

LUANA CAETANO ROCHA DE ANDRADE

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO MEIO FÍSICO E DAS ATIVIDADES
ANTRÓPICAS NA QUALIDADE DA ÁGUA NA SUB-BACIA DO
CÓRREGO PALMITAL – VIÇOSA/MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

A553e
2010

Andrade, Luana Caetano Rocha de, 1984-
Estudo da influência do meio físico e das atividades
antrópicas na qualidade da água na sub-bacia do córrego
Palmital – Viçosa/MG / Luana Caetano Rocha de Andrade
– Viçosa, MG, 2010.
xvii, 134f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Eduardo Antonio Gomes Marques.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 90-98

1. Córrego Palmital (Viçosa, MG) – Características
ambientais. 2. Água - Qualidade. 3. Recursos hídricos.
4. Bacias hidrográficas - Viçosa (MG). 5. Solo - Uso.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

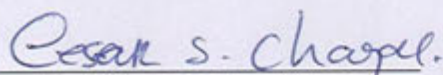
CDD 22. ed. 628.7

LUANA CAETANO ROCHA DE ANDRADE

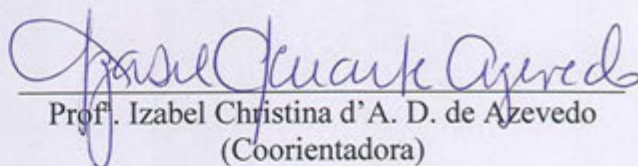
**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO MEIO FÍSICO E DAS ATIVIDADES
ANTRÓPICAS NA QUALIDADE DA ÁGUA NA SUB-BACIA DO CÓRREGO
PALMITAL – VIÇOSA/MG**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Engenharia Civil, para
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

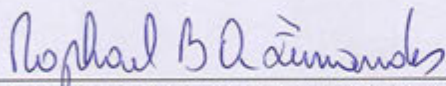
Aprovada: 24 de fevereiro de 2010.



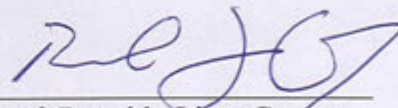
Dr. César da Silva Chagas
(Coorientador)



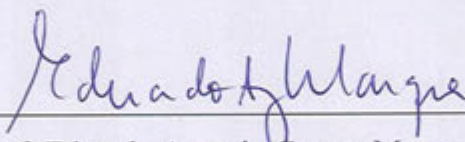
Prof. Izabel Christina d'A. D. de Azevedo
(Coorientadora)



Prof. Raphael Bragança Alves Fernandes



Prof. Ronaldo Lima Gomes



Prof. Eduardo Antonio Gomes Marques
(Orientador)

Dedico à Deus, fonte de toda sabedoria, aos meus pais, Castro e Lígia, aos meus irmãos, André e Matheus, ao meu amor, amigo e companheiro, Thiago, ao Prof. Eduardo Marques e às queridas Geanne, Luiza e Thaís.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho. Em especial:

À Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade, pela estrutura e pela excelência.

À CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

À FAPEMIG pelo financiamento de parte da pesquisa.

Ao professor Eduardo Marques pela orientação, confiança, disponibilidade, amizade e paciência, imprescindíveis para o andamento e conclusão desse trabalho.

Às estudantes Geanne Brito, Luiza Betim e Thaís Felicori pelo constante apoio, companheirismo, profissionalismo, dedicação e amizade.

Ao pesquisador César Chagas pela atenção, disponibilidade e fundamental contribuição para realização dessa pesquisa.

Aos funcionários dos laboratórios de Matéria Orgânica e da Divisão de Água e Esgoto da UFV e a todos que auxiliaram na realização dos trabalhos laboratoriais, com carinho especial à Lucirlei, ao Braz e ao Lula.

Aos funcionários, professores e amigos do Departamento de Engenharia Civil, em especial à Ana Amélia Paulino Tinôco, à Cristina Figueiredo, à Prof^a. Izabel Christina d'A. D. de Azevedo, ao Prof. Antônio Santana Ferraz, ao Gustavo Franco, ao André Oliveira, à Cátia de Paula Martins e à Cristina Beatriz Costa, pelo apoio e amizade.

Não posso deixar de agradecer:

O apoio de meus familiares, em especial meus pais e irmãos, que são meu porto seguro e minhas referências.

Ao meu amor, amigo e companheiro Thiago por estar sempre ao meu lado, por aceitar o desafio de crescermos juntos e por compartilhar sonhos.

Ao Fernando, Déborah, Matheus e Lucas por me acolherem tão bem e por se tornarem parte de minha família em Viçosa.

Aos amigos do Johrei Center Viçosa, pelo indispensável apoio para conclusão de mais essa etapa em minha vida.

À Rita Ferreira e toda sua família, pelo carinho, dedicação e amizade.

Aos amigos da Engenharia Ambiental 2002, pelo apoio e união mesmo distantes.

E por fim e mais importante, à Deus e ao Mestre Meishu-Sama por me guiarem e por me proporcionarem tantos motivos para agradecer.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS	xii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1. Introdução.....	1
1.1. Considerações Gerais	1
1.2. Objetivo	2
2. Fundamentação Teórica.....	3
2.1. Ciclo Hidrológico – água superficial e água subterrânea.....	3
2.2. Aspectos legais relacionados aos recursos hídricos	5
2.3. Qualidade da Água	6
2.4. Parâmetros de qualidade da água	8
2.4.1. Alcalinidade.....	8
2.4.2. Cor	8
2.4.3. Turbidez.....	9
2.4.4. Condutividade Elétrica	9
2.4.5. pH	9
2.4.6. Sólidos Totais	10
2.4.7. DBO.....	10
2.4.8. DQO	11
2.4.9. OD	11
2.4.10. Temperatura	12
2.4.11. Cloretos.....	12
2.4.12. Coliformes Totais	12
2.4.13. E. coli	13
2.4.14. Nitrato	13
2.4.15. Ferro.....	14
2.4.16. Manganês	14
2.4.17. Alumínio	15
2.4.18. Cromo	15
2.4.19. Zinco	15

2.4.20.	Chumbo.....	15
2.4.21.	Níquel.....	16
2.4.22.	Cádmio.....	16
2.4.23.	Cobre.....	16
2.5.	Inter-relações existentes em bacias hidrográficas	17
3.	Metodologia.....	19
3.1.	Características Gerais da Área de Estudo.....	21
3.2.	Caracterização ambiental	22
3.3.	Delimitação da área de estudo	22
3.4.	Levantamento sócio-ambiental.....	24
3.5.	Mapeamento de nascentes e da rede hidrográfica local	24
3.6.	Caracterização do uso e ocupação do solo	25
3.7.	Levantamento pedológico e geológico.....	25
3.8.	Levantamento de dados de precipitação local	28
3.9.	Monitoramento da qualidade da água	28
3.9.1.	Alocação dos pontos de monitoramento.....	28
3.9.2.	Análises de qualidade da água.....	31
3.10.	Avaliação integrada da qualidade da água	34
4.	Resultados.....	36
4.1.	Caracterização Físico-Ambiental	36
4.1.1.	Levantamento socioambiental	36
4.1.2.	Rede hidrográfica local.....	39
4.1.3.	Caracterização do uso e ocupação do solo	41
4.1.4.	Levantamento geológico e pedológico	43
4.1.5.	Levantamento de dados de precipitação local	48
4.2.	Monitoramento da qualidade da água	49
5.	Discussão	76
5.1.	Avaliação Integrada da Qualidade da Água	76
5.1.1.	Águas superficiais	78
5.1.2.	Águas subterrâneas	84
6.	Conclusão	88
7.	Referências Bibliográficas.....	90
	APÊNDICE A	99
	APÊNDICE B.....	101

