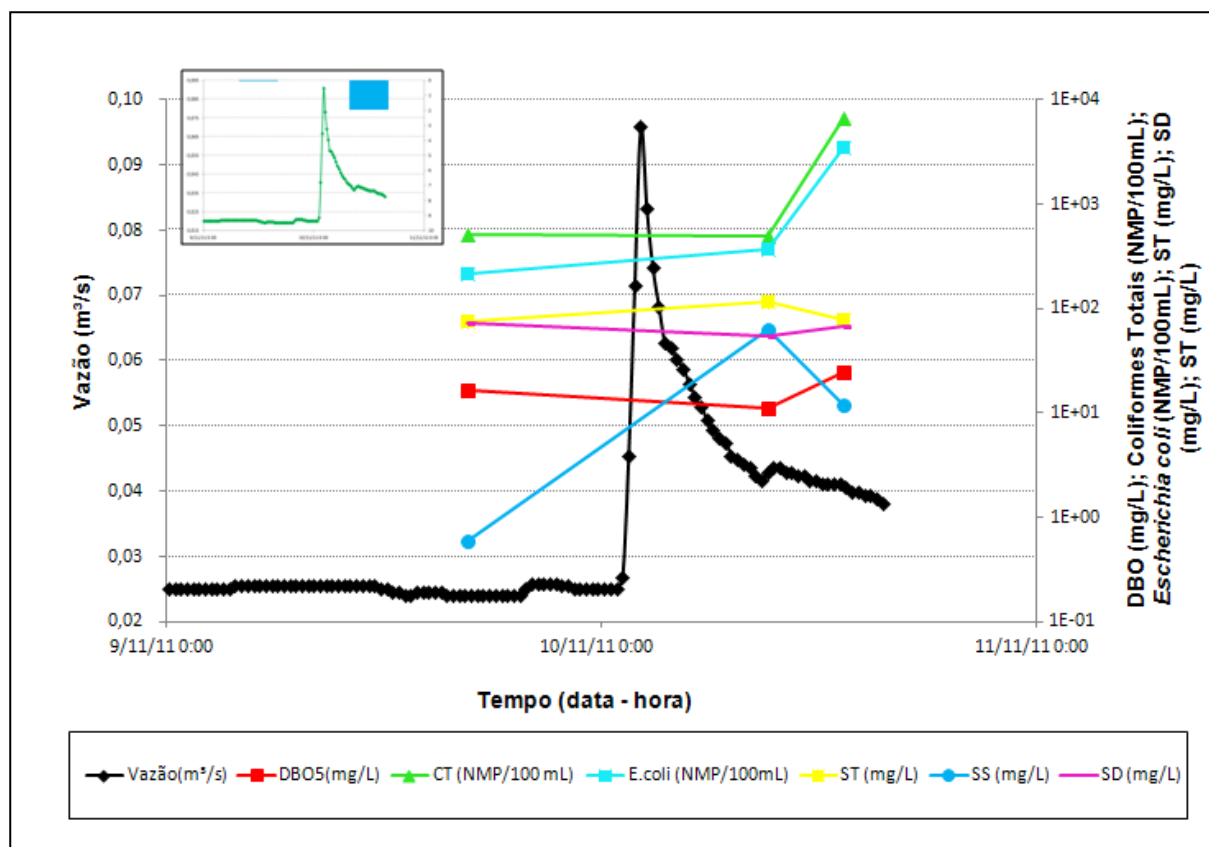


Figura C.10 – Polutograma do evento – dia 10/11/2011 – bacia Menino Deus II.

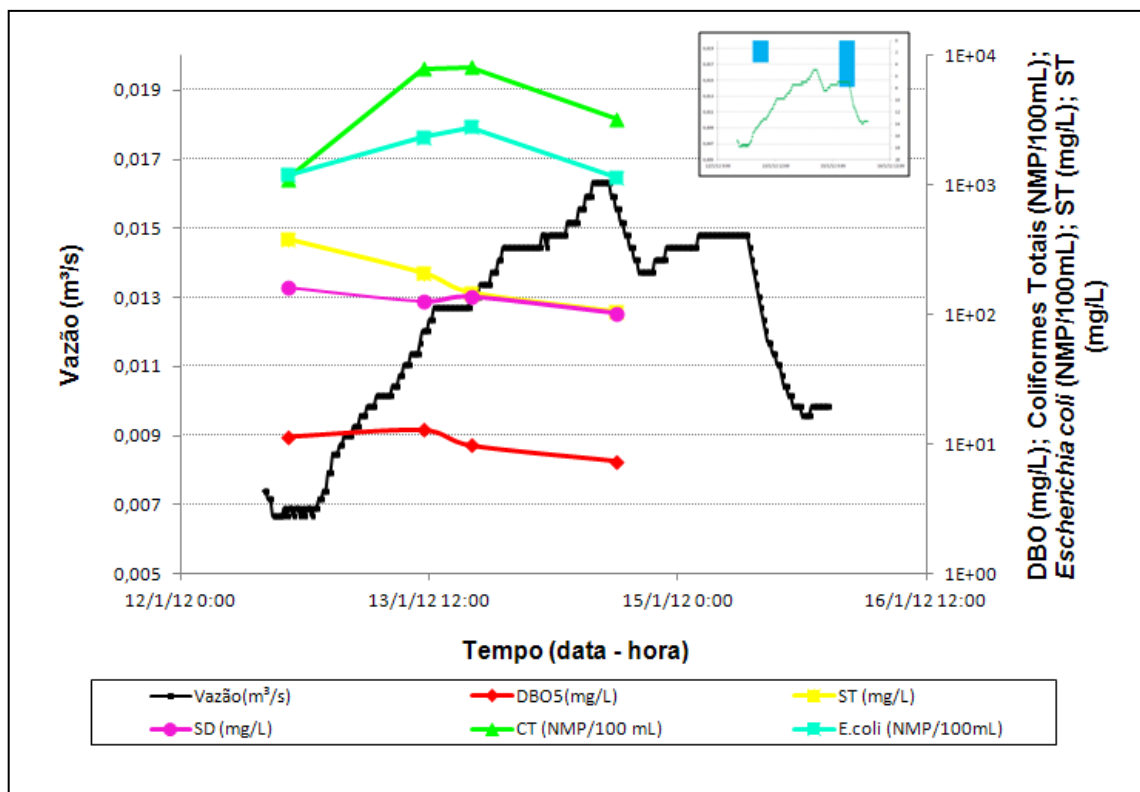


Figura C.11 – Polutograma do evento – dia 13/01/2012 – bacia Menino Deus II.

