UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

MEDIDAS DE CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS E TURBIDEZ NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LAJEADO GRANDE, SÃO MARTINHO DA SERRA (RS)

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

José Carlos Ribeiro Guimarães

Santa Maria, RS, Brasil

2010

MEDIDAS DE CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS E TURBIDEZ NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LAJEADO GRANDE, SÃO MARTINHO DA SERRA (RS)

por

José Carlos Ribeiro Guimarães

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Engenharia de Água e Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

Orientador: Prof.Dr. João Batista Dias de Paiva

Santa Maria, RS, Brasil

2010

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

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

MEDIDAS DE CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS E TURBIDEZ NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LAJEADO GRANDE, SÃO MARTINHO DA SERRA (RS)

elaborada por
José Carlos Ribeiro Guimarães

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

COMISSÃO EXAMINADORA:

_____
Prof. Dr. João Batista Dias de Paiva - UFSM
(Presidente/Orientador)

_____
Prof. Dr. Flávio Luiz Foletto Eltz - UFSM

_____
Prof. Dr. Irani dos Santos - UFPR

Santa Maria, 29 de março de 2010.

DEDICATÓRIA

A **José Petrollini Guimarães** “In memoriam” e **Aurea Ribeiro Guimarães.**

Pai e Mãe, este trabalho é dedicado a vocês especialmente por me ensinarem o que é “Amor Incondicional”, por serem sempre um “Porto Seguro” e exemplo de vida a ser seguido.

A vocês “Mestres” na vida!

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. João Batista Dias de Paiva pela orientação e compreensão das dificuldades em se desenvolver uma pesquisa científica com o rigor metodológico pertinente, paralelamente com atividades profissionais e todas as exigências que dela se originam.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade.

Aos Professores Toshio Nishijima, Osvaldo König, Reimar Carlesso e Ademar Michels pela transmissão de conhecimentos, co-orientação e troca de idéias.

Aos amigos e colegas Marcelo M. Soriano e Ulisses B. Baumhardt pelo companheirismo e incentivo na concepção e início deste projeto.

Aos técnicos e amigos Alcides Sartori e José Astério Rosa do Carmo pela colaboração e auxílio nos trabalhos de campo e coleta dos dados.

Aos bolsistas de iniciação científica Gabriela Cechin, Juliano Libraga da Siva, Ana Carolina Ribeiro e Anderson Alves pelas análises de laboratório.

Aos colegas Thiago A. Formentini, Rodrigo Domingues, Fábio A. Beling, Marco Alésio F. Pereira, Rafael M. Feltrin, Henrique Cunha Corrêa e João Fernando Zamberlan pelo auxílio e troca de informações e experiências.

A Professora Suzana Madruga Haigert pela revisão e correções de português.

Aos demais Professores, colegas e amigos do Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola e do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria pelos conhecimentos adquiridos.

E a todos, que não foram poucos, e que mesmo sem saber, de uma maneira ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho, meu mais profundo e sincero agradecimento.

Água que nasce na fonte serena do mundo
E que abre um profundo grotão
Água que faz inocente riacho e deságua na corrente do ribeirão
Águas escuras dos rios que levam a fertilidade ao sertão
Águas que banham aldeias e matam a sede da população
Águas que caem das pedras no véu das cascatas ronco de trovão
E depois dormem tranqüilas no leito dos lagos
Água dos igarapés onde Iara, a mãe d'água é misteriosa canção
Água que o sol evapora pro céu vai embora virar nuvens de algodão
Gotas de água da chuva, alegre arco-íris sobre a plantação
Gotas de água da chuva tão tristes, são lágrimas na inundação
Águas que movem moinhos são as mesmas águas que encharcam o chão
E sempre voltam humildes pro fundo da terra
Terra! Planeta Água!

Guilherme Arantes

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

MEDIDAS DE CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS E TURBIDEZ NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LAJEADO GRANDE, SÃO MARTINHO DA SERRA (RS)

Autor: José Carlos Ribeiro Guimarães
Orientador: Prof. Dr. João Batista Dias de Paiva
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 29 de março de 2010.

Diante do grande debate atual em torno das mudanças climáticas, da escassez de água mundial e da polêmica criada pelos conflitos derivados dos usos múltiplos da água especialmente em períodos de seca e, levando-se em consideração os problemas gerados por inundações, enxurradas, deslizamentos originados pela falta de critérios na ocupação e utilização de encostas e, suas causas e conseqüências sociais e econômicas, fica salientada a grande importância da aquisição de dados hidrológicos históricos para alimentar, fundamentar, validar ou invalidar estudos e metodologias que contribuam progressiva e positivamente no gerenciamento dos recursos hídricos. Este trabalho tem como objetivos específicos, através da instrumentação de uma estação de monitoramento existente, avaliar a validade da utilização das medidas de turbidez, como ferramenta para monitorar a produção de sedimentos na bacia hidrográfica do arroio Lajeado Grande no município de São Martinho da Serra a partir de leituras e coletas fixas e pontuais, buscando estabelecer uma relação entre as leituras de turbidez com os resultados das análises de concentração de sedimentos em suspensão. Para tanto, foram instalados um amostrador programável por bombeamento com sensor de nível, um turbidímetro instantâneo com data logger e um amostrador integrador no tempo, todos fixados em estrutura metálica em um ponto fixo no leito do arroio. Estes instrumentos foram programados periodicamente para coletas e leituras de dados na ocorrência ou não de eventos chuvosos. Como resultados foram obtidas várias correlações entre turbidez e concentração de sedimentos em suspensão entre elas: $Css = 1{,}0649T - 5{,}2001$ com $R^2 = 0{,}53$ e $Css = 0{,}972\ T - 5{,}5754$ com $R^2 = 0{,}84$. Também foram obtidas várias relações entre vazão e turbidez, sendo então concluída como válida a utilização de medidas pontuais e fixas de turbidez com a metodologia empregada para monitorar a produção de sedimentos na bacia hidrográfica em estudo e, recomendando-se a continuidade do trabalho com a diversificação de novas metodologias para coleta e análise de amostras objetivando reduzir os desvios dos resultados encontrados.

Palavras-chave: hidrossedimentologia; erosão; recursos hídricos.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Post-Graduation Program in Agricultural Engineering
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

MEASURES OF CONCENTRATION OF SEDIMENTS AND TURBIDITY IN LAJEADO GRANDE'S HIDROGRAF BASIN, SÃO MARTINHO DA SERRA (RS)

Author: José Carlos Ribeiro Guimarães
Advisor: Dr. João Batista Dias de Paiva
Date and Site of Presentation: Santa Maria, 29 march 2010.

With the large current debate around climate change, water scarcity worldwide and the controversy created by the conflicts arising from multiple uses of water especially during dry periods, and taking into account the problems caused by flooding, mudslides, landslides originated the lack of criteria for the occupation and use of slopes and their causes and social and economic consequences, it is emphasized how important the acquisition of historical hydrological data to feed, support, validate or invalidate studies and methodologies that contribute positively progressive in the management of resources. This work has the following objectives, through the instrumentality of an existing monitoring station to assess the validity of using measures of turbidity, as a tool to monitor the production of sediments in the basin of the stream Lajeado Grande in São Martinho da Serra to from readings and samples fixed and specific, seeking to establish a relationship between the turbidity readings with the results of the concentration of suspended sediments. For that, we installed a programmable sampler pumping level sensor, a turbidimeter snapshot data logger and a torpedo tube type integrator, all set in a metallic structure at a fixed point in the bed of the stream. These instruments have been regularly scheduled for collection and reading of data in the occurrence of rain events. As results were obtained several correlations between turbidity and suspended sediment concentration including: Css = 1,0649T – 5,2001 with R^2= 0,53 and Css = 0.972 T - 5.5754 with R2 = 0.84. Were also obtained various relationships between flow and turbidity, and then concluded as valid the use of measures points and fixed turbidity with the methodology used to monitor the production of sediments in the basin under study, and recommending the continuation of work and diversification of new methodologies for collecting and analyzing samples aimed at reducing the deviations of the result.

Key words: hydrossedimentology; erosion; water resourses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Localização da Bacia do Lajeado Grande 35

Figura 3.2 – Imagem IKONOS II, divisor d'água da bacia estudada e localização das estações de monitoramento 37

Figura 3.3 – Mapa de Uso e Cobertura da Terra da Bacia do Lajeado Grande 38

Figura 3.4 – Mapa de Solos detalhado da Bacia do Lajeado Grande 39

Figura 3.5 – Estação de Monitoramento de Jusante 41

Figura 3.6 – Estação de Monitoramento de Jusante – detalhe do vertedor triangular durante onda cheia 41

Figura 3.7 – Liníframo eletrônico 42

Figura 3.8 – Régua linimétrica 42

Figura 3.9a – Pluviômetro eletrônico e data logger OTT 42

Figura 3.9b – Pluviômetro 42

Figura 3.10a – Amostrador ISCO 43

Figura 3.10b – Amostrador ISCO 44

Figura 3.11a – Sensor de nível do amostrador 44

Figura 3.11b – Esquema orientativo para instalação do sensor de nível do amostrador seqüencial ISCO 44

Figura 3.12 – Amostrador integrador no tempo 45

Figura 3.13a – Data logger HDL-1 46

Figura 3.13b - Sonda DTS-12 46

Figura 3.14 – Estrutura de fixação 47

Figura 3.15 – Montagem dos sensores 47

Figura 3.16a – Abrigo Equipamentos 47

Figura 3.16b – Abrigo Equipamentos 47

Figura 3.17 – Abrigo Equipamentos (detalhe das garrafas do amostrador) 48

Figura 4.1 – Período de Amostragem 54

Figura 4.2 – Amostragem 1 55
Figura 4.3 – Amostragem 2 56
Figura 4.4 – Amostragem 3 57
Figura 4.5 – Amostragem 4,5 e 6 58
Figura 4.6 – Amostragem 4 59
Figura 4.7 – Amostragem 5 60
Figura 4.8 – Amostragem 6 61
Figura 4.9 – Amostragem 7 e 8 62
Figura 4.10 – Amostragem 7 63
Figura 4.11 – Amostragem 8 64
Figura 4.12 – Amostragem 9 65
Figura 4.13 – Amostragem 10 66
Figura 4.14 – Amostragem 11 67
Figura 4.15 – Evento 26/03/09 68
Figura 4.16 – Evento 13/05/09 69
Figura 4.17 – Evento 30/05/09 70
Figura 4.18 – Amostragem 12 71
Figura 4.19 – Amostragem 13 72
Figura 4.20 – Amostragem 14 73
Figura 4.21 – Amostragem 15 74
Figura 4.22 – Amostragem 16 75
Figura 4.23 – Granulometria do material em suspensão 76
Figura 4.24 – Turbidez X Concentração 77
Figura 4.25 – Turbidez X Concentração (até 300 NTU) 78
Figura 4.26 – Turbidez X Concentração (médias por amostragem) 79
Figura 4.27 – Turbidez X Concentração média (faixa de 0 à 50 NTU). 79
Figura 4.28 – Turbidez X Concentração média (faixa de 50 à 100 NTU). 80

Figura 4.29 – Turbidez X Concentração média (faixa 100 à 300 NTU). 80
Figura 4.30 – Vazão X Turbidez – 11/02/09 83
Figura 4.31 – Vazão X Turbidez – 18/02/09 84
Figura 4.32 – Vazão X Turbidez – 19/02/09 85
Figura 4.33 – Vazão X Turbidez – 21/02/09 85
Figura 4.34 – Vazão X Turbidez – 26/03/09 86
Figura 4.35 – Vazão X Turbidez – 15/05/09 87

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Características físicas da bacia em estudo 35

Tabela 3.2 – Resultados em percentagem da cobertura e uso do solo 38

Tabela 3.3 – Resultados em percentagem da cobertura e uso do solo 39

Tabela 3.4 –Granulometria e tipos de solos existentes na bacia hidrográfica..... 40

LISTA DE SIGLAS, ABREVITURAS E SÍMBOLOS

GHIDROS.....Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
LabSed/UFSM.....Laboratório de Sedimentos/UFSM
PNRH.....Política Nacional de Recursos Hídricos
SNGRH.....Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
CSS.....Concentração de Sedimentos em Suspensão
FTS.....Forest Technology Systems
HDL……..……...Hydrology Data Logger
DTS…….....Digital Turbidity Sonda
NTU.....Nephelometric Turbidity Units

LISTA DE ANEXOS

TABELA 4.1 – Amostragem 1 98
TABELA 4.2 – Amostragem 2 99
TABELA 4.3 – Amostragem 3 100
TABELA 4.4 – Amostragem 4 101
TABELA 4.5 – Amostragem 5 102
TABELA 4.6 – Amostragem 6 103
TABELA 4.7 – Amostragem 7 104
TABELA 4.8 – Amostragem 8 106
TABELA 4.9 – Amostragem 9 107
TABELA 4.10 – Amostragem 10 108
TABELA 4.11 – Amostragem 11 109
TABELA 4.12 – Evento 26/03/09..... 110
TABELA 4.13 – Evento 13/05/09..... 112
TABELA 4.14 – Evento 30/05/09..... 114
TABELA 4.15 – Evento 16/06/09..... 117
TABELA 4.16 – Amostragem 13 118
TABELA 4.17 – Amostragem 14 119
TABELA 4.18 – Amostragem 15 120
TABELA 4.19 – Amostragem 16 121

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
1.1 Objetivo geral e contextualização 16
1.2 Objetivos Específicos 17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 18
2.1 Importância do Estudo 18
2.2 Água 19
2.3 Erosão 21
2.4 Recursos Hídricos 23
2.5 Hidrossedimentologia 24
2.5.1 Turbidez e Concentração de Sedimentos em Suspensão 26
2.5.2 Procedimentos de amostragens 31
3 MATERIAL E MÉTODOS 34
3.1 A Bacia em Estudo 34
3.1.1 Localização e caracterização da Bacia 34
3.1.2 Imagem IKONOS II 36
3.2 Estações de Monitoramento 40
3.3 Instrumentação 43
3.3.1 Localização e posicionamentos de instrumentos 43
3.4 Calibração de Equipamentos 48
3.5 Cálculo da Vazão 49
3.6 Coleta de Dados 49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 51
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 88
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 90
7 ANEXOS 98

1 INTRODUÇÃO

Diante do grande debate atual em torno das mudanças climáticas, da escassez de água mundial e da polêmica criada pelos conflitos derivados dos usos múltiplos da água especialmente em períodos de seca e, levando-se em consideração os problemas gerados por inundações, enxurradas, deslizamentos originados pela falta de critérios na ocupação e utilização de encostas e, suas causas e conseqüências sociais e econômicas, fica salientada a grande importância da aquisição de dados hidrológicos históricos para alimentar, fundamentar, validar ou invalidar estudos e metodologias que contribuam progressiva e positivamente no gerenciamento dos recursos hídricos.

O crescimento populacional e o desenvolvimento econômico através da evolução das atividades produtivas em todos os setores, mas, especialmente no primário onde a agricultura irrigada tem grande peso e importância, vem mostrar a necessidade do envolvimento de profissionais de todas as áreas no desenvolvimento de estudos e pesquisas que contribuam para o conhecimento público e sustentação e desenvolvimento da vida humana concomitantemente com a conservação e preservação do meio-ambiente.

No que diz respeito à multidisciplinaridade dos profissionais envolvidos nos estudos e pesquisas, salienta-se na grande área das engenharias a condução de trabalhos conjuntos nas áreas agrícola, agronômica, florestal, civil, mecânica e hidrológica.

“Com o acelerado crescimento das áreas urbanas, desmatamento desordenado, avanço das fronteiras agrícolas e a implantação sem os devidos cuidados de obras de infra-estrutura, sérios e numerosos problemas erosivos, com produção significativa de sedimentos, vêm ocorrendo no país. Para solucioná-los ou mitigá-los é necessária a realização de pesquisas de técnicas alternativas, uma vez que a maioria das que são atualmente utilizadas, ou são de custos elevados (barramentos convencionais), ou geram outros danos ambientais (reaterro com importação de solo), (Carvalho et al.,2006) ”.

“A gestão estratégica dos recursos hídricos em qualquer país exige uma série de instrumentos relacionados com legislação, instituições, participação da sociedade civil, formação de recursos humanos e estabelecimento de uma base eficiente de

dados hidrológicos, sedimentométricos, hidrogeológicos e de qualidade das águas (CARVALHO, 2008).”

“O estudo e as medições das concentrações de sedimentos em suspensão são utilizados em uma ampla gama de disciplinas para estabelecer impactos dos diferentes processos naturais e da atividade humana (ORWIN e SMART, 2005)”.

A escolha de pequenas bacias hidrográficas rurais como laboratório para estudos e pesquisas é tida como um desafio em face das dificuldades econômicas de instrumentação e acesso, evidenciadas por suas localizações e dimensões. Porém, fica legalmente fundamentada na Constituição da República Federativa do Brasil, Lei Federal nº 9.433 que fundamenta a Política Nacional de Recursos Hídricos entre outros, a água como um bem de domínio público, como um recurso natural limitado dotado de valor econômico. Em situações de escassez o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação animal. A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas e a bacia hidrográfica como sendo a unidade territorial para a implementação da PNRH e atuação do SNGRH. E, ainda, fundamenta-se na Constituição do Estado do Rio Grande do Sul na Lei Estadual nº 10.350 que institui o sistema estadual de recursos hídricos, integrado ao sistema nacional de gerenciamento desses recursos adotando as bacias hidrográficas como unidades básicas de planejamento e gestão.

1.1 Objetivo geral e contextualização

Este projeto fez parte do programa de monitoramento dos recursos hídricos de pequenas bacias hidrográficas, na área de jurisdição da Cooperativa Martinhense de Garimpeiros da Região Central do Estado do Rio Grande do Sul, e foi conduzido na área de mineração do Município de São Martinho da Serra, visando o acompanhamento da eficiência das medidas de controle de sedimentos e qualidade da água dos garimpos, com o objetivo de minimizar os impactos da atividade mineradora sobre a qualidade dos recursos hídricos, de forma a preservá-los para as gerações futuras.

Foi desenvolvido através do monitoramento hidrológico, sedimentológico e de qualidade da água, com o objetivo de caracterizar as vazões, a qualidade da água

efluente e a produção, transporte e deposição de sedimentos nos rios da área em estudo e avaliar os efeitos da atividade de mineração sobre esses processos naturais, de forma a controlar a eficiência das obras de controle a serem implantadas nas áreas licenciadas e assegurar que a atividade de mineração possa se desenvolver de forma ambientalmente sustentável.

1.2 Objetivos Específicos

Através da instrumentação de uma estação hidrossedimentométrica existente, este trabalho tem como objetivos específicos avaliar a validade da utilização das medidas de turbidez, como ferramenta para monitorar a produção de sedimentos em uma pequena bacia hidrográfica rural localizada no município de São Martinho da Serra na cabeceira do Rio Ibicuí Mirim, a partir de leituras e coletas fixas e pontuais, buscando estabelecer uma relação entre as leituras de turbidez com os resultados das análises de concentração de sedimentos em suspensão e, também, dar continuidade ao programa de monitoramento dos recursos hídricos na referida bacia hidrográfica

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância do Estudo

"O estudo da sedimentação é de vital interesse na conservação, desenvolvimento e utilização dos recursos hídricos. Sem esses recursos o homem não pode existir e, sendo eles de baixa qualidade ou de insuficiente quantidade, certamente o destino do homem não será sadio (Vanoni, 1977)".

Segundo o mesmo autor, com um rápido aumento da população e a sempre crescente necessidade de alimentos e de produtos derivados do solo e da água, o desinteresse pela explotação adequada, deve ser substituído por um planejamento criterioso e prudente, para que as futuras gerações tenham a mesma qualidade de vida de hoje em dia. A História registra muitos exemplos de civilizações que sofreram declínio porque a população não conseguiu lutar contra os problemas de sedimentação**.**

"A significação da atividade agrícola, e em especial da investigação agronômica, tem-se tornado mais abrangente do que aquela atribuída até fins da década de 70. Além de atividades voltadas à produção de alimentos e de outras matérias-primas, a atividade agrícola e a atividade agronômica também passaram a representar uma questão de elevada significação sobre o conceito de sustentabilidade na relação homem-meio (D'Agostini,1999)".

Segundo D"Agostini (1999), um problema científico pode ser inédito ou, então, como é o caso da erosão, uma questão recolocada à luz de novos conhecimentos. Na abordagem de um problema científico, o uso de novos conhecimentos não significa, necessariamente, o uso de conhecimentos construídos recentemente, mas de conhecimentos incorporáveis, mesmo que por analogia, num novo sistema de relações em que se recoloca uma questão.

De acordo com Carvalho (2008), na hidrossedimentologia a aplicação mais importante é a previsão do assoreamento e da vida útil de um reservatório. No entanto levando-se em consideração a erosão como correspondente à fase inicial do fenômeno e também à fonte principal dos problemas, fornece ao tema uma importância e dimensão progressiva e, cita que a degradação do solo e a

devastação das florestas tornaram-se uma preocupação mundial, por parte das autoridades, devido à redução na produção de alimentos que provoca.

2.2 Água

"O desafio de encontrar rumos para um desenvolvimento sustentado forneceu o ímpeto - ou mesmo imperativo - de um maior empenho político de percepção de que a água, além de elemento essencial à vida, é um recurso econômico valioso e exerce papel fundamental no equilíbrio dos ecossistemas. Foi percebido, também, que a solução de um problema local de abastecimento ou de uso e proteção do capital ecológico, necessita estar apoiada numa visão holística da bacia hidrográfica" (REBOUÇAS, 1997, p. 29).

"Do ponto de vista econômico, o abastecimento de água visa, em primeiro lugar, aumentar a vida média das populações através da redução da mortalidade; aumentar a vida produtiva do indivíduo quer pelo aumento da vida média, quer pela redução do tempo perdido com doença" (MINISTÉRIO DA SAÚDE: FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 1999).

"A Hidrologia é uma ciência interdisciplinar que tem tido evolução científica em face aos problemas crescentes, resultados da ocupação das bacias, do incremento significativo da utilização da água e do resultante impacto sobre o meio ambiente do globo. Profissionais de diferentes áreas como engenheiros, agrônomos, geólogos, matemáticos, estatísticos, geógrafos, biólogos, entre outros atuam nas diferentes subáreas desta ciência" (TUCCI, 2001, p.25).

"No âmbito da utilização de Hidrologia em Recursos Hídricos ou como é às vezes chamada de Engenharia Hidrológica, a mesma é entendida como a área que estuda o comportamento físico da ocorrência e o aproveitamento da água na bacia hidrográfica, quantificando os recursos hídricos no tempo e no espaço e avaliando o impacto da modificação da bacia hidrográfica sobre o comportamento dos processos hidrológicos. A quantificação da disponibilidade hídrica serve de base para o projeto e planejamento dos recursos hídricos" (TUCCI, 2001).

De acordo com o mesmo autor, a implantação de uma rede de monitoramento da qualidade da água pode ter os seguintes objetivos:

- avaliação da qualidade da água para determinar sua adequabilidade para os usos propostos;

- acompanhar a evolução da qualidade do manancial ao longo do tempo, como reflexo do uso do solo da bacia e de medidas de controle da poluição adotadas;

- avaliação do ambiente aquático como um todo, considerando, além da água, sedimentos e material biológico.

"A água é um recurso essencial para a sustentação da vida, do meio ambiente e do conjunto das atividades que movem a economia de um país, com destaque para a agricultura. No entanto, cada vez mais se reconhece a crescente falta de água para a irrigação agrícola, sem contar a demanda para usos industriais e para o abastecimento público. A escassez também se aplica por sua disponibilidade irregular, variando marcadamente ao longo do ano, entre os anos e de região para região. Esses fatores tornam cada vez mais difícil a utilização contínua e indefinida dos recursos hídricos e exigem novas estratégias para a sua preservação" (MACHADO, et al., 2003).

> "Considerando-se as variações das condições climáticas e a dimensão territorial, na agricultura o consumo de água é largamente afetado pela prática da irrigação. Em regiões secas que apresentam períodos de estresse hídrico prolongado, o emprego da irrigação é essencial para se conseguir uma boa produtividade agrícola.
> Com o investimento em modernas técnicas de irrigação, o agricultor consegue o aumento da produtividade agrícola, podendo obter até duas ou mais colheitas por ano. Ao mesmo tempo consegue otimizar o desperdício e a demanda, o que resultará na aplicação de área irrigada e na disponibilidade de água para outros fins. O desperdício de água na irrigação provém da precária manutenção dos sistemas já implantados e da não implantação de projetos adequados, que justifiquem o tipo de irrigação ao tipo de cultura. Muitos agricultores confundem excesso de água com aumento de produtividade agrícola. Dessa forma os usuários da água devem se conscientizar de que a água de qualidade para a irrigação é um recurso finito e que seu uso deverá ser feito de maneira racional, a fim de evitar desperdícios e contaminação de mananciais. Uma vez que a irrigação é a principal atividade humana consumidora de água, considerando-se o aumento dos custos com energia e a concorrência pelos recursos hídricos e energéticos entre os setores industrial, urbano e agrícola, torna-se necessário definir quando e quanto irrigar, visando atender às necessidades hídricas das plantas de maneira racional.
> A água, considerada um dos melhores solventes existentes, nunca é encontrada num estado de absoluta pureza. Possui uma extraordinária capacidade de dissolução e transporte das mais variadas formas de matérias, em solução ou suspensão, representando, dessa forma, um

> veículo para os mais variados tipos de impureza. A água sofre alterações de propriedades nas condições naturais do ciclo hidrológico, assim como manifesta características alteradas pelas ações diretas do homem. Assim, a qualidade da água esta diretamente ligada ao seu uso (GARCIA et al., 2007)".

2.3 Erosão

Fao (1978), analisando o processo de erosão hídrica do solo em terras de cultivo e algumas medidas para combatê-lo, diz que, em toda a superfície terrestre, exceto nos desertos e nas regiões polares cobertas pelo gelo, o solo está sujeito à erosão pela água quando não tem uma cobertura vegetal que o proteja durante as chuvas. O cultivo agrícola e uma pecuária numerosa somente podem existir em terras onde chove ou nas áreas, relativamente pequenas, onde se dispõe de água para irrigação. Estas terras e estas áreas constituem as terras agrícolas que somam em torno de seis bilhões de hectares em todo o mundo. Quase todas as terras agrícolas necessitam uma proteção maior ou menor contra a erosão causada pela água. Como a economia de todo o país depende principalmente do solo e de seus produtos, por conseguinte de seus agricultores e pecuaristas, a erosão do solo pode dificultar gravemente o desenvolvimento e o progresso de toda a nação nova ou velha. É evidente que toda a atividade produtiva tanto da produção de alimentos, da construção de habitações ou a produção de vestuário e outros artigos, depende direta e indiretamente do solo e da água.

> A história se repete: a humanidade, na busca angustiosa e desenfreada por mais alimentos, em função de uma explosão demográfica incontrolada, vem colocando seus anseios imediatistas em primeiro plano, esquecendo-se que, sob seus pés, encontra-se o maior e mais valioso patrimônio material, imprescindível para a sobrevivência humana no planeta. Num país com dimensões continentais como o Brasil, possuidor do maior potencial de recursos naturais renováveis do globo terrestre, e cuja destinação é, sem dúvida, a de ser o celeiro do mundo, mais necessária ainda se torna a preocupação pelo uso racional e adequado desses recursos. Hoje, existe um novo conceito em conservação do solo, com novas dimensões, em que a programação básica não mais se resume na simples execução de práticas mecânicas de controle à erosão, mas de um trabalho mais amplo e abrangente, no qual os técnicos visualizam a propriedade agrícola não como uma unidade isolada e estanque de produção, mas com parte de um todo, dentro do moderno conceito de bacia hidrográfica. Assim, uma bacia hidrográfica não trata de uma só propriedade e sim do conjunto de propriedades numa determinada microrregião, situadas numa mesma rede de drenagem, contribuindo hidrograficamente para um tributário de regime

> definido, com identidade de vegetação, solo, relevo e clima. Sabe-se, por experiência, que a bacia hidrográfica representa para os técnicos, uma forma mais ordenada e eficaz de promover o desenvolvimento agrícola integrado em uma região em que, a partir de um levantamento sócio-econômico das propriedades, são desenvolvidas ações integradas, com a decisiva participação da comunidade (Rio Grande do Sul, 1983, p.15).

"A gota de chuva, pela ação do impacto sobre a superfície do solo desnudo, atua compactando-o e destruindo sua estrutura, fazendo saltarem partículas a certa altura, as quais são colhidas pela partícula de água que escorre. A ação deslocadora da enxurrada, nem sempre tem capacidade de degradar o solo. Entretanto, se a água que se desloca na superfície encontra partículas desagregadas, a quantidade de material arrastado aumenta consideravelmente (Rio Grande do Sul, 1983).

De acordo com D"Agostini (1999), a dificuldade em controlar a erosão como um processo não deveria ir além das dificuldades de implementar as medidas que limitam a incidência direta de chuva e o rápido escoamento da água sobre o solo. No entanto, para controlar certos processos em que o homem participa de alguma forma, não basta conhecer os procedimentos tecnicamente mais eficazes, e muito menos aqueles suficientes.

Conforme o mesmo autor, a dinâmica na produção de erosão hídrica está associada à dinâmica do que chamamos ciclo hidrológico, ou seja: erosão hídrica é a expressão de energia que flui na promoção daquele ciclo, parcialmente convertida em trabalho de desagregação e de transporte de partículas de solo.

> O termo erosão provém do latim (erodere) e significa "corroer". Nos estudos ligados às Ciências da Terra, o termo é aplicado aos processos de desgaste da superfície terrestre (solo ou rocha) pela ação da chuva, do vento, do gelo e de organismos vivos (plantas e animais), além da ação do homem. Os processos erosivos constituem-se numa forma natural de modelagem do relevo e atuam de modo conjugado aos processos pedogenéticos. De maneira geral, sob condições naturais, estes dois processos atuam equilibradamente, havendo certa equivalência entre a quantidade de solo erodida e a quantidade produzida. Comumente, denomina-se este fenômeno de erosão natural ou erosão geológica. Quando se dá o rompimento deste equilíbrio devido à interferência do homem e não é permitida ao solo a recuperação natural, dá-se origem à erosão acelerada ou erosão antrópica.(Carvalho et al.,2006, p.18).

De acordo com Sangoi (2007) por mais que a erosão, transporte e a deposição do material erodido em leitos de cursos hídricos seja comprovadamente um processo natural, a utilização indevida do solo tem uma contribuição altamente negativa, principalmente na bacia do arroio Lajeado Grande, onde desenvolveu seus

estudos e que estão presentes atividades de mineração de pedras preciosas. E que os processos de medição e coleta de informações no campo são de grande importância, uma vez que permitem avaliar ao longo do tempo os impactos dessas atividades sobre a produção, transporte de deposição de sedimentos nos leitos dos cursos d'água situados a jusante, de forma a verificar a eficiência das medidas de controle.

Segundo Carvalho (2008), a erosão se constitui no início de todos os problemas derivados do sedimento no meio ambiente. Além de produzir sedimento prejudicial, também pode causar sérios danos nas terras agrícolas pela perda gradual da fertilidade dos solos. Os sedimentos erodidos destes locais vão formar depósitos indesejáveis em outras posições e podem formar depósitos com aumento de novas terras produtivas.

2.4 Recursos Hídricos

Conforme Paiva et al. (2000), o conhecimento do aporte de sedimentos em bacias hidrográficas é extremamente importante no planejamento e gestão dos recursos hídricos.

"A bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando-se como perdas intermediárias os volumes evaporados e transpirados e também os infiltrados profundamente. Em um evento isolado pode-se desconsiderar estas perdas e analisar a transformação de chuva em vazão feita pela bacia" (TUCCI, 2001).

"Os recursos hídricos são bens de relevante valor para a promoção do bem estar de uma sociedade. A água é bem de consumo final ou intermediário na quase totalidade das atividades humanas. Com o aumento da intensidade e variedade desses usos ocorrem conflitos entre usuários. Uma forma eficiente de evitar e administrar estes conflitos é a gestão integrada do uso, controle e conservação dos recursos hídricos" (TUCCI, 2001).

2.5 Hidrossedimentologia

Atualmente, tem surgido uma nova demanda social, econômica e ambiental que é o enfoque integrado dos processos hidrológicos e sedimentológicos. Existe uma complexa dinâmica dos processos da produção de escoamento superficial e de sedimentos na bacia vertente e o seu transporte para calha aluvial (Walling, 1990; Coelho Neto, 1998; Merten e Minella, 2002). A capacidade em compreender os processos hidrossedimentológicos de uma bacia hidrográfica, e conseqüentemente, propor alternativas de uso correto dos recursos naturais depende, fundamentalmente, do monitoramento das variáveis envolvidas em um período representativo. No Brasil, não existe um programa eficiente de coleta e armazenagem de dados. Estes são escassos e descontínuos, comprometendo muitos projetos de hidrossedimentologia.

> O monitoramento intensivo dos eventos chuva-vazão-sedimentos, associado com o levantamento das características estáticas e dinâmicas da bacia hidrográfica e organizados em um banco de dados eficiente, permite a compreensão clara dos processos ocorrentes. Entretanto, o alto custo do monitoramento, geralmente, dificulta o planejamento do uso do solo.
> O estudo dos fenômenos hidrossedimentológicos em bacias rurais de cabeceira exige um esforço adicional da equipe de monitoramento na coleta de dados representativos. O tempo de resposta da vazão e produção de sedimentos, frente a uma precipitação, é pequeno, exigindo equipamentos adequados e acompanhamento técnico. Em pequenas bacias hidrográficas é essencial que os eventos de chuva-vazão–sedimentos sejam monitorados, pois grande parte dos hidrogramas e sedimentogramas tem duração de poucas horas. Informações diárias não representam os processos ocorrentes nestas bacias hidrográficas (MINELLA, 2004)

A produção de sedimentos de uma bacia hidrográfica rural é, juntamente com a qualidade da água, o principal parâmetro de avaliação de degradação dos recursos naturais, econômicos e sociais. O monitoramento das perdas de solo na bacia permite inferir sobre a eficiência de práticas conservacionistas frente às adversidades climáticas, topográficas e pedológicas (Walling, 1983).

O ciclo hidrossedimentológico, até pouco tempo, não despertava interesse similar ao dispensado ao ciclo hidrológico. Raros são os manuais de hidrologia que se referem ao ciclo hidrossedimentológico, a não ser indireta e parcialmente para tratar de prejuízos que os sedimentos podem causar a algum aproveitamento hidráulico. A gestão integrada dos recursos hídricos, os riscos de degradação dos

solos, dos leitos dos rios e dos ecossistemas fluviais e estuarinos ou de contaminação dos sedimentos por produtos químicos, levam a reconsiderar esta postura e a dar maior atenção aos problemas que podem resultar das modificações do ciclo hidrossedimentológico natural (Bordas & Selmmelmann, 2001).

> Os modelos hidrossedimentométricos fornecem estimativas que podem auxiliar a suprir a falta de informações sobre o aporte de sedimentos em bacias hidrográficas. Porém quando dados medidos são confrontados com os resultados obtidos a partir de modelos, grandes discrepâncias são encontradas. Esta realidade indica a importância de se ampliar as informações medidas, no sentido de fornecer estas informações diretas e auxiliar no aprimoramento e calibração de métodos e modelos de estimativa do transporte de sedimentos. O monitoramento de pequenas bacias hidrográficas apresenta uma série de dificuldades, principalmente quanto a incompatibilidade entre os tempos de ocorrência dos fenômenos a medir (cheias principalmente) e os tempos de locomoção da equipe de campo e de realização de amostragens (CARVALHO, 2003, p. 1).

Vestena et al. (2007) comentam que apesar da importância dos estudos hidrossedimentológicos na gestão integrada dos recursos naturais, estes se processam com lentidão, muitas vezes decorrente de que coletas regulares de dados e amostras, trabalhos de laboratório, processamento de dados, e estimativas de parâmetros são onerosos do ponto de vista de tempo e recursos, além de exigir muito esforço.

Paz (2004) explica que o fenômeno da carga de lavagem, pode ser entendido como a remoção inicial do material acumulado no período entre chuvas sobre a bacia hidrográfica, pelo escoamento superficial para a rede de drenagem, produzindo um pico na concentração dos poluentes no início do escoamento superficial, e comenta, também, que há diferentes formas de definir o efeito da carga de lavagem, citando que muitos autores atribuem a carga de lavagem ao fato de um pico na concentração mais ou menos significativo ocorrer no início de eventos de precipitação (Thornton & Saul, 1987, apud Bertrand-Krajewski et al., 1998).