APÊNDICE C.....	104
APÊNDICE D.....	110
APÊNDICE E.....	121

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Metodologia utilizada para as análises de solo.	26
Tabela 2 - Coordenadas dos pontos de monitoramento da qualidade da água.	28
Tabela 3 - Profundidade dos poços de monitoramento.	31
Tabela 4 - Descrição dos parâmetros analisados a cada campanha.	32
Tabela 5 - Métodos utilizados para as análises de qualidade da água.	33
Tabela 6 - Levantamento e caracterização das propriedades rurais na área de estudo...	36
Tabela 7 - Análises químicas de rochas do Gnaisse Piedade.	44
Tabela 8 - Padrões de qualidade do solo estabelecidos pela Resolução CONAMA 420/09.	47
Tabela 9 - Concentração dos elementos Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, Cr, Pb e Ni nos diferentes perfis de solos.	48
Tabela 10 - Padrões de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05.	49
Tabela 11 - Resumo das não conformidades encontradas para as águas superficiais ao longo do período de monitoramento.	55
Tabela 12 - Padrões de qualidade da água estabelecidos pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde e pela Resolução CONAMA 396/08.	63
Tabela 13 - Resumo das não conformidades encontradas para as águas subterrâneas ao longo do período de monitoramento.	69
Tabela 14 - Aspectos gerais do monitoramento das águas subterrâneas.	78
Tabela 15 - Aspectos gerais dos pontos de monitoramento da qualidade da água superficial.	84
Tabela 16 - Resultados analíticos dos ensaios realizados nas amostras coletadas no Perfil 01.	112
Tabela 17 - Resultados analíticos dos ensaios realizados nas amostras coletadas no Perfil 02.	113
Tabela 18 - Resultados analíticos dos ensaios realizados nas amostras coletadas no Perfil 03.	116
Tabela 19 - Resultados analíticos dos ensaios realizados nas amostras coletadas no Perfil 04.	117
Tabela 20 - Resultados analíticos das amostras coletadas no Perfil 05.	120
Tabela 21 - Resultados do parâmetro cor nas análises de qualidade da água.	122

Tabela 22 - Resultados do parâmetro sólidos totais nas análises de qualidade da água.	122
Tabela 23 - Resultados do parâmetro turbidez nas análises de qualidade da água. ...	123
Tabela 24 - Resultados do parâmetro alcalinidade nas análises de qualidade da água.	124
Tabela 25 - Resultados do parâmetro alumínio nas análises de qualidade da água. ..	124
Tabela 26 - Resultados do parâmetro cádmio nas análises de qualidade da água.	125
Tabela 27 - Resultados do parâmetro cromo nas análises de qualidade da água.	126
Tabela 28 - Resultados do parâmetro DBO nas análises de qualidade da água.	126
Tabela 29 - Resultados do parâmetro DQO nas análises de qualidade da água.	127
Tabela 30 - Resultados do parâmetro cobre nas análises de qualidade da água.	128
Tabela 31 - Resultados do parâmetro condutividade elétrica nas análises de qualidade da água.	128
Tabela 32 - Resultados do parâmetro chumbo nas análises de qualidade da água.	129
Tabela 33 - Resultados do parâmetro ferro total nas análises de qualidade da água. .	129
Tabela 34 - Resultados do parâmetro manganês total nas análises de qualidade da água.	130
Tabela 35 - Resultados do parâmetro pH nas análises de qualidade da água.	130
Tabela 36 - Resultados do parâmetro OD nas análises de qualidade da água.	131
Tabela 37 - Resultados do parâmetro temperatura nas análises de qualidade da água.	132
Tabela 38 - Resultados do parâmetro nitrato nas análises de qualidade da água.	132
Tabela 39 - Resultados do parâmetro zinco nas análises de qualidade da água.	133
Tabela 40 - Resultados do parâmetro coliformes totais nas análises de qualidade da água.	133
Tabela 41 - Resultados do parâmetro <i>E. coli</i> nas análises de qualidade da água.	134

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo hidrológico.	3
Figura 2 - Seqüência metodológica utilizada para o desenvolvimento da pesquisa.....	20
Figura 3 - Limite da sub-bacia em estudo.	23
Figura 4 - Pontos de monitoramento da qualidade da água.....	30
Figura 5 - Poços e fossas levantados na área de estudo.....	38
Figura 6 - Exemplo de curso d'água inserido na sub-bacia.	39
Figura 7 - Nascentes e rede hidrográfica local.	40
Figura 8 - Proporção de área utilizada pelos principais usos.	41
Figura 9 - Uso e ocupação do solo na sub-bacia.	42
Figura 10 – Exemplos de afloramentos de gnaiss encontrados na área de estudo.....	43
Figura 11 –Mapa semidetalhado dos solos da sub-bacia.s resultados das demais análises são apresentados e discutidos a seguir.....	45
Figura 12 – Dados mensais de precipitação do período de maio a dezembro de 2009 para o município de Viçosa/MG.....	48
Figura 13 - Variação do parâmetro <i>E. coli</i> nas águas superficiais.	51
Figura 14 - Variação do parâmetro DBO nas águas superficiais.	51
Figura 15 - Variação do parâmetro OD nas águas superficiais.	51
Figura 16 - Variação do parâmetro turbidez nas águas superficiais.....	51
Figura 17 - Variação do parâmetro cor nas águas superficiais.....	52
Figura 18 - Variação do parâmetro pH nas águas superficiais.	52
Figura 19 - Variação do parâmetro nitrato nas águas superficiais.	52
Figura 20 - Variação do parâmetro cloretos nas águas superficiais.	52
Figura 21 - Variação do parâmetro chumbo nas águas superficiais.....	53
Figura 22 - Variação do parâmetro cromo nas águas superficiais.....	53
Figura 23 - Variação do parâmetro manganês nas águas superficiais.	53
Figura 24 - Variação do parâmetro níquel nas águas superficiais.	53
Figura 25 - Variação do parâmetro cádmio nas águas superficiais.	54
Figura 26 - Variação do parâmetro zinco nas águas superficiais.	54
Figura 27 - Variação do parâmetro alcalinidade nas águas superficiais.....	58
Figura 28 - Variação do parâmetro condutividade elétrica nas águas superficiais.	58
Figura 29 - Variação do parâmetro temperatura nas águas superficiais.....	58
Figura 30 - Variação do parâmetro sólidos totais nas águas superficiais.....	59

Figura 31 - Variação do parâmetro DQO nas águas superficiais.	59
Figura 32 - Variação do parâmetro coliformes totais nas águas superficiais.	59
Figura 33 - Variação do parâmetro alumínio nas águas superficiais.	60
Figura 34 - Variação do parâmetro ferro total nas águas superficiais.	60
Figura 35 - Variação do parâmetro cobre nas águas superficiais.	60
Figura 36 - Variação do parâmetro <i>E. coli</i> nas águas subterrâneas.	65
Figura 37 - Variação do parâmetro DBO nas águas subterrâneas.	65
Figura 38 - Variação do parâmetro OD nas águas subterrâneas.	65
Figura 39 - Variação do parâmetro turbidez nas águas subterrâneas.	65
Figura 40 - Variação do parâmetro cor nas águas subterrâneas.	66
Figura 41 - Variação do parâmetro pH nas águas subterrâneas.	66
Figura 42 - Variação do parâmetro nitrato nas águas subterrâneas.	66
Figura 43 - Variação do parâmetro cloretos nas águas subterrâneas.	66
Figura 44 - Variação do parâmetro chumbo nas águas subterrâneas.	67
Figura 45 - Variação do parâmetro cromo nas águas subterrâneas.	67
Figura 46 - Variação do parâmetro manganês nas águas subterrâneas.	67
Figura 47 - Variação do parâmetro níquel nas águas subterrâneas.	67
Figura 48 - Variação do parâmetro cádmio nas águas subterrâneas.	68
Figura 49 - Variação do parâmetro zinco nas águas subterrâneas.	68
Figura 50 - Variação do parâmetro alcalinidade nas águas subterrâneas.	71
Figura 51 - Variação do parâmetro condutividade elétrica nas águas subterrâneas.	71
Figura 52 - Variação do parâmetro temperatura nas águas subterrâneas.	71
Figura 53 - Variação do parâmetro sólidos totais nas águas subterrâneas.	72
Figura 54 - Variação do parâmetro DQO nas águas subterrâneas.	72
Figura 55 - Variação do parâmetro coliformes totais nas águas subterrâneas.	72
Figura 56 - Variação do parâmetro alumínio nas águas subterrâneas.	73
Figura 57 - Variação do parâmetro ferro total nas águas subterrâneas.	73
Figura 58 - Variação do parâmetro cobre nas águas subterrâneas.	73
Figura 59 - Pontos de monitoramento, fossas de infiltração, hidrografia, topografia e uso do solo.	77
Figura 60 - Áreas de pastagem localizadas na sub-bacia.	80
Figura 61 - Área no entorno do ponto de monitoramento N2.	81
Figura 62 - Nascentes com gel característico da presença de ferro na água.	82
Figura 63 - Questionário sócio-ambiental aplicado na área de estudo.	100