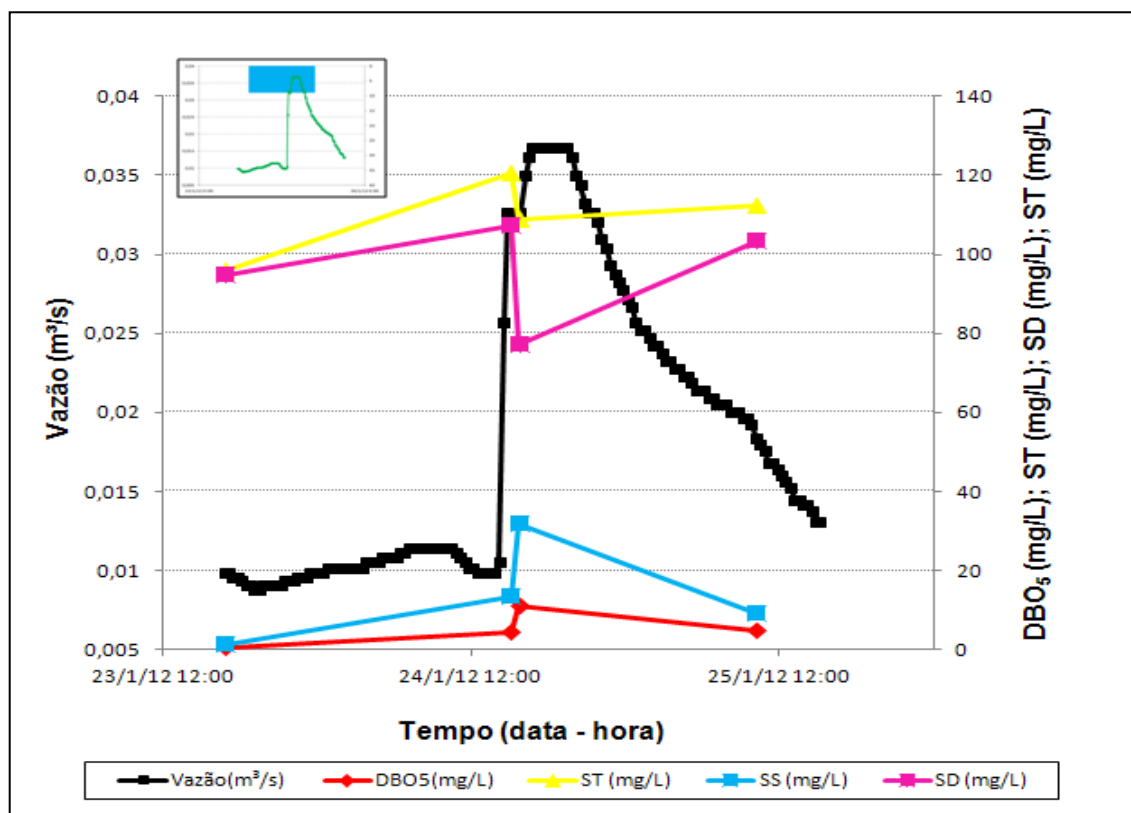


Figura C.12 – Polutograma do evento – dia 24/01/2012 – bacia Menino Deus II.

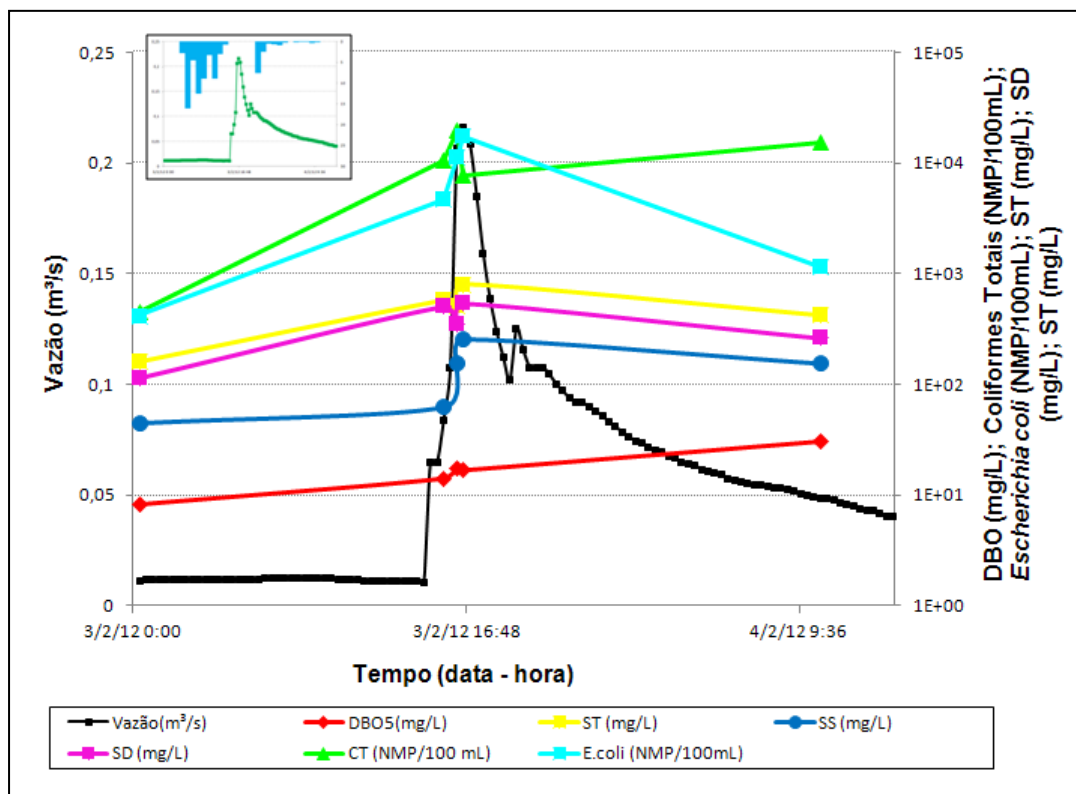


Figura C.13 – Polutograma do evento – dia 03/02/2012 – bacia Menino Deus II.

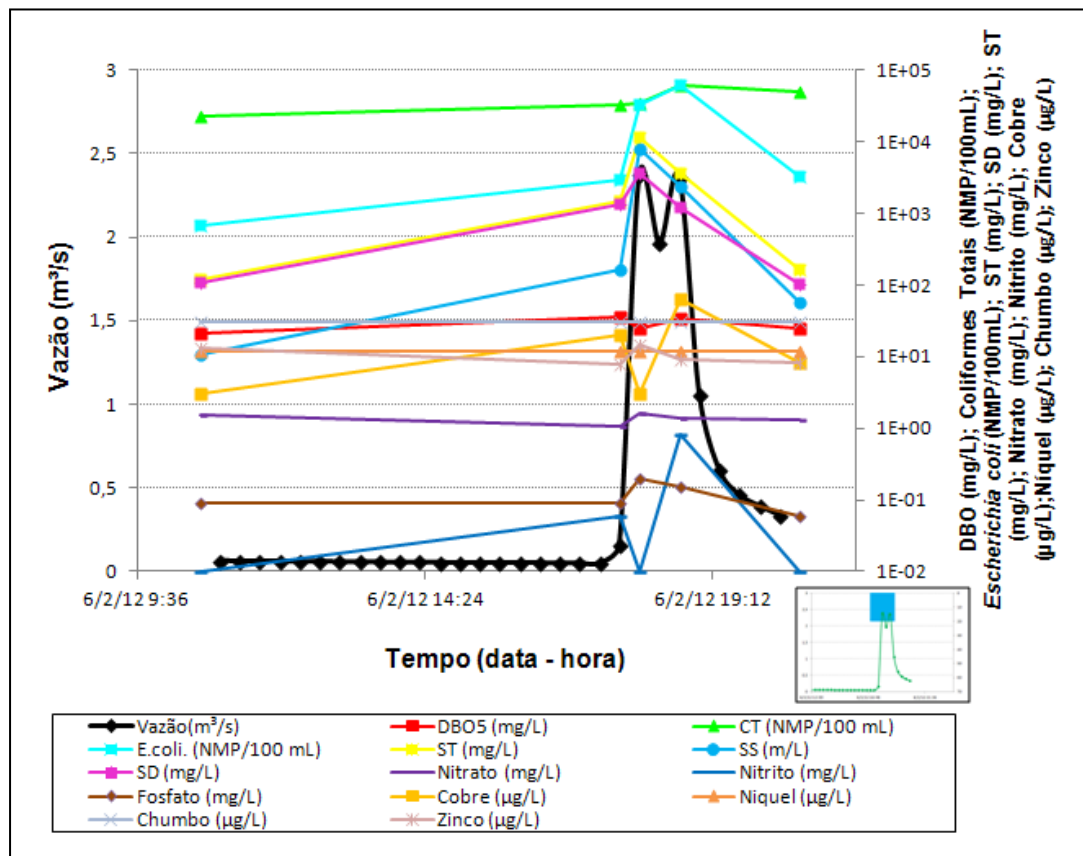


Figura C.14 – Polutograma do evento – dia 06/02/2012 – bacia Menino Deus II.