> Nota-se também que a maneira mais comum de definir o fenômeno é o método no qual uma fração da carga poluente total é comparada com uma fração de carga escoada, calculadas em mesmo ponto, o qual foi escolhido em uma posição qualquer no início da curva acumulada do escoamento (Deletic, 1998). Thornton & Saul, 1986 (apud Gupta & Saul,1996a) definiram o fenômeno como o período inicial do escoamento durante o qual a concentração de poluentes era significativamente maior que aquela observada durante períodos anteriores do evento. Geiger, 1987 (apud Deletic,1996), definiu que a carga de lavagem ocorre quando tal curva tem uma inclinação inicial maior do que 45%, e usou o ponto de máxima

> divergência da inclinação de 45° para quantificar a carga de lavagem. Gupta & Saul,1996a, usaram uma definição muito similar a esta, definiram a carga de lavagem como sendo a porção do evento até o ponto de máxima divergência entre a percentagem acumulada de poluente e a percentagem acumulada do escoamento plotadas em comparação a percentagem acumulada de tempo do evento. Sansalone & Buchberger, 1997 (apud Deletic,1998) usaram um critério não restritivo, aceitando a existência da carga de lavagem se uma curva cumulativa de massa de poluente está acima da curva do volume do escoamento superficial. A EPA, 1993 (apud Bertrand-Krajewski et al., 1998), definiu a carga de lavagem baseada em uma comparação direta entre duas concentrações, e introduz valores numéricos de referência para fins de cálculo e comparação do efeito. Stahre e Urbonas, 1990 (apud Bertrand-Krajewski et al., 1998) escolheram utilizar 20% do volume do escoamento superficial. Outros pesquisadores (Vorreiter & Hickey, 1994, apud Deletic,1998) definiram o fenômeno em termos da carga de poluição nos primeiros 25% do volume do evento. Deletic, 1998, definiu a "carga de lavagem" como a percentagem da carga poluente total do evento transportada pelos primeiros 20% do volume escoado. Pesquisadores franceses, Bertrand-Krajewski et al., 1998, definiram a ocorrência da carga de lavagem quando no mínimo 80% da carga de poluição é transferida nos primeiros 30% do volume do escoamento superficial, Paz (2004, p. 23 e 24).

E, ainda, de acordo com Paz (2004), os pesquisadores freqüentemente procuram relacionar a ocorrência ou não da carga lavagem, analisando diferentes hipóteses a fim de definirem as principais características, que influenciam no processo do fenômeno, como: intensidade e duração da precipitação, período de tempo seco antecedente, características e magnitude do poluente no período de tempo seco e durante o escoamento, características do sistema de drenagem, área da bacia, tempo de concentração e declividade média (Deletic, 1998; Gupta & Saul, 1996b; Lee et al., 2002; Ide, 1984; Weeks, 1981).

2.5.1 Turbidez e Concentração de Sedimentos em Suspensão

Discorrendo sobre a turbidez da água, Costa (1977) diz que esta é atribuída principalmente às partículas sólidas em suspensão, que diminuem a claridade da mesma e reduzem a transmitância da luz no meio líquido e que cada manancial representa uma situação específica, pois tamanho, forma e refletividade das partículas em suspensão são propriedades ópticas importantes que influenciam nas leituras turbidimétricas.

Walling (1977) decidiu converter os dados de turbidez, através de correlação, em concentração de sedimentos em suspensão, pois verificou que a concentração de sedimentos ou a turbidez não acompanha de maneira sistemática as variações de vazão, ao observar a flutuação na turbidez durante a ocorrência de uma série de eventos de deflúvio na bacia do rio Creedy, Inglaterra.

Reinmann et al. (1982 apud CORSO, 1989, p.4) em trabalhos conduzidos em sub-bacias do rio Reno, analisaram a influência da composição granulométrica do material em suspensão em relação à turvação, encontrando curvas de calibração específicas para cada situação e concluíram que há curvas de referência específicas para cada curso d'água, não sendo possível o uso generalizado de certas relações.

Estudando as relações entre absorção de luz por partículas suspensas e a concentração destas partículas em várias classes granulométricas, Geraldes (1984) observou que a sensibilidade do turbidímetro diminui com o aumento do tamanho das partículas e concluiu que a turbidez, como forma de avaliar a concentração de partículas em suspensão, deve ser utilizada em cursos d'água que possuam predominância de partículas do tamanho de silte e argila em suspensão.

> Pelo que indica a literatura, é de se esperar uma melhor correlação entre turbidez e concentração de sedimentos em suspensão, do que descarga líquida e concentração de sedimentos em suspensão. A turbidez e a concentração de sedimentos em suspensão respondem de maneira similar a muitos fatores que não estão diretamente relacionados à descarga líquida. Um destes fatores foi objeto de estudo de TRUHLAR (1978), em trabalhos realizados em canais influenciados pela construção de rodovias, onde o sedimento carreado não estava necessariamente relacionado ao deflúvio, mas sim ao movimento de terra próximo ao canal. Os dados obtidos a campo mostraram uma boa correlação entre a média diária de turbidez e a média diária da concentração de sedimentos em suspensão. E, os resultados obtidos mostraram o grau de dispersão nas correlações entre a descarga de sedimentos e vazão. Efeitos sazonais, defasagem entre pico de concentração e pico de vazão, lançamentos de sedimentos na água devido ao movimento de terra próximo às margens são os fatores considerados como responsáveis pela baixa correlação entre vazão e descarga de sedimentos (CORSO, 1989, p 6).
> Em se tratando da escolha da tecnologia de tratamento de água, as características físicas, como a turbidez, podem ser determinantes. Como somente a medida da turbidez da água pode levar à interpretações errôneas, principalmente se a água for de diferentes mananciais, tem sido feitas muitas tentativas no sentido de se relacionar turbidez com sólidos suspensos. E apresenta relações entre a turbidez da água decantada e filtrada e o teor de sólidos suspensos, sendo que, a turbidez foi pouco alterada, porém, o número de partículas e o seu tamanho mudaram consideravelmente, razão pela qual é difícil comparar águas de diferentes mananciais, se a turbidez for usada como referência (DI BERNARDO, 1993).

Corso (1989) concluiu em seus estudos de estimativa da produção de sedimentos na bacia hidrográfica do arroio Itaquarinchim, a partir de medições de turbidez da água, que a relação entre turbidez e concentração de sedimentos em suspensão varia em função do tipo de manejo do solo implantado nas diferentes épocas do ano.

Correlações entre medidas de turbidez e concentração de sedimentos em suspensão são criticadas como sendo inconsistentes, com grande variabilidade no sinal causados por outros componentes dos sedimentos em suspensão (RILEY, 1998).

Santos et al. (2001,p.285) dizem que "com a possibilidade de monitorar em tempo real a turbidez da água por meio de sensores automáticos é possível medir continuamente a variação do transporte de sedimentos no tempo".

Coiado (2001a) diz que a avaliação da turbidez do escoamento é um dos métodos indiretos para a determinação da vazão sólida em suspensão. O turbidímetro faz a determinação quantitativa da turbidez, supondo ser possível estabelecer uma correlação entre a intensidade luminosa registrada pela célula e a concentração do material em suspensão.

Sun et al. (2001) destacam que para baixas concentrações de sedimentos, associadas a pequenas precipitações, as relações entre a turbidez e a concentração de sedimentos em suspensão apresentam menor variação principalmente quando considera-se longos intervalos de tempo. E salientam que, são as maiores precipitações que carregam a maior parte da carga de sedimentos.

A propriedade das partículas, que vão espalhar um feixe de luz nelas focada, é considerada uma medida mais significativa da turvação das águas. A turbidez medida desta maneira usa um instrumento chamado nefelômetro, que possui um detector voltado para o lado do feixe de luz. (Turbidity measurements, 2010).

Conforme Wetzel (2001), há várias formas de medida da turbidez, sendo mais recomendados na literatura os chamados turbidímetros nefelométricos baseados no retro espalhamento da luz e que resultam em uma unidade de turbidez chamada de NTU (Nefelometric Turbidity Unit). Outros instrumentos medem a luz absorvida ou transmitida dando origem à unidade FTU (Formazin Turbidity Unit). Finalmente existe o disco de Sechi com uma longa tradição no monitoramento limnológico para medir a transparência. Do ponto de vista óptico, a transparência da água pode ser considerada o oposto da turbidez.

As unidades de turbidez de um nefelômetro calibrado são chamadas de Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU). Por esta razão, as partículas mais pesadas assentam rapidamente e não contribuem para uma leitura de turbidez. Uma correlação entre turbidez e sólidos suspensos totais (SST) é única para cada local ou situação (Turbidity measurements, 2010).

Informam Santos et al. (2001,p.286) que "o turbidímetro nefelométrico, que mede o espelhamento da luz, é adotado , nos Estados Unidos, como o padrão para a medição da turbidez, conforme especificado no *Standard Methods".*

Pavanelli et al. (2002), em estudo realizado na Itália, alertam que análises de concentração de sedimentos com grande freqüência são onerosas, sugerindo a turbidez como alternativa para a avaliação da produção de sedimentos. Porém, recomendam que se deva tomar cuidado no uso desta metodologia, pois a turbidez é muito sensível à variações da granulometria e composição do material em suspensão. Portanto a turbidez não pode substituir a concentração de sedimentos sem um estudo cuidadoso da relação entre ambas, na bacia em estudo.

Variações na distribuição do tamanho de grãos associados às inundações podem levar a relações não-lineares de concentração de sedimentos em suspensão e turbidez, (Lewis, 2003).

Carvalho (2003), estudando uma pequena bacia hidrográfica periurbana e procurando encontrar uma relação entre a concentração de sedimentos em suspensão e a turbidez, fazendo a medição da turbidez através do processamento das mesmas amostras em laboratório com a utilização do turbidímetro modelo SL 2k, obteve uma correlação entre a concentração de sedimentos e a turbidez de 80%, para valores de turbidez menores que 505 Ntu e a partir desse valor os resultados não foram satisfatórios.

Resultado semelhante foi encontrado por Paranhos (2003) em estudo em uma pequena bacia hidrográfica rural na depressão central do Rio Grande do Sul, em que o material transportado em suspensão é predominantemente composto de areia (51,8%). Esta característica influencia a determinação da concentração de sedimentos através dos dados de turbidez, sendo que para a referida bacia apenas é possível determinar a concentração de sedimentos com dados de turbidez, quando esta for inferior a 527 NTU.

Em estudos de monitoramento sedimentológico da sub-bacia do Ribeirão Taquaruçu Grande realizado por Araújo et al. (2003), foram utilizadas medidas de

turbidez com o objetivo de identificar as zonas críticas de erosão, além de determinar as condições sedimentológicas da bacia.

Pavanelli e Bigi (2005), verificando a confiabilidade de dois métodos indiretos para estimar a concentração de sedimentos em suspensão: a medição da turbidez através de um turbidímetro nefelométrico e a medida de sólidos sedimentáveis através de cones de Imhoff, em três tributários do rio Reno (Bologna, Apennine e Italy), concluiram que o método turbidimétrico mostrou algumas deficiências, tais como a imprecisão em amostras com turbidez alta e com presença de partículas grossas.

De acordo com Bicalho (2006), a utilização da turbidez em estudos sedimentológicos é bastante freqüente na literatura. Sua correlação com a concentração de sedimentos em suspensão consiste em uma forma alternativa de tentar simplificar os trabalhos de campo através da elaboração de uma curva de concentração de sedimentos x turbidez. Mas os trabalhos são bem claros ao explicitar a cautela necessária nessa correlação, que geralmente só é válida para determinada seção em determinado período e que esta deve ser cuidadosamente calibrada antes de ser aplicada.

Balsinha et al. (2006), em estudos realizados nos estuários dos rios Douro e Minho (Portugal) constataram que existe uma boa correlação linear entre concentração de sedimentos (mg/l) e turbidez (NTU), embora existam algumas diferenças entre os declives das retas encontradas para os dados colhidos na superfície e no fundo.

Alcântara (2006), realizou estudos avaliando o comportamento da turbidez na planície do Curuaí durante o ciclo hidrológico, supondo que a turbidez da água na planície variava como resposta ao pulso de inundação, e que esta resposta poderia ser acompanhada com o uso de imagens de satélite e dados *in-situ* transmitidos telemetricamente. Concluiu que não foi possível o ajuste de uma única função para a estimativa da turbidez das águas da planície, sendo que na época de águas baixas, devido ao alto desvio padrão e alta variância das amostras de turbidez, não foi possível ajustar nenhuma função que fosse significativa para estimativa da turbidez sendo assim, a turbidez, seja pontual ou espacialmente, responde ao pulso de inundação através de sua variação no espaço e tempo.

Carvalho (2008), comentando a respeito dos problemas oriundos das partículas em suspensão diz que os materiais suspensos aumentam a turbidez,

reduzindo a penetração da luz na água, diminuindo a profundidade da zona fotossintética e prejudicando, assim, a cadeia primária e os alimentos para os peixes.

Gentile et al. (2010), em seus estudos de análise dos resultados de um programa de monitoramento do transporte de sedimentos utilizando dados de alta resolução temporal no córrego Carapelle (sul da Itália), onde foi montada uma estação de monitoramento equipada com uma sonda óptica de imersão que mede a turbidez e a concentração de sedimentos em suspensão, concluíram, que o instrumento, previamente testado em laboratório, é adequado para o monitoramento do transporte de sedimentos em suspensão elevada nos rios, por que fornece uma relação linear entre as propriedades ópticas e os dados gravimétricos das amostras analisadas.

Turbidez na água aberta pode ser causada pelo crescimento do fitoplâncton. As atividades humanas que perturbam a terra podem levar a altos níveis de sedimentos que ingressam nos corpos de água durante as tempestades de chuva, devido ao escoamento das águas elevando os níveis de turbidez (Turbidity measurements, 2010).

2.5.2 Procedimentos de amostragens

Para facilitar os procedimentos de amostragem nos trabalhos de monitoramento de recursos hídricos em bacias hidrográficas, em vista das dificuldades econômicas decorrentes das longas distâncias a serem percorridas e em locais de difícil acesso, pode-se utilizar o recurso de amostragens automáticas através de equipamentos programáveis, tais como os amostradores automáticos

> A coleta de amostras pode ser realizada sem a presença de técnicos, por meio de equipamentos automáticos, os quais consistem basicamente de 3 partes, sendo elas o sistema de adução de amostras, composto pelo ponto de tomada da amostra, tubo de adução e bomba; controlador eletrônico e frascos para amostras. Os dois tipos de bombas comumente usados nos amostradores automáticos são a bomba peristáltica e a vácuo. Uma das vantagens da bomba peristáltica encontra-se no fato da amostra só entrar em contato com o tubo de adução, facilitando a limpeza e diminuindo o risco de contaminação. Outra vantagem está na possibilidade de se projetar a velocidade adequada de sucção. Alta velocidade de adução aumenta o

> potencial de sólidos na amostram superestimando os valores presentes na fonte. Por outro lado, baixas velocidades permitem a sedimentação de sólidos, subestimando os valores (Dick, 1996). A desvantagem desta bomba está no vácuo criado na sua operação e que leva a perdas de gases presentes na água, tornando este tipo de amostrador inadequado para coletar amostras para a determinação de compostos orgânicos voláteis. A segunda desvantagem é a limitação da profundidade máxima de adução em 8 metros. Por meio do controlador eletrônico são especificados tipos e volumes de amostras a serem tomadas, a freqüência com que elas devem ser coletadas e em qual frasco devem ser depositadas. Alguns controladores eletrônicos podem se comunicar com equipamentos eletrônicos de medição, como medidor de vazão, pH, precipitação ou temperatura e podem ser acionados por uma determinada condição desses parâmetros. Apresenta, portanto, vantagens em relação à amostragem manual, pois pode-se coletar automaticamente, por exemplo, quando começar a chover ou quando o nível do corpo de água estiver acima de um determinado valor. Outra vantagem sobre a amostragem manual ocorre em situações em que as amostras devem ser coletadas por um longo período de tempo ou com grande freqüência (Santos et al. 2001, p.317,318,319).

Conforme Vestena et al. (2007) os procedimentos adotados para a medição contínua da concentração de sedimentos em suspensão permitem a obtenção de dados para pequenos intervalos de tempo, o que favorece na compreensão da dinâmica hidrossedimentológica da bacia hidrográfica. Contudo, destaca-se que os dados monitorados por estação sedimentológica automática devem ser validados com dados pontuais diretos coletados em campo e analisados em laboratório, para condições pluviométricas e fluviométricas diferenciadas.

Bicalho (2006, p. 25) diz que encontra-se na literatura uma grande quantidade de trabalhos nacionais e internacionais relacionados a levantamentos sedimentométricos, monitoramentos e estudos sedimentológicos de bacias específicas, em que são discutidos, entre outros assuntos, a freqüência e períodos de amostragens, metodologias de amostragens e de análises em laboratório, a eficiência dos equipamentos nos trabalhos de amostragens e nos resultados e a elaboração e aplicação das curvas-chave de sedimentos para determinação da descarga sólida em suspensão.

Segundo o mesmo autor uma grande quantidade de estudos relata a importância da realização de amostragens durante a ocorrência de eventos, pois a maior parte do transporte de sedimentos (de 70 a 90%) acontece na época chuvosa, obtendo-se uma melhor representatividade da amostragem e otimizando os trabalhos, como descrito nos trabalhos de Paiva et al. (2001), Rodrigues-Jr et al. (1997), Paranhos e Paiva (2003); Martins e Coiado (1999), Ramos et al. (1991), Bronsdon e Naden (2000), Lenzi e Marchi (2000), Smith et al. (2004), Jansson

(1995), Pavanelli e Pagliarani (2002), Sun et al. (2001) e Old et al. (2003), Picouet et al. (2001).

Bicalho (2006), nas conclusões de estudos sobre transporte de sedimentos na bacia do rio Descoberto, diz que há indícios de que é possível a obtenção da concentração média de sedimentos em suspensão de uma seção transversal com base em apenas uma amostra pontual coletada próxima à margem do curso d'água.

Coiado (2001a) considera a coleta de amostras realizada com amostradores convencionais (USDH-48, USDH-59 e USDH-49) inviável quando se planeja coletar amostras num período seqüencial de 24 horas. Por isso ele testou a utilização de um amostrador fixo programável portátil, modelo 6700 FR-ISCO, que permite programar a coleta de amostras durante um período seqüencial de 24 horas sem a necessidade da presença de técnicos, e verificou que, para os valores das concentrações obtidas, os dois tipos de coleta chegaram a resultados bastante similares.

A amostragem manual para sedimentos durante os eventos chuvosos também já havia sido questionada por Lobo et al. (1999), dada a rapidez e horário de ocorrência das cheias e sugeriu, também, a instalação de amostrador automático por bombeamento.

Sun et al. (2001) utilizou um amostrador automático SIGMA com *data logger* para acionar o funcionamento no monitoramento dos valores de turbidez minuto a minuto, e por Old et al. (2003), que usou o amostrador EPIC para amostragens automáticas para medições de turbidez.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 A Bacia em Estudo

A escolha da bacia para o desenvolvimento deste trabalho deveu-se a necessidade de dar continuidade ao trabalho de monitoramento já iniciado pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental GHIDROS, na qual já existiam uma estação pluviográfica e duas estações fluviográficas, uma a jusante e outra a montante da área da bacia submetida à atividade de mineração.

3.1.1 Localização e caracterização da Bacia

A bacia do Arroio Lajeado Grande está localizada no município de São Martinho da Serra no estado do Rio Grande do Sul (RS), entre as coordenadas 53°52'46" e 53°57'14" de longitude Oeste, e as coordenadas 29°30'16"e 29°35'04" de latitude Sul, que é uma sub-bacia do Rio Ibicuí Mirim, formador do Rio Ibicuí, que por sua vez é o principal afluente do Rio Uruguai e possui área total de 33,12 km² (BONUMÁ, 2006), comprimento do rio principal de 11,10 km, e declividade média de 0,0273865 m/m, com perímetro de 29,40 km (SANGOI, 2007). A figura 3.1 indica a localização da área de estudo e a tabela 3.1 mostra os parâmetros da caracterização física da bacia estudada. O clima da região, segundo a classificação de Köeppen, é do tipo mesotérmico, Cfa, isto é, subtropical úmido sem estação seca, onde a temperatura do mês mais quente é superior a 22°C, enquanto a do mês mais frio é inferior a 18°C.

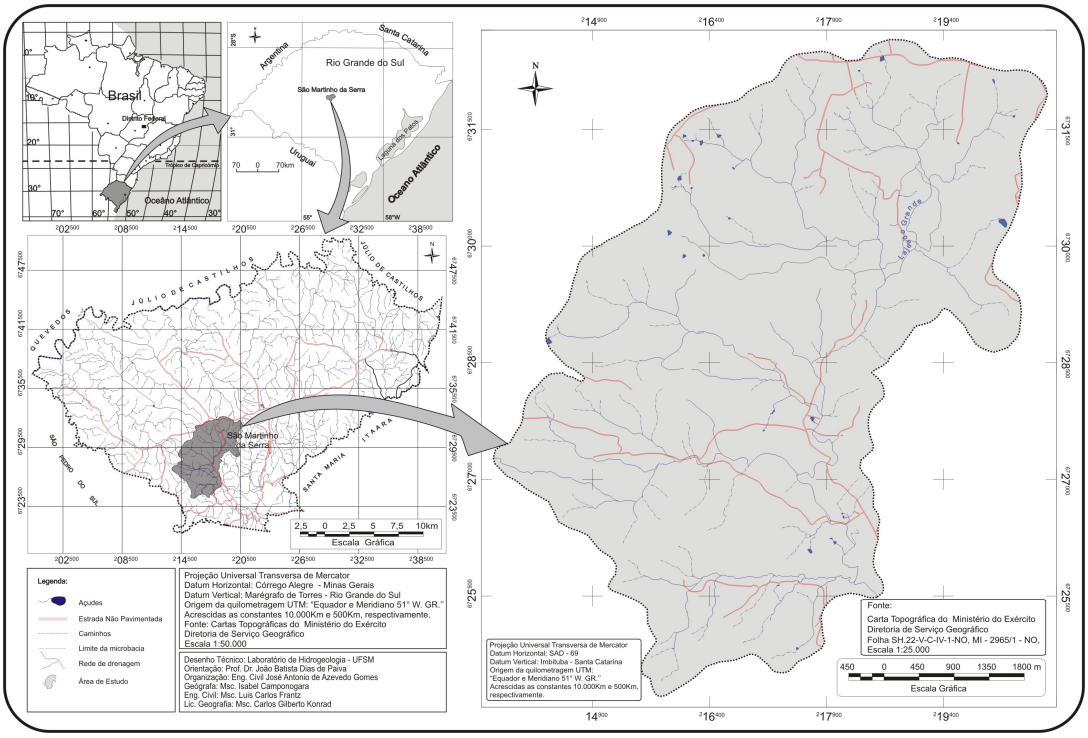

Figura 3.1 Localização da Bacia do Lajeado Grande Fonte: Sangoi (2007)

Tabela 3.1 Características físicas da bacia em estudo

Parâmetro	Bacia Hidrográfica
Área de drenagem (A)	33,12 Km^2
Perímetro da bacia (P)	29,40 Km
Comprimento do Rio Principal (Lp)	11,10 Km
Coeficiente de Capacidade (Lc)	1,44
Fator de Forma (Kf)	0,27
Elevação Máxima	471 m
Elevação Mínima	167 m
Declividade do Rio Principal	0,0273865 m/m
Declividade Média da Bacia	0,1990590 m/m

Fonte: Sangoi (2007)

A área da Bacia Hidrográfica em estudo apresenta índices de cobertura vegetal que compreende mata nativa, ciliar, plantada e cultivada com diversos tipos de culturas, como milho, soja, feijão, arroz, mandioca, melancia, cana. etc., e propriedades utilizadas para extração de minério. Segundo dados coletados no decorrer do período estudado no local o valor de temperatura média anual é 18,7°C, sendo fevereiro o mês mais quente e

> o mês de julho o mais frio. Quanto à precipitação, o local caracteriza-se por apresentar valores normais de altura de chuva (1690 mm / ano) (MORENO, 1961), (SANGOI, 2007).

3.1.2 Imagem IKONOS II

De acordo com Sangoi (2007), para a caracterização do uso do solo e de cobertura vegetal da bacia, foi utilizada imagem de satélite IKONOS II, que foi analisada e estudada para obtenção do divisor d'água, estudo de cobertura e uso do solo que estão representados nas figuras 3.2, 3.3 e 3.4.

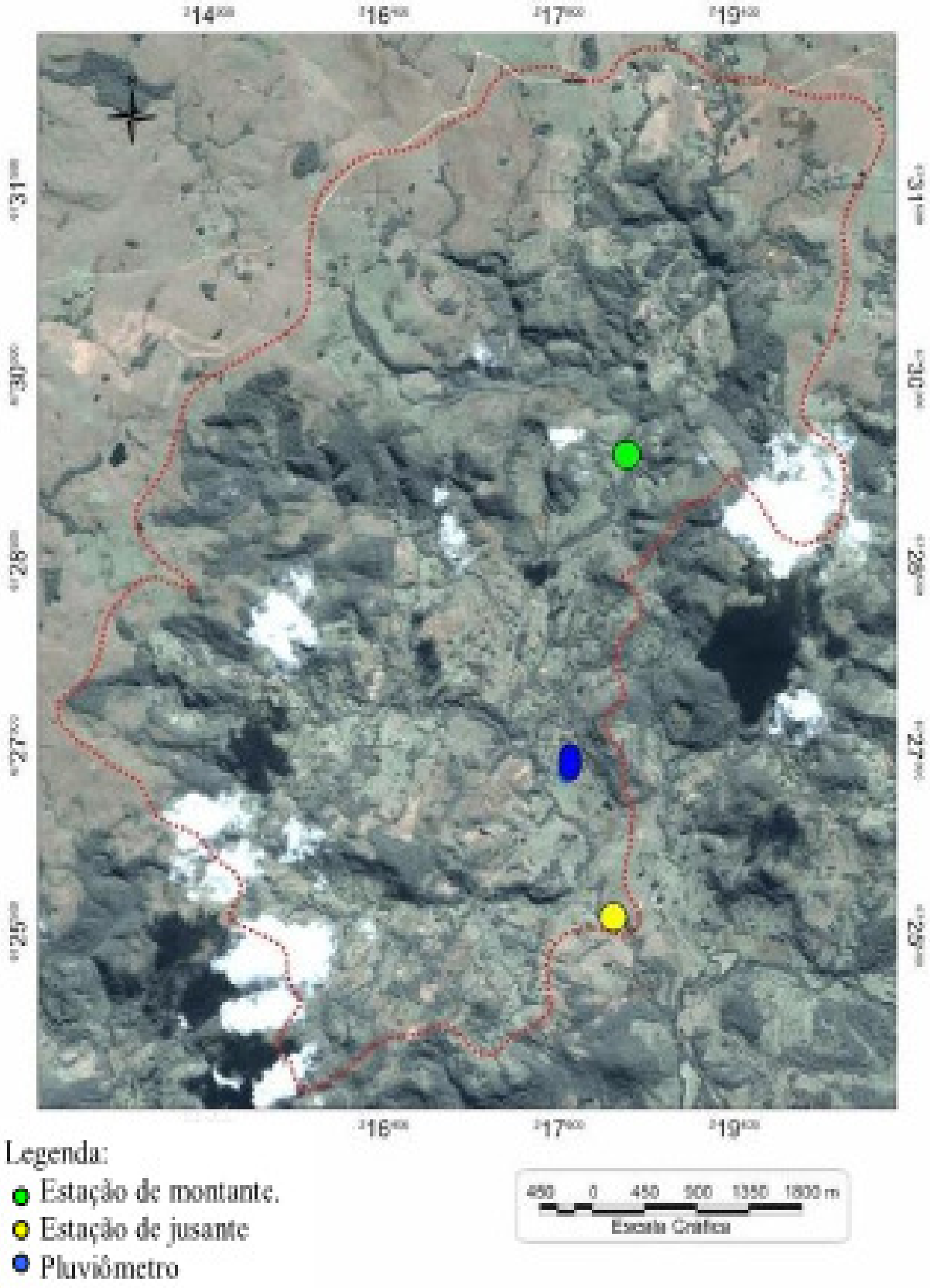

Figura 3.2- Imagem IKONOS II, divisor d'água da bacia estudada e localização das estações de monitoramento..... Fonte: Sangoi (2007)

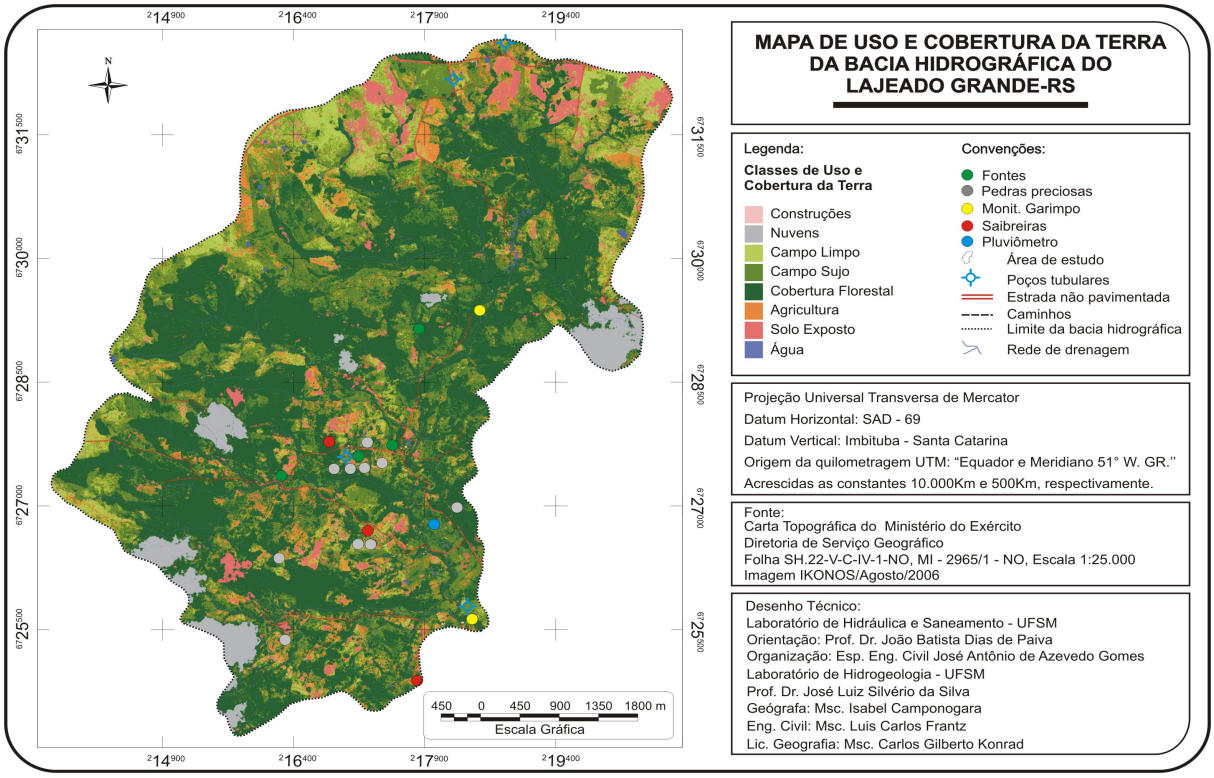

Figura 3.3 Mapa de Uso e Cobertura da Terra da Bacia do Lajeado Grande

Fonte: Sangoi (2007)

Tabela 3.2 Resultados em percentagem da cobertura e uso do solo incremental entre a estação de jusante e a estação de montante

Classes de Uso e Cobertura da Terra	**%**
Água	0,041867
Solo exposto	3,685488
Culturas	4,738129
Mata	53,87714
Campo sujo	22,75426
Campo limpo	12,44587
Nuvens	2,412271
Construções	0
TOTAL DAS CLASSES	100

Fonte: Sangoi (2007)

Tabela 3.3 Resultados em percentagem da cobertura e uso do solo até a estação de montante

Classes de Uso e Cobertura da Terra	%
Água	0,05
Solo exposto	4,29
Culturas	5,52
Mata	62,73
Campo sujo	26,49
Campo limpo	14,49
Nuvens	2,81
Construções	0
TOTAL DAS CLASSES	100

Fonte: Sangoi (2007)

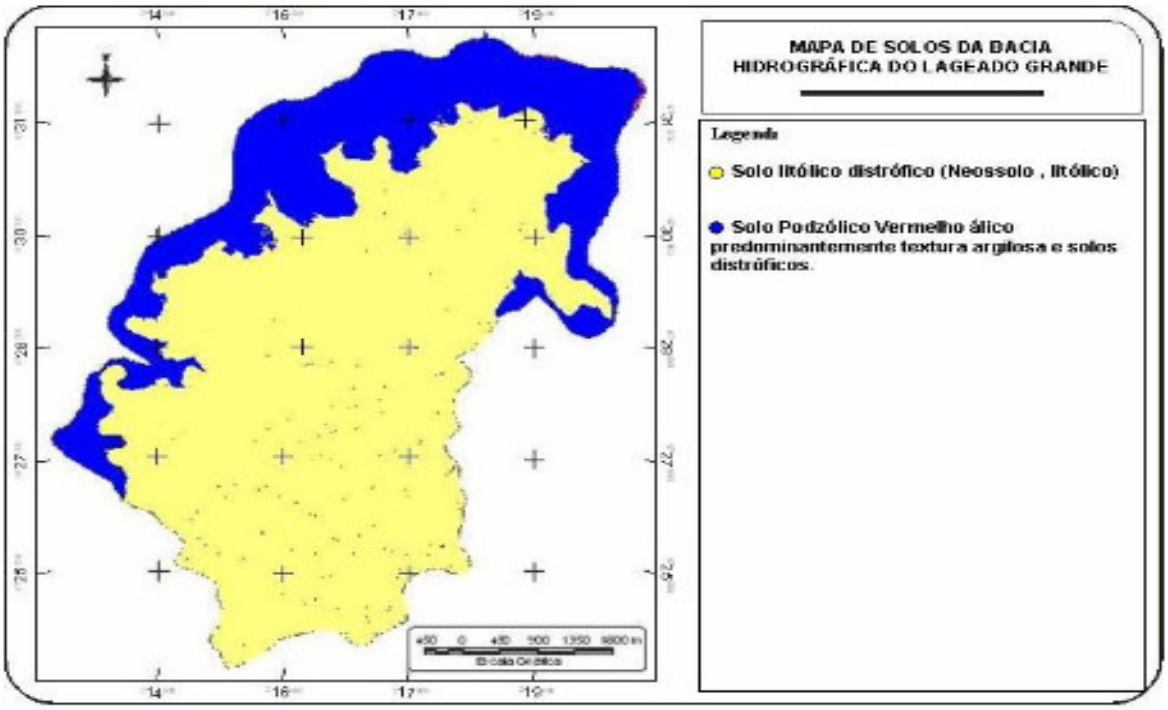

Figura 3.4- Mapa detalhado dos solos da Bacia do Lajeado Grande Fonte:Sangoi (2007)

Segundo Sangoi (2007) a tabela 3.5 apresenta os tipos de solos ocorrentes na bacia em estudo.

Tabela 3.4 - Granulometria e tipos de solos existentes na bacia hidrográfica

solo	Tipo	silte %	argila %	areia fina %	Área Km^2
1	NEOSSOLO LITÓLICO	32	10	25	24,19
2	ARGISSOLO VERMELHO	29	20	35	8,98

Fonte: Sangoi (2007)

3.2 Estações de Monitoramento

Na bacia em estudo já existiam duas estações fluviográficas, uma de montante da área da bacia submetida à atividade de mineração e que drena uma área de 17,87 km^2 e outra de jusante (Figura 3.5 e 3.6), que por sua vez drena uma área de 33,12 km^2. Ambas estão equipadas com um vertedor triangular de soleira curta desenvolvido pelo “U.S. Soil Conservation Service”, para uso em bacias rurais (BRAKENSIEK & OSBORN, 1979) denominado “V-notch weir”, com inclinação da crista de 1 vertical : 5 horizontal na estação de montante e 1 vertical : 10 horizontal na estação de jusante, um linígrafo com registrador eletrônico tipo “data logger” e sensor de nível tipo bóia e contrapeso e ponte hidrométrica (Figura 3.7) e uma régua linimétrica (Figura 3.8).

Neste trabalho utilizou-se somente a estação de monitoramento de jusante da área submetida à atividade de mineração para a coleta e análise de dados.

Figura 3.5 Estação de Monitoramento de Jusante da área submetida à atividade de mineração utilizada para a coleta de dados.