Figura 64 - Mapa de elevação da sub-bacia.	102
Figura 65 - Mapa de declividade da sub-bacia	103
Figura 66 - Resultados da difratometria de raios-X para os horizontes Ap e Bt ₂ do perfil 01 (Argissolo Vermelho-Amarelo).....	105
Figura 67 - Resultados da difratometria de raios-X para os horizontes A e Bw ₂ do perfil 02 (Latosolo Vermelho-Amarelo).....	106
Figura 68 - Resultados da difratometria de raios-X para os horizontes Ap e Bt ₂ do perfil 03 (Argissolo Vermelho-Amarelo).....	107
Figura 69 - Resultados da difratometria de raios-X para os horizontes A e Bw ₂ do perfil 04 (Latosolo Vermelho-Amarelo).....	108
Figura 70 - Resultados da difratometria de raios-X para os horizontes A e B _i do perfil 04 (Cambissolo Háptico).	109
Figura 71 - Perfil 01 e tipo de uso típico na área de sua ocorrência.....	111
Figura 72 - Perfil 02 e tipo de uso típico na área de sua ocorrência.....	113
Figura 73 - Perfil 03 e tipo de uso típico na área de sua ocorrência.....	115
Figura 74 - Perfil 04 e sua área de ocorrência.	117
Figura 75 - Perfil 05 e aspecto do relevo em sua área de ocorrência.	119

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

ADA – Argila dispersa em Água
Al – Alumínio
Al₂O₃ – Óxido de Alumínio
Ba – Bário
Ca – Cálcio
CaO – Óxido de Cálcio
Cd – Cádmio
CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CO₂ – Dióxido de Carbono
COPAM – Conselho de Política Ambiental
Cr – Cromo
Cu – Cobre
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO – Demanda Química de Oxigênio
E. coli - Escherichia coli
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA – Environmental Protection Agency
Fe – Ferro
Fe₂O₃ – Óxido de ferro III
FeO – Óxido de ferro II
GPS – Global Positioning System
H – Hidrogênio
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
K – Potássio
K₂O – Óxido de potássio
KCl – Cloreto de potássio
m – Índice de Saturação de Alumínio
Mg – Magnésio
MgO – Óxido de magnésio
MMA – Ministério do Meio Ambiente
Mn – Manganês

MnO – Óxido de Manganês
MO – Matéria Orgânica
Na₂O – Óxido de Sódio
Ni – Níquel
NPK – Nitrogênio, Fósforo e Potássio
OD – Oxigênio Dissolvido
P – Fósforo
P₂O₅ – Pentóxido de Fósforo
Pb – Chumbo
PF – Fluoreto de Fósforo
pH – Potencial hidrogeniônico
PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos
P-rem – Fósforo Remanescente
Rb – Rubídio
SB – Soma de Bases Trocáveis
SiO₂ – Dióxido de silício
Sr – Estrôncio
T – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0
t – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva
TiO₂ – Dióxido de titânio
UFV – Universidade Federal de Viçosa
UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez
USEPA – United States Environmental Protection Agency
V – Índice de Saturação por Bases
VI – Valor de Investigação
VRQ – Valor de Referência de Qualidade
Y – Ítrio
Zn – Zinco
Zr – Zircônio

RESUMO

ANDRADE, Luana Caetano Rocha de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2010. **Estudo da influência do meio físico e das atividades antrópicas na qualidade da água na sub-bacia do córrego Palmital – Viçosa/MG.** Orientador: Eduardo Antonio Gomes Marques. Coorientadores: César da Silva Chagas e Izabel Christina d’A. D. de Azevedo.

A crescente demanda por recursos hídricos e a degradação cada vez mais intensa das águas superficiais e subterrâneas têm sido algumas das principais preocupações da sociedade atual. Diversos fatores influenciam a qualidade das águas, podendo ser eles naturais ou antrópicos. Assim, a conservação dos recursos hídricos deve ser tratada de maneira abrangente, englobando todos os compartimentos ambientais. Nesse contexto, este trabalho apresenta uma avaliação integrada da qualidade da água de uma sub-bacia localizada na zona rural do município de Viçosa/MG, baseando-se nos fundamentos estabelecidos na Lei Federal nº 9.433/97 e na Lei Estadual nº 13.199/97 de Minas Gerais. Para tanto, foi feita uma caracterização geral da área de estudo abrangendo qualidade da água superficial e subterrânea, atividades antrópicas, uso e ocupação do solo, geologia e solos. Para caracterização da qualidade da água foram realizadas coletas e análises mensais em dez poços e sete nascentes, com o intuito de monitorar, respectivamente, as águas subterrâneas e superficiais, no período de maio a dezembro de 2009, nas quais foram analisadas vinte e três parâmetros, dentre os quais vale destacar: turbidez, cor, pH, coliformes termotolerantes (*E.coli*), DBO, OD, nitrato, cloreto total, ferro total, cádmio total, chumbo total, cromo total, manganês total, níquel total e zinco total. Para os levantamentos geológicos e pedológicos foram realizadas investigações de campo, onde que foram coletados e analisados, quanto às características químicas, físicas e mineralógicas, cinco diferentes perfis de solo. Além disso, identificaram-se as principais atividades antrópicas desenvolvidas na sub-bacia. Diversas alterações foram encontradas na qualidade da água da sub-bacia, principalmente nos parâmetros: cor, DBO, OD e *E.coli* e coliformes totais. De posse de todos os dados foi realizada a avaliação integrada da qualidade da água, procurando-se relacionar as não conformidades encontradas nas análises da água com os demais dados obtidos. Diante disso, pode-se identificar os principais fatores que influenciam as características dos recursos hídricos, sendo propostas medidas de controle para melhoria da qualidade ambiental da sub-bacia.

ABSTRACT

ANDRADE, Luana Caetano Rocha de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February of 2010. **The influence of physical environment and human activities on water quality in the watershed of the Palmital stream - Viçosa / MG.** Adviser: Eduardo Antonio Gomes Marques. Co-Advisers: César da Silva Chagas and Izabel Christina d'A. D. de Azevedo.