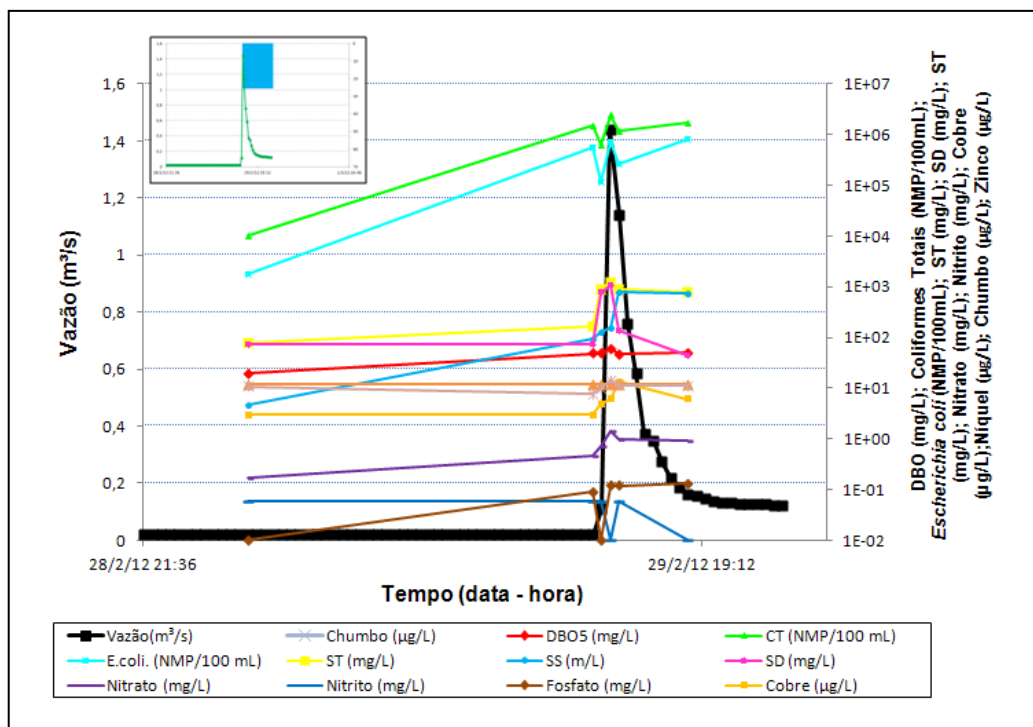


Figura C.15 – Polutograma do evento – dia 29/02/2012 – bacia Menino Deus II.

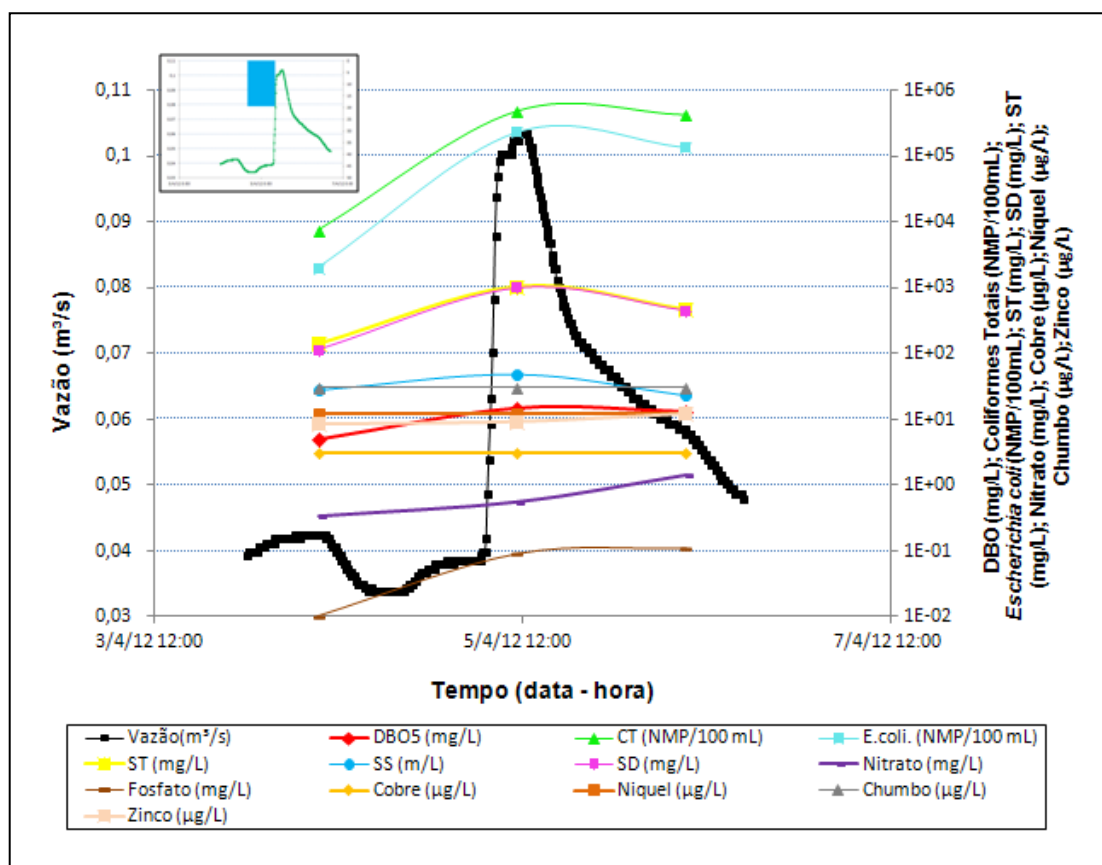


Figura C.16 – Polutograma do evento – dia 05/04/2012 – bacia Menino Deus II.

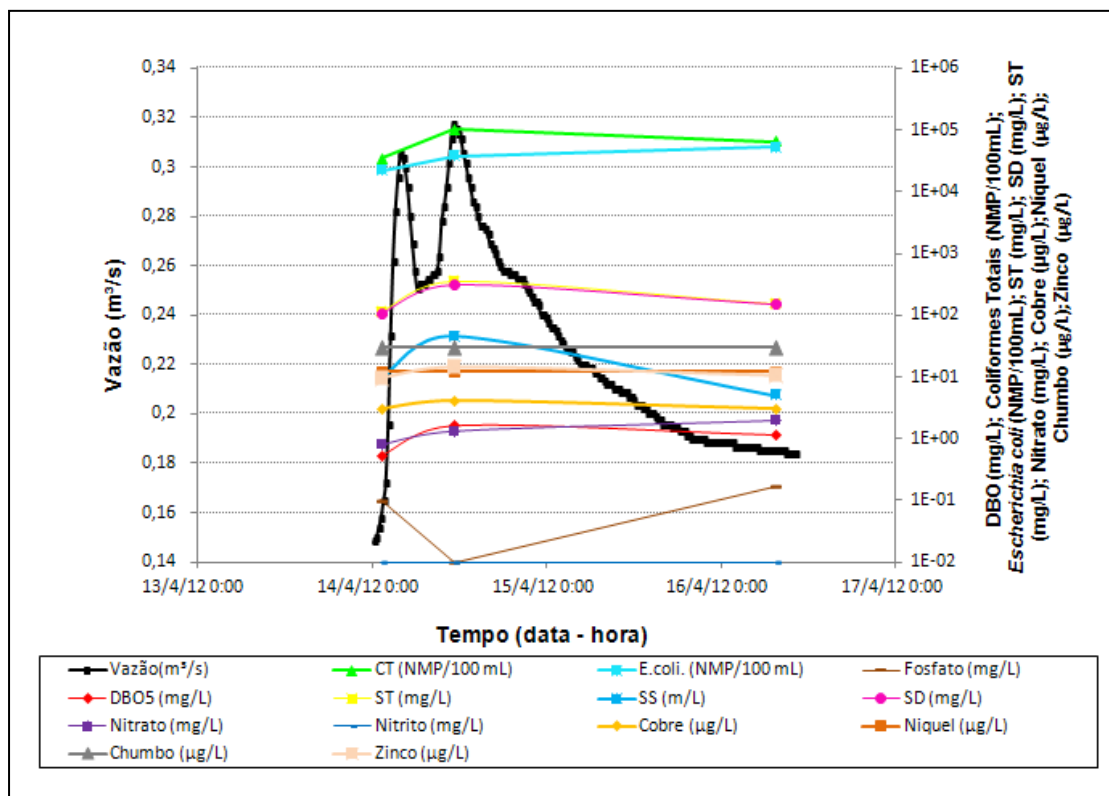


Figura C.17 – Polutograma do evento – dia 29/05/2012 – bacia Menino Deus II.