Figura 3.6 Estação de Monitoramento de Jusante - detalhe do vertedor triangular durante onda de cheia

Figura 3.7 Liníffrafo eletrônico(foto Sangoi,2007) Figura 3.8 Régua linimétrica

Para a obtenção dos dados de precipitação foi utilizada a estação pluviométrica de São Martinho da Serra que está equipada com um pluviômetro eletrônico com data logger, que faz o registro da intensidade da precipitação em intervalos de 1 em 1 minuto (Figura 3.9a e 3.9b), de fabricação da OTT. Conforme Sangoi (2007), o pluviômetro está situado em um ponto intermediário entre a estação fluviográfica de montante e a estação fluviográfica de jusante, nas coordenadas UTM 217936 e 6726777 (zona-22).

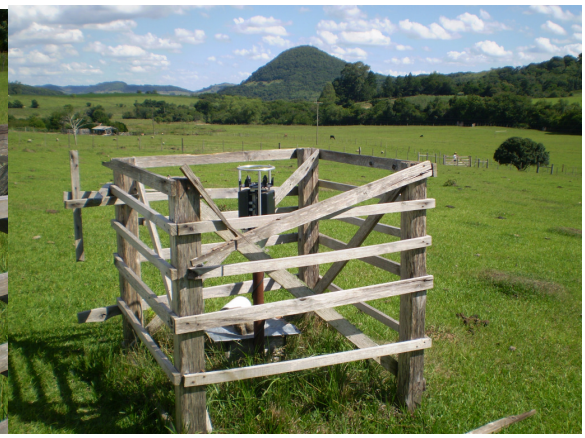

Figura 3.9a Pluviômetro eletrônico e data logger OTT. Figura 3.9b Pluviômetro

Exprime-se a quantidade de chuva pela altura de água caída e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável. Ela é avaliada por meio de medidas

executadas em pontos previamente escolhidos, utilizando aparelhos denominados pluviômetros ou pluviógrafos (VILLELA & MATTOS,1975).

A intensidade de uma precipitação apresenta variabilidade temporal, mas, para análise dos processos hidrológicos, geralmente são definidos intervalos de tempo nos quais é considerada constante (TUCCI, 2001).

3.3 Instrumentação

Todo o acréscimo de instrumentos nas estações de monitoramento foi efetuado na estação de jusante, assim como, toda coleta de dados efetuada neste trabalho.

3.3.1 Localização e posicionamentos de instrumentos

A partir do mês de agosto de 2008 na estação fluviográfica de jusante foi instalado um amostrador sequencial por bombeamento programável portátil tipo ISCO modelo 3700, marca Teledyne Isco, dotado de sensor de nível de água, para a coleta de amostras e posterior análise de concentração e granulometria de sedimentos (Figuras 3.10a, 3.10b 3.11a e 3.11b).

Figura 3.10a Amostrador ISCO

Figura 3.10b Amostrador ISCO....Figura 3.11a Sensor de nível do amostrador

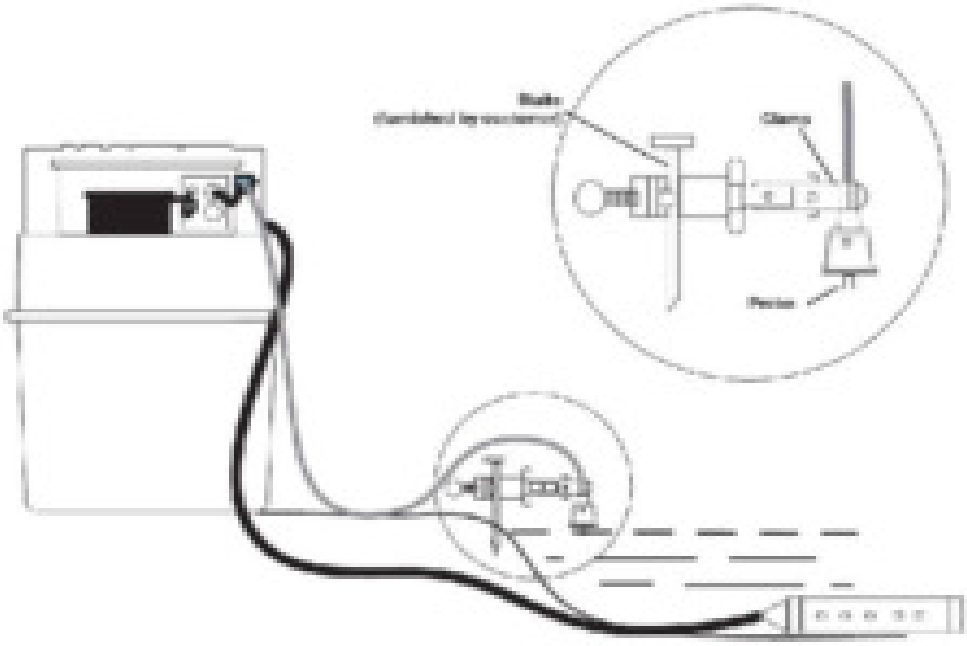

Figura 3.11b Esquema orientativo para instalação do sensor de nível do amostrador seqüencial ISCO.

Na data de 09 de janeiro de 2009 foi instalado um “amostrador integrador no tempo” mostrado em detalhe na figura 3.12, com o objetivo de coleta de amostras de sedimentos em suspensão que represente o fluxo de sedimentos transportados e análise granulométrica e cruzamento com os resultados de turbidez.

Figura 3.12 Detalhe do amostrador integrador no tempo

No dia 02 de fevereiro de 2009 foi instalado um Turbidímetro instantâneo marca FTS com o objetivo de registrar e coletar dados de turbidez da água através do data logger HDL-1 e sonda digital DTS-12 dotada de um sistema de limpeza da face do sensor ótico que é composto por uma lâmina cortada em dois sulcos feita em material sintético que faz um movimento de arraste (ida e volta) sobre o sensor logo após cada leitura evitando o acumulo de matéria orgânica na superfície do sensor (figura 3.13a e 3.13b) com uma faixa de leituras de 0 à 1600 NTU e que faz leituras instantâneas a cada 10 minutos. Para posterior tratamento e comparação com os resultados das análises de concentração e granulometria de sedimentos das amostragens coletadas pelo amostrador por bombeamento.

Figura 3.13a Data logger HDL-1

Figura 3.13b Sonda DTS-12

Para a instalação dos sensores dos instrumentos foi construída uma estrutura metálica onde foram feitas as fixações da sonda do amostrador, da sonda do turbidímetro e do amostrador integrador no tempo (Figura 3.14). Esta estrutura foi fixada no leito do arroio Lajeado Grande e na ponte hidrométrica, localizada a uma distância de 2,50 metros do vertedor triangular e a 3,0 metros da margem esquerda. Os referidos sensores foram posicionados na estrutura metálica a uma distância de 0,50 metros do leito do arroio para efetuarem suas leituras e amostragens sempre na mesma referida posição, independentemente da cota do nível da água (Figura 3.15). E, para o abrigo, armazenamento e proteção do amostrador ISCO, da data logger do turbidímetro FTS e de suas respectivas fontes de alimentação foi construído um abrigo metálico e instalado ao lado da ponte hidrométrica como mostram as figuras 3.16a, 3.16b e 3.17.

O sensor de nível do amostrador ISCO foi montado na cota 0,22 metros da régua linimétrica e do linígrafo eletrônico Thalimedes, sendo a cota de nível zero correspondente ao vértice do vertedor triangular. Assim sendo, na ocorrência de eventos chuvosos, sempre que o nível do arroio encontrava-se abaixo da cota 0,22m e, após o início do referido evento, este nível era identificado pelo sensor que dava início ao processo de amostragem de acordo com os intervalos preestabelecidos na programação do amostrador. Em resumo, na ocorrência de eventos chuvosos, as amostragens feitas através deste dispositivo foram iniciadas a partir da cota de nível 0,22m, que corresponde a uma vazão de 0,17 m^3/s calculada através da curva-chave obtida por Bonumá (2006).

Figura 3.14 Estrutura de fixação . Figura 3.15 Montagem dos sensores

Figura 3.16a Abrigo dos Equipamentos Figura 3.16b Abrigo Equip.

Figura 3.17 Abrigo Equipamentos (detalhe das garrafas do amostrador)

3.4 Calibração de Equipamentos

Minella et al. (2009), avaliando diferentes procedimentos de calibração de turbidímetros, concluiram que a melhor calibração efetivada foi aquela que utilizou amostras coletadas durante eventos de chuva comparada com calibração utilizando solos e sedimentos para compor concentração de sedimentos em suspensão (CSS) sintéticas.

Os mesmos autores, neste mesmo estudo dizem que a primeira evidência importante observada nos sedimentogramas gerados para cada um dos métodos de calibração, é que o sinal do turbidímetro foi sensível à variação da concentração de sedimentos em suspensão, descrevendo a sua complexidade durante um evento, como os vários picos e vales.

Assim sendo, foi instalado o “amostrador integrador no tempo” e com o material coletado no período de 09 de janeiro de 2009 à 05 de fevereiro de 2009 e desta data até 25 de março de 2009 foi feita a análise granulométrica do material. O material coletado no dia 25 de março foi dividido em duas amostras, para efeito de

análise, devido a quantidade de material e, por ter permanecido por um período maior em coleta, resultando portanto em três amostras de material coletado.

3.5 Cálculo da Vazão

Para o cálculo da vazão na estação fluviométrica de jusante no período e nos eventos estudados utilizou-se a curva-chave obtida por Bonumá (2006) a partir das medições de vazões determinado a curva "cota x descarga", para a seção do vertedor.

A referida curva-chave é apresentada nas equações 3.2, 3.3 e 3.4

Para $0,06 < H \leq 0,47$ m

$$Q=7,438435.H^{2,5} \quad \textbf{(3.2)}$$

Para $0,47 < H \leq 1,11$ m

$$Q=7,702248.H^{2,5} \quad \textbf{(3.3)}$$

Para $1,11 < H \leq 1,15$ m

$$Q=7,659451.H^{2,5} \quad \textbf{(3.4)}$$

Para $H > 1,15$ m o vertedor funciona como um vertedor misto (triangular e retangular) e a vazão adotada é mostrada na equação 3.5:

$$Q=10,862811+(16,6383-0,342H).(H-1,15)^{3/2} \quad \textbf{(3.5)}$$

onde:

Q = vazão (m^3/s);

H = cota (m).

3.6 Coleta de Dados

O amostrador por bombeamento programável ISCO foi programado para efetuar amostragens em lotes de 24 amostras de 800 ml, através de seu sensor de nível ou para horários previamente determinados em eventos chuvosos.

Nos quatro (04) primeiros meses (agosto/novembro de 2008) devido à ocorrência de um período de escassez de eventos chuvosos foram feitas apenas três (03) amostragens que não foram utilizadas. Porém foram utilizadas as 16 amostragens feitas no período subseqüente, a partir de janeiro de 2009, cada uma com 24 amostras de 800 ml em intervalos de 1 hora obtidas pela programação através do sensor de nível em intervalos de 30 minutos durante eventos extremos de chuva, e de 2 horas após eventos de chuva onde a onda de cheia já estivesse ocorrido. Após coletadas, as garrafas com mistura água-sedimento foram devidamente armazenadas e analisadas no LabSed/UFSM (Laboratório de Sedimentos/UFSM), nas quais foram feitas as análises de concentração e granulometria de sedimentos.

A partir de sua instalação o turbidímetro instantâneo registrou em intervalos de 10 minutos os dados de turbidez e temperatura da água que foram periodicamente coletados através do data logger HDL-1.

Neste mesmo período (agosto de 2008 a agosto de 2009) foram coletados os dados de precipitação registrados no pluviógrafo digital que está instalado na região central da bacia. Da mesma forma, também são coletados os dados de nível da estação fluviográfica de montante.

O armazenamento e processamento dos dados hidrológicos, assim como os dados resultantes das análises de laboratório das amostragens efetuadas e os provenientes dos instrumentos instalados, foi feito através do software de gestão de dados hidrológicos BDGHidros, Beling et al.(2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em virtude da distância e das dificuldades envolvidas no monitoramento de uma pequena bacia hidrográfica durante a ocorrência de eventos de cheia foi de grande valia a instrumentação de estações de monitoramento com os equipamentos empregados neste trabalho, o amostrador portátil, automático e programável com sensor de nível e o turbidímetro instantâneo com data logger, para coleta e armazenamento de dados no campo sem a necessidade da presença de um técnico no momento da ocorrência do evento hidrológico a ser estudado, justificando e validando o emprego do recurso destinado para este fim.

Com os dados de precipitação, vazão, concentração de sedimentos e turbidez foram confeccionados os gráficos das amostragens e eventos observados no período da pesquisa, figura 4.1, que mostra graficamente uma visão geral de todos os resultados processados para a análise. As tabelas que contém os dados que originaram os gráficos referentes a cada amostragem ou evento observado estão apresentadas nos anexos deste trabalho.

Para a confecção das tabelas, os dados de turbidez e cota foram interpolados linearmente para os horários exatos dos registros das amostras de concentração (BDGHidros-opção cota instantânea).

Na figura 4.2 é apresentado o gráfico da amostragem 1, onde foram registrados os dados de precipitação, vazão e o resultado das análises das amostras de concentração de sedimentos, e onde observa-se que a curva de concentração de sedimentos acompanha com certa irregularidade a onda de cheia registrada na curva de vazão, logo após a ocorrência de um evento de chuva. Nesta amostragem ainda não se possuía registros de turbidez por ser anterior à instalação do turbidímetro.

Na figura 4.3 é apresentado o gráfico da amostragem 2, onde foram registrados os dados de precipitação, vazão e o resultado das análises das amostras de concentração de sedimentos, e onde observa-se que a curva de concentração de sedimentos apresenta irregularidades, em que pese não ter sido registrado evento de chuva no período da amostragem, da mesma forma que na amostragem 1, ainda não se possuía registros de turbidez.

Na figura 4.4 é apresentado o gráfico da amostragem 3, onde já com os registros de turbidez, observa-se que, após a ocorrência de chuva, estes acompanharam a onda de cheia, o que não ocorreu com os resultados das análises de concentração, que apresentou um pequeno pico bem após o pico de vazão.

Na figura 4.5 é apresentado o gráfico geral das amostragens 4, 5 e 6 e na seqüência, seus respectivos gráficos 4.6, 4.7 e 4.8. Observa-se nitidamente que os picos de concentração de sedimentos ocorrem anteriormente aos picos de cheia e turbidez, que por sua vez ocorrem praticamente ao mesmo tempo.

Já nos gráficos dos eventos 7 e 8, apresentados em conjunto na figura 4.9, e em separado nas figuras 4.10 e 4.11, respectivamente, durante a ocorrência de um evento chuvoso significativo ocorreu o pico de turbidez praticamente logo após o pico de máxima precipitação, o que pode ser um indício da ocorrência do processo de carga de lavagem com o material de granulometria fina caracterizando a turbidez mais elevada. E, a onda de cheia foi crescendo gradativamente, ocorrendo um pico de concentração de sedimentos um pouco anterior ao de cheia. Deve-se considerar que, no horário em que ocorreu o pico de turbidez, logo após o pico de máxima precipitação, ainda não havia sido iniciada a amostragem para a análise de concentração e, por este motivo, não se pode afirmar que não tenha ocorrido também um pico de elevação na curva de concentração juntamente com o pico maior de turbidez. No caso da amostragem 8 (figura 4.11) as leituras de turbidez acompanharam linearmente as concentrações, sendo esta amostragem efetivada durante a descida da onda de vazão.

Nos gráficos das amostragens 8, 9, 10 e 11, apresentados nas figuras 4.11, 4.12, 4.13 e 4.14 respectivamente, onde não mais ocorreram precipitações, as concentrações e a turbidez acompanharam linearmente a recessão da onda de cheia, tendendo a valores constantes.

Nas figuras 4.15, 4.16 e 4.17 são apresentados os gráficos dos resultados dos eventos de chuva dos dias 26/03/09, 13/05/09 e 30/05/09, onde não foram efetivadas amostragens para análise de concentração, mas foram registrados dados de turbidez. Neles observa-se claramente o acompanhamento da curva de turbidez pela curva de vazão logo após o evento de chuva.

Nas amostragens 12, 14 e 16 mostradas nas figuras 4.18, 4.20 e 4.22 respectivamente onde já não se teve registro de turbidez devido ao fato dos dados não terem sido registrados na data logger do turbidímetro por uma falha interna no

sistema de alimentação de energia, os resultados de concentração acompanharam linearmente a onda de vazão. Porém neste período de observação não houve ocorrência de eventos chuvosos.

Por sua vez, no período das amostragens 13 e 15 mostradas nas figuras 4.19 e 4.21, foi registrada a ocorrência de eventos chuvosos e, no primeiro, o pico de concentração ocorreu um pouco antes do pico de vazão, muito provavelmente pela grande intensidade de chuva em um pequeno intervalo de tempo, e, da mesma forma que a análise da amostragem 7, pode ser um indicativo da ocorrência do processo de carga de lavagem. Já no segundo o pico de concentração ocorreu praticamente em conjunto com o pico de vazão.

A análise granulométrica do material coletado pelo amostrador integrador no tempo apresentou o resultado que está indicado na tabela 4.1 e no gráfico da figura 4.23, mostrando uma grande predominância de material de granulometria fina, como silte e areia fina.

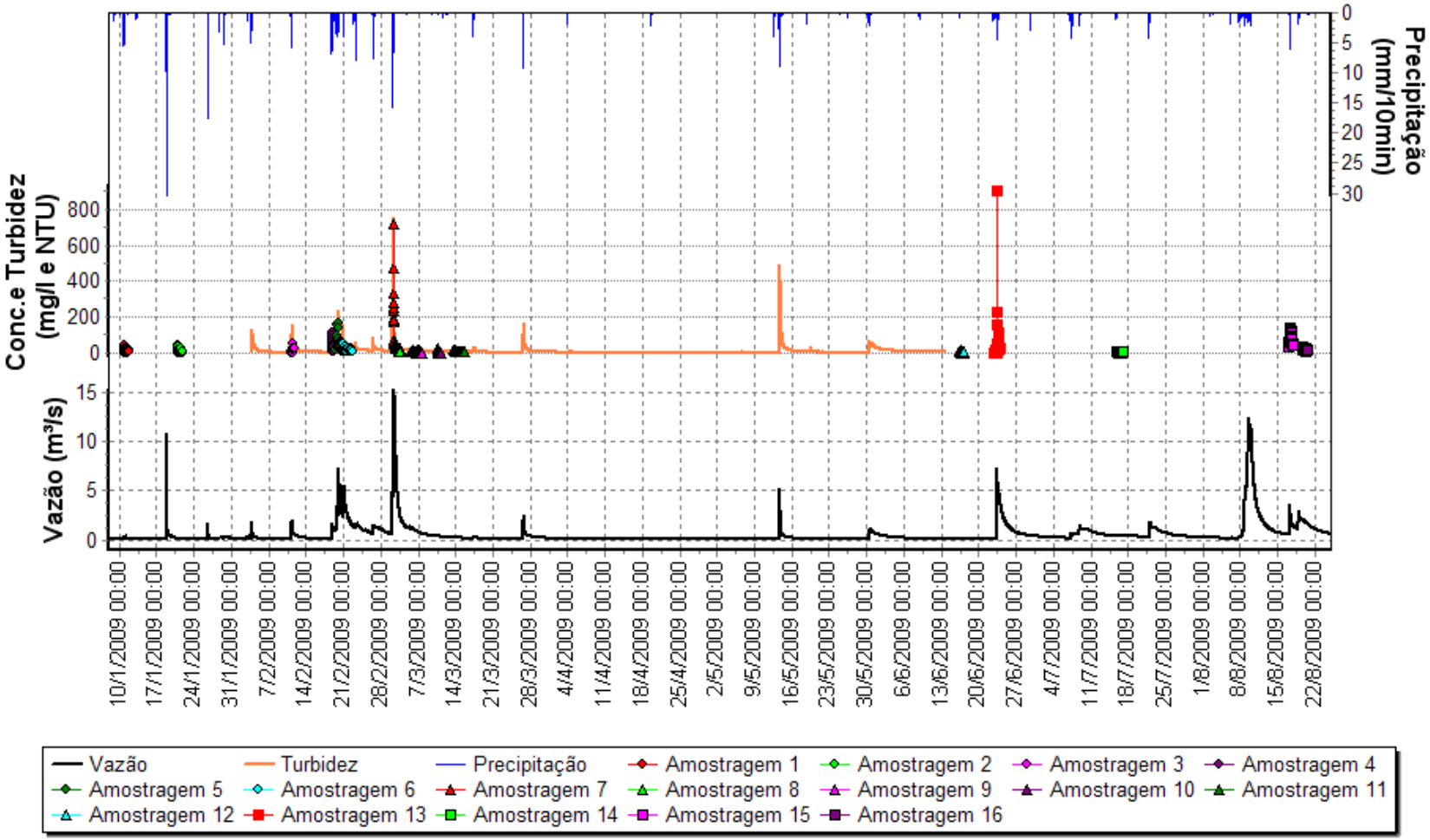

Figura 4.1 – Período de amostragem

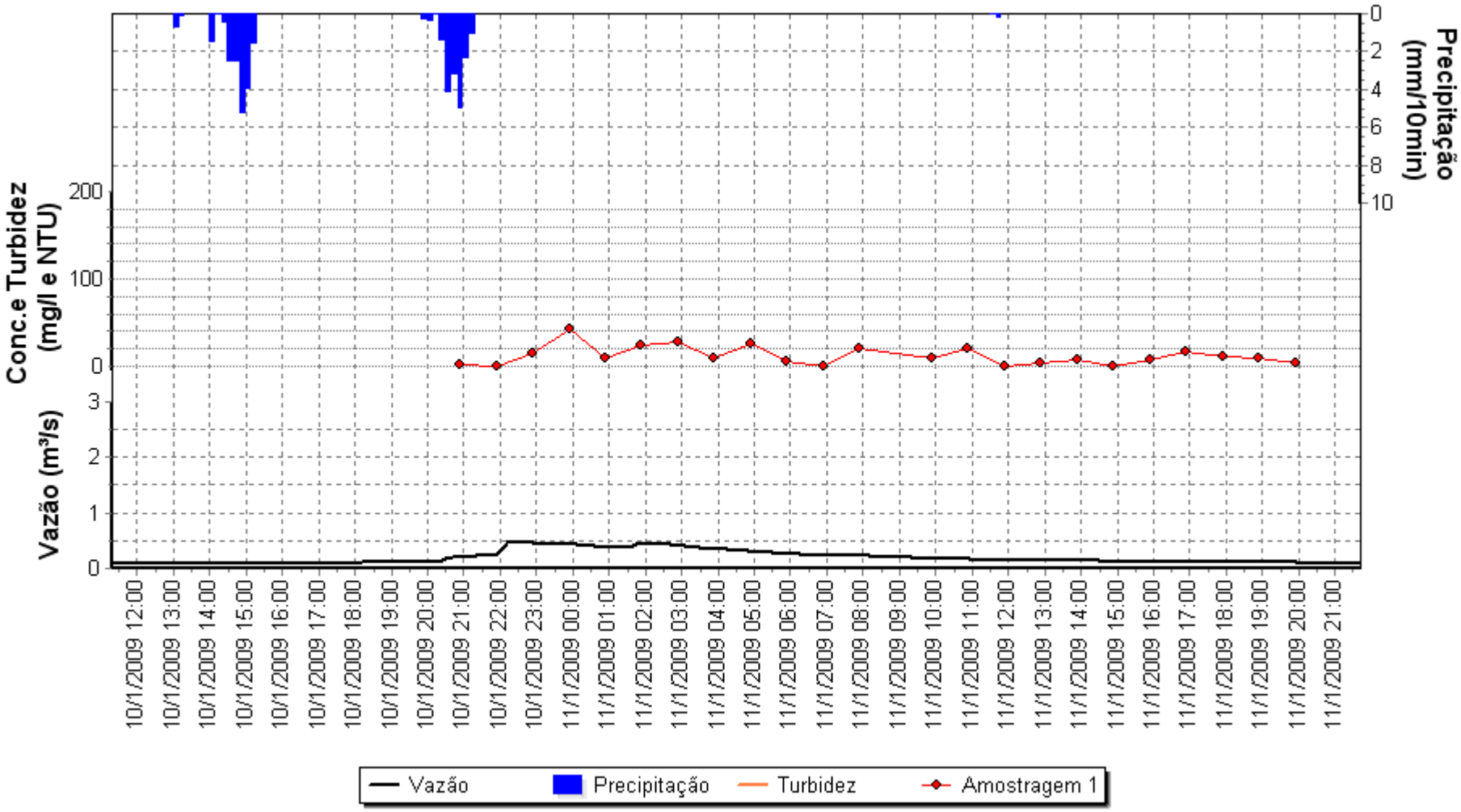

Figura 4.2 – Amostragem 1

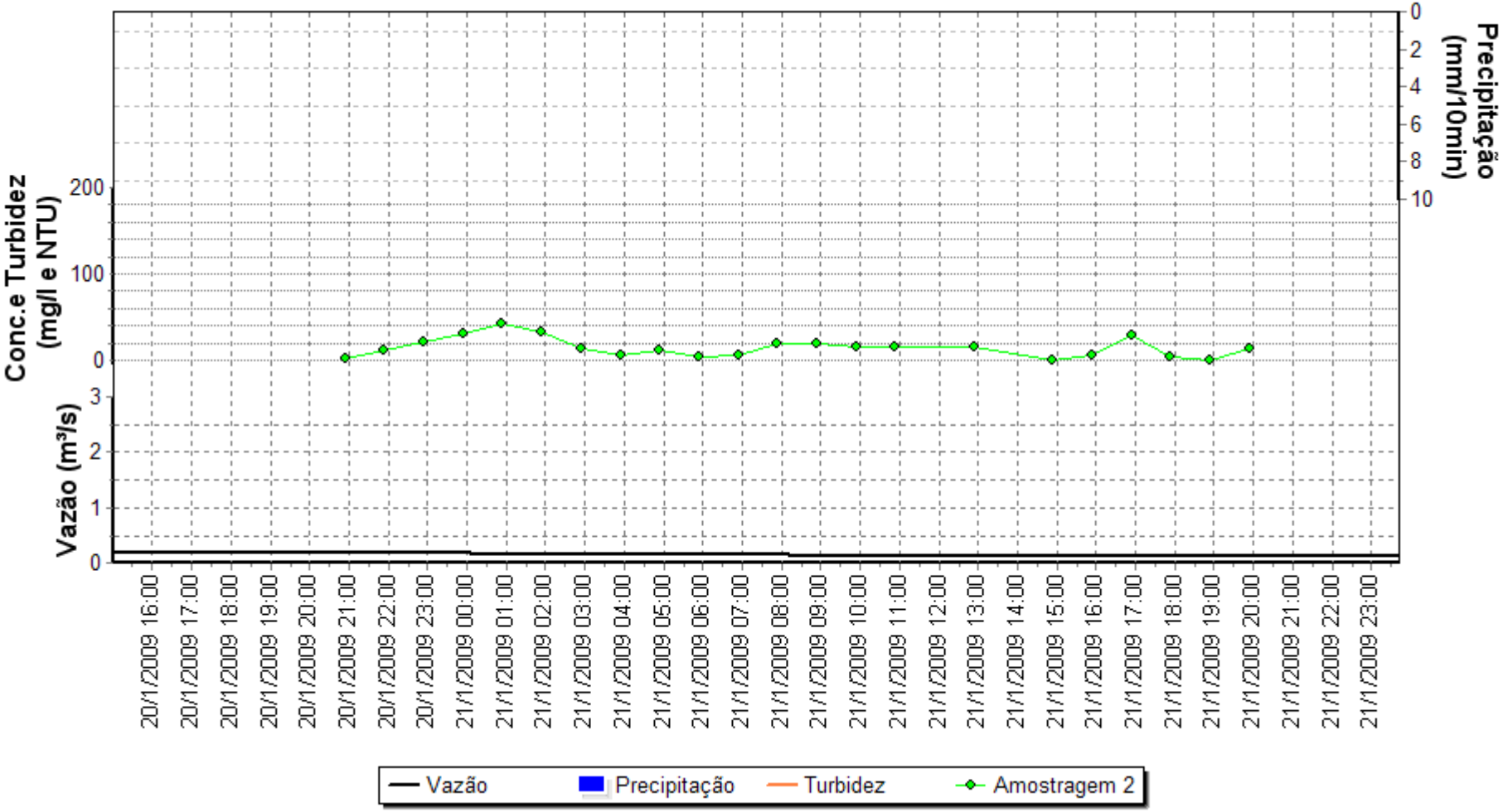

Figura 4.3 – Amostragem 2

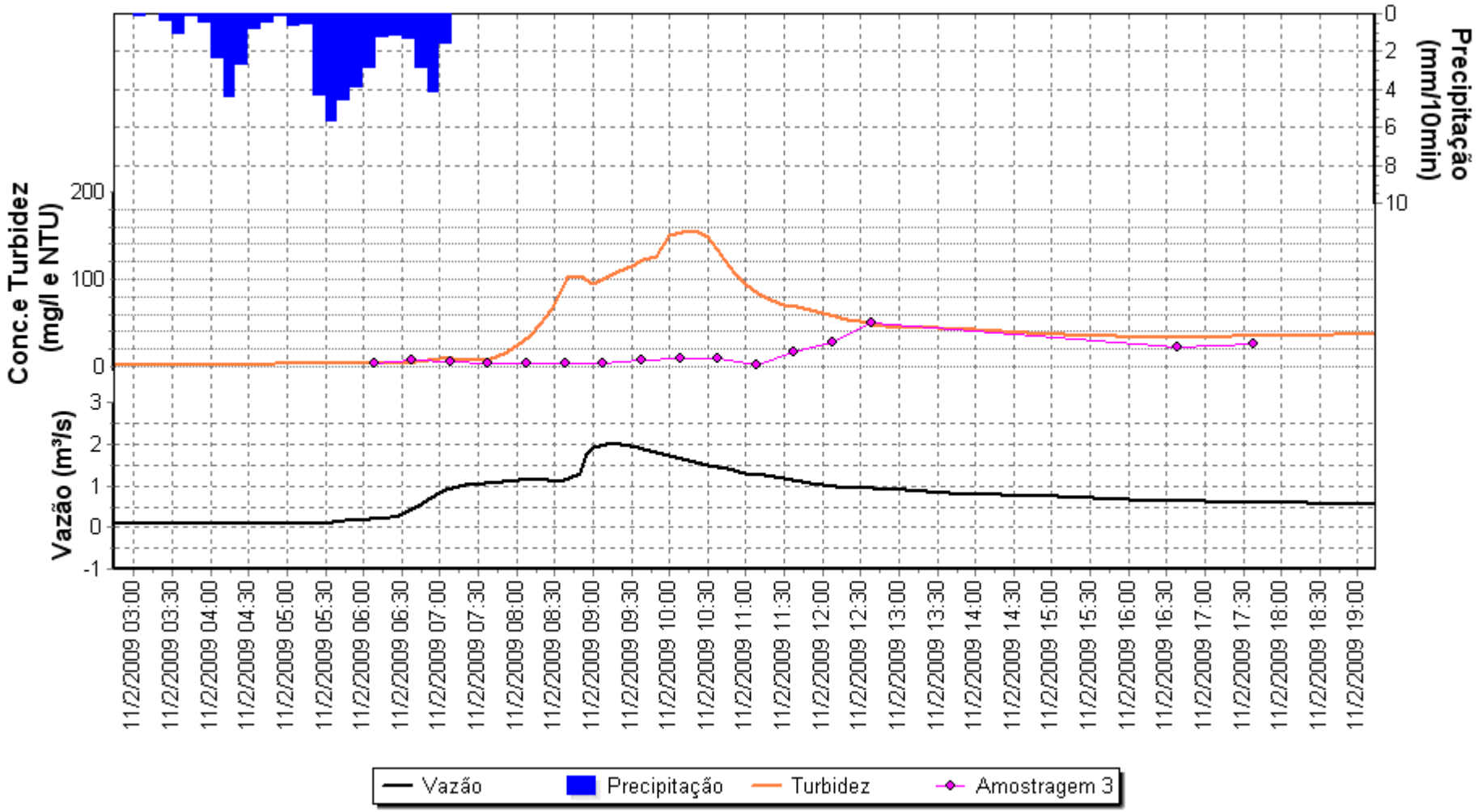

Figura 4.4 – Amostragem 3

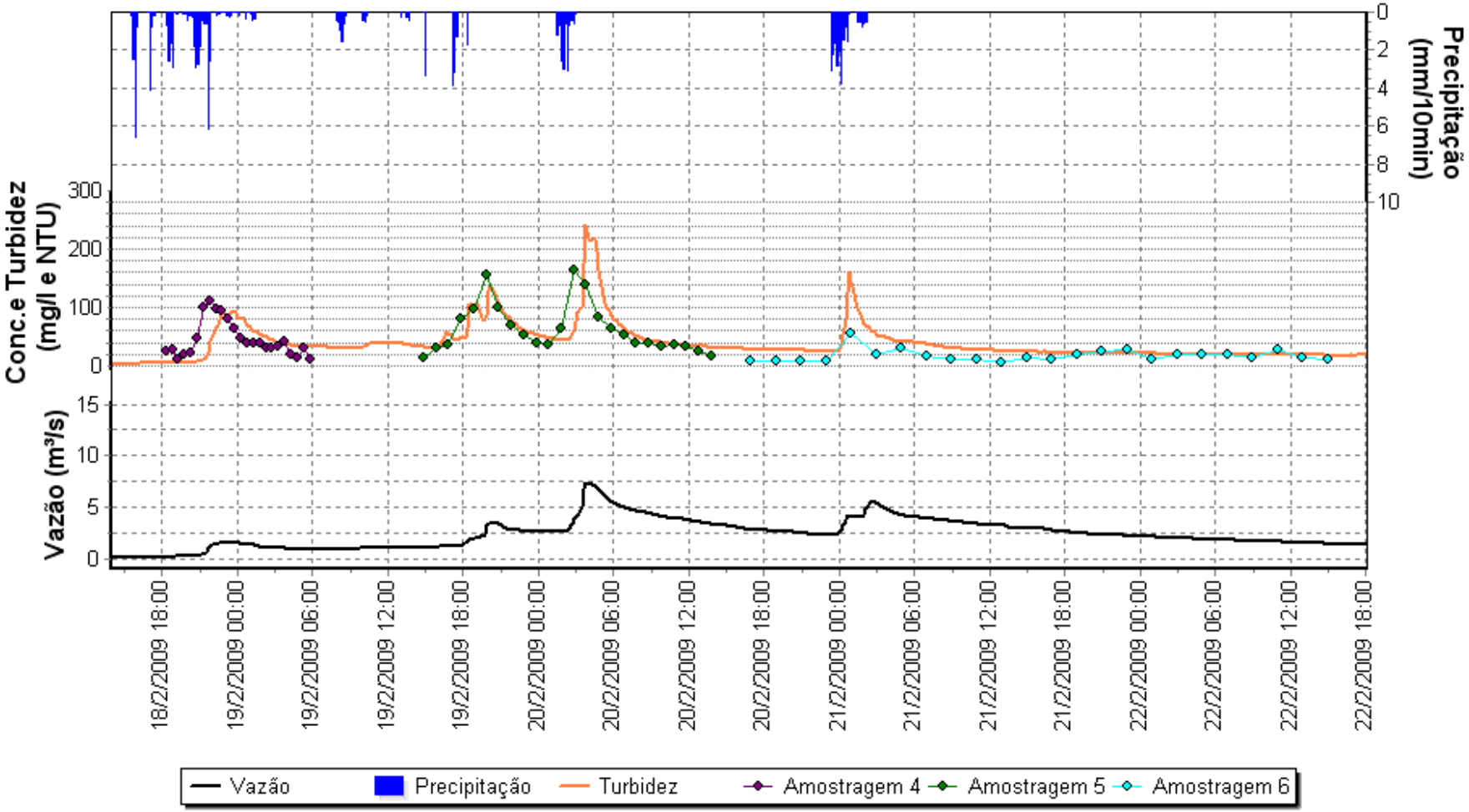

Figura 4.5 Amostragens 4, 5 e 6.