The increasing demand for water resources and the intense degradation of surface water and groundwater are some of the major concerns of society. It is known that several factors influence the water's quality and they can be natural or man-made. It is also known that water resources conservation must be addressed in a comprehensive manner, covering all environmental compartments. In this context, this paper presents an integrated assessment of water quality of a sub-basin located in rural Viçosa / MG, based on the foundation established by the Federal Law n°. 9433/97 and in the State Law n° 13.199/97 of Minas Gerais. For this matter, a general characterization of the study area was made, covering the: water quality of ten wells and seven springs in order to evaluate, respectively, the quality of surface water and groundwater. Human activities; soil use; and geological and pedological studies were also carried out. In order to characterize water quality, samples were monthly collected and analysed in the period between May and December 2009, that were analyzed twenty-three parameters, highlighting: turbidity, color, pH, fecal coliform (*E.coli*), BOD, DO, nitrate, total chloride, total iron, total cadmium, total lead, total chromium, total manganese, total nickel and total zinc. The geological and soil studies were achieved by investigations, where five different soil profiles were collected and analyzed chemical, physical and mineralogically. Furthermore, the main human activities developed were identified in the sub-basin. Several changes were observed in the water quality of the sub-basin, especially in the parameters: color, BOD, DO and *E. coli*. Armed with all the data an integrated assessment of water quality was developed, in order to link the nonconformities in the analysis of water with other studies. Thereby, the water resources characteristics can be related to the main factors that influence it and control measures for improving the environmental quality of the sub-basin can be proposed.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Gerais

A bacia hidrográfica, área caracterizada pela presença de curso d'água principal para o qual toda drenagem conflui, é considerada uma unidade de gestão dos recursos hídricos, na qual podem ser aliados o meio natural ao social. Nesta ótica, é possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respostas da natureza como erosão dos solos, movimentos de massa, enchentes e deterioração da qualidade da água, cujos processos devem ser acompanhados por monitoramentos que levem à compreensão de uma natureza integrada. Além disso, os recursos hídricos em uma bacia servem como indicadores da manipulação do solo pelo homem. Assim, os rios que drenam uma região e as águas subterrâneas ali presentes apresentam características físico-químicas próprias, as quais refletem as características do meio, as atividades antrópicas e uso do solo nessas áreas (CUNHA & GUERRA, 1996).

A adoção da bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento surge da emergência das questões ambientais e da necessidade de um modelo de desenvolvimento sustentável. A bacia hidrográfica, além de se configurar como um ecossistema propício para o gerenciamento prático, possibilita a medição e a avaliação de quanto às sociedades humanas interferem nos sistemas naturais, principalmente no que diz respeito aos recursos hídricos, e quais as conseqüências para a sua sustentabilidade (GAMA, 2003).

Segundo Santos (2000), estudos de qualidade da água têm por finalidade identificar e quantificar as principais características e constituintes das águas, procurando estabelecer uma relação com o meio físico. A importância da qualidade da água para sociedade está bem fundamentada na Política Nacional de Recursos Hídricos que define, dentre seus objetivos, “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (Art. 2º, Cap. II, Tit. I, Lei nº 9.433/97).

Desta forma, as bacias hidrográficas são excelentes alternativas para o diagnóstico, planejamento e gerenciamento ambiental integrados dos recursos hídricos, já que a rede de drenagem de uma bacia pode ser capaz de indicar relações de causa-efeito, particularmente aquelas que envolvem o meio hídrico e qualidade da água.

1.2. Objetivo

No contexto anteriormente apresentado, o presente trabalho tem como objetivo promover a avaliação integrada do meio físico e da qualidade da água superficial e subterrânea de parte da sub-bacia hidrográfica do córrego Palmital. Para tanto, foi utilizada uma metodologia que engloba não somente análises da qualidade da água, mas também a caracterização sócio-ambiental e do uso e ocupação do solo e o levantamento de aspectos relativos aos solos e a geologia da sub-bacia, a fim de identificar os fatores que influenciam a qualidade dos recursos hídricos ali presentes.

Como objetivos específicos têm-se:

- Levantamento da rede hidrográfica local;
 - Levantamento do uso e ocupação do solo;
 - Caracterização geológica e pedológica;
-
- Avaliação da qualidade da água.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Ciclo Hidrológico – água superficial e água subterrânea

O ciclo hidrológico é a contínua circulação da água do mar e da terra para a atmosfera e vice-versa. A água evapora dos oceanos, lagos e rios para a atmosfera. Essa água depois precipita como chuva ou neve, podendo escorrer para os córregos e rios ou se infiltrar no solo e rocha, de onde uma parte é perdida para a atmosfera pela transpiração das plantas ou evapora. O restante se transforma em água subterrânea, que eventualmente deságua em córregos ou lagos de onde evapora ou segue para os oceanos (U.S. GEOLOGICAL SURVEY, 2009).

Para uma melhor compreensão dos processos hidrológicos e gestão de recursos hídricos, o ciclo hidrológico deve ser visto em uma escala ampla, levando em consideração sua variabilidade no tempo e no espaço e a interação da água com todos os compartimentos ambientais.

A Figura 1 a seguir esquematiza o ciclo hidrológico, considerando a água em todas as suas fases.

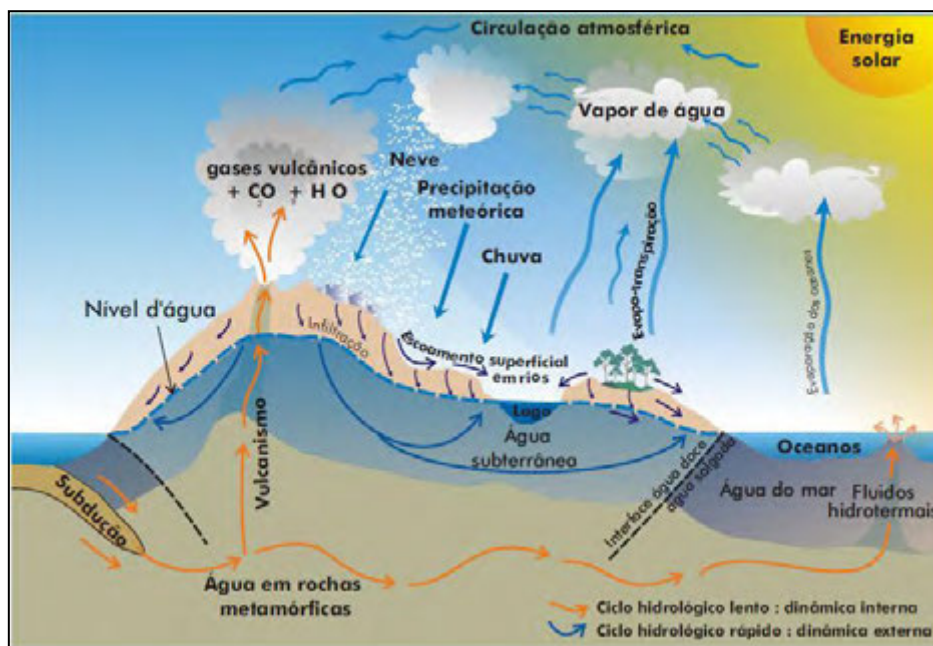


Figura 1 - Ciclo hidrológico.
Fonte: Karmann , 2000.

Segundo Jorge & Uehara (1998) águas superficiais são aquelas disponíveis em rios e lagos, em seus variados tamanhos, e ainda nas massas de gelo e neve, nas suas diversas formas de ocorrência. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1999) define água superficial como aquela que ocorre em corpos com superfície livre em contato direto com a atmosfera; ou seja, acima da superfície topográfica.

Já a água subterrânea é definida como parte da precipitação que se infiltra através do solo para o lençol freático. Localiza-se na zona saturada, abaixo do nível d'água, e preenche os espaços entre as partículas de solo ou rocha e as fraturas na rocha (U.S. GEOLOGICAL SURVEY, 2009).

Para Rebouças (2006), água subterrânea consiste na parcela da hidrosfera que ocorre na subsuperfície da Terra. Já Manoel Filho (2000) apresenta um conceito mais complexo e define água subterrânea como uma solução diluída de inúmeros elementos e compostos sólidos, líquidos ou gasosos em proporções diversas, provenientes do ar (durante o processo de condensação e precipitação), dos solos e das rochas (nos quais circula ou é armazenada) e do contato com as atividades humanas.