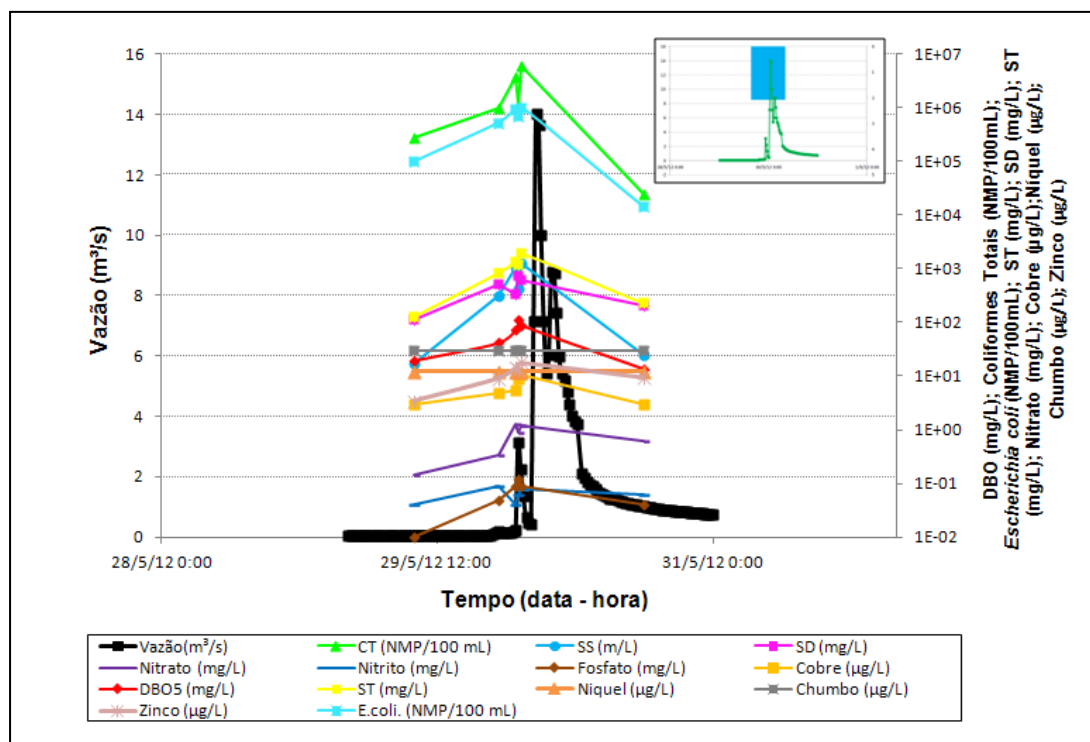


Figura C.18 – Polutograma do evento – dia 14/04/2012 – bacia Menino Deus II.

APÊNDICE D – Planilhas de coleta em tempo seco, hidrogramas e polutograma dos eventos na bacia Alto da Colina

Tabela D.1 – Parâmetros de qualidade da água em tempo seco na bacia hidrográfica Alto da Colina.

Data	Hora	T (°C)	%OD (mg/L)	pH	Cond. (uS/cm)	Turb. (NTU)	CT (NMP/100mL)	E.coli. (NMP/100mL)	DBO5 (mg/L)	ST (mg/L)	SS (mg/L)	SD (mg/L)	Amônia (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Fosfato (mg/L)
11/04/2008	12:05	24	3,4	7	402,0	17,4	3,4E+06	2,4E+05	11	180,5	22,7	157,8	-	-	-	-
12/04/2008	13:20	20	-	7	233,0	46,5	1,7E+06	3,1E+05	18	157,0	40,0	117,0	-	-	-	-
25/04/2008	15:40	23	3,4	7	412,0	28,3	2,6E+06	4,1E+05	23	227,5	11,2	216,3	-	-	-	-
29/04/2008	11:10	19	58,6	7	238,0	71,2	4,7E+05	1,3E+05	10	227,5	32,8	194,7	-	-	-	-
16/05/2008	11:50	17	8,6	7	324,0	27,7	9,7E+05	3,6E+05	19	173,0	22,0	151,0	8,23	0,29	0,54	0,98
29/05/2008	11:40	16	74,6	7	89,9	63,1	2,7E+05	7,3E+04	2	131,0	22,3	108,7	0,32	1,52	0,33	0,46
05/06/2008	12:20	16	66,1	7,	157,8	37,0	6,1E+05	2,6E+05	9	112,5	9,6	102,9	4,65	0,88	0,42	0,57
09/06/2008	16:30	16	84,9	7	73,8	67,8	7,8E+03	3,4E+03	5	170,5	31,0	139,5	0,28	0,81	0,41	-
19/06/2008	11:10	12	57,5	7	179,7	30,3	1,7E+06	2,0E+05	11	103,5	19,6	83,9	2,95	0,85	0,27	1,09
27/06/2008	12:30	15	91,4	7	77,3	62,7	3,0E+05	3,70E+04	7	138,0	37,0	101,0	0,27	1,28	0,68	0,89
03/09/2008	12:10	20	9,6	7	273,0	32,6	3,1E+05	2,0E+05	18	-	-	-	-	-	-	-
08/09/2008	12:00	13	71,4	7	133,7	39,5	1,0E+06	2,8E+05	7	156,5	27,3	129,2	2,10	3,84	0,34	0,44

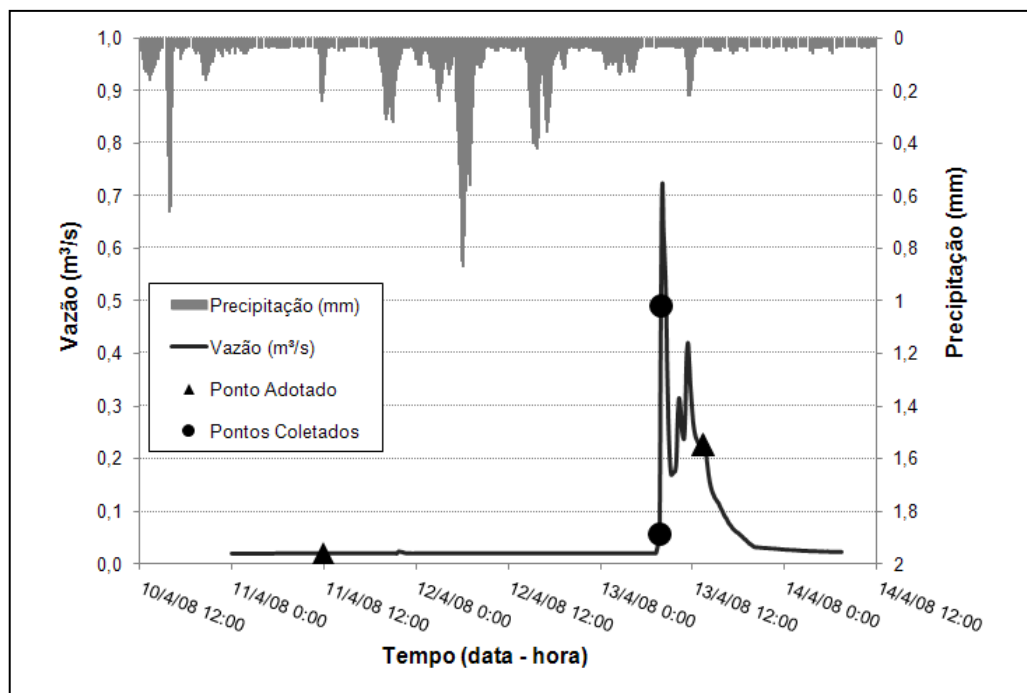


Figura D.1 - Hidrograma do evento – dia 13/04/2008 – bacia hidrográfica Alto da Colina.