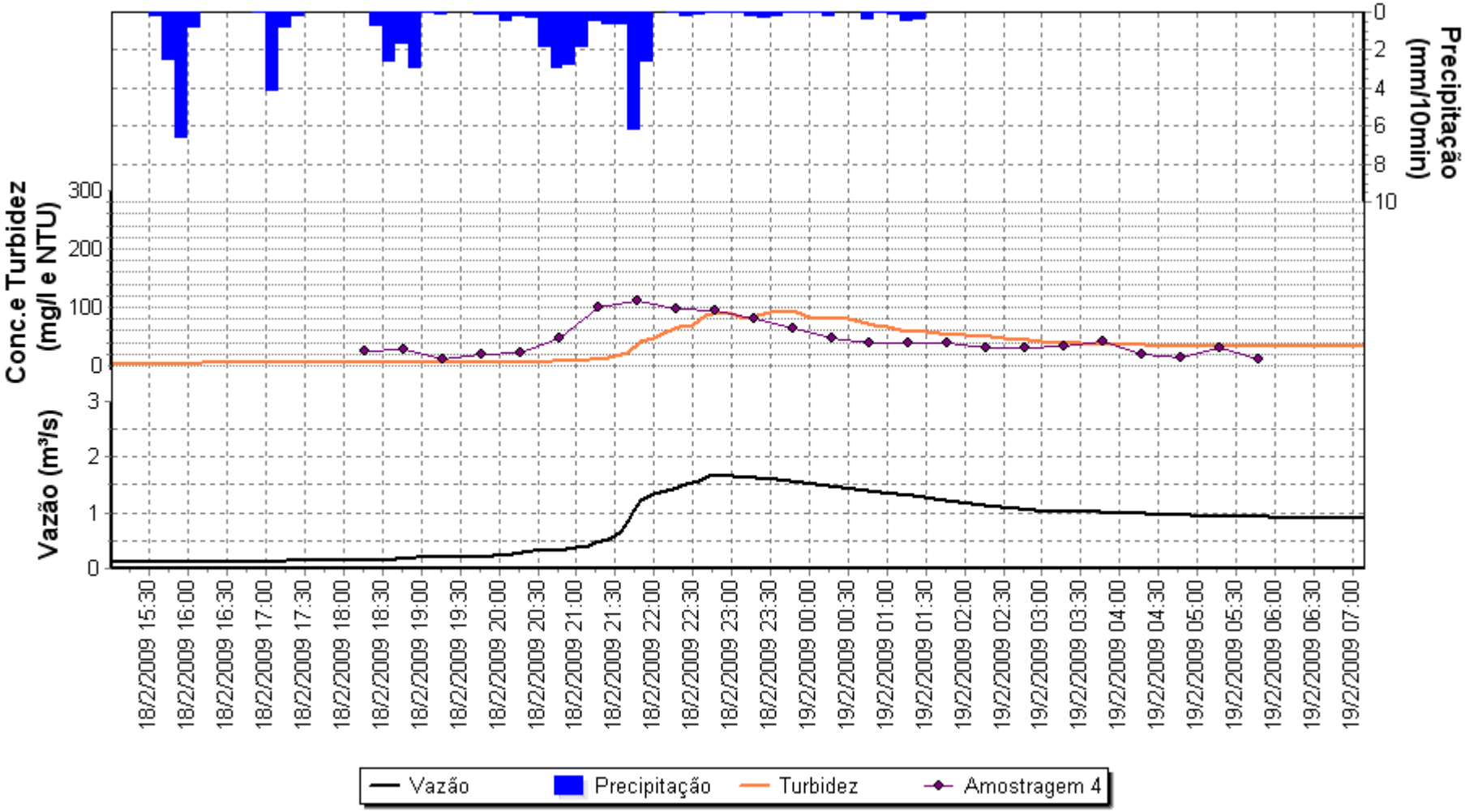

Figura 4.6 Amostragem 4.

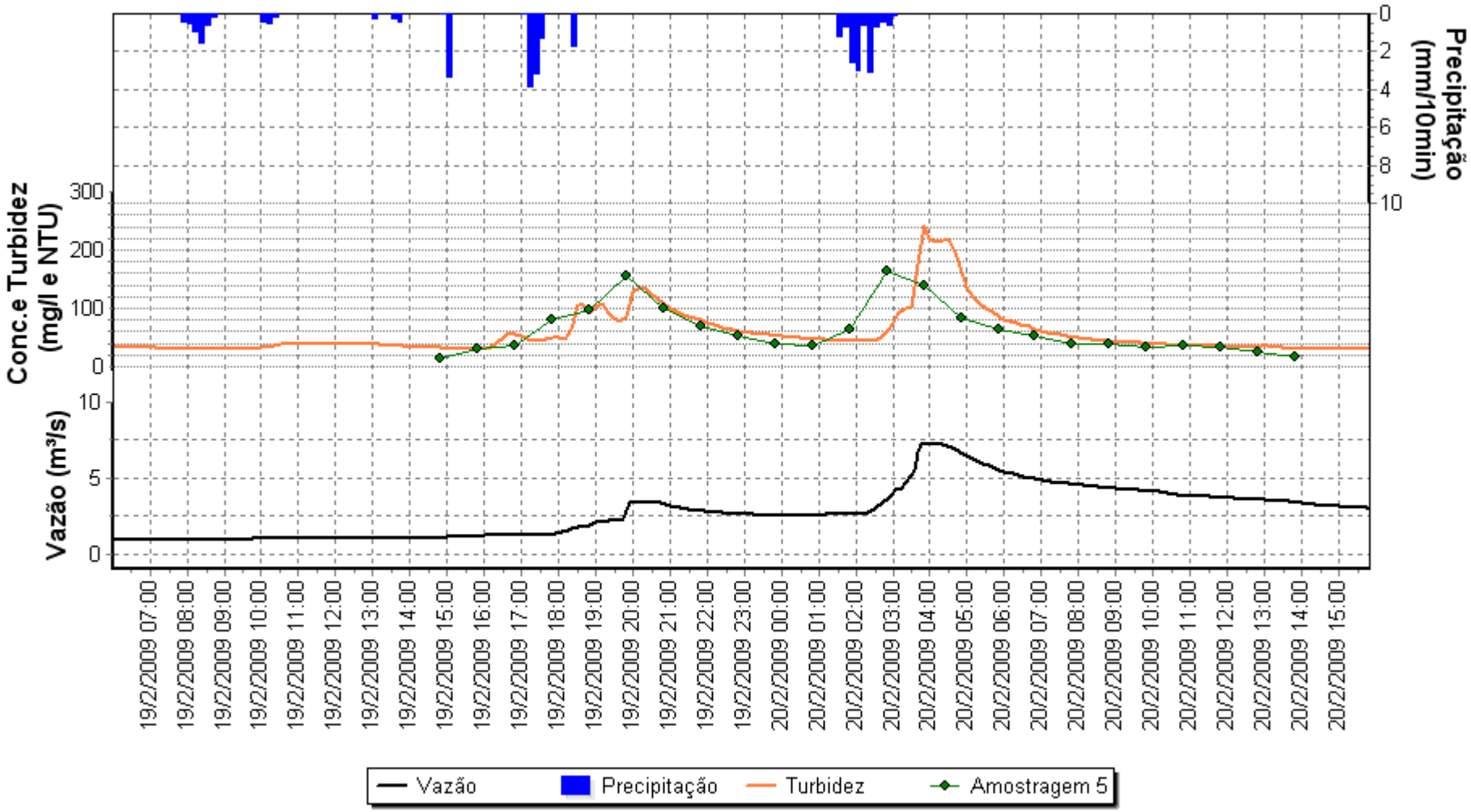

Figura 4.7 Amostragem 5.