Tradicionalmente, a gestão dos recursos hídricos tem-se centrado nas águas superficiais ou subterrâneas, como se participassem de ciclos separados. Entretanto, analisando-se o ciclo hidrológico é possível afirmar que quase todas as características das águas de superfície (rios, lagos, reservatórios etc) interagem com as águas subterrâneas. Essas interações podem assumir variadas formas. Em muitas situações, sistemas de água subterrânea dão origem aos cursos d'água superficiais, transmitindo, além da água, diferentes tipos de soluto; e em outras, os cursos d'água são fonte de recarga de água para o solo e provocam alterações na qualidade da água subterrânea.

Além disso, a retirada de água dos córregos pode esgotar as águas subterrâneas ou, inversamente, o bombeamento de água no solo pode esgotar água em rios, lagos ou pântanos. A poluição das águas de superfície pode causar degradação da qualidade da subterrânea e, inversamente, a poluição das águas subterrâneas pode degradar as águas de superfície. Assim, a gestão eficaz da água exige uma compreensão clara das relações entre águas subterrâneas e superficiais observadas em qualquer cenário hidrológico (EPA, 1999).

2.2. Aspectos legais relacionados aos recursos hídricos

A legislação ambiental brasileira, que dispõe especificamente sobre os recursos hídricos, é marcada pelo Decreto nº 24.643 de 10 de Julho de 1934, que aprova o Código de Águas Brasileiro, criado com a finalidade de estabelecer o regime jurídico das águas no Brasil. Mesmo voltado para a priorização do setor de energia elétrica, o Código de Águas teve grande relevância, pois deu início a um trabalho de mudança de conceitos relativos ao uso e à propriedade das águas, classificando-as como públicas, de uso comum ou dominical.

Seguindo o mesmo princípio, a Constituição Federal de 1988 instituiu uma série de artigos que fundamentam o caráter público dos recursos hídricos e permite aos Estados e à União criar seus sistemas de gestão. Dessa forma, foi estabelecida pela União, em janeiro de 1997, a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), aprovada por meio da Lei nº 9.433/97, pela qual é criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A PNRH assume a água como um recurso natural e escasso, de domínio público, dotado de valor econômico. Embasa-se, na descentralização da gestão, na utilização da bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento, onde irão atuar os sistemas de gerenciamento dos recursos hídricos e nos usos múltiplos das águas, priorizando o consumo humano e a dessedentação de animais.

Em seus objetivos e diretrizes a PNRH deixa claro a indissociabilidade dos aspectos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos, dispondo, ainda, que a gestão de recursos hídricos deve-se adequar às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do país, promovendo-se a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental e a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo.

No Estado de Minas Gerais foi instituída dois anos mais tarde, em janeiro de 1.999, a Política Estadual de Recursos Hídricos, Lei Estadual nº 13199/99, que visa assegurar o controle, pelos usuários atuais e futuros, do uso da água e de sua utilização em

quantidade, qualidade e regime satisfatórios. Dispõe que para sua execução devem ser observados o gerenciamento integrado dos recursos hídricos com vistas ao uso múltiplo; a adoção da bacia hidrográfica, vista como sistema integrado que engloba os meios físico, biótico e antrópico, como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento, o reconhecimento da unidade do ciclo hidrológico em suas três fases: superficial, subterrânea e meteórica; a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade; dentre outros.

Ainda no Estado de Minas Gerais vale salientar a aprovação da Lei Estadual nº 13.771 em janeiro de 1999, que dispõe sobre a administração, a proteção e a conservação das águas subterrâneas de domínio do Estado, e da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1 de maio de 2008, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Com vistas à preservação e melhoria da qualidade dos cursos d'água e das águas subterrâneas e ao estabelecimento de padrões de potabilidade que auxiliem na prevenção de doenças de veiculação hídrica, surgem também normas importantes em nível federal, tais como a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde instituída em março de 2.004, a Resolução CONAMA nº 357 de março de 2005 e a Resolução CONAMA nº 396 de abril de 2008, que serão melhor comentadas no tópico qualidade da água.

2.3. Qualidade da Água

No contexto dos estudos e avaliação da qualidade da água, as normas federais e estaduais, que estabelecem classes, parâmetros e padrões de qualidade, assumem grande relevância. Para efeito do presente trabalho são consideradas a Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências; a Resolução CONAMA nº 357/05, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências; e a Resolução CONAMA nº 396/08, que dispõe

sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

Conforme citado, a qualidade da água está diretamente relacionada aos seus usos. A Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, por exemplo, faz referência somente ao uso da água para o consumo humano e estabelece que toda a água destinada a esse uso deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água. Para esta norma, água potável é a água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde.

Já a Resolução CONAMA nº 357/05 estabelece padrões para diversos usos e distribui as águas superficiais doces em cinco classes distintas de acordo com as condições e padrões de qualidade necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros. Entende-se por condições de qualidade as características da água apresentadas por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada; e por padrões de qualidade, valores limites adotados como requisito normativo de um parâmetro de qualidade da água ou efluente.

Ainda segundo a Resolução CONAMA nº 357/05, parâmetros de qualidade da água podem ser definidos como substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água.

A Resolução CONAMA nº 396/08 surge da necessidade de integração das políticas de gestão ambiental, de gestão de recursos hídricos, e de uso e ocupação do solo, a fim de garantir as funções social, econômica e ambiental das águas subterrâneas. Com esse objetivo classifica as águas de acordo com as características dos aquíferos em que estão inseridas e estabelece padrões de qualidade para essas classes.

Segundo a Resolução CONAMA nº 396/08 padrão de qualidade é definido como um valor limite adotado como limite normativo de um parâmetro de qualidade de água, estabelecido com base em valores de referência de qualidade e nos valores máximos permitidos para cada um dos usos preponderantes. Valor de referência de qualidade (VRQ) é a concentração ou valor de um dado parâmetro que define a qualidade natural

da água subterrânea e valor máximo permitido (VMP) é o limite máximo permitido de um dado parâmetro, específico para cada uso da água subterrânea.

A seguir são descritos os parâmetros de qualidade da água com relevância para o presente trabalho.

2.4. Parâmetros de qualidade da água

2.4.1. Alcalinidade

A alcalinidade da água traduz sua capacidade em neutralizar ácidos ou minimizar variações significativas de pH e é constituída principalmente de bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-), que se manifestam em função do pH. Valores elevados de alcalinidade na água estão associados à dissolução de rochas, à reação do CO_2 com água, à processos de decomposição da matéria orgânica, à atividade respiratória dos microorganismos e ao lançamento de efluentes industriais (VON SPERLING, 1996).

2.4.2. Cor

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Dentre os colóides orgânicos podem-se mencionar os ácidos húmico e fúlvico, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos. Também os esgotos sanitários e efluentes industriais se caracterizam por apresentarem predominantemente matéria em estado coloidal. Há também compostos inorgânicos capazes de possuir as propriedades e provocar os efeitos de matéria em estado coloidal. Os principais são os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo (CETESB, 2001).

2.4.3. Turbidez

A turbidez de uma amostra de água refere-se ao grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral etc.

No Brasil, a turbidez dos corpos d'água é elevada em regiões com solos erodíveis, nas quais as precipitações podem carrear partículas e óxidos metálicos do solo. Os rios brasileiros, em sua maioria, são naturalmente turvos em decorrência das características geológicas das bacias de drenagem, dos altos índices pluviométricos e do uso de práticas agrícolas muitas vezes inadequadas (LIBÂNIO, 2008).

2.4.4. Condutividade Elétrica

Segundo Philippi Jr. (2004), a condutividade elétrica representa a capacidade da água em conduzir corrente elétrica e é função das concentrações iônicas presentes na água e de sua temperatura. Esse parâmetro pode indicar a ocorrência de possíveis modificações na composição da água, especialmente aquelas referentes à concentração de minerais. À medida que o teor de sólidos dissolvidos na água aumenta, sua condutividade elétrica também aumenta. Altos valores de condutividade podem sugerir características corrosivas da água. Segundo Libânio (2008), águas naturais apresentam normalmente condutividade elétrica inferior a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, podendo atingir 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em corpos receptores de elevadas cargas de efluentes domésticos e industriais.