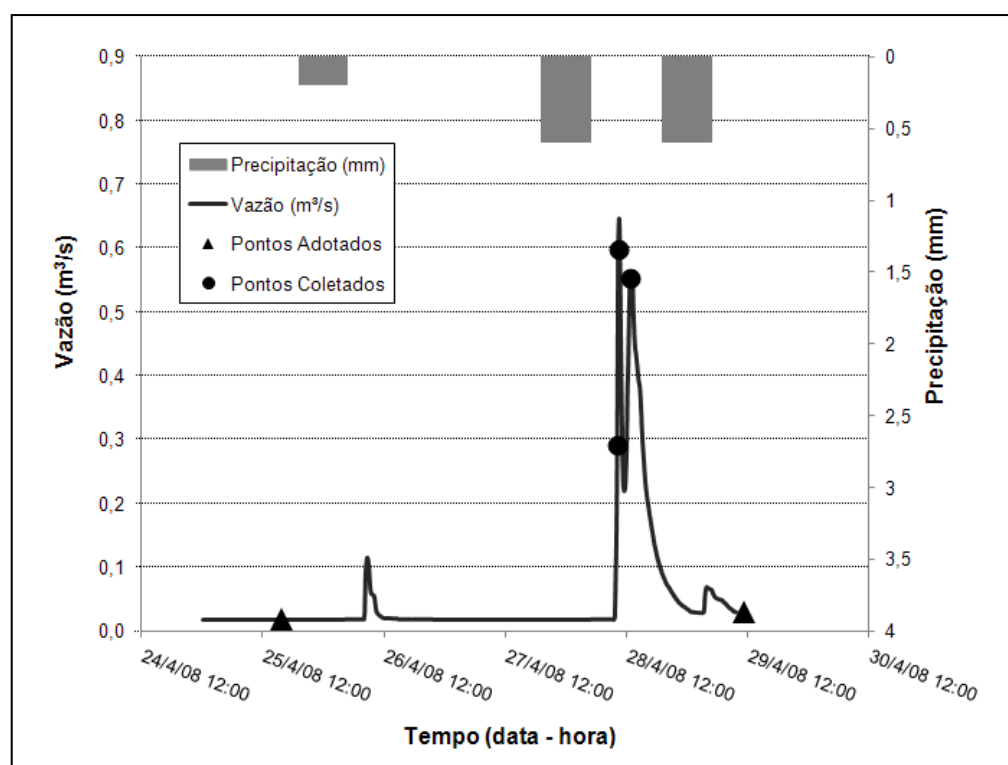


Figura D.2 - Hidrograma do evento – dia 28/04/2008 – bacia hidrográfica Alto da Colina.

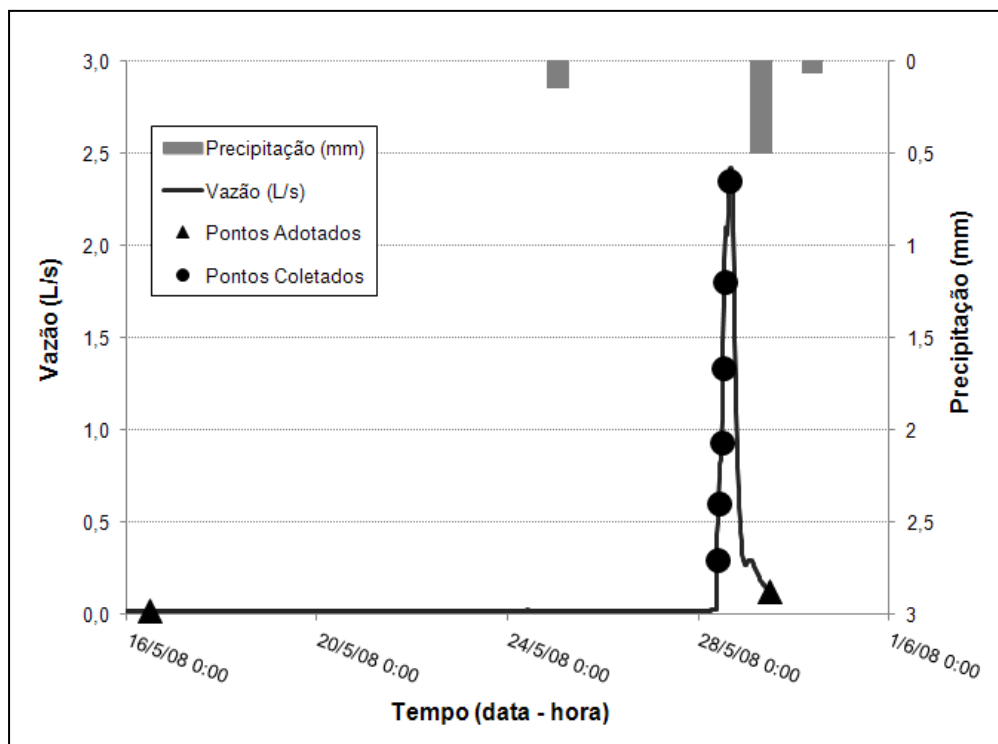


Figura D.3 - Hidrograma do evento – dia 28/05/2008 – bacia hidrográfica Alto da Colina.

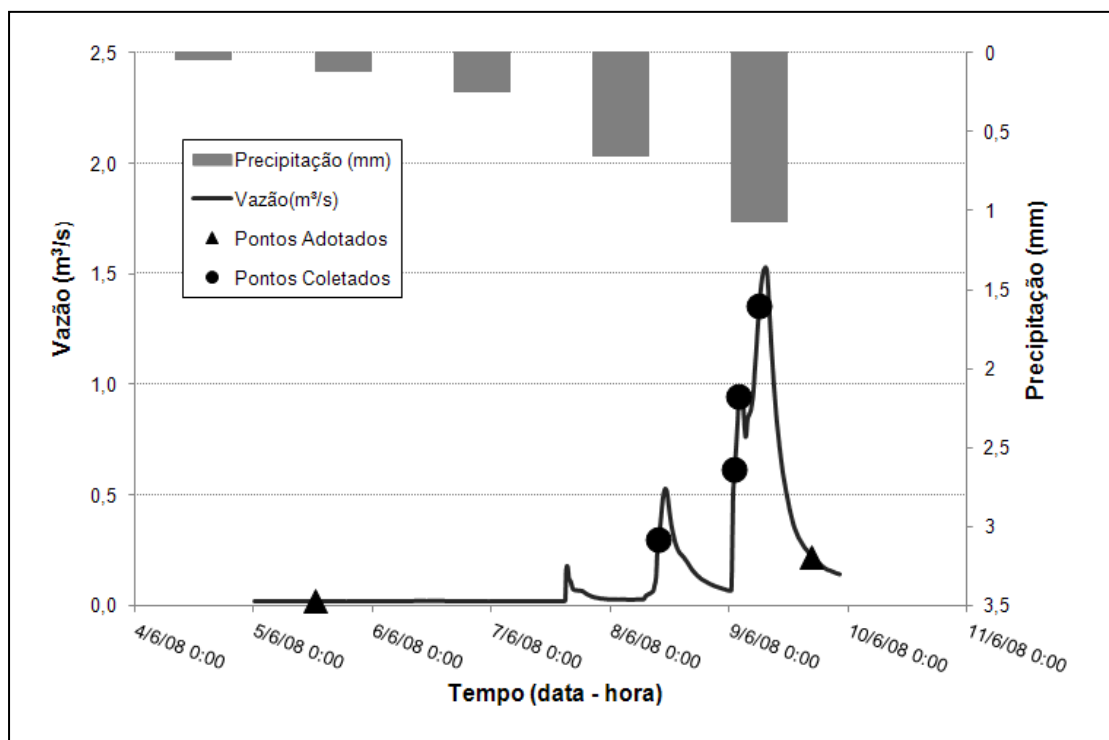


Figura D.4 - Hidrograma do evento – dia 09/06/2008 – bacia hidrográfica Alto da Colina.