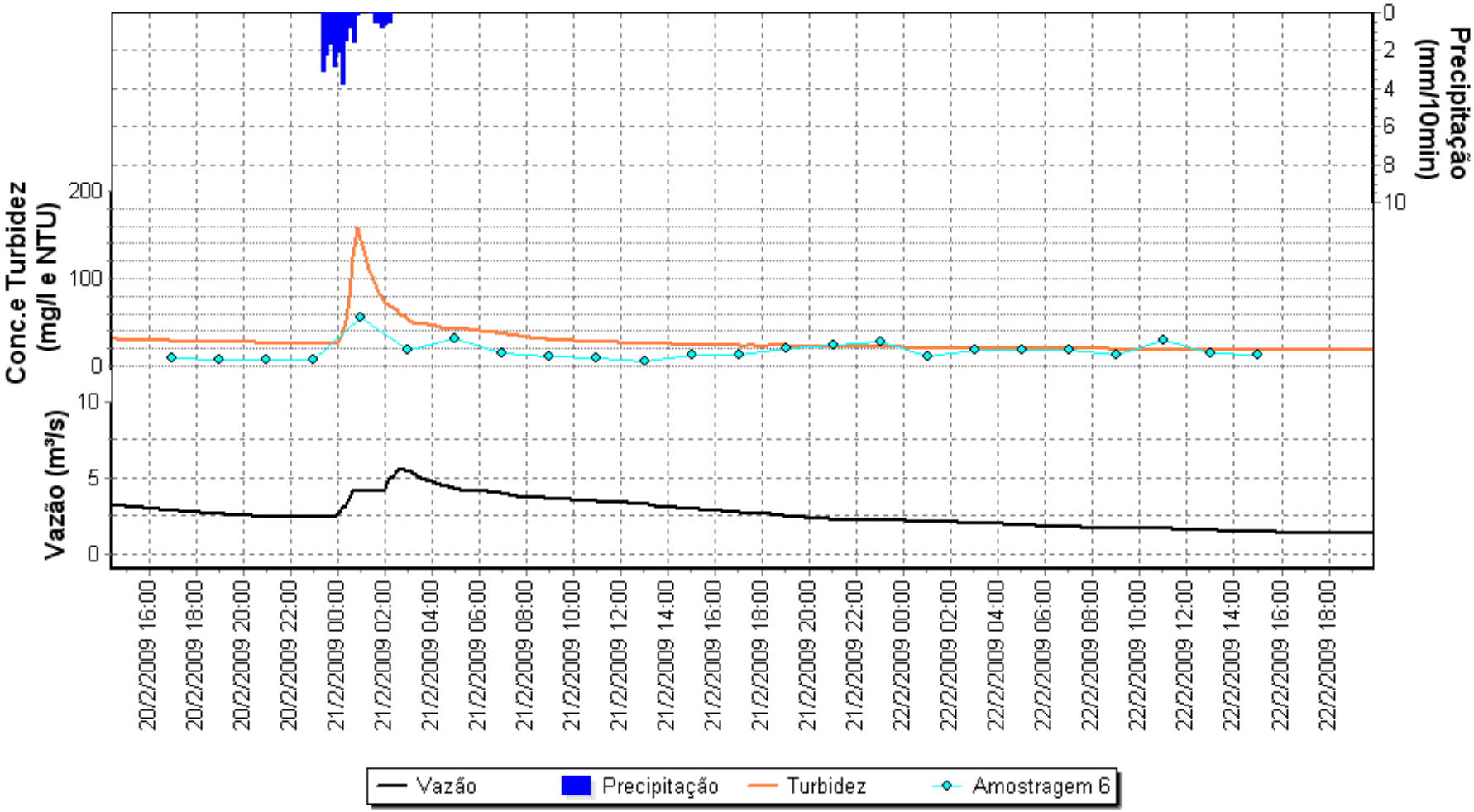

Figura 4.8 Amostragem 6

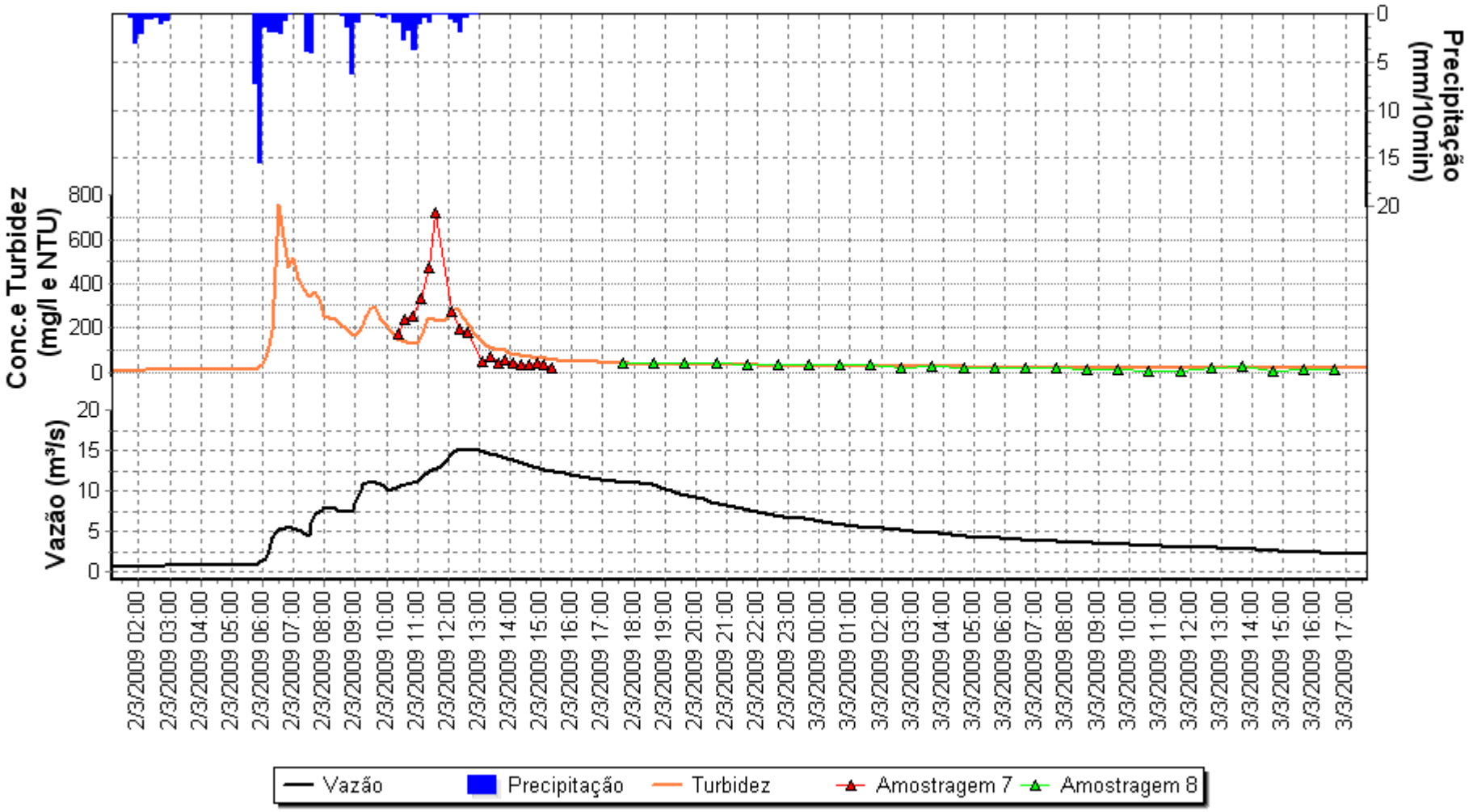

Figura 4.9 Amostragens 7 e 8

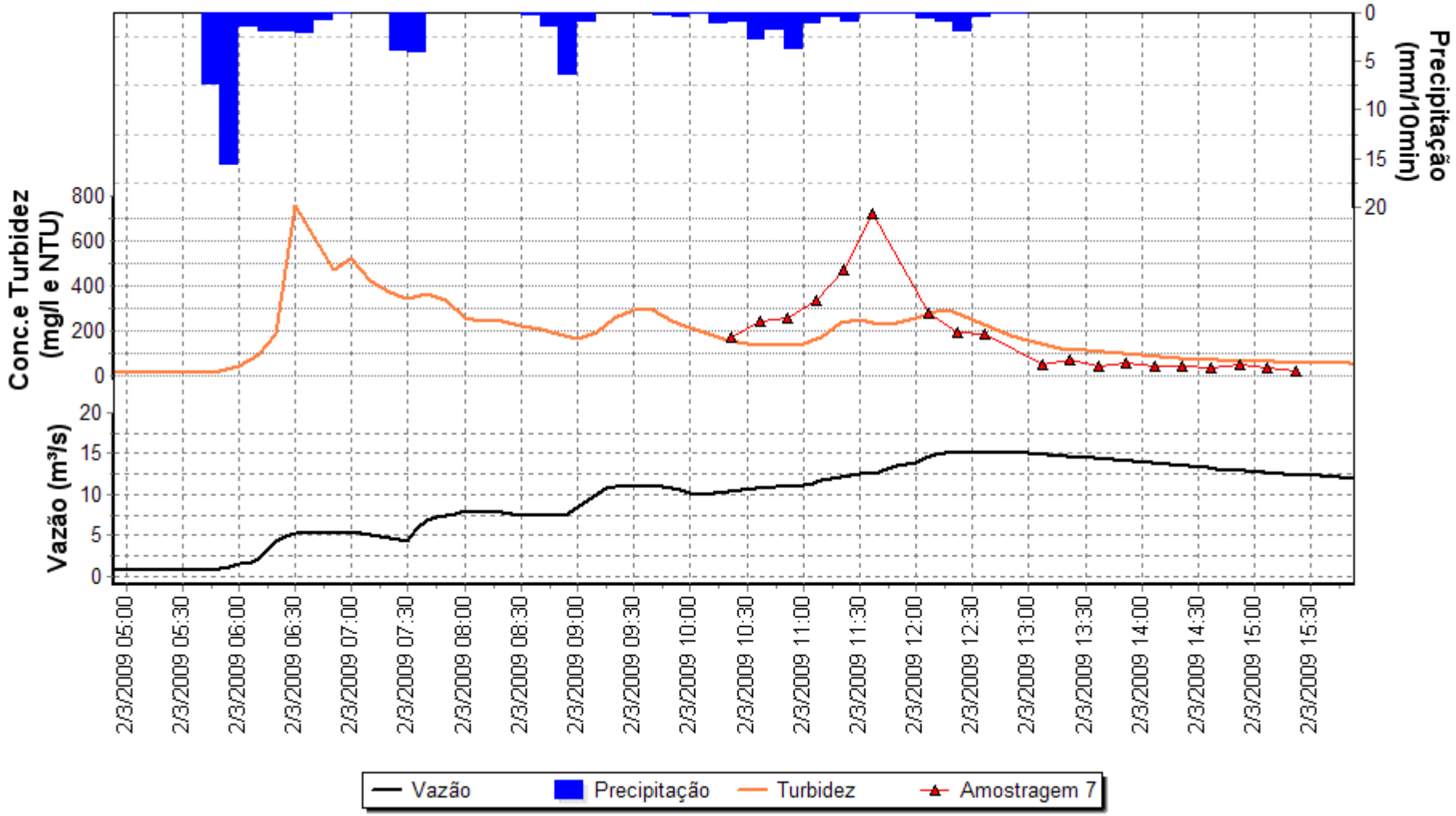

Figura 4.10 Amostragem 7

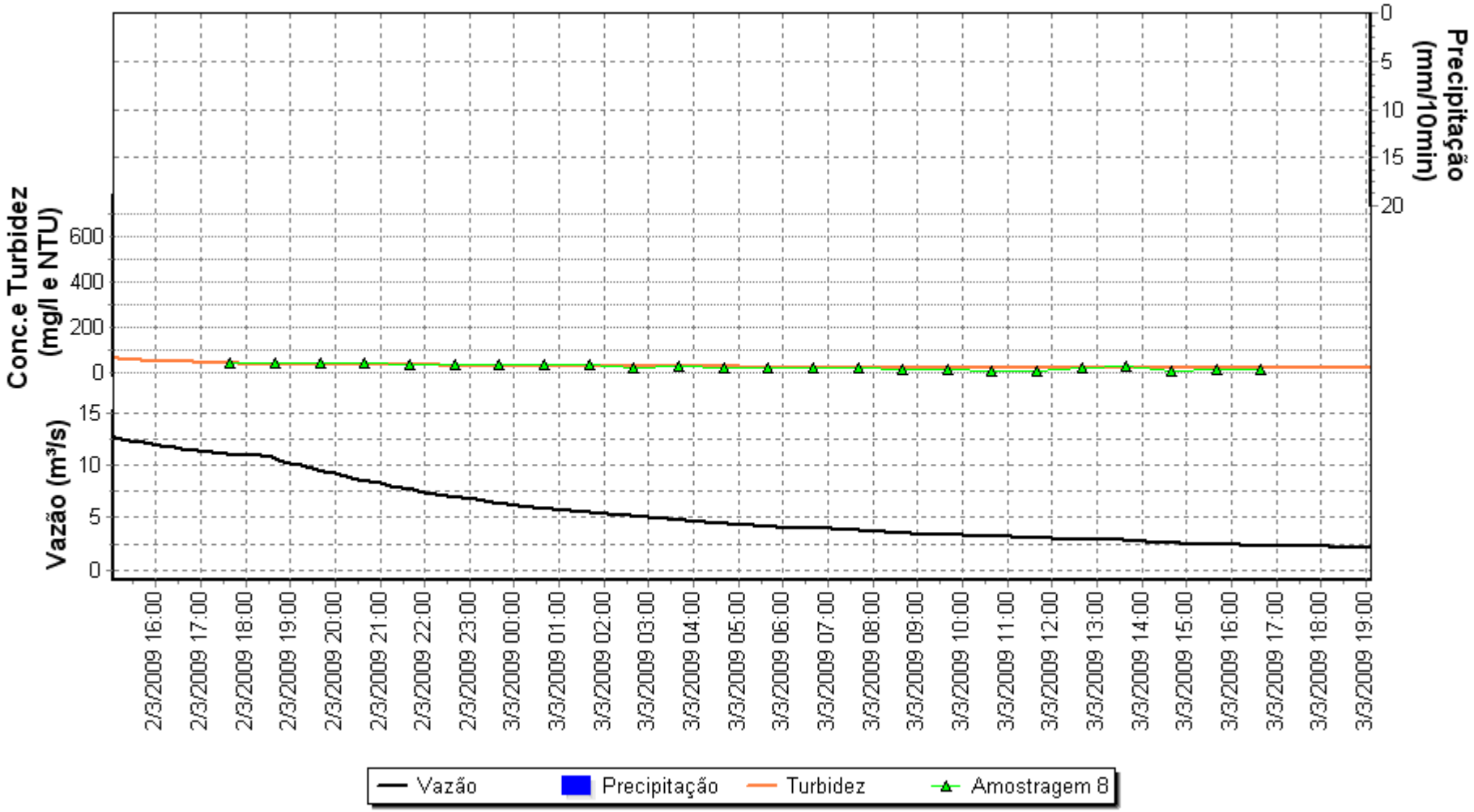

Figura 4.11 Amostragem 8

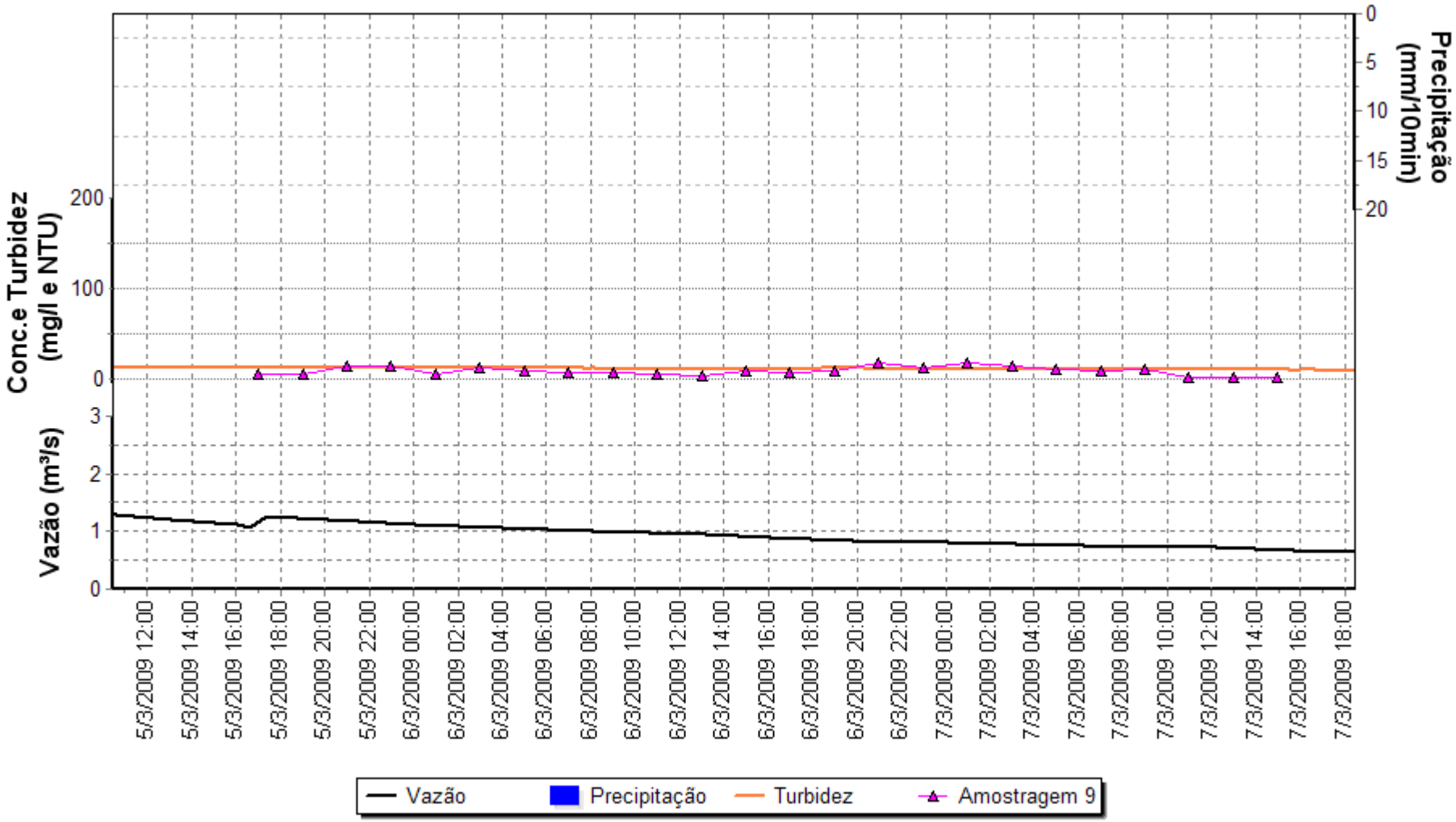

Figura 4.12 Amostragem 9

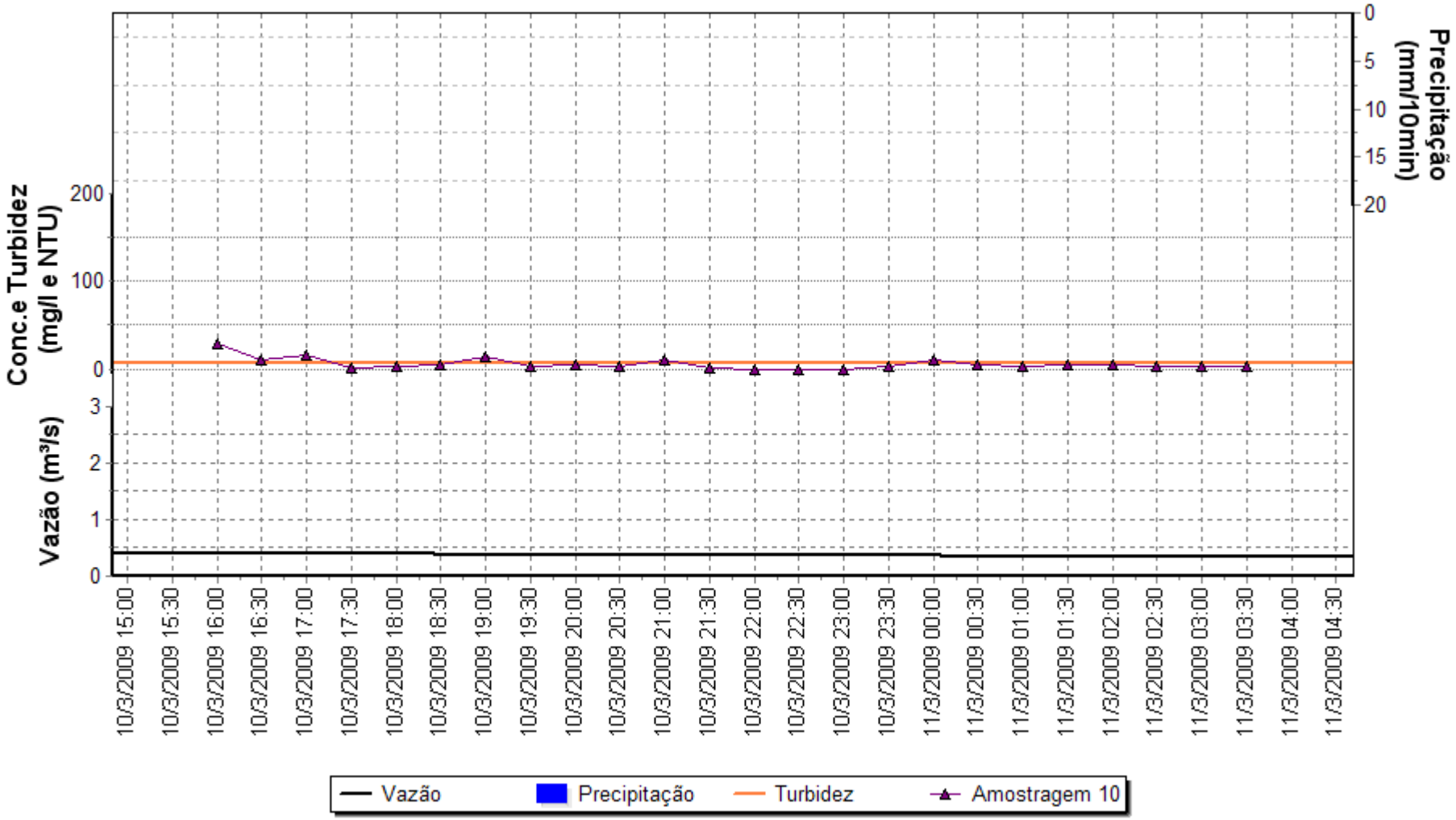

Figura 4.13 Amostragem 10

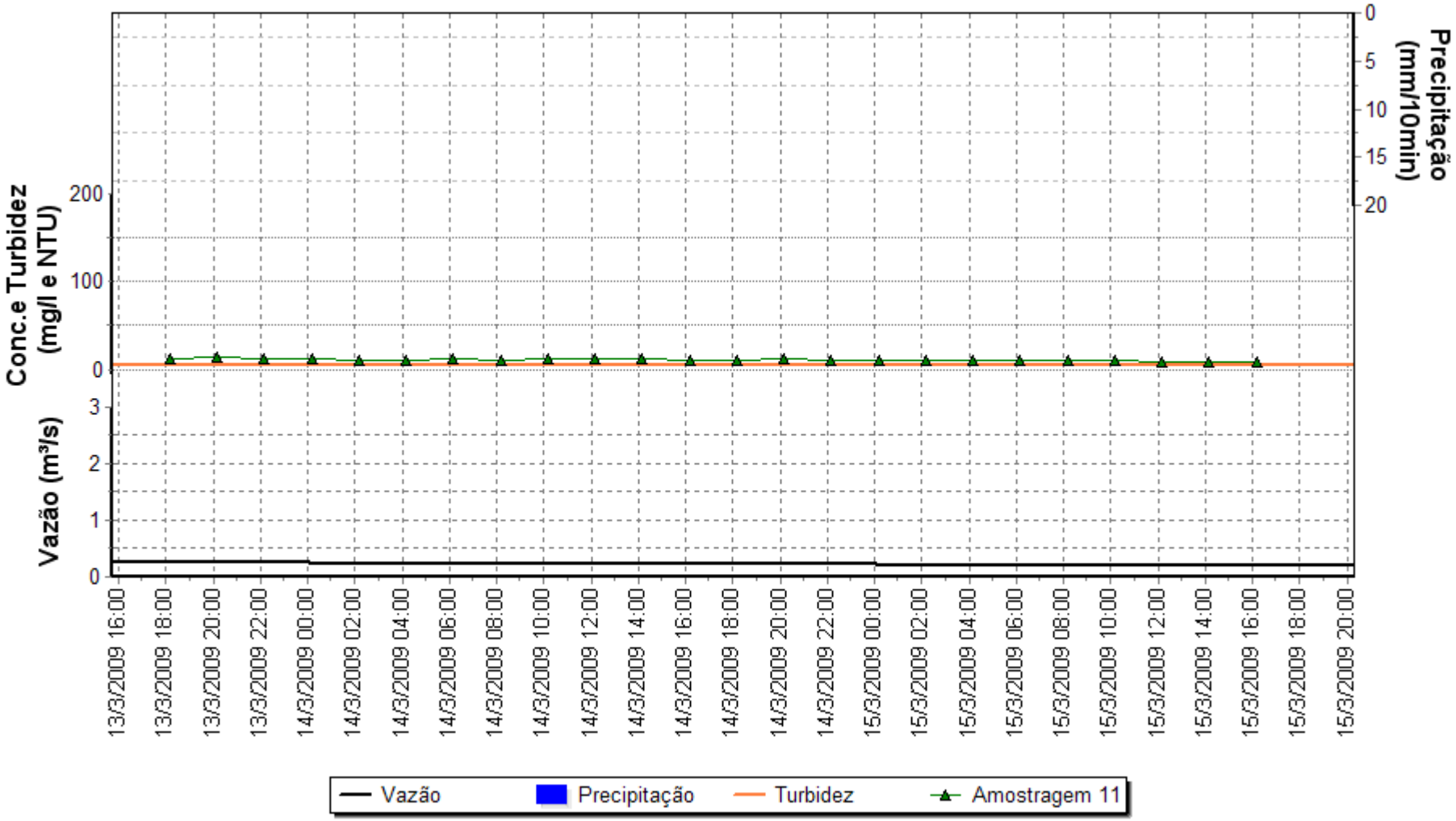

Figura 4.14 Amostragem 11

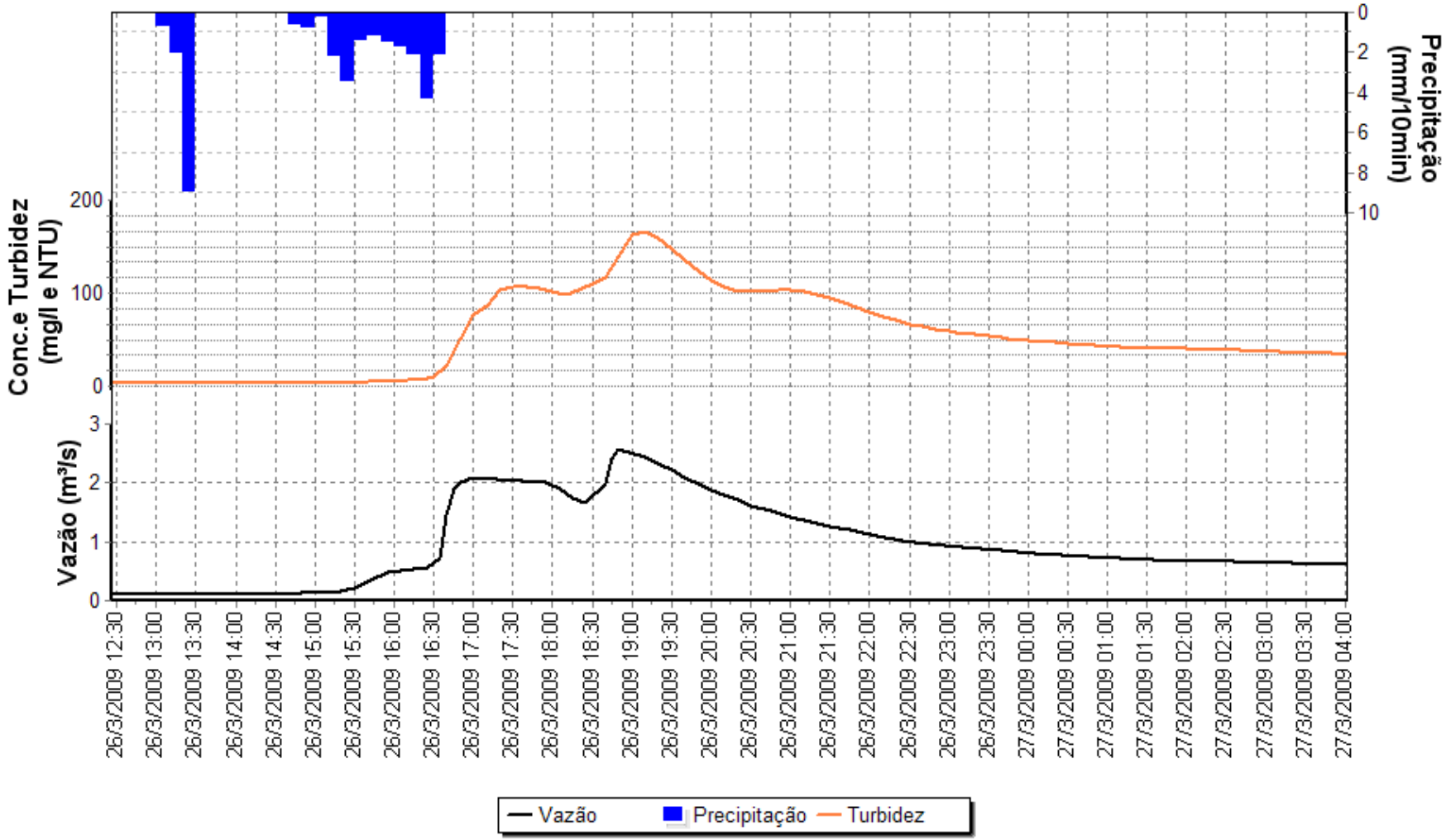

Figura 4.15 Evento 26/03/09

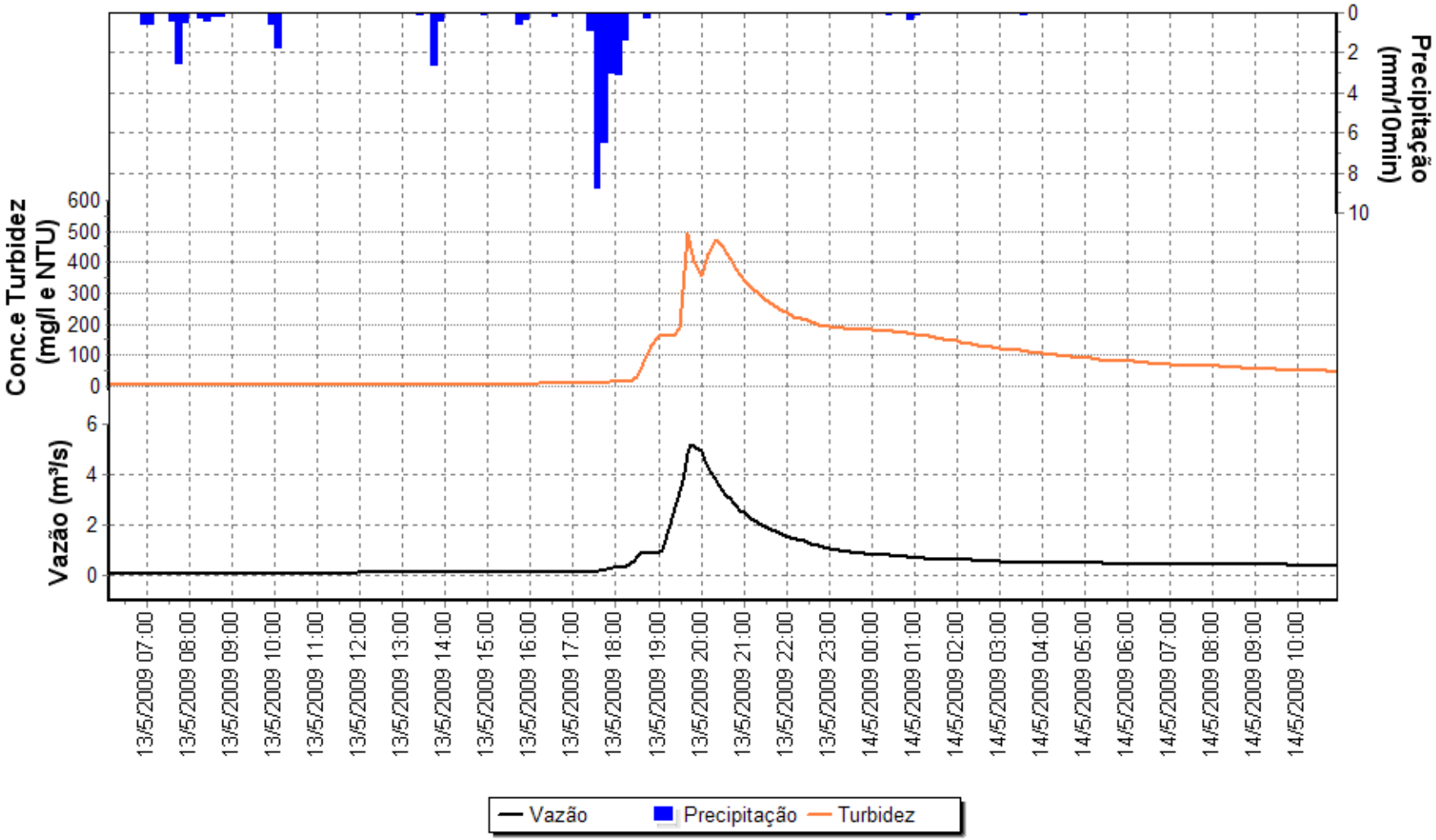

Figura 4.16 Evento 13/05/09

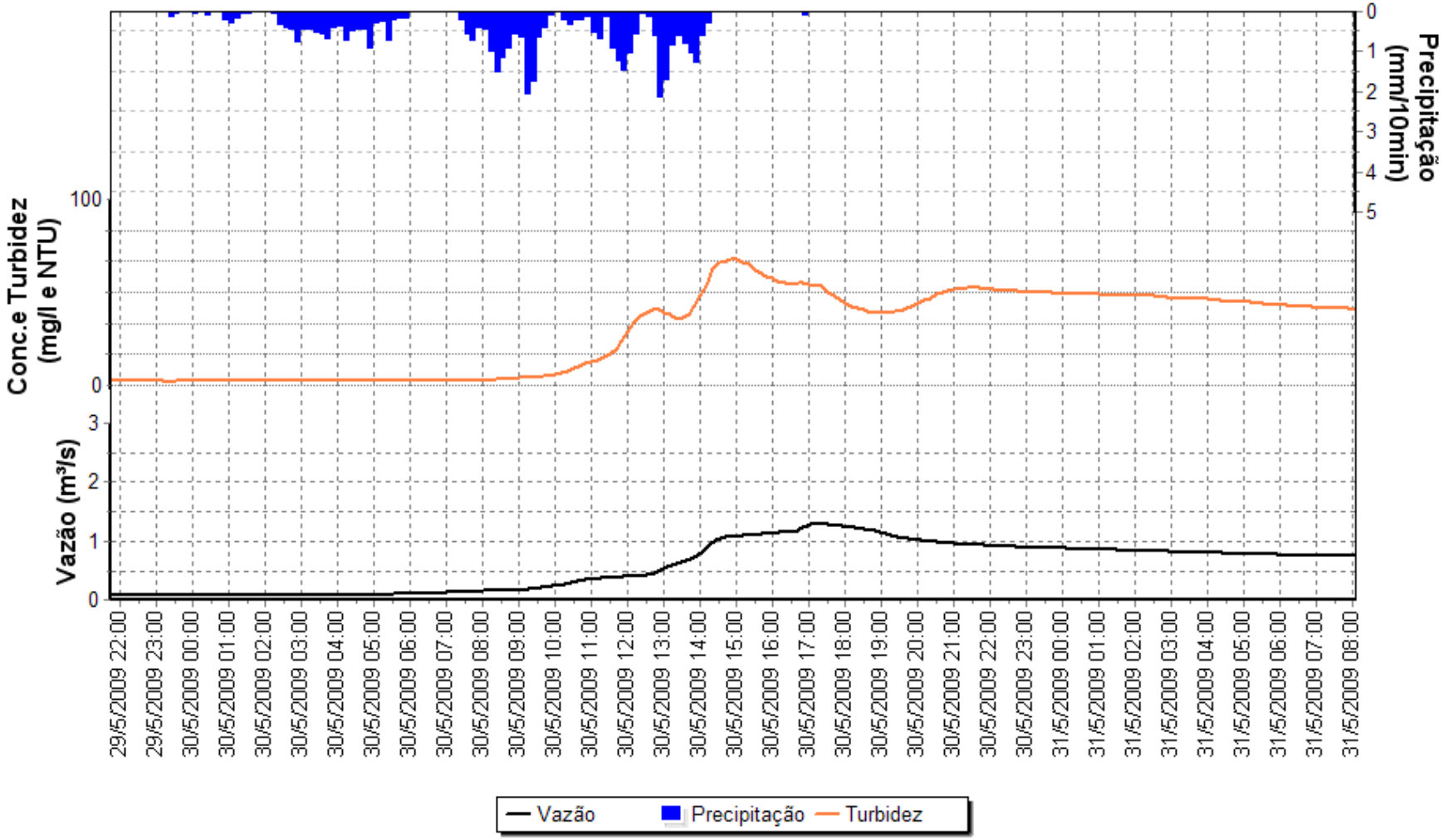

Figura 4.17 Evento 30/05/09

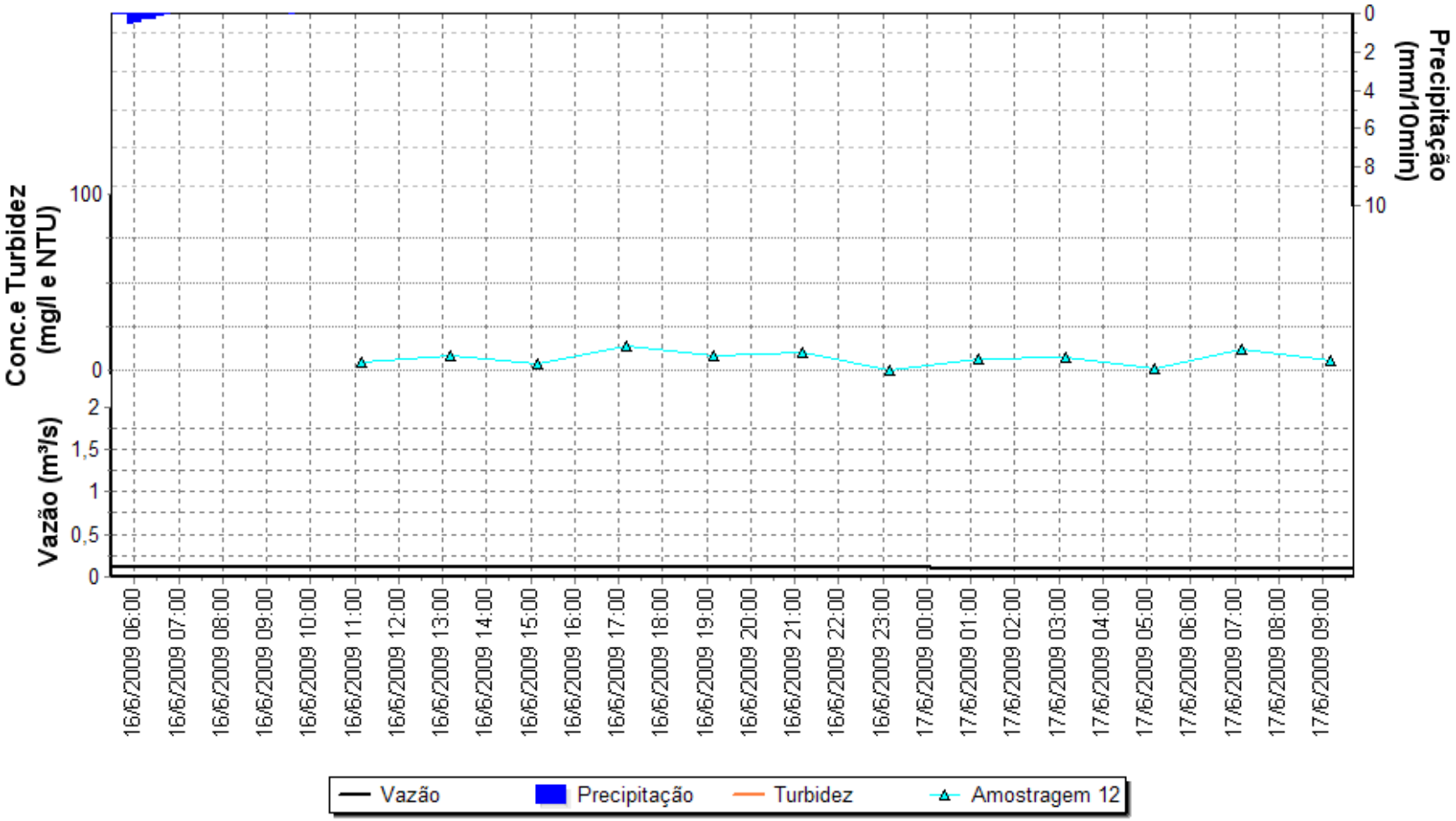

Figura 4.18 Amostragem 12

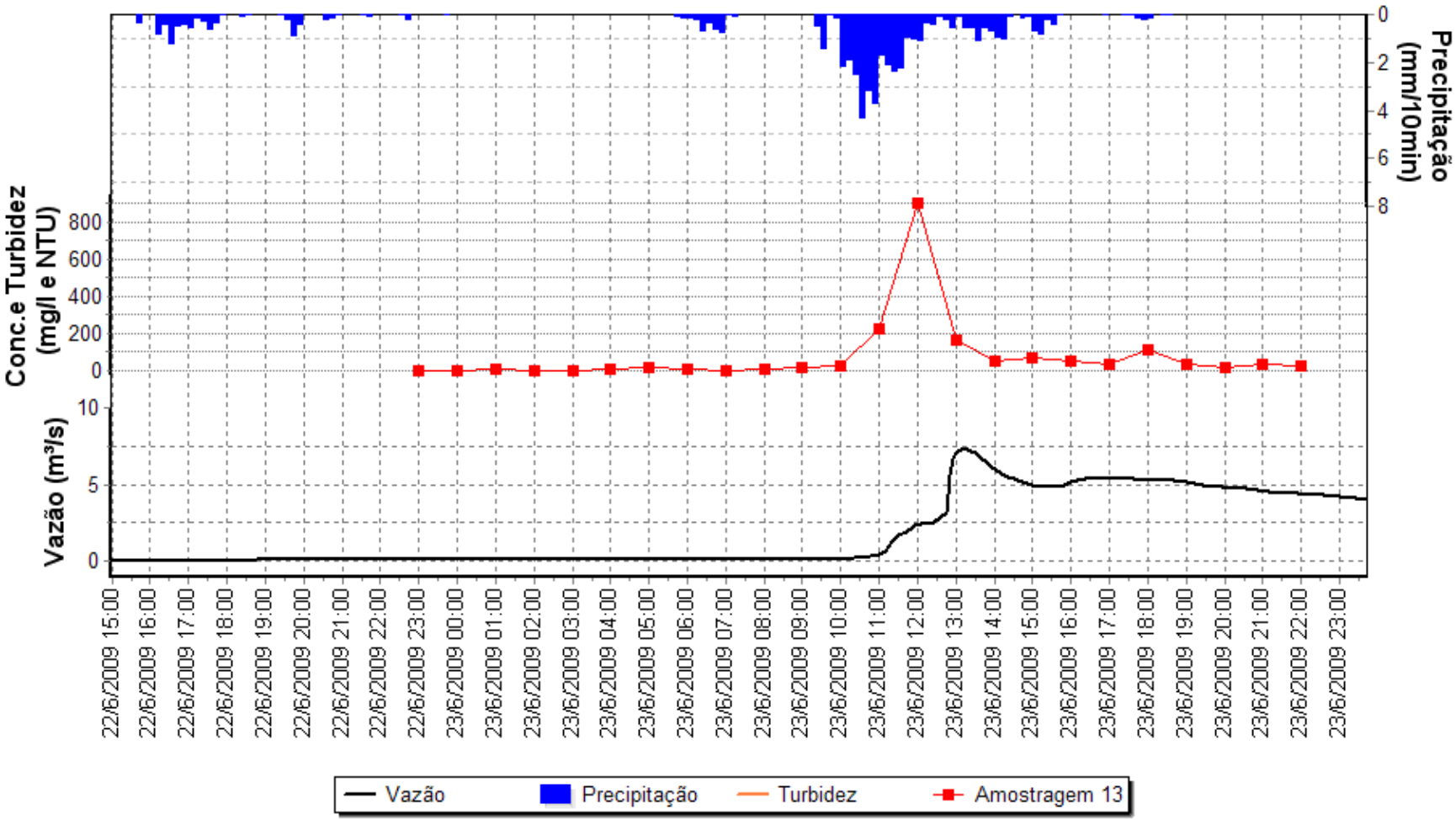

Figura 4.19 Amostragem 13

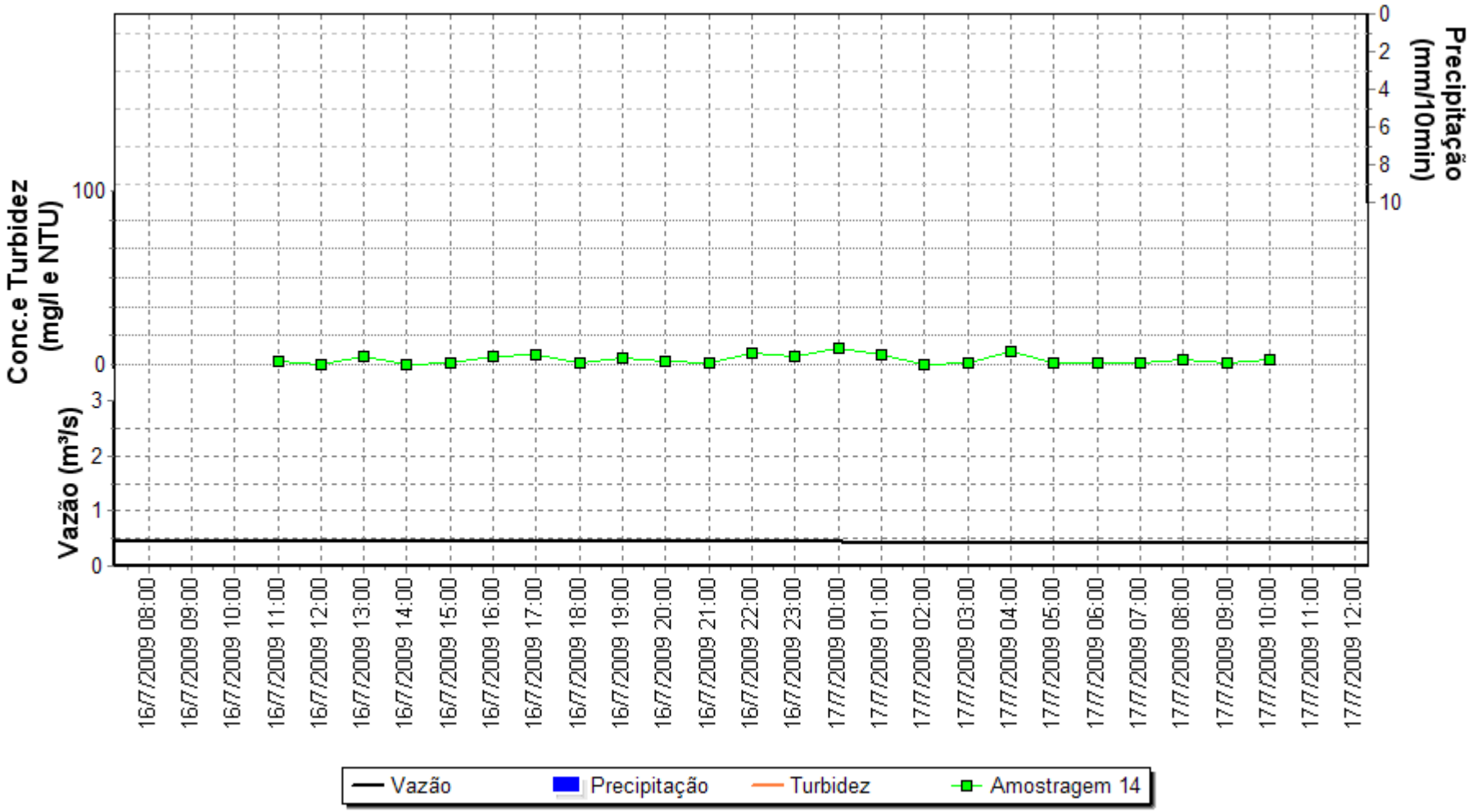

Figura 4.20 Amostragem 14

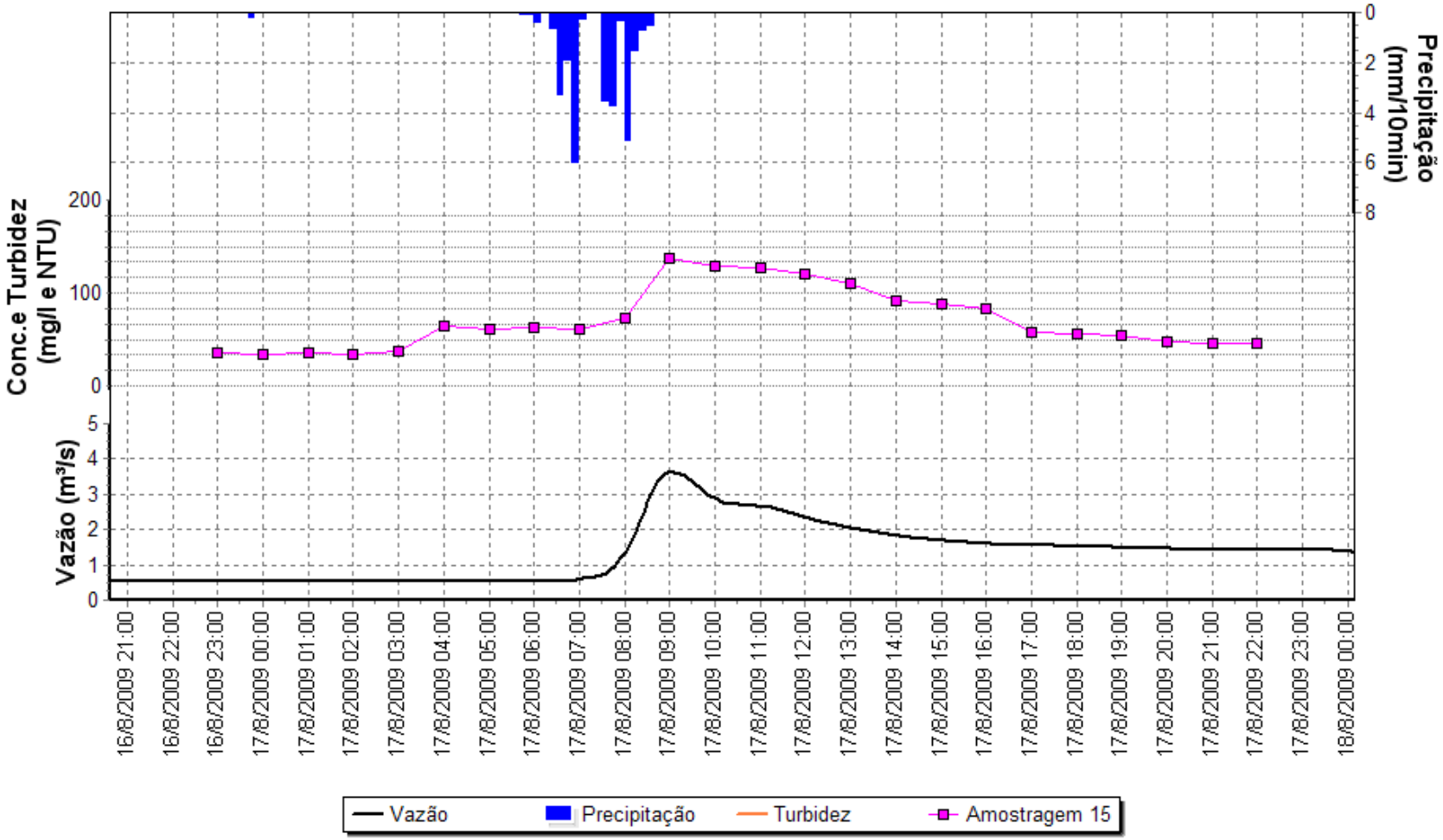

Figura 4.21 Amostragem 15

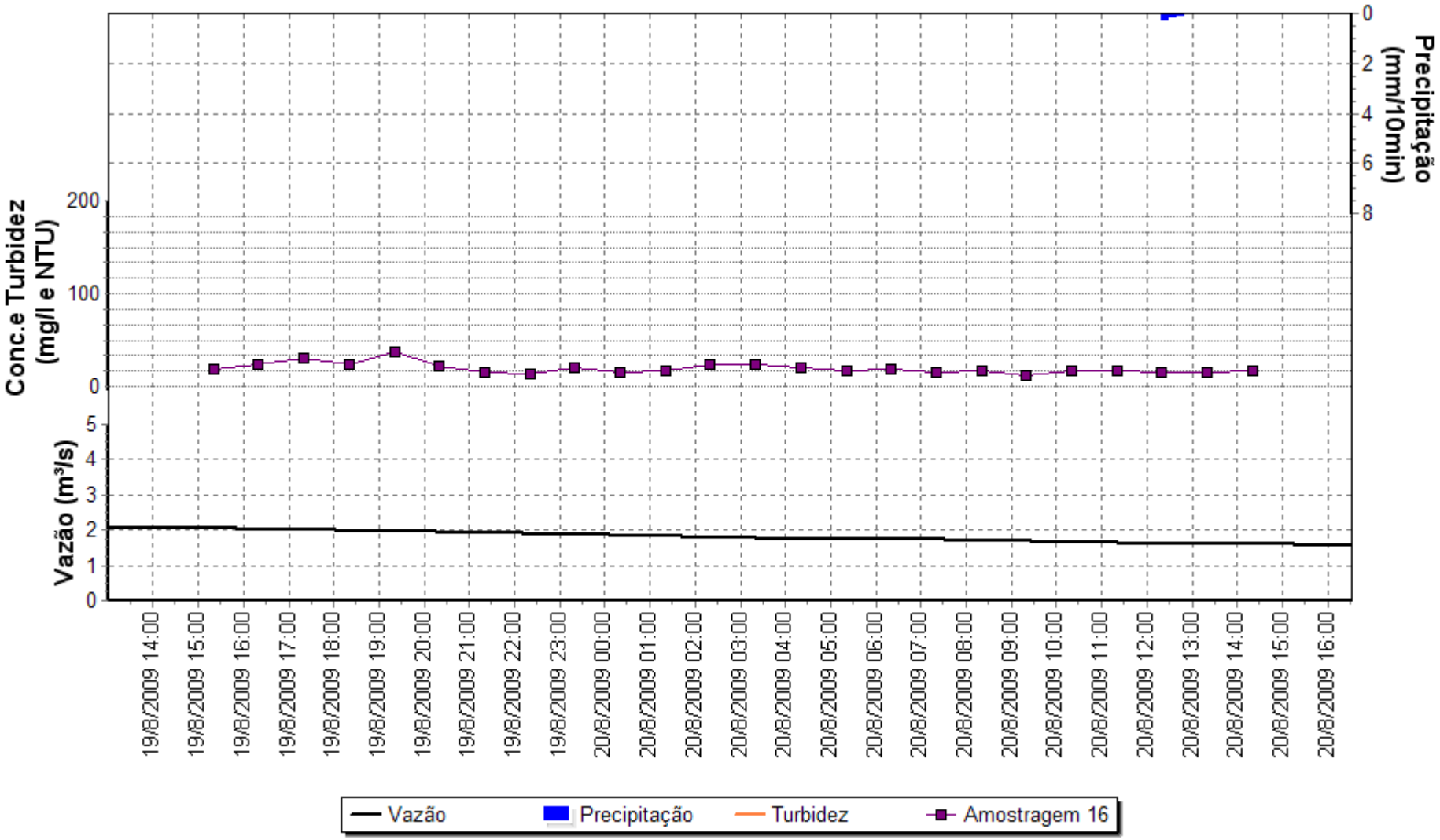

Figura 4.22 Amostragem 16

Tabela 4.1 – Resultado da análise granulométrica do material do amostrador integrador no tempo (Estação de monitoramento de jusante - Lajeado Grande - amostras 1, 2 e 3).

	Argila	Silte	Areia Fina	Areia Grossa
Amostra 1 (25/03)	7%	36%	56%	1%
Amostra 2 (25/03)	12%	43%	43%	2%
Amostra 3 (05/02)	34%	51%	11%	4%

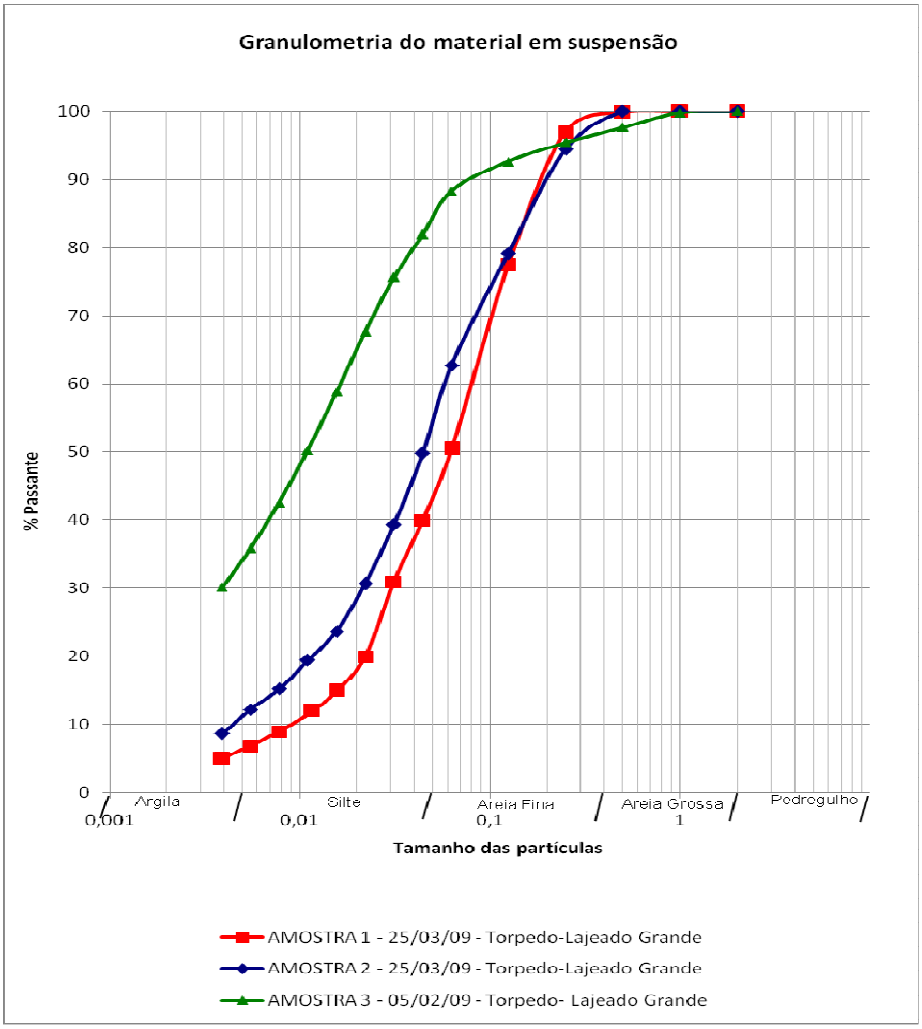

Figura 4.23 – Granulometria do material em suspensão

Analisando-se os resultados dos cruzamentos de todas as leituras de turbidez com os resultados das análises de concentração de sedimentos em suspensão, apresentados na figura 4.24, com o objetivo de encontrar uma relação entre a turbidez e a concentração em que se pudesse determinar esta última através da primeira, verifica-se que a melhor correlação obtida foi com o modelo linear da equação que representa a linha de tendência mostrada no gráfico com um R^2= 0,53.

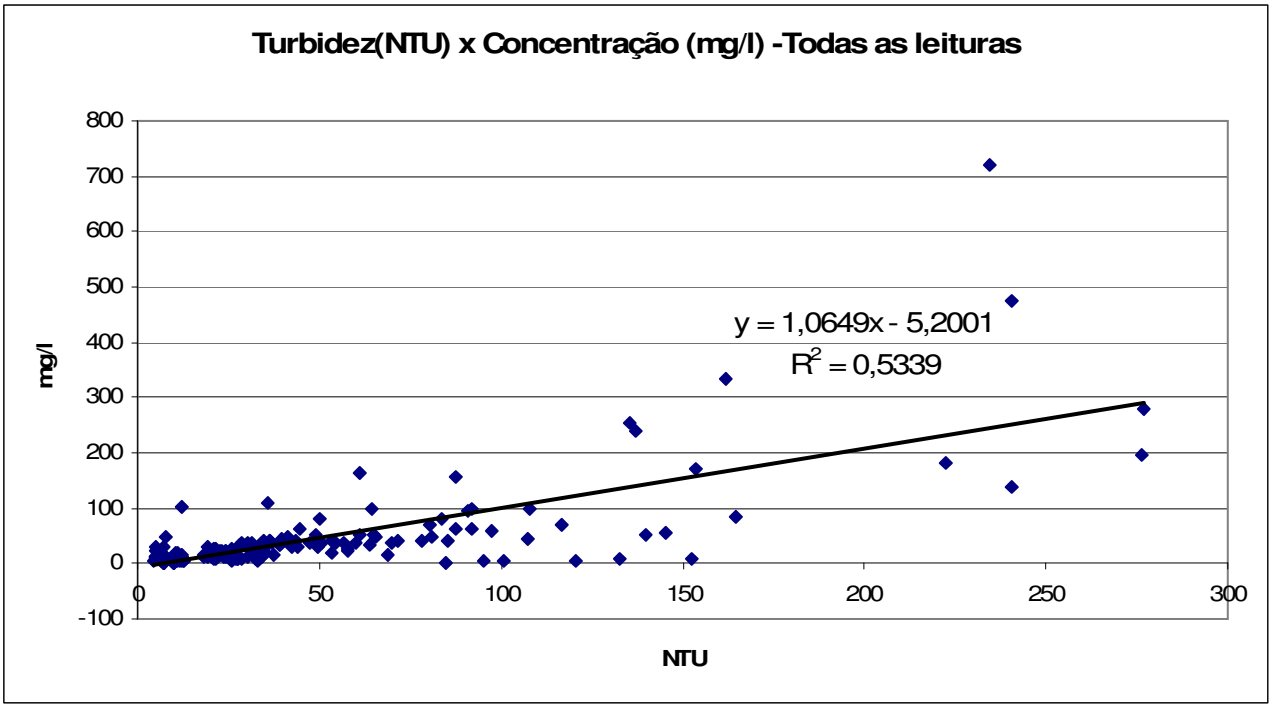

Figura 4.24 Turbidez x Concentração

Porém, analisando-se individualmente as amostragens efetivadas, observa-se que após os eventos de precipitação quando a curva de vazão se estabiliza, como é o caso do final da amostragem 6 e das amostragens 8, 9 10 e 11, os valores de turbidez e concentração se estabilizam rapidamente tendendo a uma diminuição lenta e gradual e em valores bem baixos. Então, com o intuito de obter outras relações entre turbidez e concentração de sedimentos, optou-se por plotar em um gráfico (figura 4.25) os valores médios de turbidez em faixas de 10 em 10 NTU e correlacioná-los, também, com os valores médios das respectivas concentrações de

sedimentos, o que resultou em uma relação polinomial com um melhor coeficiente de determinação R^2= 0,66.

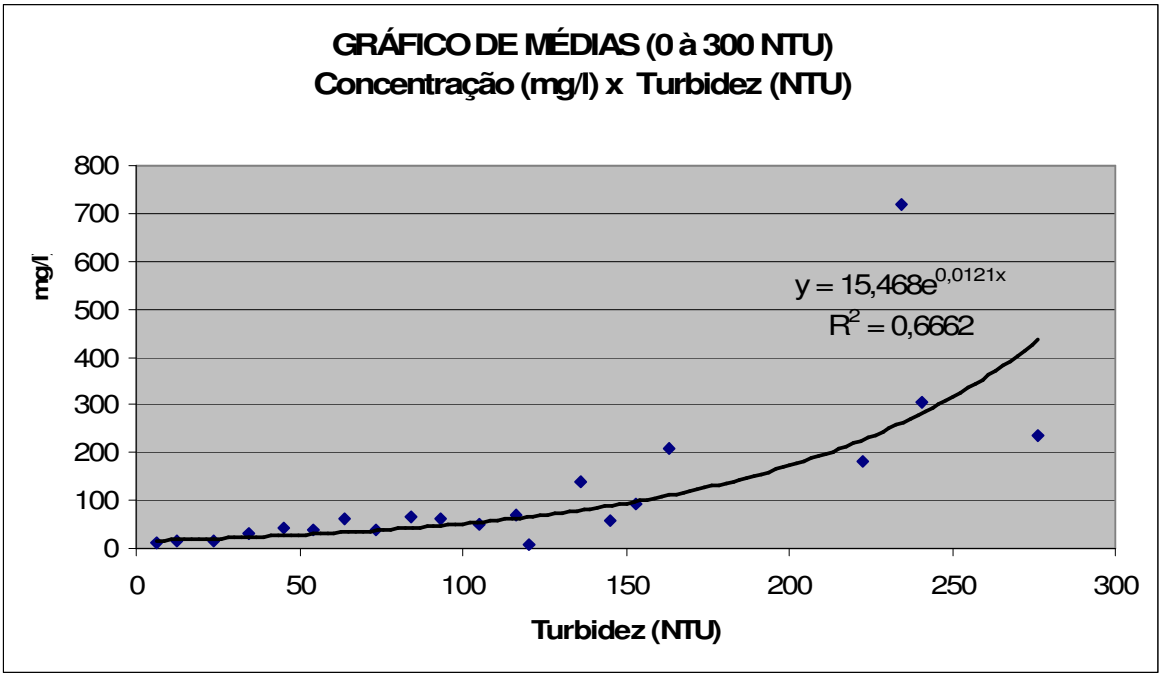

Figura 4.25 Turbidez x Concentração (médias 10 em 10)

Com o mesmo intuito,foi montado o gráfico da figura 4.26, no qual foram plotados os valores médios de turbidez e de concentração de sedimentos em suspensão de todas as amostragens em que se obteve dados de leitura de turbidez com o respectivo resultado da análise de concentração, ou seja, todas as amostragens em que foram coletados dados de turbidez e concentração em conjunto, que foram as amostragens 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 mostradas anteriormente nas figuras 4.4, 4.6, 4.7, 4.8, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13 e 4.14, e o resultado obtido para a relação Turbidez x Concentração foi uma equação linear com um coeficiente de determinação R^2= 0,84.