2.4.5. pH

O potencial hidrogeniônico (pH) consiste na concentração de íons H^+ e representa a intensidade das condições ácidas ou básicas da água. A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies que, normalmente, estão adaptados às condições de neutralidade. Dessa forma, alterações bruscas no pH podem causar sérios danos à vida aquática (PHILIPPI JR., 2004). O efeito indireto também é muito importante, pois determinadas condições de pH contribuem para a precipitação de elementos químicos

tóxicos como metais pesados e outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes.

A variação do pH pode ser de origem natural, isto é, pela dissolução das rochas, absorção de gases pela atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese; ou de origem humana, resultado de despejos domésticos e industriais (VON SPERLING, 1996).

2.4.6. Sólidos Totais

Segundo a CETESB (2001), em saneamento, sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. Nos estudos de controle de poluição das águas naturais e principalmente nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, as determinações dos níveis de concentração de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho (sólidos em suspensão e dissolvidos) e com relação à natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos).

2.4.7. DBO

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) consiste na quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por mecanismos de decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A $DBO_{5,20}$ é frequentemente usada e é considerada como a quantidade de oxigênio consumida durante um período de incubação de 5 dias a uma temperatura de 20°C. Os despejos de origem predominantemente orgânica elevam os valores de DBO da água e podem induzir à completa extinção do oxigênio na água, causando sérios danos à biota aquática Segundo (VON SPERLING, 1996).

De acordo com Santos (2000) nas águas subterrâneas, em geral, a DBO é inferior a 1 mg/L de O₂. Valores mais elevados indicam contaminação.

2.4.8. DQO

A DQO consiste na quantidade de oxigênio consumida na oxidação da matéria orgânica por um agente químico. É indicada para medir o teor de matéria orgânica oxidável e de substâncias capazes de consumir oxigênio, como por exemplo, Fe^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ etc. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial (CETESB, 2001; SANTOS, 2000).

A DQO é muito útil quando utilizada conjuntamente com a $\text{DBO}_{5,20}$ para observar a biodegradabilidade de despejos. Sabe-se que o poder de oxidação do dicromato de potássio é maior que o poder de oxidação da ação de microrganismos, exceto raríssimos casos como hidrocarbonetos aromáticos e piridina. Desta forma os resultados da DQO de uma amostra são superiores aos de $\text{DBO}_{5,20}$. Como na $\text{DBO}_{5,20}$ mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO significa que mais facilmente biodegradável será o efluente.

2.4.9. OD

Os níveis de oxigênio dissolvido indicam a capacidade de um curso d'água manter a vida aquática, uma vez que oxigênio é essencial à grande maioria dos seres vivos aquáticos. A medição do teor de oxigênio dissolvido permite avaliar os efeitos dos resíduos oxidáveis nos mecanismos de autodepuração dos corpos receptores (PHILIPPI JR., 2004).

O oxigênio é, evidentemente, um gás de grande importância biológica e na água participa de diversas reações químicas. Sua solubilidade na água depende da altitude, da temperatura da água (a solubilidade decresce com o aumento da temperatura) e da salinidade. A concentração de oxigênio dissolvido pode sofrer drástica redução devido ao aumento de material em suspensão na água, após intensas precipitações (TUNDISI, 2008).

Águas subterrâneas apresentam baixas concentrações de oxigênio dissolvido, pois a maior parte do oxigênio presente na água que infiltra no solo é consumida na oxidação da matéria orgânica durante a percolação da água. A maioria das águas subterrâneas tem concentrações de O_2 entre 0 e 5 mg/L (SANTOS, 2000).

2.4.10. Temperatura

Segundo a CETESB (2001), variações de temperatura nas águas superficiais são parte do regime climático normal. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termoelétricas.

A amplitude térmica anual das águas subterrâneas em geral é baixa (de 1 a 2 °C) e independe da temperatura atmosférica, a não ser nos aquíferos freáticos pouco profundos, onde a temperatura é um pouco superior à da superfície (SANTOS, 2000).

2.4.11. Cloretos

O cloreto é o ânion Cl⁻ que se apresenta nas águas subterrâneas através de solos e rochas (CETESB, 2001). É proveniente da lixiviação de minerais ferromagnesianos de rochas ígneas e de rochas evaporíticas tal como o sal-gema. A alta solubilidade e o lento movimento das águas no aquífero vão provocando aumentos gradativos e constantes dos teores de cloretos nas águas subterrâneas na direção do fluxo (SANTOS, 2000).

O aumento na concentração de cloretos na água indica a possível contaminação por esgotos domésticos, devido à excreção de cloreto pela urina, por efluentes industriais e por águas utilizadas para irrigação (PHILIPPI JR., 2004; VON SPERLING, 1996).

2.4.12. Coliformes Totais

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O termo “coliformes totais” congrega um grupo amplo de bactérias que são capazes de fermentar a lactose de 24 a 48 horas à temperatura 35°C a 37°C (CETESB, 2001; LIBÂNIO, 2008).

A análise de coliformes totais é empregada em estações de tratamento de água como indicador da qualidade da água tratada e da própria eficiência de potabilização (LIBÂNIO, 2008).

2.4.13. *E. coli*

A bactéria *Escherichia coli* pertence ao grupo dos coliformes termotolerantes, que são capazes de fermentar lactose em temperatura elevada ($44,5^{\circ}\text{C}\pm 0,2^{\circ}\text{C}$) por um prazo de 24 horas (LIBÂNIO, 2008). O uso dos coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso do coliforme "total", porque as bactérias termotolerantes estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente. Portanto, sua presença na água indica a ocorrência de contaminação fecal (CETESB, 2001).

O emprego do exame de *E.coli* no monitoramento da água bruta objetiva avaliar a probabilidade da presença de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratífóide, desenteria bacilar e cólera (CETESB, 2001; LIBÂNIO, 2008).

2.4.14. Nitrato

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as duas últimas, formas oxidadas. Pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio. Ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo. Se prevalecer nitrito e nitrato, ao contrário, significa que as descargas de esgotos se encontram distantes. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, nitrogênio amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas.

O nitrato representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica e teores acima de 5 mg/L podem ser indicativos de contaminação da água por atividade humana (esgotos, fossas sépticas, depósitos de lixo, cemitérios, adubos nitrogenados, resíduos de animais,

etc.). O nitrato ocorre, em geral, em pequenas quantidades e é muito móvel, podendo ser removido das camadas superiores do solo para a água. As águas subterrâneas apresentam geralmente teores de nitrato no intervalo de 0,1 a 10 mg/L porém, em águas poluídas, os teores podem chegar a 1000 mg/L (SANTOS, 2000).

2.4.15. Ferro

O ferro é comumente encontrado em águas naturais, geralmente em baixas concentrações (<0,3 mg/L), apresentando-se nas formas insolúvel (Fe^{3+}) e solúvel (Fe^{2+}). Aparece principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução de minério pelo gás carbônico da água, formando o carbonato ferroso (LIBÂNIO, 2008).

O carbonato ferroso é solúvel e freqüentemente é encontrado em águas de poços contendo elevados níveis de concentração de ferro. Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens. Também poderá ser importante a contribuição devida à efluentes industriais, pois muitas indústrias metalúrgicas desenvolvem atividades de remoção da camada oxidada (ferrugem) das peças antes de seu uso (CETESB, 2001).

2.4.16. Manganês

O comportamento do manganês nas águas é muito semelhante ao do ferro em seus aspectos mais diversos, sendo que a sua ocorrência é mais rara. O manganês desenvolve coloração negra na água, podendo-se se apresentar nos estados de oxidação Mn^{+2} (forma mais solúvel) e Mn^{+4} (forma menos solúvel) (CETESB, 2001).