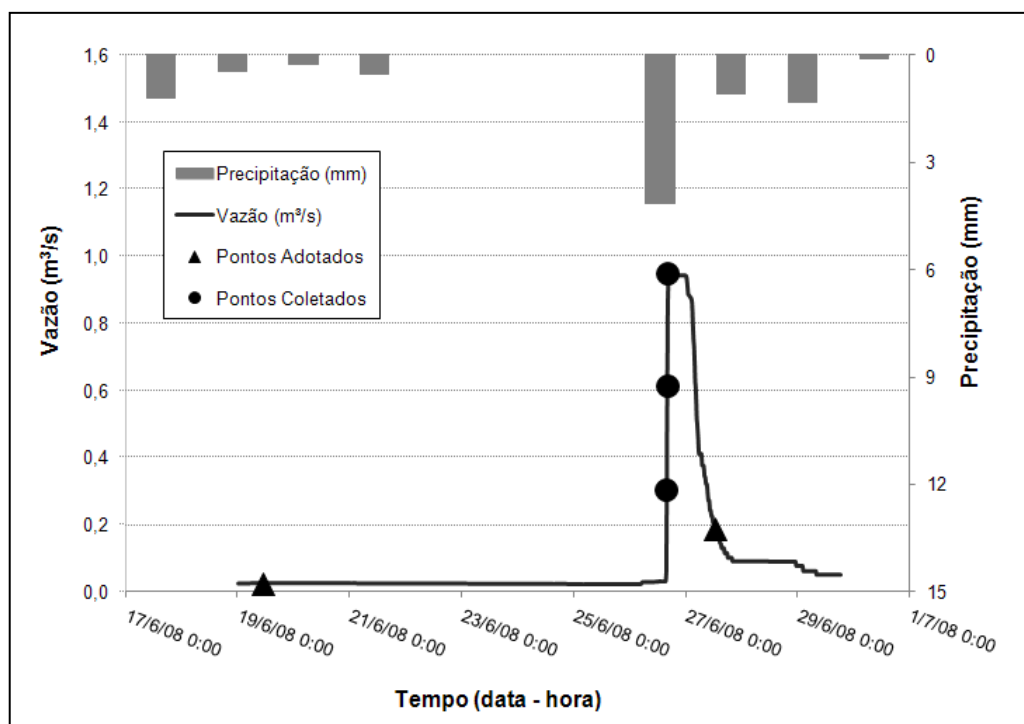


Figura D.5 - Hidrograma do evento – dia 26/06/2008 – bacia hidrográfica Alto da Colina.

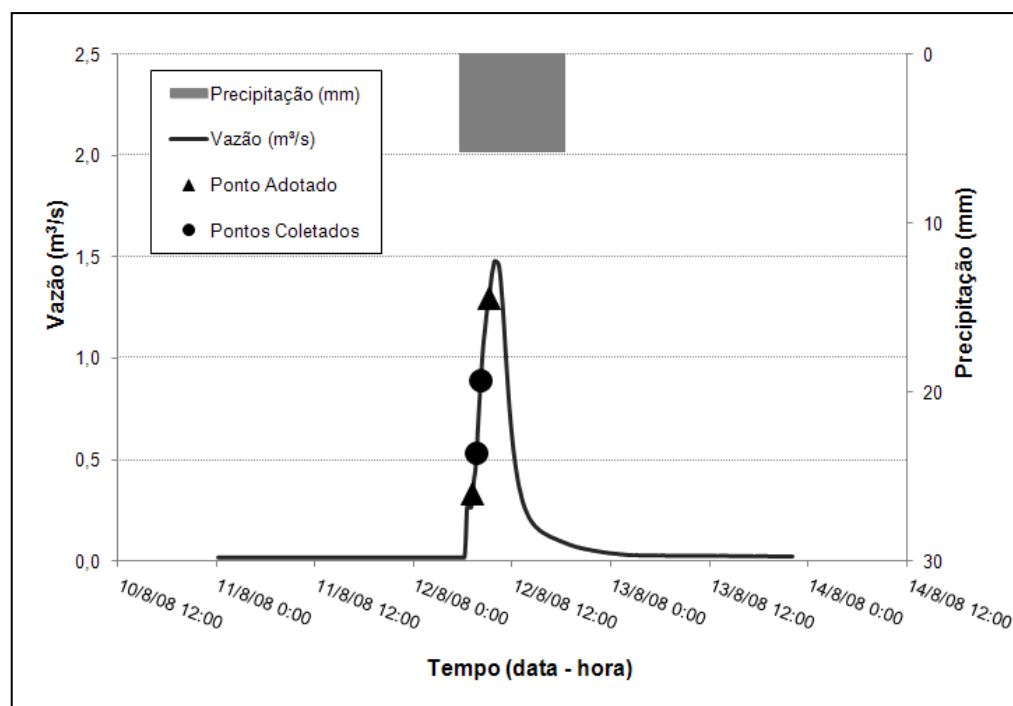


Figura D.6 - Hidrograma do evento – dia 12/08/2008 – bacia hidrográfica Alto da Colina.

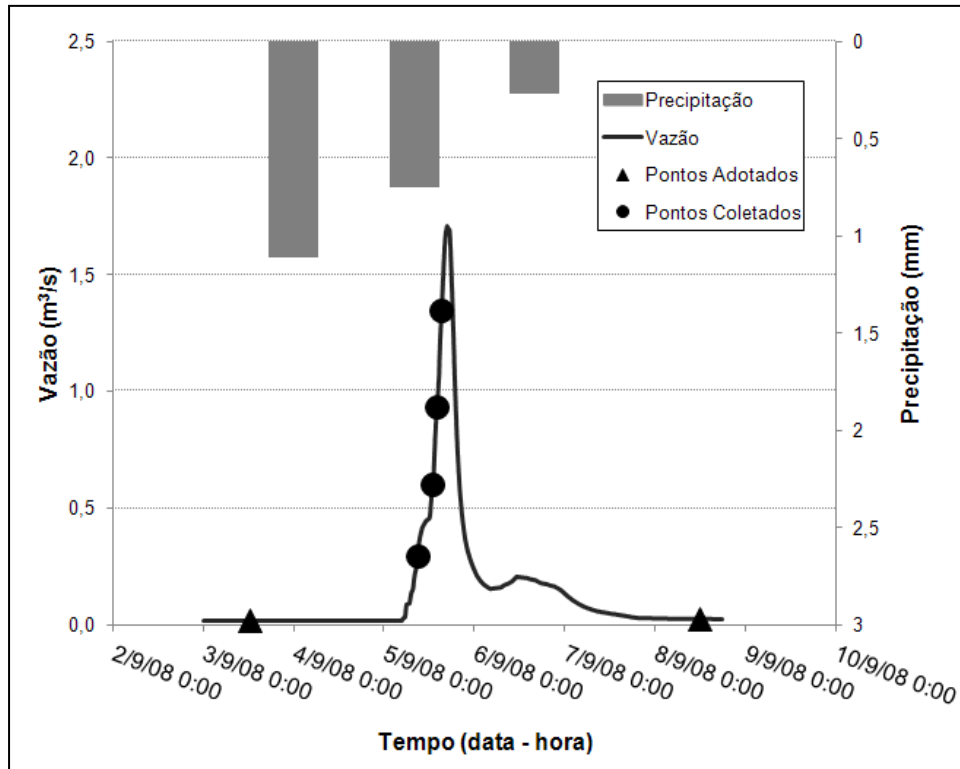


Figura D.7- Hidrograma do evento – dia 05/09/2008 – bacia hidrográfica Alto da Colina.

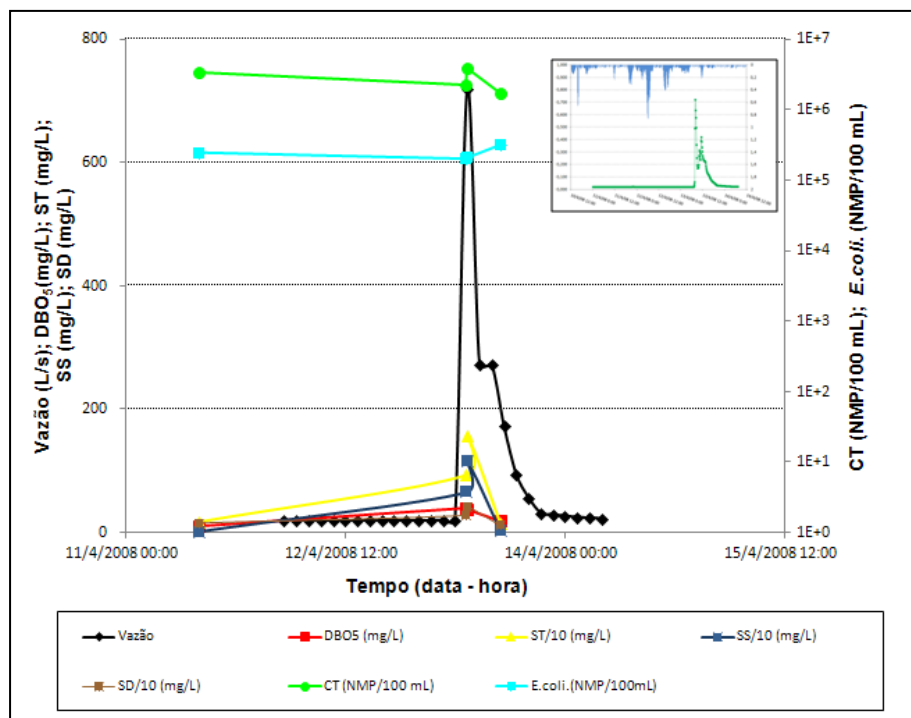


Figura D.8 - Polutograma evento – dia 13/04/2008 – bacia Alto da Colina.