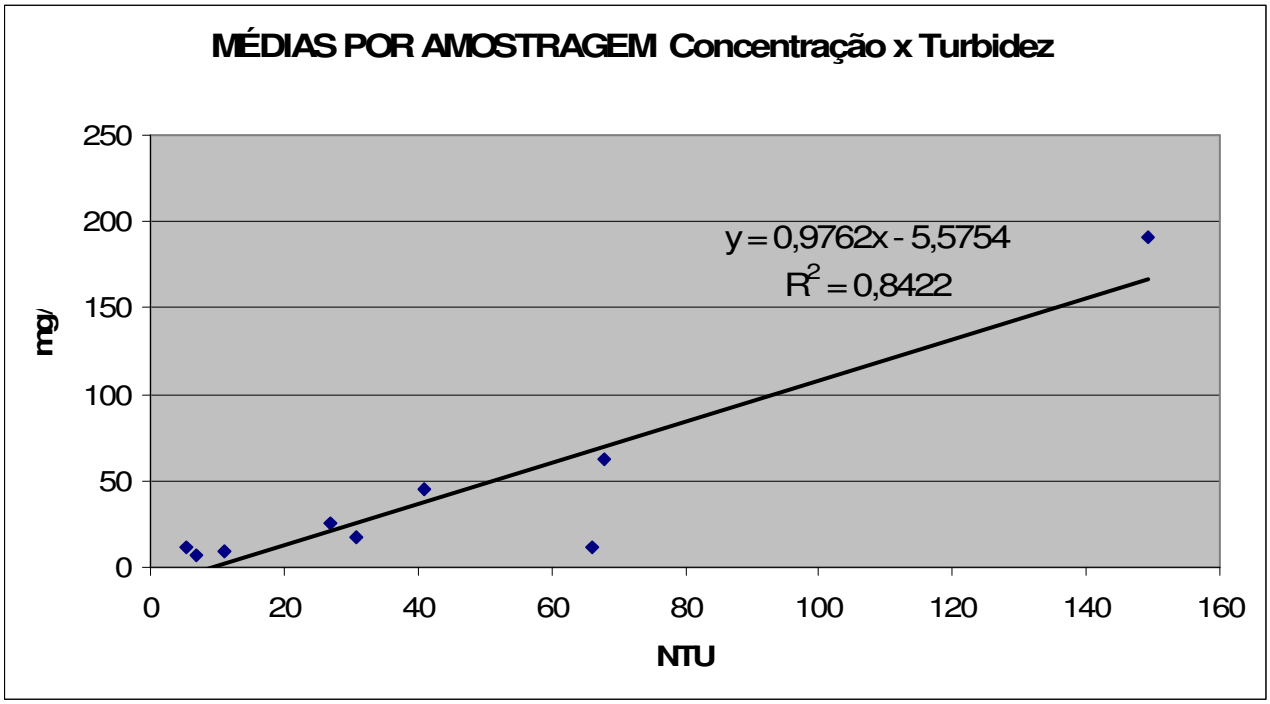

Figura 4.26 Concentração x Turbidez (médias por amostragem)

Na mesma linha de raciocínio, tomando-se como base o gráfico dos valores médios de turbidez e concentração de 10 em 10 NTU da figura 4.25, foram separadas as médias em faixas obtendo-se os gráficos das figuras 4.27, 4.28 e 4.29.

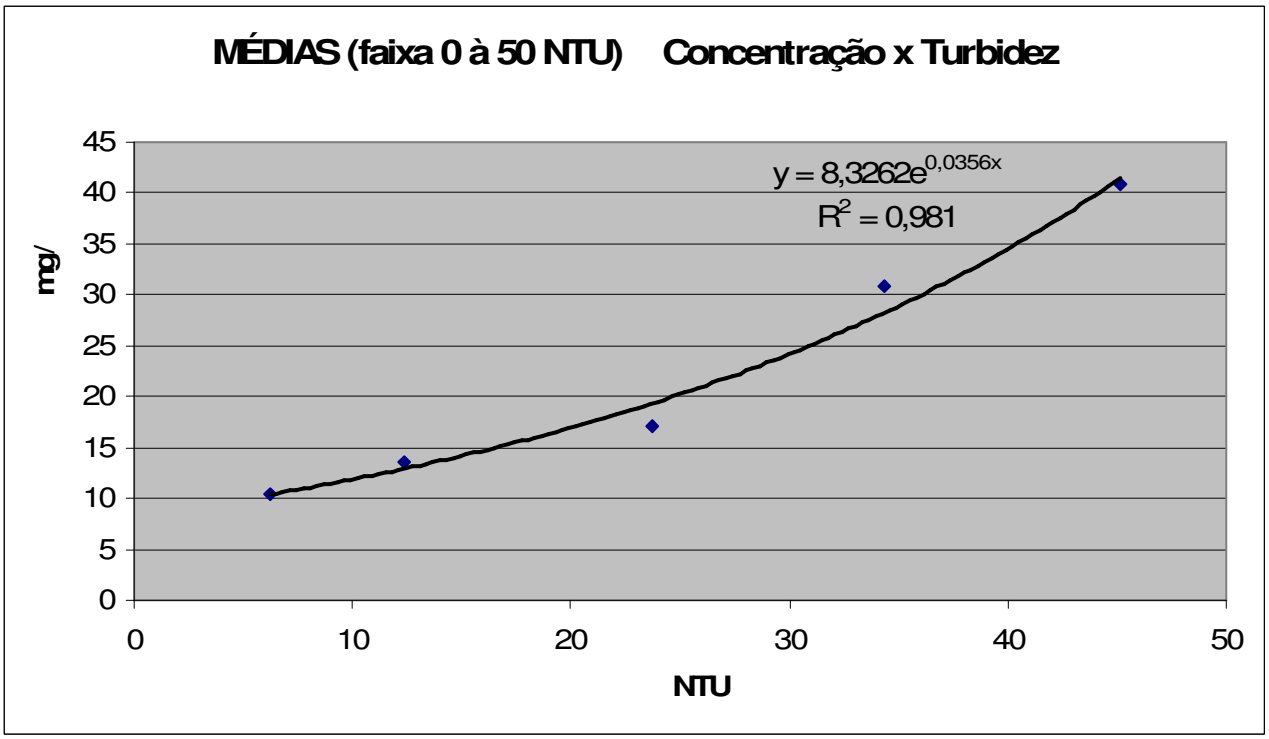

Figura 4.27 Concentração x Turbidez média (faixa de 0 à 50 NTU)

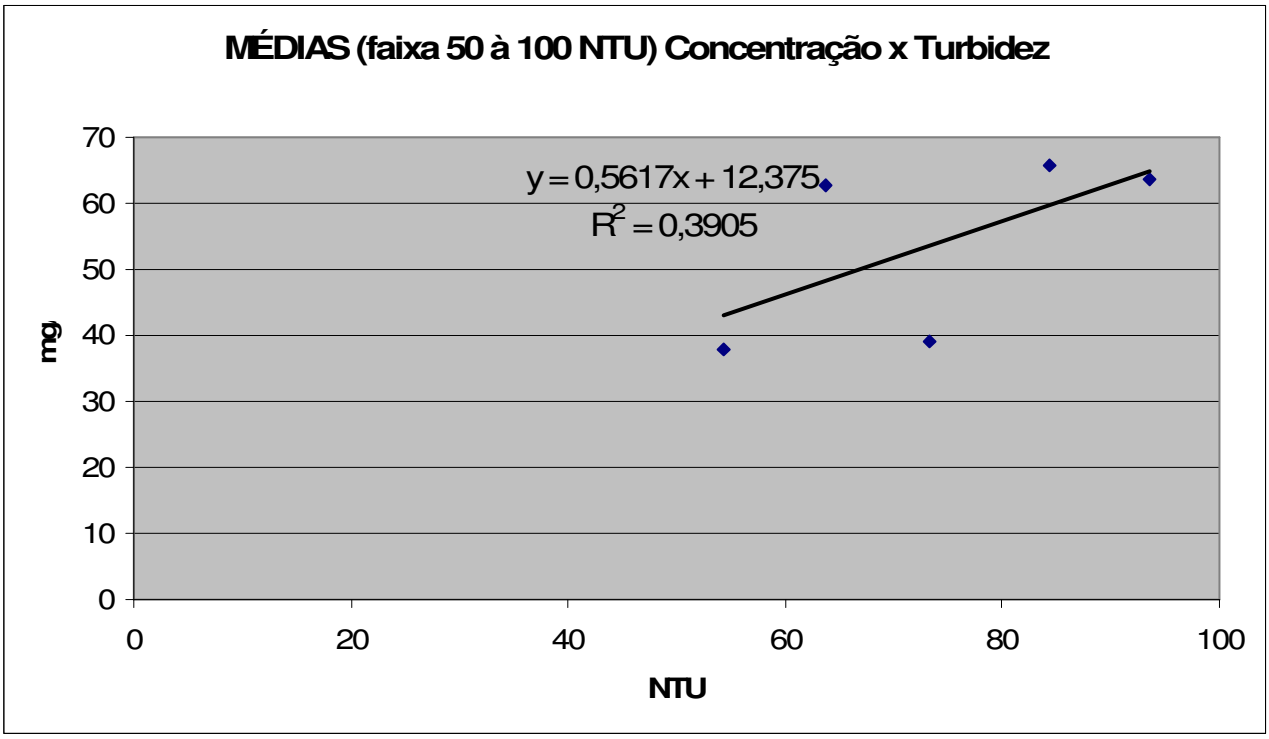

Figura 4.28 Concentração x Turbidez média (faixa de 50 à 100 NTU)

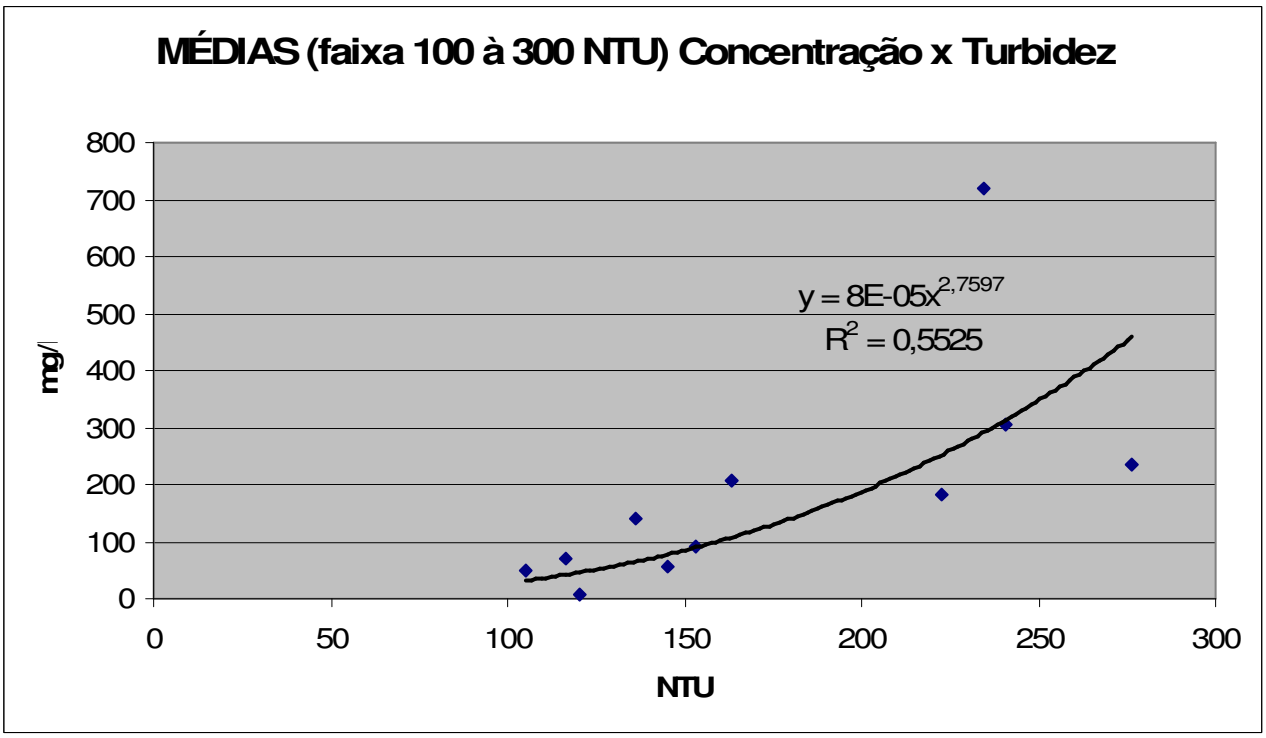

Figura 4.29 Concentração x Turbidez média (faixa de 100 à 300 NTU)

Observa-se que a faixa de 0 à 50 NTU alcançou um alto coeficiente de determinação R^2= 0,98, supondo-se então, que para valores baixos de concentração de sedimentos em suspensão, provavelmente por conter material de granulometria fina, as medições de turbidez em valores até 50 NTU obtêm bons resultados para estimar a concentração de sedimentos em suspensão, com a utilização da equação que representa a linha de tendência mostrada no gráfico.

Já a faixa de 50 à 100 NTU não apresentou um bom coeficiente de determinação, apesar de resultar em uma relação representada por uma equação linear. Talvez pelas mesmas razões supostas na faixa anterior, somente que, de maneira inversa, a presença de material de maior granulometria, areia fina por exemplo, como é indicado pelos resultados da análise granulométrica do material coletado pelo amostrador integrador no tempo mostrados na figura 4.23, no período estudado, nesta faixa de valores de concentração podem ter ocasionado desvios nas leituras de turbidez.

De uma maneira intermediária foi o comportamento das médias das leituras de turbidez, na faixa de 100 à 300NTU, obtendo-se uma relação com coeficiente de determinação R^2= 0,55.

Melhores resultados na relação das variáveis turbidez e concentração foram obtidos por Carvalho (2003) e por Paranhos (2003). Nestes as leituras de turbidez foram efetivadas nas amostras em laboratório, e os resultados indicaram que a partir de um determinado valor de concentração de sedimentos, o valor de turbidez começou a ficar praticamente constante e concluíram que a determinação da concentração de sedimentos através dos dados de turbidez ficou limitada para valores abaixo de 505 NTU e 527 NTU.

Os diferenciais deste trabalho com relação aos anteriormente citados são de que as leituras de turbidez foram efetivadas diretamente no corpo hídrico pesquisado e, coletadas em somente um ponto fixo, tendo este como referência o seu leito, independentemente do nível da d'água, da mesma forma que as amostragens, para efeito de análise de concentração de sedimentos em suspensão, respectivamente, utilizando-se o turbidímetro instantâneo e o amostrador por bombeamento. E, também, que não foi observado nos registros das leituras de turbidez valores acima de 300 NTU, apesar de o turbidímetro ter um limite máximo de leitura bem mais elevado, ou seja, 1600 NTU.

Observando a curva de turbidez ao longo de todo o período analisado mostrada anteriormente na figura 4.1, constata-se que ela responde ao pulso das ondas de cheia e, em nenhum destes eventos foi constatada a ocorrência de leituras com valores constantes no decorrer da onda (subida e descida).

De acordo com o que diz a literatura, em relação à turbidez, cada local tem suas características peculiares, representando, assim, uma situação específica.

No caso em estudo, a análise granulométrica do material em suspensão, apresentada anteriormente na tabela 4.1 e na figura 4.23, mostrou um percentual considerável de areia fina. Inúmeros autores afirmam que a presença de material com esta classificação granulométrica pode prejudicar as leituras de turbidez, mas, por outro lado, dizem que se podem obter bons resultados quando há predominância de material mais fino como silte e argila, granulometria esta, também identificada em percentuais consideráveis no material coletado e analisado. Assim, em que pese a presença de silte e argila, o percentual elevado de areia fina pode ser um indicativo de desvios pontuais nas leituras de turbidez levando aos resultados obtidos.

Confirmando e ilustrando a afirmativa de que as leituras de turbidez acompanham regularmente ao pulso das ondas de cheia elaboraram-se os gráficos das figuras 4.30, 4.31, 4.32, 4.33, 4.34 e 4.35, que a seguir são apresentados em conjunto com sua análise.

O gráfico do evento 3, mostrado na figura 4.30, representa os registros originados pela precipitação ocorrida no dia 11/02/09, desde o início do crescimento da onda de vazão com seus correspondentes valores de turbidez. Os valores de turbidez selecionados para plotagem neste evento foram os registrados desde o primeiro valor correspondente ao início da onda de vazão, no seu respectivo horário, até a repetição deste mesmo valor na descida da onda de vazão, e corresponde diretamente a amostragem 3, já identificada anteriormente na figura 4.4. A relação entre a vazão e a turbidez é representada pela linha de tendência do gráfico com um bom coeficiente de determinação R^2= 0,89. Analisando-se em conjunto com o gráfico da figura 4.4 onde se identifica o pico de turbidez anterior ao de concentração mas praticamente em conjunto com o pico de vazão e, em função desta boa correlação encontrada, supõe-se a ocorrência do fenômeno de carga de lavagem, possivelmente devido ao material de granulometria mais fina já estar erodido e disponível para o transporte pelo escoamento superficial próximo à rede

de drenagem, sendo este resultando as leituras do turbidímetro que descrevem uma curva que praticamente acompanha a curva de vazão.

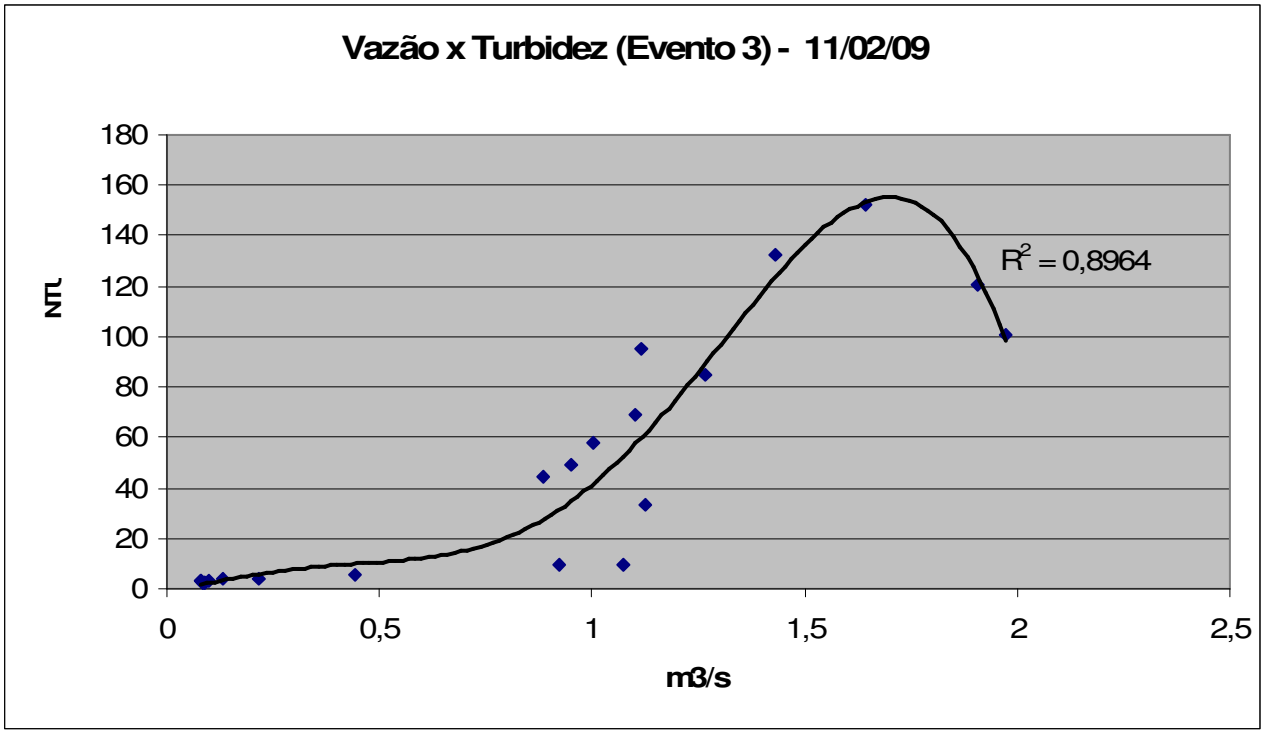

Figura 4.30 Vazão x Turbidez – 11/02/09

A figura 4.31, representa o gráfico dos registros originados pela precipitação ocorrida no dia 18/02/09, onde foram selecionados valores de turbidez e vazão da mesma forma que o gráfico anterior, do início da onda de cheia até a repetição do mesmo valor de turbidez na descida, e corresponde diretamente a amostragem 4, também já identificada anteriormente na figura 4.6, onde identifica-se a curva de turbidez acompanhando a onda de vazão. Porém neste, diferentemente do anterior, o pico de concentração de sedimentos em suspensão resultante das análises das amostras coletadas nos mesmos horários acontece anterior aos dois primeiros. E a relação encontrada entre a vazão e a turbidez é a equação polinomial representada pela linha de tendência identificada no gráfico com um excelente coeficiente de determinação R^2= 0,98.

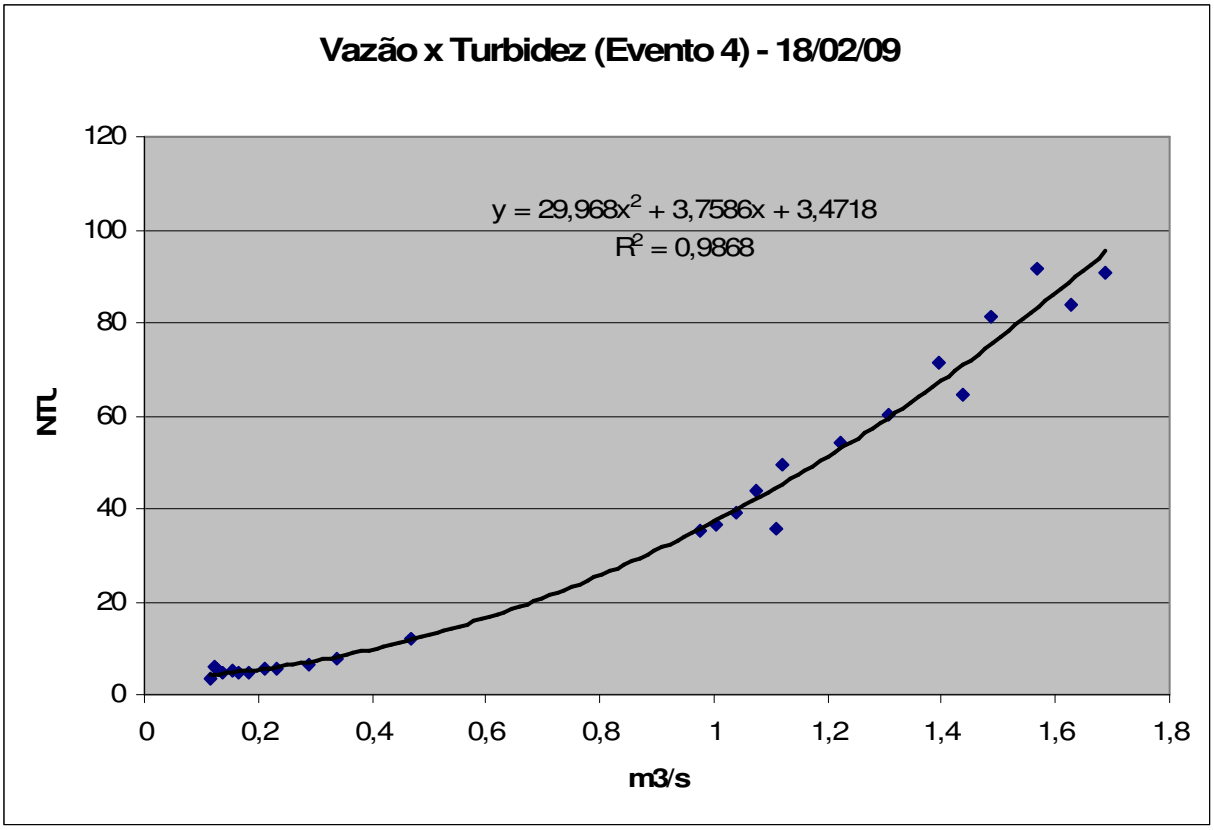

Figura 4.31 Vazão x Turbidez – 18/02/09

Os gráficos das figuras 4.32 e 4.33 correspondem às amostragens 5 e 6, anteriormente identificadas nas figura 4.7 e 4.8, onde nota-se visivelmente o acompanhamento da curva de turbidez pela curva de vazão calculada, e são originados pelas precipitações ocorridas nos dias 19 e 21/02/09 , com dados de turbidez e vazão selecionados da mesma forma que os dois anteriores. Resultaram nas equações polinomiais que representam as linhas de tendência e seus respectivos coeficientes de determinação R^2 identificados.

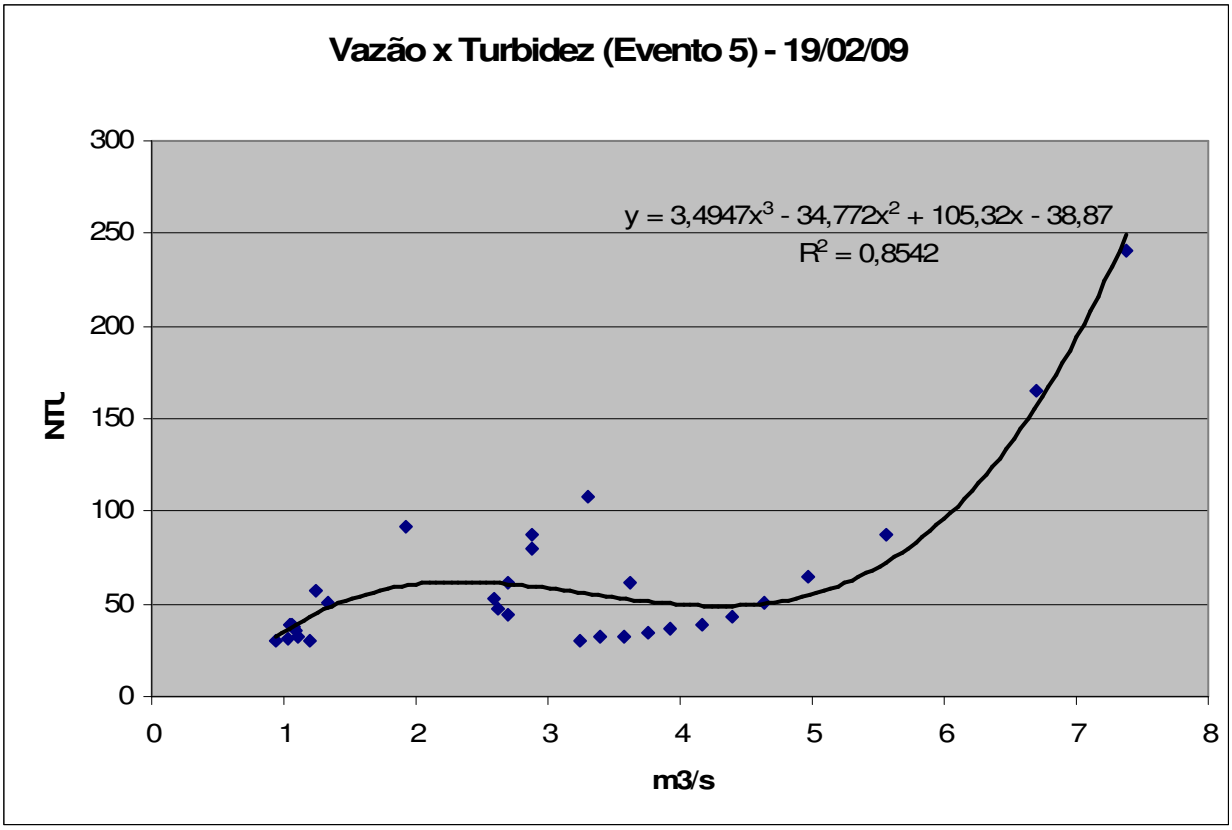

Figura 4.32 Vazão x Turbidez – 19/02/09

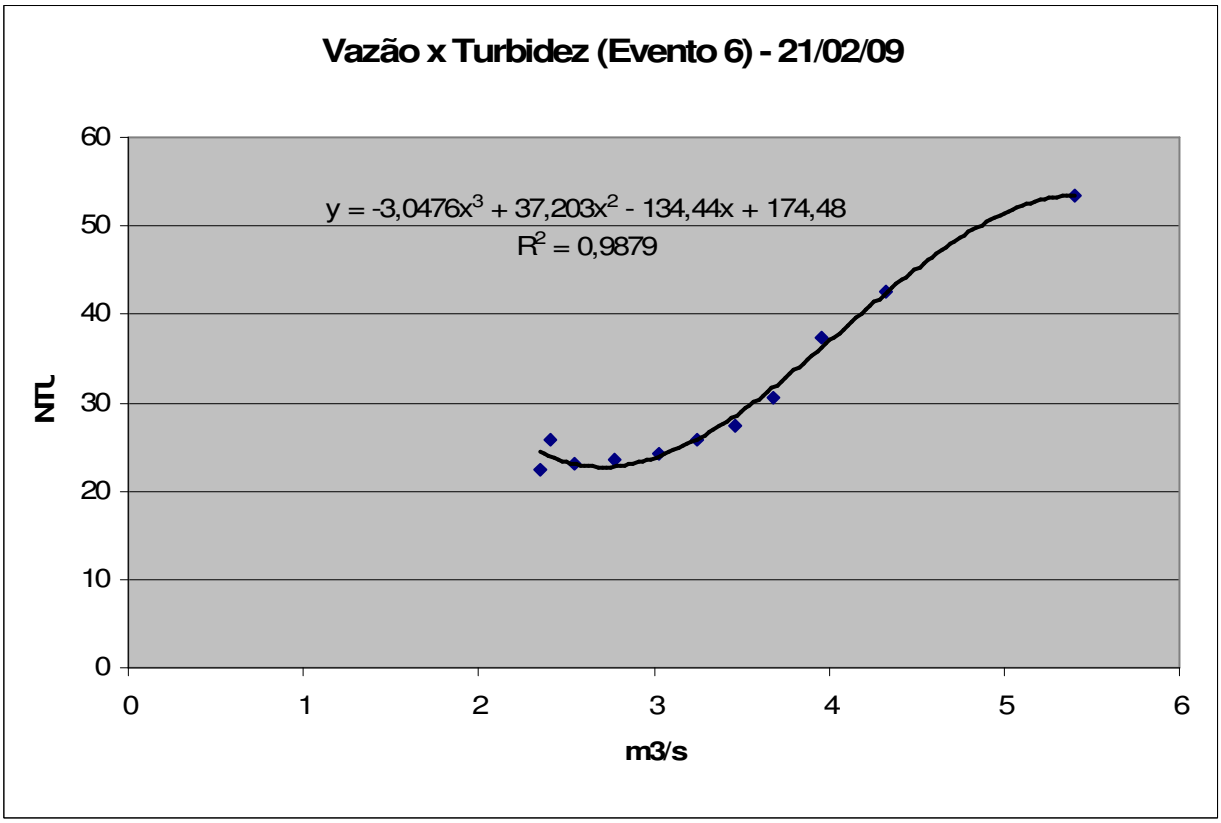

Figura 4.33 Vazão x Turbidez – 21/02/09

Os gráficos apresentados a seguir nas figuras 4.34 e 4.35 foram concebidos com base nos eventos de precipitação ocorridos nos dias 26/03/09 e 15/05/09, também apresentados anteriormente nos gráficos das figuras 4.15 e 4.16. Os referidos gráficos foram construídos fazendo-se o cruzamento da média horária dos valores de turbidez, uma vez que o turbidímetro registra valores a cada 10 minutos, com os valores calculados de vazão nos horários correspondentes à onda de cheia. A análise visual das figuras 4.15 e 4.16, onde nota-se claramente o acompanhamento turbidez pela vazão é confirmado pelos gráficos das figuras 4.34 e 4.35 onde são apresentadas as linhas de tendências com os resultados de seus respectivos coeficientes de determinação R^2 de 0,91 e 0,90 respectivamente.

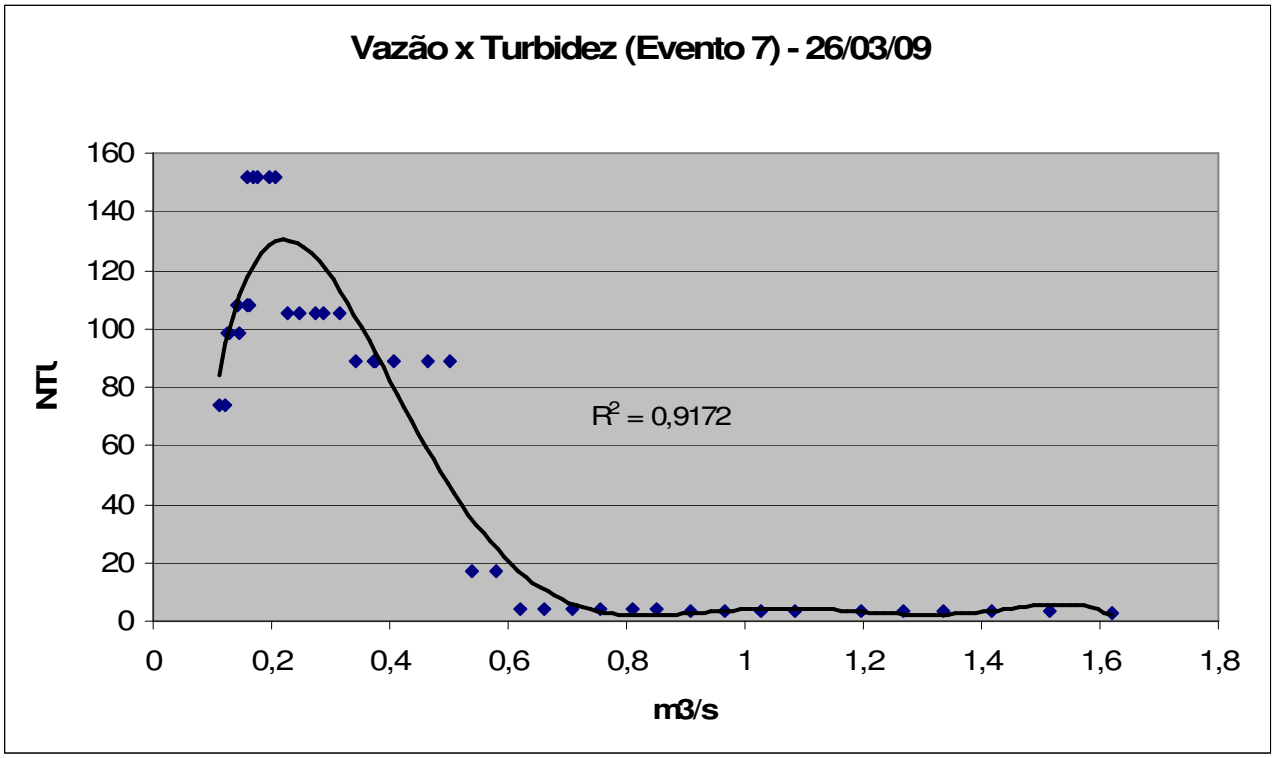

Figura 4.34 Vazão x Turbidez – 26/03/09

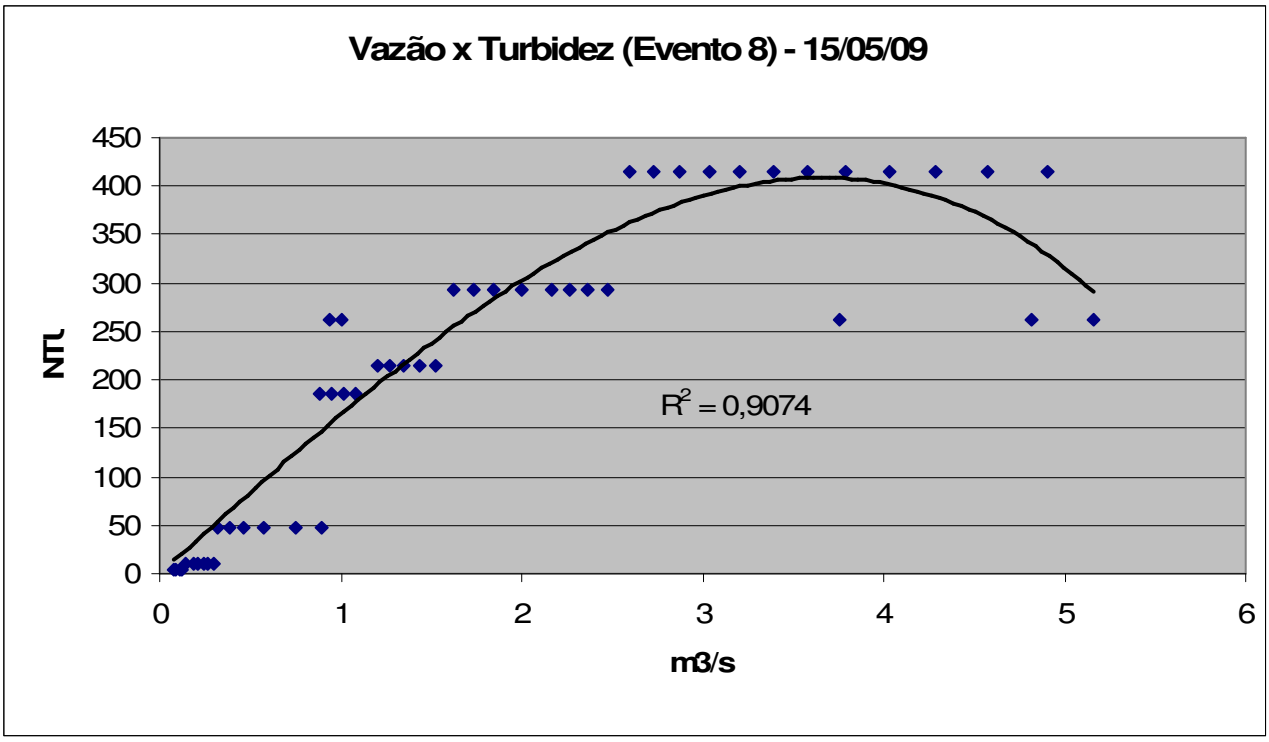

Figura 4.35 Vazão x Turbidez – 15/05/09

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados permitem concluir que:

Dos dados analisados e coletados no ponto fixo selecionado foram obtidas as relações lineares representadas pelas seguintes equações, onde o resultado "Css" é a concentração de sedimentos em suspensão em função dos valores de turbidez "T": Css = 1,0649 T – 5,2001, com um coeficiente de determinação R^2= 0,53, correspondente ao cruzamento de todas as leituras de turbidez obtidas com os seus respectivos resultados das análises de concentração de sedimentos em suspensão; Css = 0,9762 T – 5,5754, com um coeficiente de determinação R^2= 0,84, ou seja, uma correlação de 84% entre as leituras médias pontuais e fixas da turbidez e sua correspondente concentração de sedimentos em suspensão para todas as amostragens que se conseguiu obter na coleta pontual e conjunta dos dados a serem analisados e compilados, através da metodologia empregada.