O manganês geralmente está presente em quantidades de 0,2 mg/L ou menos em águas superficiais e raramente atinge concentrações de 1,0 mg/L. É muito usado na indústria do aço, na fabricação de ligas metálicas e baterias e na indústria química em tintas, vernizes, fogos de artificios e fertilizantes, entre outros (SANTOS, 2000).

2.4.17. Alumínio

É o principal constituinte de um grande número de componentes atmosféricos, particularmente de poeira derivada de solos e partículas originadas da combustão de carvão. Na água, o alumínio é complexado e influenciado pelo pH, temperatura e a presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. A solubilidade é baixa em pH entre 5,5 e 6,0. O aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez (CETESB, 2001).

2.4.18. Cromo

As concentrações de cromo em água doce são muito baixas, normalmente inferiores a 1 µg/L. É comumente utilizado em aplicações industriais e domésticas, como na produção de alumínio anodizado, aço inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos, papel, fotografia. Na forma trivalente o cromo é essencial ao metabolismo humano e, sua carência, causa doenças. Na forma hexavalente é tóxico e cancerígeno. Os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo total (CETESB, 2001).

2.4.19. Zinco

O zinco é encontrado em diversos fertilizantes e é também bastante utilizado em galvanoplastias na forma metálica e de sais tais como cloreto, sulfato, cianeto, etc. O zinco é um elemento essencial para o crescimento, porém, em concentrações acima de 5,0 mg/L, confere sabor à água e uma certa opalescência a águas alcalinas.

É largamente utilizado na indústria e pode entrar no meio ambiente através de processos naturais e antropogênicos, entre os quais destacam-se a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço, efluentes domésticos. (CETESB,2001).

2.4.20. Chumbo

O chumbo está presente no ar, no tabaco, nas bebidas e nos alimentos, nestes últimos, naturalmente, por contaminação e na embalagem. Está presente na água devido às descargas de efluentes industriais como, por exemplo, os efluentes das indústrias de

acumuladores (baterias), bem como devido ao uso indevido de tintas e tubulações e acessórios a base de chumbo (materiais de construção). O chumbo e seus compostos também são utilizados em eletrodeposição e metalurgia (PHILIPPI JR., 2004).

2.4.21. Níquel

A concentração de níquel em águas superficiais naturais podem chegar a aproximadamente 0,1 mg/L, embora concentrações de mais de 11,0 mg/L possam ser encontradas, principalmente em áreas de mineração. A maior contribuição para o meio ambiente, pela atividade humana, é a queima de combustíveis fósseis. Como contribuintes principais têm-se também os processos de mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição e, como fontes secundárias, temos fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados (CETESB,2001).

2.4.22. Cádmio

O cádmio se apresenta nas águas naturais devido às descargas de efluentes industriais, principalmente as galvanoplastias, produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes e acessórios fotográficos. É também usado como inseticida. A queima de combustíveis fósseis consiste também numa fonte de cádmio para o ambiente (CETESB, 2001).

2.4.23. Cobre

Em geral, o cobre ocorre em águas superficiais em concentrações bem menores que 20 µg/L. As principais fontes de cobre para o meio ambiente são corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgoto, usos agrícolas do cobre como fungicidas e pesticidas, precipitação atmosféricas de fontes industriais de mineração, fundição e refinação. A intoxicação por cobre é muito rara e a sua presença em sistemas de abastecimento de água, embora não constitua um perigo para a saúde, pode interferir nos usos domésticos (PHILIPPI JR., 2004).

2.5. Inter-relações existentes em bacias hidrográficas

A definição de limites de uma área de estudo que abrangesse as interações existentes entre os meios físicos e bióticos de um território era uma tarefa bastante difícil, até Bormann e Likens proporem a bacia hidrográfica como unidade básica de trabalho (SANTOS, 2004). A bacia hidrográfica, do ponto de vista hidrológico, é definida como uma área geográfica, drenada por um curso d'água principal, coletora da água de chuva que escoar pela superfície do solo e atinge uma seção de saída considerada (PINTO *et al*, 1976).

Os cursos d'água recebem das bacias hidrográficas e da rede de drenagem em que estão inseridos uma grande quantidade de componentes orgânicos e inorgânicos, que constituem a base da composição química da água (TUNDISI, 2008). As características da água são resultantes de fenômenos naturais e da atuação do homem, podendo-se dizer que, de maneira geral, a qualidade de uma determinada água é função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica (VON SPERLING, 1996).

Valente & Castro (1981) afirmam que a qualidade da água está relacionada não somente ao uso e ocupação do solo, mas também com a geologia, tipo de solo, o clima, o tipo e a quantidade de cobertura vegetal e o grau e modalidade de atividade humana dentro da bacia hidrográfica. Para Souza (1996) a qualidade da água de uma bacia depende de suas interações com todo o sistema, tanto do plano espacial, quanto temporal.

O conhecimento e a organização da qualidade e das características dos solos, identificados nos levantamentos de solos ou edafo-ambientais também são de grande relevância para o provimento de bases para identificação e avaliação dos impactos ambientais induzidos pela ação do homem e fornecimento da qualidade e da realidade dos recursos naturais; e no planejamento, elaboração de programas e identificação de problemas na implantação de práticas de manejo e conservação do solo e da água (PALMIERI & LARACH, 2003).

PRIMAVESI *et al.* (2002), avaliando a qualidade da água em áreas com diferentes usos do solo, verificaram que, na nascente com mata, a qualidade da água se mostrou melhor que nas nascentes com uso agrícola, sendo a cor, dureza, turbidez, condutividade

elétrica, alcalinidade, pH, demanda química de oxigênio (DQO) e oxigênio dissolvido (OD) as variáveis que mais explicaram essas diferenças.

Arcova & Cicco (1999), estudando a qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo, na região de Cunha, verificaram que os valores da temperatura, turbidez e cor aparente da água nas microbacias com agricultura foram superiores aos registrados nas microbacias florestadas, o que também foi observado neste estudo. A

Segundo Oliveira-Filho et al. (1994), a devastação das matas ciliares tem contribuído para o assoreamento, o aumento da turbidez das águas, o desequilíbrio do regime das cheias, a erosão das margens de grande número de cursos d'água, além do comprometimento da fauna silvestre. Arcova & Cicco (1997) salientam que, nas microbacias de uso agrícola, quando comparadas às de uso florestal, o transporte de sedimentos e a perda de nutrientes são maiores.

Neto et al. (1993) encontraram diferenças mineralógicas em rios tributários do Rio Manso-Cuiabá devido a diferenças geológicas e ao tipo de solo das microbacias hidrográficas. Souza & Tundisi (2000), estudando variáveis hidrogeoquímicas das bacias hidrográficas dos rios Jaú e Jacaré-Guaçu - SP, concluíram que essas variáveis sofrem influência direta da ação antrópica, do substrato geológico e do tipo de solo.

No que diz respeito às águas subterrâneas, mesmo com a bacia hidrográfica preservada em suas condições naturais, essas são afetadas pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, sendo, neste caso, a cobertura e a composição do solo fatores de grande influência na qualidade da água (VON SPERLING, 1996). Em condições naturais, a qualidade das águas subterrâneas é determinada principalmente pelas características do solo modificado e pelas interações água-rocha que acontecem na interface solo-rocha. A concentração inicial dos elementos terá muita semelhança com a geologia do local, entretanto, uma das maiores dificuldades na hidrogeologia é definir se a qualidade da água subterrânea é natural ou se foi afetada, em maior ou menor escala, pela atividade humana (EDMUND & SHANDS, 2009).

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada para este trabalho teve como base fundamentos da Lei Federal n° 9.433/97 e da Lei Estadual n° 13.199/99, de Minas Gerais e foi desenvolvida com o objetivo de subsidiar a caracterização ambiental, o monitoramento da qualidade da água e a avaliação integrada da qualidade da água na sub-bacia hidrográfica em estudo.