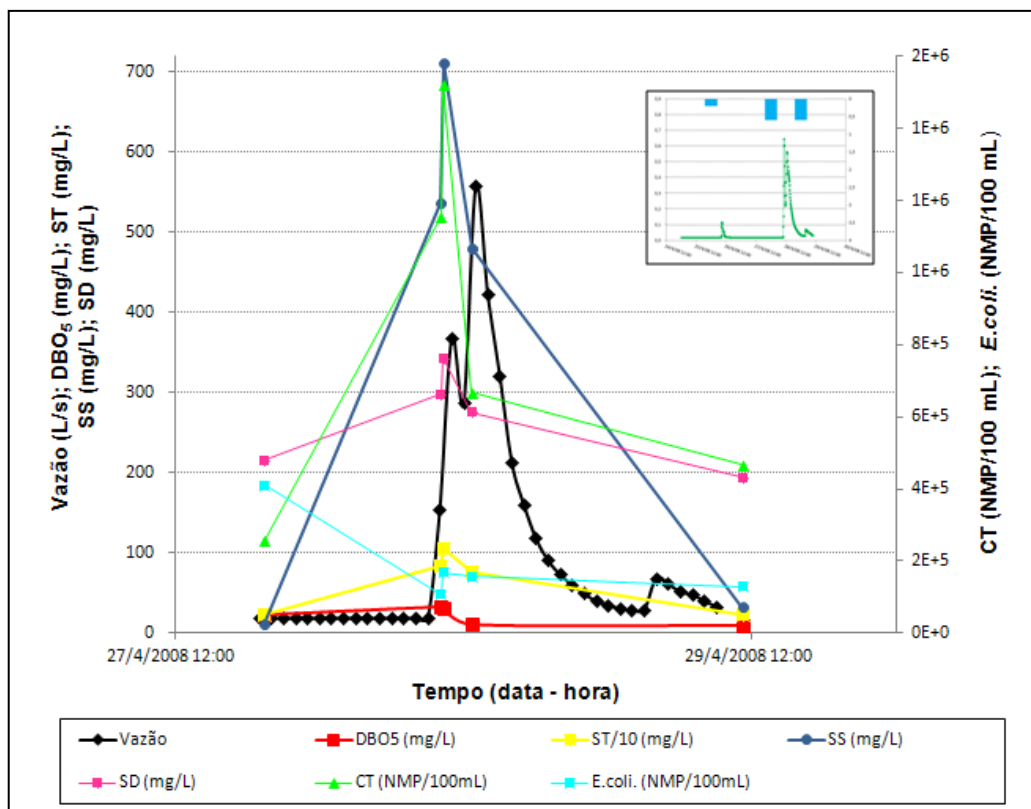


Figura D.9 - Polutograma evento – dia 28/04/2008 – bacia Alto da Colina.

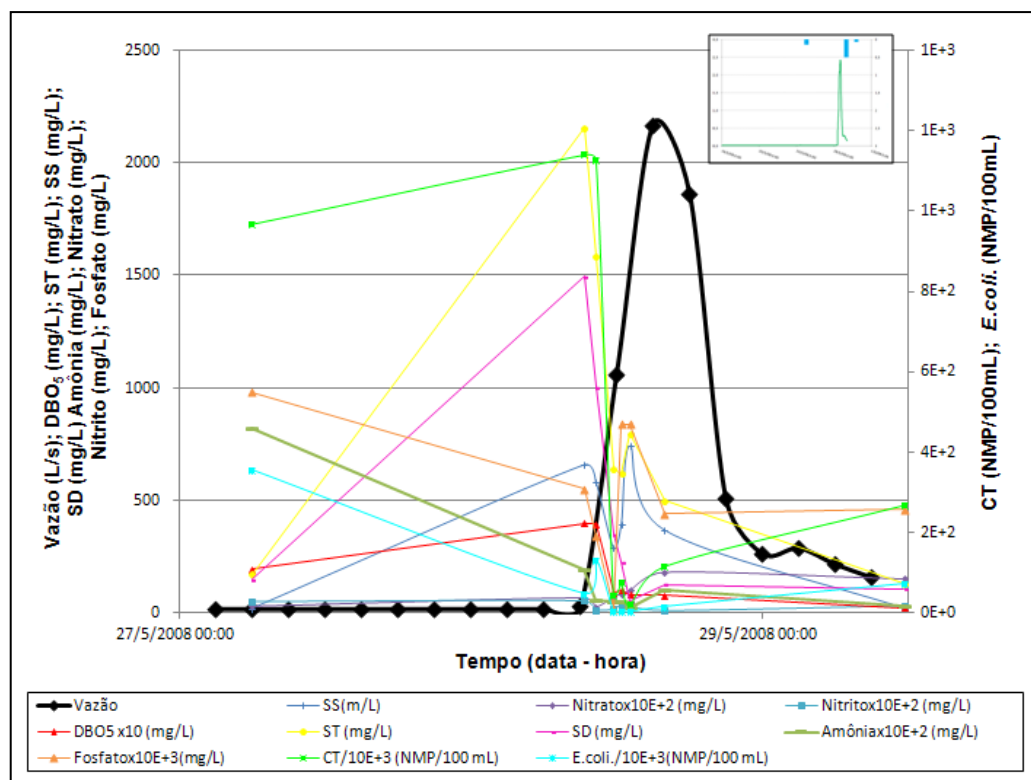


Figura D.10 - Polutograma evento – dia 28/05/2008 – bacia Alto da Colina.

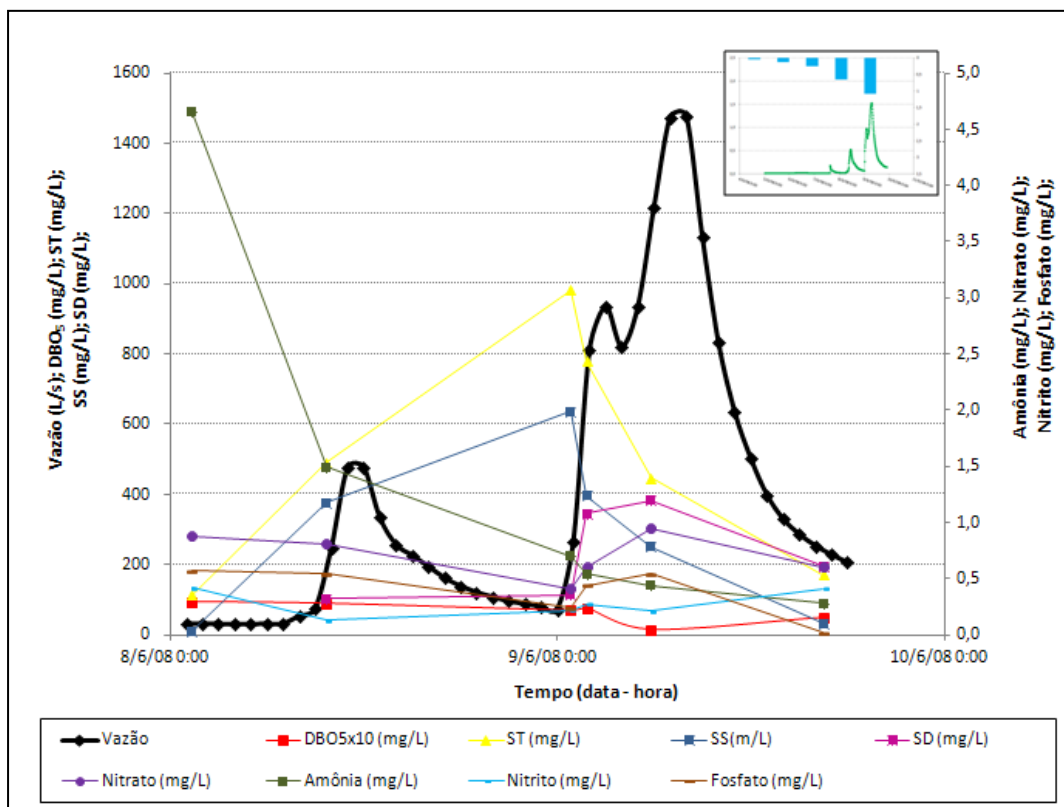


Figura D.11 - Polutograma evento – dia 09/06/2008 – bacia Alto da Colina.