Obteve-se, utilizando-se os valores médios de turbidez ordenados por faixas de 10 em 10 NTU, uma correlação de 98% entre a turbidez e a concentração de sedimentos em suspensão, na faixa de médias de turbidez de zero a 50 NTU, sendo que 65% dos dados desta série foram de leituras abaixo de 50 NTU, levando-se à suposição de que se possa empregar a equação determinada para identificar a ocorrência do fenômeno de carga de lavagem, amplamente discutida nas análises de resultados.

Ainda, utilizando-se os valores médios de turbidez ordenados por faixas de 10 em 10 NTU, obteve-se uma equação com uma correlação de 66% entre a média de todos os valores lidos de turbidez ordenados desta maneira, até o valor máximo de 300 NTU, e a concentração de sedimentos em suspensão.

Obteve-se uma relação com coeficiente de determinação de 89% entre vazão e turbidez, em que se identificou o pico de turbidez antecedendo ao pulso de vazão, inferindo-se que possa ter ocorrido o fenômeno de carga de lavagem.

Foram encontradas correlações com coeficientes de 91% e 90% entre vazão e turbidez, obtidas pelas médias horárias das leituras de turbidez para identificação dos pulsos de vazão durante eventos de precipitação.

Considerou-se, pela obtenção de não somente uma, mas de várias relações entre turbidez e concentração de sedimentos em suspensão, além de relações entre

turbidez e vazão, como válida a utilização de medidas pontuais e fixas de turbidez com a utilização dos equipamentos e da metodologia empregada para monitorar a produção de sedimentos na bacia hidrográfica estudada.

Recomenda-se a continuidade do trabalho com a diversificação de novas metodologias de coleta e tratamento de dados em vista dos equipamentos adquiridos e já validados para este fim, dos trabalhos que já foram concluídos e disponibilizados para consulta no meio científico e do histórico de dados coletados e tratados até o momento na bacia hidrográfica em estudo.

E por fim, recomenda-se também, a continuidade deste trabalho incrementando-se ou adaptando-se a metodologia de coleta das amostras e do material transportado, para possivelmente reduzir os desvios dos resultados encontrados nas relações de turbidez e concentração de sedimentos em suspensão.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, E. H. **Análise da turbidez na planície de inundação de Curuaí (PA, Brasil) integrando dados telemétricos de imagens MODIS/TERRA**. 2006. 217f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos 2006.

ARAÚJO, C.C., MARQUES, J.A.V., NETO, A.R.S., DOURADO, J.C., MACHADO, R.N.S. (2003). "**Estudo da produção de sedimentos da sub-bacia do ribeirão Taquaruçu Grande (TO)**." Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba, PR.

BALSINHA, M., SANTOS, A., OLIVEIRA, A. **Relação turbidez versus concentração nos rios Douro e Minho: calibração dos sensores de turbidez dos correntómetros RCM9,** 2006, Lisboa. Anais Instituto Hidrográfico Nº18 2005-2006, p. 155-168, em: http://www.google/academico.com/institutohidrografico/anais. Acesso em 25 mai. 2009.

BELING, F. A.; DOMINGUES, R.; PAIVA, J. B. D. **BDGHIDROS: Software de gestão de dados hidrológicos.** In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009 Campo Grande.

BERTRAND-KRAJEWSKI, J.; CHEBBO, G. & SAGET, A. **Distribution of Pollutant Mass vs. Volume in Stormwater Discharges and the First Flush Phenomenon**. Water Resource. v. 32, n. 8, p. 2341-2356, 1998.

BICALHO, C. C. (2006). **Estudo do transporte de sedimentos em suspensão na bacia do rio Descoberto.** Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH. DM–95/2006, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 123p.

BONUMÁ, N. **Avaliação da qualidade da água sob impacto das atividades de implantação de garimpo no município de São Martinho da Serra.** 2006. 107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

BORDAS, M. P.; SELMMELMANN, F. R. Elementos de engenharia de sedimentos. In: TUCCI, C. E. M. (Org). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2ª ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

BRAKENSIEK, D. L.; OSBORN, H. (coord.). **Field Manual for Research in Agricultural Hydrology.** Science and Education Administration; United States Department of Agriculture. - Washington, 1979. 547p. (Agriculture Handbook, 224).

BRONSDON, R.K., NADEN, P.S. (2000). "**Suspended sediment in the rivers Tweed and Teviot.**" The Science of the Total Environment, 251/252, p. 95-113.

CAMPBELL, C. G.; LAYCAK, D. T.; HOPPES, W.; TRAN, N. T.; SHI, F. G. (2005) **High concentration suspended sediment measurements using a continuous fiber optic in-stream transmissometer.** Journal of Hydrology 311 (2005) 244–253. Elsevier B.V em: www.elsevier.com/locate/jhydrol. Acesso em 20 fev. 2010.

CARVALHO, K. S. **Monitoramento e caracterização hidrossedimentométrica de uma pequena bacia hidrográfica periurbana.** 2003. 160f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

CARVALHO, J. C. de. SALES, M. M., SOUZA, N. M. e MELO, M. T. da S. **Processos erosivos no centro-oeste brasileiro**. Ed. FINATEC, UNB. Brasília, 2006.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática, 2008.** 2ªed., ver., atual. Ed. ampliada. Rio de Janeiro. Interciência

COELHO NETO, A. L. **(1998). A abordagem geohidroecológica: um procedimento analítico-integrativo fundamentado na geomorfologia, hidrologia e geoecologia.** In: Fórum Geo-Bio-Hidrologia: Estudo em Vertentes e Microbacias Hidrográficas. Anais.
Curitiba: UFPR. p.26-29.

COIADO, E. M. (2001 a). **Uso do amostrador fixo programável na determinação da concentração dos sedimentos transportados em suspensão no Rio Atibaia/SP.** XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Aracaju,SE.

COIADO, E.M. (2001b) "**Assoreamento de reservatórios**." In: Paiva, J. B. D. e Paiva, E. M. C. D. (organizadores) (2001) Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 625p.

CORSO, J. **Estimativa da produção de sedimentos da bacia hidrográfica do Arroio Itaquarinchim, Santo Ângelo, RS, a partir de medições de turbidez da**

água. 81f. Dissertação.(Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1989.

COSTA, J. E. **Sediment concentration and duration in stream channels**. Journal of Soil and Water Conservation, July-August, 1977, p.168-70.

D'AGOSTINI, L. R. **Erosão: o problema mais do que o processo**. Ed. da UFSC. Florianópolis, 1999.

DELETIC, A. **The First Flush Load of Urban Surface Runoff.** Water Resource. v. 32, n. 8, p. 2462-2470, 1998.

DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água.** Rio de Janeiro: ABES, 1993. cap2, p.6-47.

DICK, E. M. **Automatic water and wastewater sampling.** In: KEITH, L. H. (Ed.). Principles of environmental sampling. Washington: American Chemical Society, 1996. P. 237-258. Professional Reference Book.

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

FAO-Organização da nações Unidas para a Agricultura e Alimentação **1978. La Erosion Del suelo por El água-Algunas medidas para combatirla em lãs tierras de cultivo.** Col FAO: Fomento de tierras y águas nº7, FAO: Cuadernos de fomento agropecuário, nº 81. Roma. 1978.

GARCIA, G. O.; CECILIO, R. A.; REIS, E. F. dos. **Qualidade, uso e reuso de água na agropecuária.** In: Junior, W. C. J.; Nicoline, H. O.; Martins, I. V. F.; Junior, J. G. V.; Almeida, M. I. V.; Cecilio, R. A.; Albane, R. R. O.; Viana, M. A. (Org.). Novas tecnologias em Ciências Agrárias. Alegre:Suprema Gráfica e Editora, 2007,p. 119-141.

GENTILLE, F.; BISANTINO, T.; CORBINO, R.; MILILLO, F.; Romano, G.; LUIZZI, G. T. **Monitoring and analysis of suspended sediment transport dynamics in the Carapelle torrent (Southern Italy).** Catena 80 (2010) 1–8. Elsevier B.V.em: http://www.elsevier.com/locate/catena> Acesso em 20 fev. 2010.

GERALDES, S. R. **Medidas de concentração de partículas suspensas por meio de absorção da luz**. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de São Paulo, São Carlos, 1984.

GUPTA, K. & SAUL, A.J. **Specific Relationships for the First Flush Load in Combined Sewer Flows**. Water Resource. v. 30, p. 1244-1252, 1996a.

GUPTA, K. & SAUL, A. J. **Suspended solids in combined sewer flows**. Water Science and Technology, Vol. 33, No 9, pp. 93-99, 1996b.

IDE, C.N. **Qualidade da drenagem pluvial urbana.** 1984. 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 1984.

JANSSON, M. (1995). "**Estimating a sediment rating curve of the Reventazón river at Palomo using logged mean loads within discharge classes**." Journal of Hidrology, 183, p. 227-241.

LEE, J. H.; BANG, K. W.; KETCHUM, L.H.; CHOE, J.S.; YU, M.J. **First flush analysis of urban storm runoff.** The science of the total environmental, pp. 163-175, 2002.

LENZI, M.A., MARCHI, L. (2000). "**Suspended sediment load during floods in a small stream of the Dolomites.**" Catena, 39, p. 267-282.

LOBO, G.A., MORETTI, L.R., BRIGHETTI, G. (1999). "**Sedimentometria em pequenas bacias hidrográficas**." XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Belo Horizonte, MG.

LEWIS, J., 2003. **Turbidity-controlled sampling for suspended sediment load estimation.** In: Bogen, J., Tharan, Fergus, Des, Walling (Eds.), Erosion and Sediment Transport Measurement in Rivers: Technological and Methodological Advances. Proc. Oslo Workshop, 19–20 June 2002, vol. 283. IAHS Publ, pp. 13–20. Elsevier B.V em: www.elsevier.com/locate/jhydrol. Acesso em 20 fev. 2010.

MACHADO, S. L. de O., MARCHESAN, E., VILLA, S. C. C., CAMARGO E. R.,**Lavoura Arrozeira e Recursos Hídricos.** Ciência & Ambiente UFSM. Nº 27. Gráfica Universitária. Santa Maria. 2003.

MARTINS M.E., COIADO, E.M. (1999). **"Produção de sedimentos em microbacia agrícola cultivada com cana-de-açúcar."**XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Belo Horizonte, MG.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. G. (2002). **Integração dos enfoques do processo de erosão hídrica.** In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação Do Solo e da Água, 14.: 2002, Cuiabá, MT. Anais. Cuiabá: UFMT. 1 CD-ROM. Palestra 033.

MINELLA, J. P. G; MERTEN, G. H.; REICHERT, J. M.; ROLOFF, O. A.; ABREU, A. S. **Turbidimetria e a estimativa da concentração de sedimentos em suspensão.** In: IDE, C. N.; VAL, L. A. A.; RIBEIRO, M. L.(Organizadores) Produção de sedimentos e seus impactos ambientais, sociais e econômicos. Campo Grande, Ed. Oeste, 2009. 796p.

MINELLA, J. P. G. **Avaliação de parâmetros hidrossedimentométricos numa bacia do Rio Grande do Sul**. ReRH: Revista Eletrônica de Recursos Hídricos - Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS – Vol.1, n.1 Jul/Set 2004, p.55-62

MINISTÉRIO DA SAÚDE: FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de saneamento**. 3ª ed. Brasília, 1999. 374p.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura. 1961. 41p.

OLD, G.H., LEEKS, G.J.L., PACKMAN, J.C., SMITH, B.P.G., LEWIS, S., HEWITT, E.J., HOLMES, A. Y. (2003). "**The impact of a convectional summer rainfall event on river flow and fine sediment transport in a highly urbanized catchment: Bradford, West Yorkshire.**" The Science of theTotal Environment, v.314-316, p.495-512.

ORWIN, J. F.; SMART, C. C**. An inexpensive turbidimeter for monitoring suspended sediment.** Department of Geography, The University of Western Ontario, London, Canada Smart / Geomorphology 68 (2005) 3–15. Elsevier B.V em: www.elsevier.com/locate/geomorph. Acesso em 20 fev. 2010.

PAIVA, E.M.C.D.; PAIVA, J.B.D.; PARANHOS, R.M. **Produção de Sedimentos em Pequenas Bacias Hidrográficas Rurais.** Caracterização Quali-Quantitativa da Produção de Sedimentos, 2000.

PAIVA, E.M.C.D, PAIVA, J.B.D., COSTAS, M.F.T., SANTOS, F.A. (2001). "**Concentração de sedimentos em suspensão em uma pequena bacia**

hidrográfica em urbanização." Anais do 21° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, RJ.

PARANHOS, R.M. **Avaliação de metodologia de estimativa de produção de sedimentos em uma pequena bacia rural de encosta .** 2003. 129f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

PARANHOS, R.M, PAIVA, J.B.D. (2003). "**Avaliação da produção de sedimentos em uma pequena bacia hidrográfica**".XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba, PR.

PAVANELLI, D.; PAGLIARANI, A. **Soil and Water: Monitoring Water Flow, Turbidity and Suspended Sediment Load, from an Apennine Catchment Basin**, Italy, Biosystems Engineering, Volume 83 (4), dezembro 2002, p. 463-468, em: http://www.sciencedirect.com/science/article . Acesso em 20 fev. 2010.

PAVANELLI, D.; BIGI, A. **A New Indirect Method to estimate Suspended Sediment Concentration in a River Monitoring Programme**. Biosystems Engineering (2005)92(4), p. 513–520, Italy, em: http://www.sciencedirect.com/science/article . Acesso em 20 fev. 2010.

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

PICOUET, C., HINGRAY, B., OLIVRY, J.C. (2001). "**Empirical and conceptual modeling of the suspended sediment dynamics in a large tropical African river: the Upper Niger river basin**." Journal of Hydrology, 250, p.19-39.

RAMOS, C.L., CURI, F.S, KOSMINSKY, C. (1991). "**Estudo sedimentológico na região metropolitana de São Paulo**." Anais do IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, v. 03, p. 436-444. Rio de Janeiro, RJ.

REBOUÇAS, A. C., **Panoramas da Degradação do Ar, da Água Doce e da Terra no Brasil -** São Paulo: IEA/USP; Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1997. 150p.

RILEY, S. J. (1998) **The sediment concentration-turbidity relation: its value in monitoring and range uranium mine, northern territory, Australia,** Catena 32, 1-14

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura. **Manual de conservação do solo.** 2 ed. Atualizada. Porto Alegre, 1983.

RODRIGUES JÚNIOR, J.C., MORTATTI, J., MORAES, J.M., MARTINELLI**, L.A. (1997). "Dinâmica dos sedimentos em suspensão na bacia do rio Piracicaba: Estimativa da erosão mecânica**." Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Vitória, ES.

SANGOI, R. G. **Avaliação da produção de sedimentos em eventos chuvosos na bacia hidrográfica experimental de São Martinho da Serra-RS.** 2007. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SANTOS, I.; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001. 372 p.

SMITH, B.P.G., NADEN, P.S., LEEKS, G.J.L., WASS, P.D. (2004). **"The influence of storms events on fine sediment transport, erosion and deposition within a reach of the river Swale, Yorkshire, UK."** The Science of the Total Environment. 314-316, p. 451-474.

SUN, H., CORNISH, P.S., DANIELL, T.M. (2001). **"Turbidity-based erosion estimation in a catchment in south Australia."** Journal of Hidrology, 253, p. 227-238.

TUCCI, C.E.M. **HIDROLOGIA: ciência e aplicação.** 2 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: UFRGS: ABRH, 2001. p. 25-26.

TUCCI, C.E.M. (1997). **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** 2.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH. 943p.

TURBIDITY MEASUREMENT (2010). **Em Wikipedia, the free enciclopedia.** http://en.wikipedia.org/wiki/turbidity. Acesso em 10/03/10.

TRUHLAR, J. F. **Determining suspended sediment load from turbidity records.** Hidrological Sciences Bulletin, 23 (4), 409-16, dec, 1978.

VANONI, V**. 1977. Sedimentation Engineering. ASCE, Manual and Reports on Engineering Pratice**, nº 54. New York. 1977.

VESTENA, L.R; LUCINI, H.; KOBIYAMA, M. **Monitoramento automático da concentração de sedimentos em suspensão na bacia hidrográfica do Caeté, Alfredo Wagner (SC)**. In: I Workshop Regional de Geografia e Mudanças Ambientais, 2007: desafios da sociedade do presente e do futuro. Guarapuava. Ed. Unicentro, 2007. P. 61-70.

VILLELA, S.M. & MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

WALLING, D.E. **Assessing the accuracy of suspended sediment rating curves for a small basin.** Water Resources Research, 13 (3). June, 1977, p. 531-38.

WALLING, D. E. **(1983). The sediment delivery problem.**Journal of Hydrology. Amsterdam, n. 65. p. 209-237.

WALLING, D.E. **(1990). Linking the field to the river: sediment delivery from agricultural land.** In: Boardman, J. ; Foster, I. D. L. ; Dearing, J. A. (Ed.) Soil Erosion on Agricultural Land. Chichester: John Wiley. p.130-152.

WEEKS, C. R. **Pollution in urban stormwater runoff.** Urban stormwater hydraulics and hydrology: proceedings of the Second International Conference on Urban Storm Drainage, Littleton, Colo.: Water Resources Publications, 1982.

WETZEL, R.G. **Limnology:** lake and river ecosystems. 3 ed. London, Uk: Academic Press, an Elsevier Imprint. 2001.

7 ANEXOS

Tabela 4.1 – Amostragem 1

Amostragem 1					
Data	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Precipitação (mm/1h)	Turbidez (NTU)	Concentração (mg/l)
10/1/2009 12:54	0,16	0,079	0,0	-	-
10/1/2009 13:54	0,16	0,080	1,4	-	-
10/1/2009 14:54	0,16	0,081	9,2	-	-
10/1/2009 15:54	0,16	0,081	9,9	-	-
10/1/2009 16:54	0,17	0,082	0,0	-	-
10/1/2009 17:54	0,18	0,098	0,0	-	-
10/1/2009 18:54	0,20	0,131	0,0	-	-
10/1/2009 19:54	0,21	0,143	0,1	-	-
10/1/2009 20:54	0,24	0,212	11,8	-	3,0
10/1/2009 21:54	0,27	0,271	7,5	-	0,5
10/1/2009 22:54	0,33	0,469	0,0	-	15,6
10/1/2009 23:54	0,32	0,438	0,0	-	43,6
11/1/2009 00:54	0,30	0,379	0,0	-	10,4
11/1/2009 01:54	0,33	0,472	0,0	-	25,3
11/1/2009 02:54	0,32	0,421	0,0	-	27,9
11/1/2009 03:54	0,30	0,367	0,0	-	8,9
11/1/2009 04:54	0,28	0,320	0,0	-	26,6
11/1/2009 05:54	0,27	0,279	0,0	-	5,3
11/1/2009 06:54	0,26	0,249	0,0	-	0,9
11/1/2009 07:54	0,25	0,226	0,0	-	20,1
11/1/2009 08:54	0,24	0,206	0,0	-	-
11/1/2009 09:54	0,23	0,189	0,0	-	10,1
11/1/2009 10:54	0,22	0,177	0,0	-	21,3
11/1/2009 11:54	0,22	0,165	0,4	-	1,0
11/1/2009 12:54	0,21	0,154	0,0	-	4,3
11/1/2009 13:54	0,21	0,145	0,0	-	8,3
11/1/2009 14:54	0,20	0,136	0,0	-	1,2
11/1/2009 15:54	0,20	0,130	0,0	-	8,1
11/1/2009 16:54	0,19	0,123	0,0	-	16,3
11/1/2009 17:54	0,19	0,119	0,0	-	11,3
11/1/2009 18:54	0,19	0,112	0,0	-	10,3
11/1/2009 19:54	0,18	0,108	0,0	-	4,8
11/1/2009 20:54	0,18	0,105	0,0	-	-
11/1/2009 21:54	0,18	0,104	0,0	-	-

Tabela 4.2 – Amostragem 2

Amostragem 2					
Data	**Cota (m)**	**Vazão (m^3/s)**	**Precipitação (mm/1h)**	**Turbidez (NTU)**	**Concentração (mg/l)**
20/1/2009 16:54	0,23	0,193	0,0	-	-
20/1/2009 17:54	0,23	0,189	0,0	-	-
20/1/2009 18:54	0,23	0,185	0,0	-	-
20/1/2009 19:54	0,23	0,181	0,0	-	-
20/1/2009 20:54	0,22	0,177	0,0	-	1,3
20/1/2009 21:54	0,22	0,173	0,0	-	11,3
20/1/2009 22:54	0,22	0,171	0,0	-	21,4
20/1/2009 23:54	0,22	0,169	0,0	-	31,5
21/1/2009 00:54	0,22	0,167	0,0	-	41,5
21/1/2009 01:54	0,22	0,165	0,0	-	33,0
21/1/2009 02:54	0,22	0,163	0,0	-	14,2
21/1/2009 03:54	0,22	0,159	0,0	-	4,9
21/1/2009 04:54	0,21	0,158	0,0	-	10,7
21/1/2009 05:54	0,21	0,156	0,0	-	3,5
21/1/2009 06:54	0,21	0,154	0,0	-	5,5
21/1/2009 07:54	0,21	0,150	0,0	-	18,3
21/1/2009 08:54	0,21	0,149	0,0	-	20,1
21/1/2009 09:54	0,21	0,145	0,0	-	16,1
21/1/2009 10:54	0,21	0,143	0,0	-	15,0
21/1/2009 11:54	0,21	0,142	0,0	-	-
21/1/2009 12:54	0,20	0,138	0,0	-	15,2
21/1/2009 13:54	0,20	0,136	0,0	-	-
21/1/2009 14:54	0,20	0,133	0,0	-	0,3
21/1/2009 15:54	0,20	0,131	0,0	-	4,9
21/1/2009 16:54	0,20	0,130	0,0	-	29,6
21/1/2009 17:54	0,20	0,127	0,0	-	4,7
21/1/2009 18:54	0,20	0,125	0,0	-	0,1
21/1/2009 19:54	0,19	0,122	0,0	-	12,8
21/1/2009 20:54	0,19	0,120	0,0	-	-
21/1/2009 21:54	0,19	0,119	0,0	-	-
21/1/2009 22:54	0,19	0,117	0,0	-	-

Tabela 4.3 – Amostragem 3

Amostragem 3					
Data	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Precipitação (mm/30min)	Turbidez (NTU)	Concentração (mg/l)
11/2/2009 02:08	0,16	0,081	0,0	2,82	-
11/2/2009 02:38	0,17	0,082	0,0	2,84	-
11/2/2009 03:08	0,17	0,085	0,2	2,70	-
11/2/2009 03:38	0,17	0,086	1,6	2,70	-
11/2/2009 04:08	0,17	0,087	3,1	2,70	-
11/2/2009 04:38	0,17	0,089	8,6	2,70	-
11/2/2009 05:08	0,18	0,097	1,7	2,96	-
11/2/2009 05:38	0,20	0,131	9,3	3,60	-
11/2/2009 06:08	0,24	0,214	13,2	4,14	4,6
11/2/2009 06:38	0,32	0,441	3,8	5,58	7,0
11/2/2009 07:08	0,43	0,923	9,6	9,46	5,8
11/2/2009 07:38	0,46	1,073	0,0	9,20	4,5
11/2/2009 08:08	0,47	1,126	0,0	33,00	4,3
11/2/2009 08:38	0,47	1,115	0,0	95,30	3,9
11/2/2009 09:08	0,58	1,973	0,0	100,74	3,7
11/2/2009 09:38	0,57	1,906	0,0	120,58	6,5
11/2/2009 10:08	0,54	1,643	0,0	152,62	9,6
11/2/2009 10:38	0,51	1,431	0,0	132,54	8,4
11/2/2009 11:08	0,49	1,268	0,0	84,72	2,3
11/2/2009 11:38	0,47	1,103	0,0	68,76	16,2
11/2/2009 12:08	0,45	1,005	0,0	57,80	27,4
11/2/2009 12:38	0,44	0,950	0,0	48,78	50,9
11/2/2009 13:08	0,43	0,886	0,0	44,58	
11/2/2009 13:38	0,42	0,840	0,0	43,70	
11/2/2009 14:08	0,41	0,796	0,0	41,64	
11/2/2009 14:38	0,40	0,762	0,0	38,72	-
11/2/2009 15:08	0,40	0,729	0,0	37,24	-
11/2/2009 15:38	0,39	0,707	0,0	35,00	-
11/2/2009 16:08	0,39	0,684	0,0	34,00	-
11/2/2009 16:38	0,38	0,662	0,0	33,56	22,7
11/2/2009 17:08	0,38	0,641	0,0	33,88	-
11/2/2009 17:38	0,37	0,624	0,0	34,70	26,8
11/2/2009 18:08	0,37	0,607	0,0	35,40	-
11/2/2009 18:38	0,37	0,599	0,0	36,44	-

Tabela 4.4 – Amostragem 4

Amostragem 4					
Data	**Cota (m)**	**Vazão (m^3/s)**	**Precipitação (mm/30min)**	**Turbidez (NTU)**	**Concentração (mg/l)**
18/2/2009 15:17	0,19	0,117	0,0	3,43	-
18/2/2009 15:47	0,19	0,117	2,1	3,54	-
18/2/2009 16:17	0,19	0,122	8,8	5,93	-
18/2/2009 16:47	0,20	0,128	0,0	5,48	-
18/2/2009 17:17	0,20	0,136	5,3	4,60	-
18/2/2009 17:47	0,21	0,154	0,5	5,03	-
18/2/2009 18:17	0,22	0,165	0,0	4,86	24,2
18/2/2009 18:47	0,23	0,183	4,1	4,77	29,2
18/2/2009 19:17	0,24	0,212	4,8	5,71	12,5
18/2/2009 19:47	0,25	0,232	0,3	5,54	18,4
18/2/2009 20:17	0,27	0,290	1,2	6,24	23,1
18/2/2009 20:47	0,29	0,340	4,3	7,73	46,4
18/2/2009 21:17	0,33	0,469	6,5	11,93	101,1
18/2/2009 21:47	0,47	1,109	5,8	35,71	110,4
18/2/2009 22:17	0,51	1,438	5,2	64,51	97,1
18/2/2009 22:47	0,55	1,689	0,8	90,59	93,5
18/2/2009 23:17	0,54	1,628	0,7	83,83	81,3
18/2/2009 23:47	0,53	1,568	1,0	91,71	64,3
19/2/2009 00:17	0,52	1,487	0,6	81,16	48,0
19/2/2009 00:47	0,51	1,396	0,6	71,52	40,0
19/2/2009 01:17	0,49	1,308	1,0	60,05	38,2
19/2/2009 01:47	0,48	1,223	0,7	54,35	38,6
19/2/2009 02:17	0,47	1,121	0,0	49,40	30,1
19/2/2009 02:47	0,46	1,073	0,0	44,01	29,3
19/2/2009 03:17	0,46	1,039	0,0	39,30	34,2
19/2/2009 03:47	0,45	1,005	0,0	36,51	41,0
19/2/2009 04:17	0,44	0,977	0,0	35,11	20,6
19/2/2009 04:47	0,44	0,955	0,0	34,09	13,7
19/2/2009 05:17	0,44	0,939	0,0	33,56	31,0
19/2/2009 05:47	0,44	0,928	0,0	32,72	10,2
19/2/2009 06:17	0,43	0,912	0,0	33,04	-

Tabela 4.5 – Amostragem 5

Amostragem 5					
Data	**Cota (m)**	**Vazão (m^3/s)**	**Precipitação (mm/30min)**	**Turbidez (NTU)**	**Concentração (mg/l)**
19/2/2009 07:50	0,43	0,918	0,0	30,40	-
19/2/2009 08:50	0,44	0,934	5,2	30,50	-
19/2/2009 09:50	0,45	1,033	0,2	31,40	-
19/2/2009 10:50	0,46	1,044	1,6	38,60	-
19/2/2009 11:50	0,46	1,062	0,0	38,90	-
19/2/2009 12:50	0,46	1,073	0,0	38,20	-
19/2/2009 13:50	0,46	1,085	1,5	35,70	-
19/2/2009 14:50	0,47	1,103	0,0	32,00	15,1
19/2/2009 15:50	0,47	1,191	3,7	30,30	31,6
19/2/2009 16:50	0,48	1,236	0,0	56,70	37,2
19/2/2009 17:50	0,50	1,335	9,0	50,30	79,7
19/2/2009 18:50	0,58	1,931	2,0	92,20	97,6
19/2/2009 19:50	0,67	2,873	0,1	87,40	155,1
19/2/2009 20:50	0,71	3,306	0,1	107,90	100,0
19/2/2009 21:50	0,68	2,883	0,0	80,20	69,8
19/2/2009 22:50	0,66	2,695	0,0	61,10	51,8
19/2/2009 23:50	0,65	2,593	0,0	53,30	39,4
20/2/2009 00:50	0,65	2,624	0,0	47,40	35,7
20/2/2009 01:50	0,66	2,695	2,3	44,50	63,3
20/2/2009 02:50	0,74	3,628	11,5	61,10	164,4
20/2/2009 03:50	0,98	7,379	1,1	240,40	137,9
20/2/2009 04:50	0,95	6,704	0,0	164,80	83,1
20/2/2009 05:50	0,88	5,564	0,0	87,40	63,4
20/2/2009 06:50	0,84	4,966	0,0	64,70	53,3
20/2/2009 07:50	0,82	4,633	0,0	50,90	38,0
20/2/2009 08:50	0,80	4,395	0,0	43,50	40,0
20/2/2009 09:50	0,78	4,165	0,0	39,20	33,6
20/2/2009 10:50	0,76	3,930	0,0	36,80	36,6
20/2/2009 11:50	0,75	3,765	0,0	34,50	32,4
20/2/2009 12:50	0,74	3,579	0,0	32,60	24,1
20/2/2009 13:50	0,72	3,400	0,0	32,20	17,1
20/2/2009 14:50	0,71	3,237	0,0	30,50	-
20/2/2009 15:50	0,69	3,079	0,0	29,30	-

Tabela 4.6 – Amostragem 6

Amostragem 6					
Data	**Cota (m)**	**Vazão (m^3/s)**	**Precipitação (mm/30min)**	**Turbidez (NTU)**	**Concentração (mg/l)**
20/2/2009 13:00	0,73	3,555	0,0	37,70	-
20/2/2009 15:00	0,70	3,203	0,0	30,30	-
20/2/2009 17:00	0,68	2,905	0,0	28,60	9,4
20/2/2009 19:00	0,66	2,685	0,0	27,50	7,0
20/2/2009 21:00	0,64	2,504	0,0	26,80	8,0
20/2/2009 23:00	0,63	2,407	0,0	25,70	7,9
21/2/2009 01:00	0,79	4,205	21,2	145,10	56,5
21/2/2009 03:00	0,87	5,407	4,0	53,40	18,2
21/2/2009 05:00	0,79	4,327	0,0	42,60	31,3
21/2/2009 07:00	0,77	3,955	0,0	37,40	15,5
21/2/2009 09:00	0,74	3,677	0,0	30,50	12,0
21/2/2009 11:00	0,73	3,459	0,0	27,50	10,0
21/2/2009 13:00	0,71	3,249	0,0	25,70	5,3
21/2/2009 15:00	0,69	3,024	0,0	24,30	13,4
21/2/2009 17:00	0,67	2,778	0,0	23,50	12,3
21/2/2009 19:00	0,64	2,544	0,0	23,20	19,9
21/2/2009 21:00	0,62	2,350	0,0	22,40	23,7
21/2/2009 23:00	0,61	2,248	0,0	21,60	27,5
22/2/2009 01:00	0,60	2,157	0,0	21,00	10,7
22/2/2009 03:00	0,59	2,016	0,0	20,30	18,1
22/2/2009 05:00	0,57	1,914	0,0	20,10	18,5
22/2/2009 07:00	0,56	1,824	0,0	20,10	18,3
22/2/2009 09:00	0,55	1,712	0,0	19,40	12,6
22/2/2009 11:00	0,54	1,650	0,0	19,00	29,0
22/2/2009 13:00	0,53	1,575	0,0	18,40	14,6
22/2/2009 15:00	0,52	1,466	0,0	18,30	12,5
22/2/2009 17:00	0,50	1,368	0,0	17,90	-