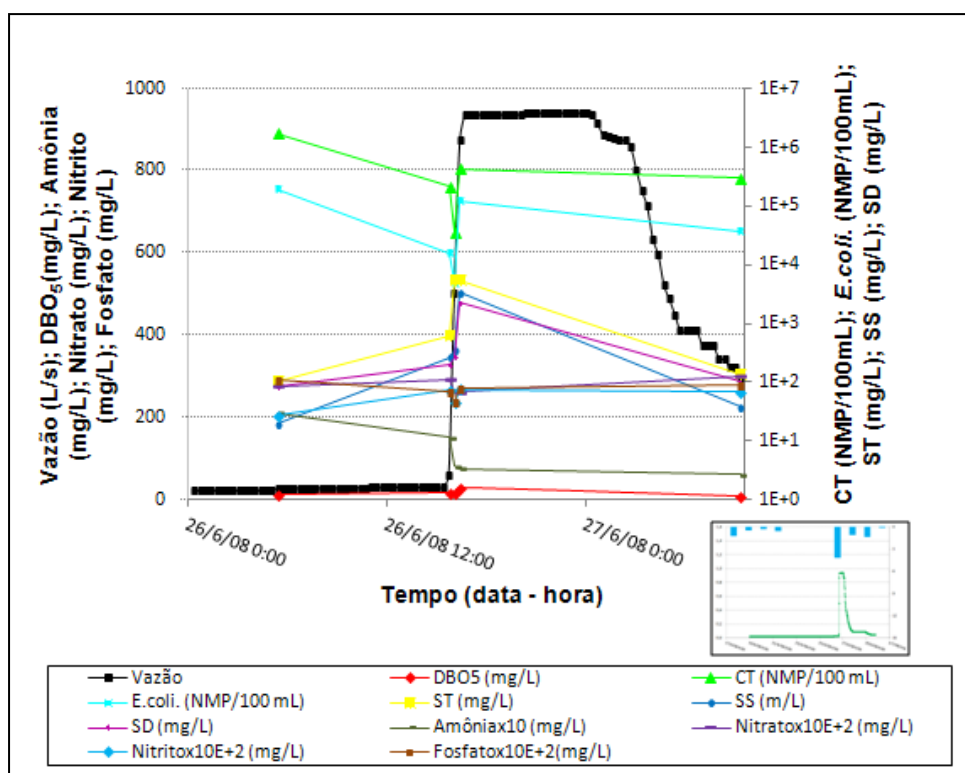


Figura D.12 - Polutograma evento – dia 26/06/2008 – bacia Alto da Colina.

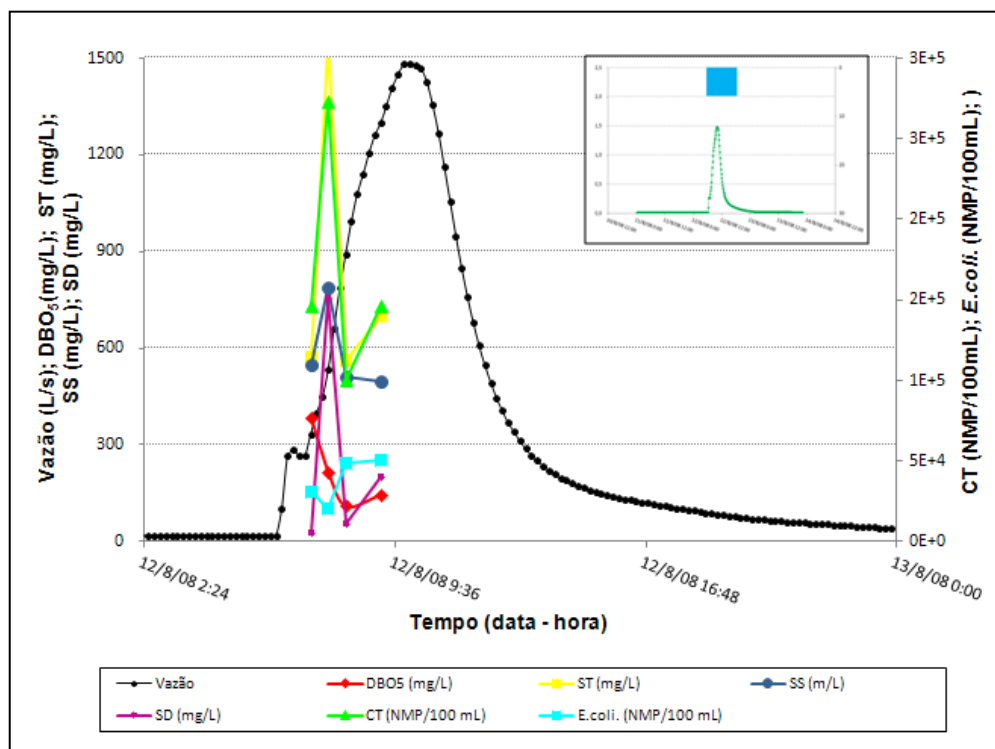


Figura D.13 - Polutograma evento – dia 12/08/2008 – bacia Alto da Colina.

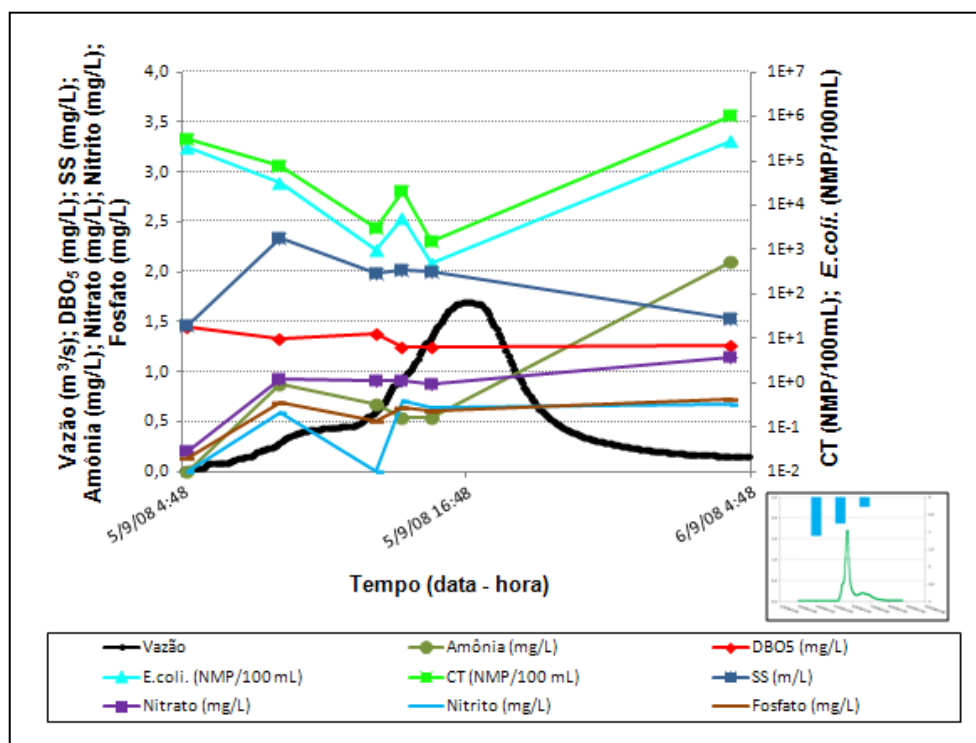


Figura D.14 - Polutograma evento – dia 04/09/2008 – bacia Alto da Colina.