Tabela 4.7 – Amostragem 7

Amostragem 7					
Data	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Precipitação (mm/15min)	Turbidez (NTU)	Concentração (mg/l)
2/3/2009 05:07	0,42	0,825	0,0	16,40	-
2/3/2009 05:22	0,41	0,810	0,0	16,12	-
2/3/2009 05:37	0,42	0,850	0,0	15,78	-
2/3/2009 05:52	0,45	0,999	12,9	24,94	-
2/3/2009 06:07	0,56	1,775	11,7	74,36	-
2/3/2009 06:22	0,81	4,520	3,6	302,60	-
2/3/2009 06:37	0,86	5,267	3,0	655,60	-
2/3/2009 06:52	0,87	5,485	1,6	480,76	-
2/3/2009 07:07	0,86	5,206	0,2	449,65	-
2/3/2009 07:22	0,82	4,619	0,5	364,84	-
2/3/2009 07:37	0,92	6,304	7,4	356,74	-
2/3/2009 07:52	0,99	7,530	1,0	317,86	-
2/3/2009 08:07	1,01	7,857	0,0	248,05	-
2/3/2009 08:22	1,00	7,664	0,0	238,86	-
2/3/2009 08:37	0,99	7,435	0,3	209,55	-
2/3/2009 08:52	1,00	7,625	3,2	180,06	-
2/3/2009 09:07	1,09	9,445	6,3	185,18	-
2/3/2009 09:22	1,18	10,956	0,3	263,96	-
2/3/2009 09:37	1,18	10,943	0,1	289,71	-
2/3/2009 09:52	1,15	10,745	0,7	236,78	-
2/3/2009 10:07	1,12	10,055	0,8	191,58	-
2/3/2009 10:22	1,13	10,489	1,6	153,44	172,6
2/3/2009 10:37	1,15	10,839	2,6	137,03	240,7
2/3/2009 10:52	1,18	10,951	3,8	135,24	254,6
2/3/2009 11:07	1,27	11,562	4,5	162,04	332,7
2/3/2009 11:22	1,35	12,299	1,2	240,74	474,6
2/3/2009 11:37	1,38	12,693	1,3	234,56	719,1
2/3/2009 11:52	1,45	13,515	0,5	239,32	-
2/3/2009 12:07	1,53	14,593	0,8	276,92	277,9
2/3/2009 12:22	1,57	15,277	1,8	276,18	194,9
2/3/2009 12:37	1,57	15,199	2,4	222,63	182,9
2/3/2009 12:52	1,56	15,122	0,6	172,34	-
2/3/2009 13:07	1,55	14,923	0,4	139,91	53,4
2/3/2009 13:22	1,53	14,638	0,1	116,60	70,5
2/3/2009 13:37	1,52	14,447	0,0	107,42	45,3
2/3/2009 13:52	1,50	14,145	0,0	97,60	59,2
2/3/2009 14:07	1,48	13,852	0,0	85,29	40,8
2/3/2009 14:22	1,45	13,515	0,0	78,18	40,0
2/3/2009 14:37	1,43	13,192	0,0	70,12	37,3

Amostragem 7					
Data	**Cota (m)**	**Vazão (m^3/s)**	**Precipitação (mm/15min)**	**Turbidez (NTU)**	**Concentração (mg/l)**
2/3/2009 14:52	1,40	12,907	0,0	65,70	47,1
2/3/2009 15:07	1,38	12,623	0,0	63,77	33,2
2/3/2009 15:22	1,36	12,408	0,0	57,82	24,5
2/3/2009 15:37	1,34	12,235	0,0	54,26	-
2/3/2009 15:52	1,33	12,048	0,0	53,30	-
2/3/2009 16:07	1,31	11,880	0,0	50,49	-
2/3/2009 16:22	1,29	11,702	0,0	49,12	-
2/3/2009 16:37	1,27	11,528	0,0	48,10	-
2/3/2009 16:52	1,25	11,383	0,0	46,86	-

Tabela 4.8 – Amostragem 8

Amostragem 8					
Data	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Precipitação (mm/1h)	Turbidez (NTU)	Concentração (mg/l)
2/3/2009 15:40	1,34	12,192	0,0	53,90	-
2/3/2009 16:40	1,27	11,503	0,0	47,80	-
2/3/2009 17:40	1,20	11,044	0,0	41,30	46,5
2/3/2009 18:40	1,14	10,675	0,0	39,40	42,9
2/3/2009 19:40	1,09	9,510	0,0	36,30	40,1
2/3/2009 20:40	1,04	8,537	0,0	34,50	40,2
2/3/2009 21:40	1,00	7,702	0,0	34,40	38,8
2/3/2009 22:40	0,96	6,973	0,0	31,30	38,2
2/3/2009 23:40	0,93	6,407	0,0	30,00	36,7
3/3/2009 00:40	0,90	5,869	0,0	28,60	36,0
3/3/2009 01:40	0,87	5,469	0,0	27,80	34,6
3/3/2009 02:40	0,85	5,131	0,0	26,70	22,5
3/3/2009 03:40	0,83	4,776	0,0	25,80	25,8
3/3/2009 04:40	0,80	4,450	0,0	25,60	22,3
3/3/2009 05:40	0,78	4,192	0,0	24,40	21,2
3/3/2009 06:40	0,77	3,981	0,0	24,30	23,2
3/3/2009 07:40	0,75	3,752	0,0	23,30	22,4
3/3/2009 08:40	0,73	3,543	0,0	23,60	15,2
3/3/2009 09:40	0,72	3,423	0,0	22,40	15,1
3/3/2009 10:40	0,71	3,226	0,0	22,00	10,5
3/3/2009 11:40	0,69	3,079	0,0	21,60	10,2
3/3/2009 12:40	0,68	2,948	0,0	21,70	18,4
3/3/2009 13:40	0,67	2,788	0,0	21,00	26,0
3/3/2009 14:40	0,65	2,614	0,0	20,80	10,2
3/3/2009 15:40	0,63	2,455	0,0	20,70	12,9
3/3/2009 16:40	0,62	2,341	0,0	20,20	11,9
3/3/2009 17:40	0,61	2,248	0,0	19,70	-
3/3/2009 18:40	0,60	2,157	0,0	19,60	-
3/3/2009 19:40	0,59	2,068	0,0	19,90	-

Tabela 4.9 – Amostragem 9

Amostragem 9					
Data	**Cota (m)**	**Vazão (m^3/s)**	**Precipitação (mm/2h)**	**Turbidez (NTU)**	**Concentração (mg/l)**
5/3/2009 13:00	0,48	1,217	0,0	12,80	-
5/3/2009 15:00	0,47	1,179	0,0	12,60	-
5/3/2009 17:00	0,47	1,173	0,0	12,50	5,3
5/3/2009 19:00	0,48	1,229	0,0	12,40	5,0
5/3/2009 21:00	0,48	1,198	0,0	12,30	14,3
5/3/2009 23:00	0,47	1,173	0,0	12,00	13,4
6/3/2009 01:00	0,47	1,103	0,0	11,90	4,9
6/3/2009 03:00	0,46	1,073	0,0	11,90	12,1
6/3/2009 05:00	0,46	1,044	0,0	11,90	9,2
6/3/2009 07:00	0,45	1,016	0,0	11,90	7,8
6/3/2009 09:00	0,45	0,988	0,0	11,50	6,7
6/3/2009 11:00	0,44	0,966	0,0	11,40	6,1
6/3/2009 13:00	0,44	0,944	0,0	11,20	3,3
6/3/2009 15:00	0,43	0,912	0,0	11,20	9,7
6/3/2009 17:00	0,43	0,881	0,0	11,00	7,8
6/3/2009 19:00	0,42	0,850	0,0	11,80	8,5
6/3/2009 21:00	0,42	0,835	0,0	11,10	17,9
6/3/2009 23:00	0,41	0,820	0,0	11,00	11,7
7/3/2009 01:00	0,41	0,810	0,0	10,70	18,0
7/3/2009 03:00	0,41	0,791	0,0	10,40	14,6
7/3/2009 05:00	0,41	0,776	0,0	10,40	10,6
7/3/2009 07:00	0,40	0,762	0,0	10,60	9,6
7/3/2009 09:00	0,40	0,743	0,0	10,10	10,3
7/3/2009 11:00	0,40	0,729	0,0	10,00	1,9
7/3/2009 13:00	0,39	0,711	0,0	10,00	1,9
7/3/2009 15:00	0,39	0,684	0,0	9,90	1,5
7/3/2009 17:00	0,38	0,662	0,0	9,80	-
7/3/2009 19:00	0,38	0,645	0,0	9,70	-

Tabela 4.10 – Amostragem 10

Amostragem 10					
Data	**Cota (m)**	**Vazão (m^3/s)**	**Precipitação (mm/30min)**	**Turbidez (NTU)**	**Concentração (mg/l)**
10/3/2009 15:00	0,32	0,418	0,0	7,10	-
10/3/2009 15:30	0,32	0,418	0,0	7,10	-
10/3/2009 16:00	0,32	0,414	0,0	7,10	29,7
10/3/2009 16:30	0,32	0,414	0,0	7,10	11,4
10/3/2009 17:00	0,32	0,414	0,0	7,10	15,8
10/3/2009 17:30	0,31	0,411	0,0	7,10	2,2
10/3/2009 18:00	0,31	0,411	0,0	7,10	2,9
10/3/2009 18:30	0,31	0,398	0,0	7,00	5,3
10/3/2009 19:00	0,30	0,367	0,0	7,00	15,1
10/3/2009 19:30	0,30	0,367	0,0	7,00	3,1
10/3/2009 20:00	0,30	0,364	0,0	7,10	4,7
10/3/2009 20:30	0,30	0,364	0,0	7,10	3,7
10/3/2009 21:00	0,30	0,364	0,0	7,10	11,6
10/3/2009 21:30	0,30	0,361	0,0	7,00	2,0
10/3/2009 22:00	0,30	0,361	0,0	7,00	0,5
10/3/2009 22:30	0,30	0,361	0,0	7,00	0,8
10/3/2009 23:00	0,30	0,361	0,0	6,90	0,1
10/3/2009 23:30	0,30	0,358	0,0	6,90	3,1
11/3/2009 00:00	0,30	0,358	0,0	6,80	10,8
11/3/2009 00:30	0,30	0,358	0,0	6,90	5,0
11/3/2009 01:00	0,30	0,358	0,0	6,80	4,6
11/3/2009 01:30	0,30	0,358	0,0	6,90	5,2
11/3/2009 02:00	0,30	0,358	0,0	6,90	5,5
11/3/2009 02:30	0,30	0,355	0,0	6,80	3,4
11/3/2009 03:00	0,30	0,355	0,0	6,80	4,2
11/3/2009 03:30	0,30	0,355	0,0	6,70	4,0
11/3/2009 04:00	0,30	0,355	0,0	6,80	-
11/3/2009 04:30	0,30	0,355	0,0	6,80	-

Tabela 4.11 – Amostragem 11

Amostragem 11					
Data	**Cota (m)**	**Vazão (m^3/s)**	**Precipitação (mm/2h)**	**Turbidez (NTU)**	**Concentração (mg/l)**
13/3/2009 16:10	0,27	0,271	0,0	5,70	-
13/3/2009 18:10	0,26	0,266	0,0	5,90	13,5
13/3/2009 20:10	0,26	0,261	0,0	5,80	13,8
13/3/2009 22:10	0,26	0,256	0,0	5,60	13,0
14/3/2009 00:10	0,26	0,251	0,0	5,50	12,9
14/3/2009 02:10	0,26	0,249	0,0	5,50	11,9
14/3/2009 04:10	0,26	0,247	0,0	5,40	11,8
14/3/2009 06:10	0,25	0,242	0,0	5,50	12,0
14/3/2009 08:10	0,25	0,239	0,0	5,50	11,9
14/3/2009 10:10	0,25	0,237	0,0	5,40	12,2
14/3/2009 12:10	0,25	0,235	0,0	5,40	12,2
14/3/2009 14:10	0,25	0,230	0,0	5,70	12,4
14/3/2009 16:10	0,25	0,228	0,0	5,50	11,0
14/3/2009 18:10	0,25	0,226	0,0	5,30	11,6
14/3/2009 20:10	0,25	0,223	0,0	5,30	12,1
14/3/2009 22:10	0,24	0,219	0,0	5,20	11,0
15/3/2009 00:10	0,24	0,217	0,0	5,00	11,9
15/3/2009 02:10	0,24	0,214	0,0	5,00	11,7
15/3/2009 04:10	0,24	0,212	0,0	5,10	10,9
15/3/2009 06:10	0,24	0,210	0,0	5,00	10,9
15/3/2009 08:10	0,24	0,208	0,0	4,90	11,8
15/3/2009 10:10	0,24	0,206	0,0	4,90	11,0
15/3/2009 12:10	0,24	0,203	0,0	4,80	10,0
15/3/2009 14:10	0,24	0,201	0,0	4,80	9,8
15/3/2009 16:10	0,24	0,199	0,0	4,80	10,0
15/3/2009 18:10	0,23	0,197	0,0	4,80	-
15/3/2009 20:10	0,23	0,195	0,0	4,90	-
15/3/2009 22:10	0,23	0,193	0,0	4,70	-

Tabela 4.12 – Evento 26/03/09

Evento 26/03/2009				
Data	**Cota (m)**	**Vazão (m^3/s)**	**Precipitação (mm/20min)**	**Turbidez (NTU)**
26/3/2009 12:30	0,19	0,117	0,0	2,8
26/3/2009 12:50	0,19	0,119	0,0	2,8
26/3/2009 13:10	0,19	0,119	0,8	2,8
26/3/2009 13:30	0,19	0,120	11,2	3,9
26/3/2009 13:50	0,19	0,123	0,2	3,4
26/3/2009 14:10	0,20	0,127	0,0	3,7
26/3/2009 14:30	0,20	0,131	0,1	3,3
26/3/2009 14:50	0,20	0,135	0,7	3,3
26/3/2009 15:10	0,21	0,154	1,2	3,4
26/3/2009 15:30	0,25	0,223	5,8	3,7
26/3/2009 15:50	0,32	0,438	2,7	5
26/3/2009 16:10	0,35	0,528	3,4	6,4
26/3/2009 16:30	0,38	0,645	6,6	9,7
26/3/2009 16:50	0,58	1,999	2,3	51,4
26/3/2009 17:10	0,59	2,077	0,0	87,2
26/3/2009 17:30	0,59	2,042	0,0	107,6
26/3/2009 17:50	0,58	2,007	0,0	105,1
26/3/2009 18:10	0,56	1,816	0,0	97,8
26/3/2009 18:30	0,55	1,760	0,0	109,7
26/3/2009 18:50	0,64	2,563	0,0	138,6
26/3/2009 19:10	0,63	2,436	0,0	165,8
26/3/2009 19:30	0,61	2,211	0,0	148,2
26/3/2009 19:50	0,58	1,990	0,0	124,5
26/3/2009 20:10	0,56	1,783	0,0	106,2
26/3/2009 20:30	0,54	1,620	0,0	101,7
26/3/2009 20:50	0,52	1,480	0,0	103,3
26/3/2009 21:10	0,50	1,362	0,0	101,8
26/3/2009 21:30	0,49	1,268	0,0	94,6
26/3/2009 21:50	0,47	1,179	0,0	84,2
26/3/2009 22:10	0,46	1,073	0,0	74,9
26/3/2009 22:30	0,45	1,010	0,0	66,8
26/3/2009 22:50	0,44	0,955	0,0	61,3
26/3/2009 23:10	0,43	0,907	0,0	56,7
26/3/2009 23:30	0,42	0,871	0,0	53,5
26/3/2009 23:50	0,42	0,835	0,0	49,6
27/3/2009 00:10	0,41	0,806	0,0	47,8
27/3/2009 00:30	0,41	0,776	0,0	45,6
27/3/2009 00:50	0,40	0,753	0,0	44,1

Evento 26/03/2009				
Data	**Cota (m)**	**Vazão (m^3/s)**	**Precipitação (mm/20min)**	**Turbidez (NTU)**
27/3/2009 01:10	0,40	0,734	0,0	42,6
27/3/2009 01:30	0,39	0,711	0,0	41
27/3/2009 01:50	0,39	0,693	0,0	40,1
27/3/2009 02:10	0,38	0,680	0,0	39,6
27/3/2009 02:30	0,38	0,666	0,0	38,4
27/3/2009 02:50	0,38	0,653	0,0	37,8
27/3/2009 03:10	0,38	0,645	0,0	36,6
27/3/2009 03:30	0,37	0,636	0,0	36
27/3/2009 03:50	0,37	0,628	0,0	35,1

Tabela 4.13 – Evento 13/05/09

Evento 13/05/2009				
Data	**Cota (m)**	**Vazão (m^3/s)**	**Precipitação (mm/20min)**	**Turbidez (NTU)**
13/5/2009 07:00	0,17	0,089	0,7	4
13/5/2009 07:20	0,17	0,089	0,7	3,8
13/5/2009 07:40	0,17	0,090	0,6	3,9
13/5/2009 08:00	0,17	0,090	3,3	3,9
13/5/2009 08:20	0,17	0,090	0,6	3,8
13/5/2009 08:40	0,17	0,091	0,8	3,9
13/5/2009 09:00	0,17	0,091	0,5	3,9
13/5/2009 09:20	0,17	0,091	0,1	4
13/5/2009 09:40	0,17	0,093	0,2	3,8
13/5/2009 10:00	0,17	0,093	0,9	3,9
13/5/2009 10:20	0,17	0,094	1,9	4
13/5/2009 10:40	0,18	0,097	0,0	3,7
13/5/2009 11:00	0,18	0,099	0,0	3,9
13/5/2009 11:20	0,18	0,102	0,0	3,8
13/5/2009 11:40	0,18	0,105	0,0	3,8
13/5/2009 12:00	0,18	0,107	0,0	3,7
13/5/2009 12:20	0,19	0,109	0,0	3,7
13/5/2009 12:40	0,19	0,111	0,0	3,7
13/5/2009 13:00	0,19	0,112	0,0	3,8
13/5/2009 13:20	0,19	0,116	0,0	3,7
13/5/2009 13:40	0,19	0,117	0,3	3,9
13/5/2009 14:00	0,19	0,119	3,3	4,3
13/5/2009 14:20	0,19	0,122	0,0	4,6
13/5/2009 14:40	0,19	0,123	0,2	5,1
13/5/2009 15:00	0,20	0,127	0,3	5,4
13/5/2009 15:20	0,20	0,128	0,0	5,9
13/5/2009 15:40	0,20	0,130	0,0	6,9
13/5/2009 16:00	0,20	0,133	1,2	7,5
13/5/2009 16:20	0,20	0,135	0,2	7,9
13/5/2009 16:40	0,20	0,138	0,5	8,3
13/5/2009 17:00	0,20	0,140	0,0	8,4
13/5/2009 17:20	0,21	0,143	0,0	10,2
13/5/2009 17:40	0,24	0,210	9,9	11,6
13/5/2009 18:00	0,28	0,309	9,8	15,6
13/5/2009 18:20	0,33	0,465	4,7	15,9
13/5/2009 18:40	0,43	0,902	0,2	77,7
13/5/2009 19:00	0,44	0,944	0,5	161,7
13/5/2009 19:20	0,60	2,139	0,0	163,6

Evento 13/05/2009				
Data	**Cota (m)**	**Vazão (m^3/s)**	**Precipitação (mm/20min)**	**Turbidez (NTU)**
13/5/2009 19:40	0,83	4,820	0,0	491,4
13/5/2009 20:00	0,84	4,907	0,0	356,3
13/5/2009 20:20	0,75	3,790	0,0	470,5
13/5/2009 20:40	0,69	3,035	0,0	410,5
13/5/2009 21:00	0,64	2,475	0,0	342,9
13/5/2009 21:20	0,59	2,077	0,0	300,4
13/5/2009 21:40	0,56	1,791	0,0	263,9
13/5/2009 22:00	0,53	1,568	0,1	238,1
13/5/2009 22:20	0,50	1,389	0,0	220,2
13/5/2009 22:40	0,48	1,236	0,0	202,3
13/5/2009 23:00	0,46	1,079	0,2	191,6
13/5/2009 23:20	0,45	0,994	0,1	186,3
13/5/2009 23:40	0,43	0,918	0,2	187
14/5/2009 00:00	0,42	0,855	0,2	182,1
14/5/2009 00:20	0,41	0,801	0,1	177,4
14/5/2009 00:40	0,40	0,753	0,3	172,9
14/5/2009 01:00	0,39	0,716	0,6	168,2
14/5/2009 01:20	0,38	0,680	0,3	162,7
14/5/2009 01:40	0,38	0,649	0,0	151,2
14/5/2009 02:00	0,37	0,624	0,1	148,9
14/5/2009 02:20	0,37	0,599	0,1	136,4
14/5/2009 02:40	0,36	0,578	0,2	129,3
14/5/2009 03:00	0,36	0,559	0,1	122,8
14/5/2009 03:20	0,35	0,547	0,0	115,6
14/5/2009 03:40	0,35	0,535	0,4	112,7
14/5/2009 04:00	0,35	0,524	0,0	106,6

Tabela 4.14 – Evento 30/05/09

Evento 30/05/2009				
Data	**Cota (m)**	**Vazão (m^3/s)**	**Precipitação (mm/20min)**	**Turbidez (NTU)**
29/5/2009 23:00	0,16	0,079	0,0	2,2
29/5/2009 23:20	0,16	0,079	0,0	2,1
29/5/2009 23:40	0,16	0,079	0,3	2,2
30/5/2009 00:00	0,16	0,079	0,1	2,2
30/5/2009 00:20	0,16	0,080	0,2	2,2
30/5/2009 00:40	0,16	0,080	0,2	2,2
30/5/2009 01:00	0,16	0,081	0,3	2,2
30/5/2009 01:20	0,17	0,082	0,6	2,2
30/5/2009 01:40	0,17	0,084	0,2	2,2
30/5/2009 02:00	0,17	0,084	0,1	2,3
30/5/2009 02:20	0,17	0,085	0,2	2,2
30/5/2009 02:40	0,17	0,086	0,9	2,2
30/5/2009 03:00	0,17	0,087	1,3	2,3
30/5/2009 03:20	0,17	0,087	1,1	2,3
30/5/2009 03:40	0,17	0,089	1,2	2,3
30/5/2009 04:00	0,17	0,090	1,2	2,3
30/5/2009 04:20	0,17	0,091	1,2	2,3
30/5/2009 04:40	0,17	0,094	1,1	2,3
30/5/2009 05:00	0,18	0,098	1,5	2,4
30/5/2009 05:20	0,18	0,102	0,7	2,5
30/5/2009 05:40	0,19	0,109	1,1	2,5
30/5/2009 06:00	0,19	0,117	0,5	2,5
30/5/2009 06:20	0,19	0,123	0,1	2,6
30/5/2009 06:40	0,20	0,130	0,0	2,6
30/5/2009 07:00	0,20	0,136	0,0	2,6
30/5/2009 07:20	0,21	0,142	0,0	2,8
30/5/2009 07:40	0,21	0,149	0,9	2,9
30/5/2009 08:00	0,21	0,154	1,3	2,9
30/5/2009 08:20	0,22	0,165	1,6	3,1
30/5/2009 08:40	0,22	0,175	2,8	3,4
30/5/2009 09:00	0,23	0,185	1,6	3,9
30/5/2009 09:20	0,24	0,199	2,8	4,2
30/5/2009 09:40	0,25	0,223	2,5	4,9
30/5/2009 10:00	0,26	0,249	0,6	6
30/5/2009 10:20	0,27	0,287	0,4	7,6
30/5/2009 10:40	0,29	0,337	0,7	10,3
30/5/2009 11:00	0,30	0,370	0,5	13
30/5/2009 11:20	0,31	0,392	1,4	14,9

Evento 30/05/2009				
Data	**Cota (m)**	**Vazão (m^3/s)**	**Precipitação (mm/20min)**	**Turbidez (NTU)**
30/5/2009 11:40	0,31	0,398	1,2	19,2
30/5/2009 12:00	0,31	0,408	2,8	28,6
30/5/2009 12:20	0,32	0,418	1,7	37,6
30/5/2009 12:40	0,32	0,444	0,3	40,8
30/5/2009 13:00	0,35	0,528	2,9	39,2
30/5/2009 13:20	0,37	0,603	2,7	36
30/5/2009 13:40	0,38	0,680	1,5	38,3
30/5/2009 14:00	0,41	0,786	2,5	48
30/5/2009 14:20	0,45	0,983	1,0	62,7
30/5/2009 14:40	0,46	1,079	0,1	66,5
30/5/2009 15:00	0,46	1,091	0,0	68,1
30/5/2009 15:20	0,47	1,097	0,0	65,2
30/5/2009 15:40	0,47	1,109	0,0	60,2
30/5/2009 16:00	0,47	1,121	0,0	57,4
30/5/2009 16:20	0,47	1,126	0,0	54,7
30/5/2009 16:40	0,47	1,179	0,0	54,8
30/5/2009 17:00	0,49	1,275	0,2	54,3
30/5/2009 17:20	0,49	1,295	0,1	53
30/5/2009 17:40	0,49	1,275	0,0	48,6
30/5/2009 18:00	0,48	1,255	0,0	44,4
30/5/2009 18:20	0,48	1,229	0,0	41,7
30/5/2009 18:40	0,47	1,191	0,0	39,3
30/5/2009 19:00	0,47	1,115	0,0	38,6
30/5/2009 19:20	0,46	1,079	0,0	39,8
30/5/2009 19:40	0,46	1,050	0,0	41,8
30/5/2009 20:00	0,45	1,022	0,0	44,3
30/5/2009 20:20	0,45	0,999	0,0	47
30/5/2009 20:40	0,45	0,983	0,0	50,2
30/5/2009 21:00	0,44	0,961	0,0	51,9
30/5/2009 21:20	0,44	0,950	0,0	52,5
30/5/2009 21:40	0,44	0,939	0,0	52,3
30/5/2009 22:00	0,44	0,928	0,0	52,4
30/5/2009 22:20	0,43	0,918	0,0	52,1
30/5/2009 22:40	0,43	0,907	0,0	51,5
30/5/2009 23:00	0,43	0,902	0,0	50,2
30/5/2009 23:20	0,43	0,897	0,0	50,2
30/5/2009 23:40	0,43	0,891	0,0	49,6
31/5/2009 00:00	0,43	0,886	0,0	49,1
31/5/2009 00:20	0,43	0,881	0,0	49,2
31/5/2009 00:40	0,43	0,876	0,0	49
31/5/2009 01:00	0,42	0,871	0,0	48,8

Evento 30/05/2009				
Data	**Cota (m)**	**Vazão (m^3/s)**	**Precipitação (mm/20min)**	**Turbidez (NTU)**
31/5/2009 01:20	0,42	0,866	0,0	48,4
31/5/2009 01:40	0,42	0,855	0,0	48,5
31/5/2009 02:00	0,42	0,850	0,0	48,1
31/5/2009 02:20	0,42	0,845	0,0	48,1
31/5/2009 02:40	0,42	0,840	0,0	47,4

Tabela 4.15 – Evento 16/06/09

Amostragem 12					
Data	**Cota (m)**	**Vazão (m^3/s)**	**Precipitação (mm/2h)**	**Turbidez (NTU)**	**Concentração (mg/l)**
16/6/2009 05:10	0,19	0,109	0,1	-	-
16/6/2009 07:10	0,19	0,114	3,2	-	-
16/6/2009 09:10	0,19	0,117	0,1	-	-
16/6/2009 11:10	0,19	0,117	0,3	-	4,7
16/6/2009 13:10	0,19	0,117	0,0	-	8,0
16/6/2009 15:10	0,19	0,117	0,0	-	3,3
16/6/2009 17:10	0,19	0,117	0,0	-	13,4
16/6/2009 19:10	0,19	0,117	0,0	-	8,0
16/6/2009 21:10	0,19	0,117	0,0	-	10,2
16/6/2009 23:10	0,19	0,117	0,0	-	0,0
17/6/2009 01:10	0,19	0,117	0,0	-	6,8
17/6/2009 03:10	0,19	0,116	0,0	-	7,7
17/6/2009 05:10	0,19	0,114	0,0	-	1,0
17/6/2009 07:10	0,19	0,112	0,0	-	12,1
17/6/2009 09:10	0,19	0,111	0,0	-	5,8
17/6/2009 11:10	0,19	0,109	0,0	-	-
17/6/2009 13:10	0,18	0,108	0,0	-	-
17/6/2009 15:10	0,18	0,108	0,0	-	-
17/6/2009 17:10	0,18	0,107	0,0	-	-
17/6/2009 19:10	0,18	0,105	0,0	-	-
17/6/2009 21:10	0,18	0,104	0,0	-	-
17/6/2009 23:10	0,18	0,102	0,0	-	-

Tabela 4.16 – Amostragem 13

Amostragem 13					
Data	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Precipitação (mm/1h)	Turbidez (NTU)	Concentração (mg/l)
22/6/2009 15:00	0,17	0,094	0,6	-	-
22/6/2009 16:00	0,17	0,094	0,7	-	-
22/6/2009 17:00	0,18	0,095	4,0	-	-
22/6/2009 18:00	0,18	0,104	2,8	-	-
22/6/2009 19:00	0,19	0,114	0,5	-	-
22/6/2009 20:00	0,20	0,130	2,2	-	-
22/6/2009 21:00	0,21	0,145	0,7	-	-
22/6/2009 22:00	0,21	0,150	0,5	-	-
22/6/2009 23:00	0,21	0,158	0,6	-	3,5
23/6/2009 00:00	0,22	0,161	0,3	-	1,2
23/6/2009 01:00	0,22	0,169	0,0	-	4,9
23/6/2009 02:00	0,22	0,177	0,0	-	2,8
23/6/2009 03:00	0,23	0,183	0,0	-	1,3
23/6/2009 04:00	0,23	0,185	0,0	-	4,8
23/6/2009 05:00	0,23	0,189	0,0	-	17,5
23/6/2009 06:00	0,23	0,191	0,5	-	4,8
23/6/2009 07:00	0,23	0,195	3,5	-	0,9
23/6/2009 08:00	0,24	0,199	0,6	-	8,0
23/6/2009 09:00	0,24	0,201	0,1	-	15,9
23/6/2009 10:00	0,24	0,219	2,6	-	28,9
23/6/2009 11:00	0,33	0,448	18,4	-	226,4
23/6/2009 12:00	0,62	2,360	11,0	-	904,3
23/6/2009 13:00	0,97	7,119	3,4	-	162,2
23/6/2009 14:00	0,90	5,968	4,2	-	56,2
23/6/2009 15:00	0,84	5,011	2,9	-	69,6
23/6/2009 16:00	0,85	5,161	2,8	-	48,4
23/6/2009 17:00	0,87	5,438	0,3	-	34,7
23/6/2009 18:00	0,87	5,360	0,9	-	114,7
23/6/2009 19:00	0,85	5,161	0,6	-	34,6
23/6/2009 20:00	0,83	4,849	0,0	-	14,7
23/6/2009 21:00	0,82	4,619	0,0	-	35,5
23/6/2009 22:00	0,80	4,423	0,0	-	22,4
23/6/2009 23:00	0,79	4,219	0,0	-	-
24/6/2009 00:00	0,78	4,073	0,0	-	-

Tabela 4.17 – Amostragem 14

Amostragem 14					
Data	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Precipitação (mm/1h)	Turbidez (NTU)	Concentração (mg/l)
16/7/2009 07:00	0,33	0,462	0,0	-	-
16/7/2009 08:00	0,33	0,455	0,0	-	-
16/7/2009 09:00	0,33	0,451	0,0	-	-
16/7/2009 10:00	0,32	0,444	0,0	-	-
16/7/2009 11:00	0,32	0,438	0,0	-	2,2
16/7/2009 12:00	0,32	0,438	0,0	-	0,1
16/7/2009 13:00	0,32	0,438	0,0	-	4,8
16/7/2009 14:00	0,32	0,438	0,0	-	0,2
16/7/2009 15:00	0,32	0,434	0,0	-	1,3
16/7/2009 16:00	0,32	0,434	0,0	-	5,2
16/7/2009 17:00	0,32	0,434	0,0	-	6,0
16/7/2009 18:00	0,32	0,434	0,0	-	0,6
16/7/2009 19:00	0,32	0,434	0,0	-	4,2
16/7/2009 20:00	0,32	0,434	0,0	-	2,1
16/7/2009 21:00	0,32	0,431	0,0	-	0,8
16/7/2009 22:00	0,32	0,431	0,0	-	6,7
16/7/2009 23:00	0,32	0,431	0,0	-	5,2
17/7/2009 00:00	0,32	0,431	0,0	-	9,4
17/7/2009 01:00	0,32	0,431	0,0	-	5,7
17/7/2009 02:00	0,32	0,431	0,0	-	0,2
17/7/2009 03:00	0,32	0,431	0,0	-	1,4
17/7/2009 04:00	0,32	0,431	0,0	-	7,1
17/7/2009 05:00	0,32	0,428	0,0	-	0,6
17/7/2009 06:00	0,32	0,428	0,0	-	1,3
17/7/2009 07:00	0,32	0,428	0,0	-	0,6
17/7/2009 08:00	0,32	0,428	0,0	-	2,9
17/7/2009 09:00	0,32	0,428	0,0	-	0,9
17/7/2009 10:00	0,32	0,428	0,0	-	3,2
17/7/2009 11:00	0,32	0,428	0,0	-	-
17/7/2009 12:00	0,32	0,428	0,0	-	-
17/7/2009 13:00	0,32	0,424	0,0	-	-

Tabela 4.18 – Amostragem 15

Amostragem 15					
Data	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Precipitação (mm/1h)	Turbidez (NTU)	Concentração (mg/l)
16/8/2009 21:00	0,35	0,531	0,0	-	-
16/8/2009 22:00	0,35	0,528	0,2	-	-
16/8/2009 23:00	0,35	0,528	0,0	-	34,9
17/8/2009 00:00	0,35	0,524	0,4	-	34,5
17/8/2009 01:00	0,35	0,528	0,0	-	35,5
17/8/2009 02:00	0,35	0,535	0,0	-	34,7
17/8/2009 03:00	0,35	0,543	0,0	-	37,7
17/8/2009 04:00	0,35	0,547	0,0	-	64,2
17/8/2009 05:00	0,35	0,555	0,2	-	60,7
17/8/2009 06:00	0,36	0,562	0,4	-	63,3
17/8/2009 07:00	0,36	0,586	12,9	-	60,9
17/8/2009 08:00	0,50	1,341	8,4	-	73,6
17/8/2009 09:00	0,74	3,677	8,4	-	137,2
17/8/2009 10:00	0,68	2,883	0,0	-	128,4
17/8/2009 11:00	0,66	2,674	0,0	-	126,3
17/8/2009 12:00	0,62	2,350	0,0	-	119,8
17/8/2009 13:00	0,59	2,042	0,0	-	111,0
17/8/2009 14:00	0,56	1,840	0,0	-	92,3
17/8/2009 15:00	0,55	1,712	0,0	-	88,8
17/8/2009 16:00	0,54	1,635	0,0	-	82,4
17/8/2009 17:00	0,53	1,583	0,0	-	56,8
17/8/2009 18:00	0,53	1,538	0,0	-	55,7
17/8/2009 19:00	0,52	1,509	0,0	-	54,4
17/8/2009 20:00	0,52	1,480	0,0	-	47,2
17/8/2009 21:00	0,51	1,459	0,0	-	45,8
17/8/2009 22:00	0,51	1,445	0,1	-	46,5
17/8/2009 23:00	0,51	1,424	0,0	-	-
18/8/2009 00:00	0,51	1,403	0,0	-	-

Tabela 4.19 – Amostragem 16

Amostragem 16					
Data	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Precipitação (mm/1h)	Turbidez (NTU)	Concentração (mg/l)
19/8/2009 12:20	0,59	2,077	0,0	-	-
19/8/2009 13:20	0,59	2,068	0,0	-	-
19/8/2009 14:20	0,59	2,059	0,0	-	-
19/8/2009 15:20	0,59	2,051	0,0	-	18,0
19/8/2009 16:20	0,59	2,033	0,0	-	23,3
19/8/2009 17:20	0,59	2,016	0,0	-	30,2
19/8/2009 18:20	0,58	1,990	0,0	-	23,5
19/8/2009 19:20	0,58	1,973	0,0	-	37,5
19/8/2009 20:20	0,58	1,956	0,0	-	21,8
19/8/2009 21:20	0,58	1,931	0,0	-	15,6
19/8/2009 22:20	0,57	1,914	0,0	-	13,3
19/8/2009 23:20	0,57	1,898	0,0	-	20,0
20/8/2009 00:20	0,57	1,873	0,1	-	15,4
20/8/2009 01:20	0,57	1,848	0,0	-	17,8
20/8/2009 02:20	0,56	1,824	0,0	-	23,7
20/8/2009 03:20	0,56	1,799	0,0	-	23,3
20/8/2009 04:20	0,56	1,783	0,0	-	19,8
20/8/2009 05:20	0,55	1,760	0,1	-	17,1
20/8/2009 06:20	0,55	1,744	0,0	-	18,7
20/8/2009 07:20	0,55	1,720	0,0	-	16,1
20/8/2009 08:20	0,55	1,704	0,0	-	17,6
20/8/2009 09:20	0,54	1,681	0,0	-	12,4
20/8/2009 10:20	0,54	1,666	0,0	-	17,4
20/8/2009 11:20	0,54	1,643	0,0	-	16,6
20/8/2009 12:20	0,54	1,635	0,2	-	14,9
20/8/2009 13:20	0,54	1,620	0,9	-	15,3
20/8/2009 14:20	0,54	1,613	0,0	-	16,8
20/8/2009 15:20	0,53	1,605	0,2	-	-
20/8/2009 16:20	0,53	1,597	0,2	-	-