A pesquisa foi realizada a partir da obtenção de informações referentes à rede hidrográfica, ao uso do solo e da água, às atividades antrópicas, à geologia, à mineralogia e à pedologia local, seguidos de análises físico-químicas e microbiológicas das águas superficiais e subterrâneas. Procedeu-se à interpretação e avaliação dos resultados obtidos por meio de correlações e análises gráficas. A seqüência metodológica é apresentada na Figura 2 a seguir.

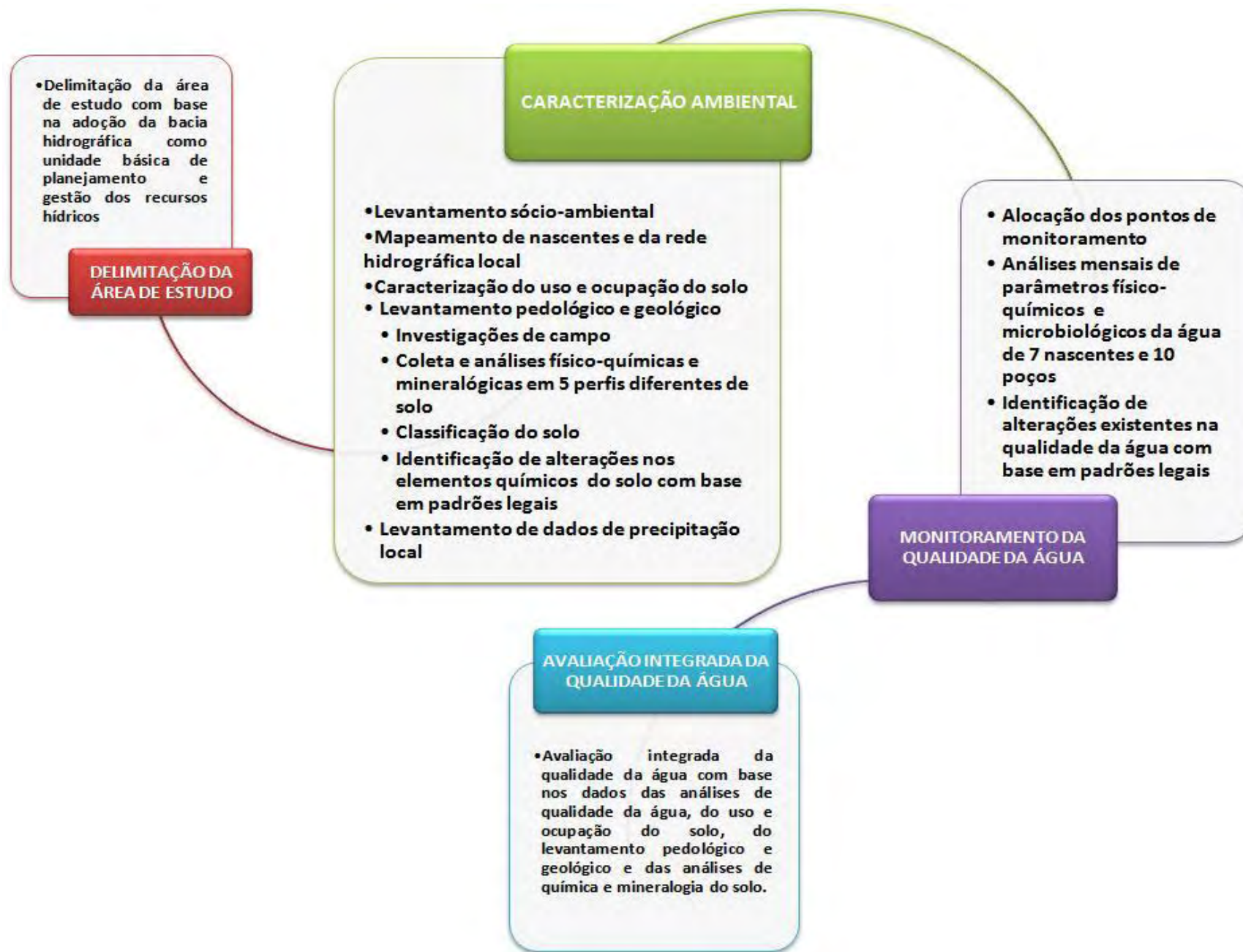


Figura 2 - Seqüência metodológica utilizada para o desenvolvimento da pesquisa

3.1. Características Gerais da Área de Estudo

A sub-bacia em estudo está localizada na zona rural do município de Viçosa, pertencente à Zona da Mata de Minas Gerais, entre os meridianos de 42°50'W e 42°52'W e entre os paralelos de 20°49'S e 20°51'S. Compreende uma área de aproximadamente 130 ha da sub-bacia do córrego Palmital, onde estão inseridas algumas das principais nascentes do ribeirão São Bartolomeu, manancial que abastece o município de Viçosa.

A região apresenta clima do tipo Cwa, de acordo com a classificação de Köppen, com inverno seco e verão chuvoso, temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e, no mês mais quente, superior a 22°C. A temperatura média anual é de 19,9°C com precipitação média anual de 1324 mm e umidade relativa do ar média de 82,1%, de acordo com dados recolhidos entre 1991 e 1994 (FERNANDES, 1996 *apud* FONTES *et al.*, 2006).

A bacia hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu está embasada em rochas pré-cambrianas, compreendendo gnaisses e migmatitos diversos. Sedimentos Quaternários ocorrem ao longo dos vales, constituindo depósitos aluvionares de caráter argiloso, argilo-arenoso ou arenoso, representados por terraços e leitos maiores de deposição mais recente (PORTES, 2008).

Os principais problemas ambientais observados na zona rural do município de Viçosa são, de acordo com Arruda (1997):

- 1) Comprometimento da vazão devido à construção de pequenas represas próximas às cabeceiras.
- 2) Desmatamento de matas ciliares.
- 3) Aparecimento de focos de erosão em áreas de pastagem e agricultura.
- 4) Contaminação de mananciais hídricos por fungicidas, inseticidas, fertilizantes, etc.
- 5) Desmatamento em áreas de nascentes.
- 6) Traçado inadequado de estradas e caminhos rurais.
- 7) Desmatamento para introdução de pastagens.
- 8) Contaminação de mananciais hídricos por efluentes de origem animal, advindos de currais, pocilgas e granjas.

- 9) Contaminação de mananciais hídricos por efluentes de origem humana, advindos de residências.
- 10) Contaminação de mananciais hídricos pela disposição de lixo doméstico.

3.2. Caracterização ambiental

A caracterização ambiental compreende o conhecimento detalhado dos aspectos ambientais de uma determinada área e representa uma importante etapa para todos os estudos que envolvem avaliação da qualidade ambiental. A metodologia utilizada para caracterização ambiental da sub-bacia em estudo será descrita a seguir e teve como objetivo levantar informações sobre diversos aspectos que influenciam a qualidade dos recursos hídricos e dar subsídio para uma avaliação integrada da qualidade da água.

3.3. Delimitação da área de estudo

A escolha da área de estudo levou em consideração a definição da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos, que é um dos fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos instituída pela Lei Federal 9.433/97. Além disso, optou-se por se trabalhar com uma bacia hidrográfica de pequeno porte devido à maior facilidade de isolamento e espacialização das variáveis ambientais que se pretende avaliar.

A delimitação de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas e ambientais. Para tanto, tem sido comum a utilização de informações de relevo, tanto no formato analógico, com fotografias aéreas e cartas topográficas (GARBRECHT & MARTZ, 1994), quanto em formato digital, através de diversos métodos desenvolvidos com o advento e consolidação dos Sistemas de Informações Geográficas (GARBRECHT & MARTZ, 1994; RENNÓ & SOARES, 2001)

Para traçar o limite da área utilizou-se uma imagem de satélite IKONOS de alta resolução do ano de 2007 juntamente com as curvas de nível da região, onde foram identificados os divisores de água, individualizando-se a sub-bacia com o auxílio do *software* ArgGis 9.2. A Figura 3 apresenta o limite da sub-bacia em estudo.

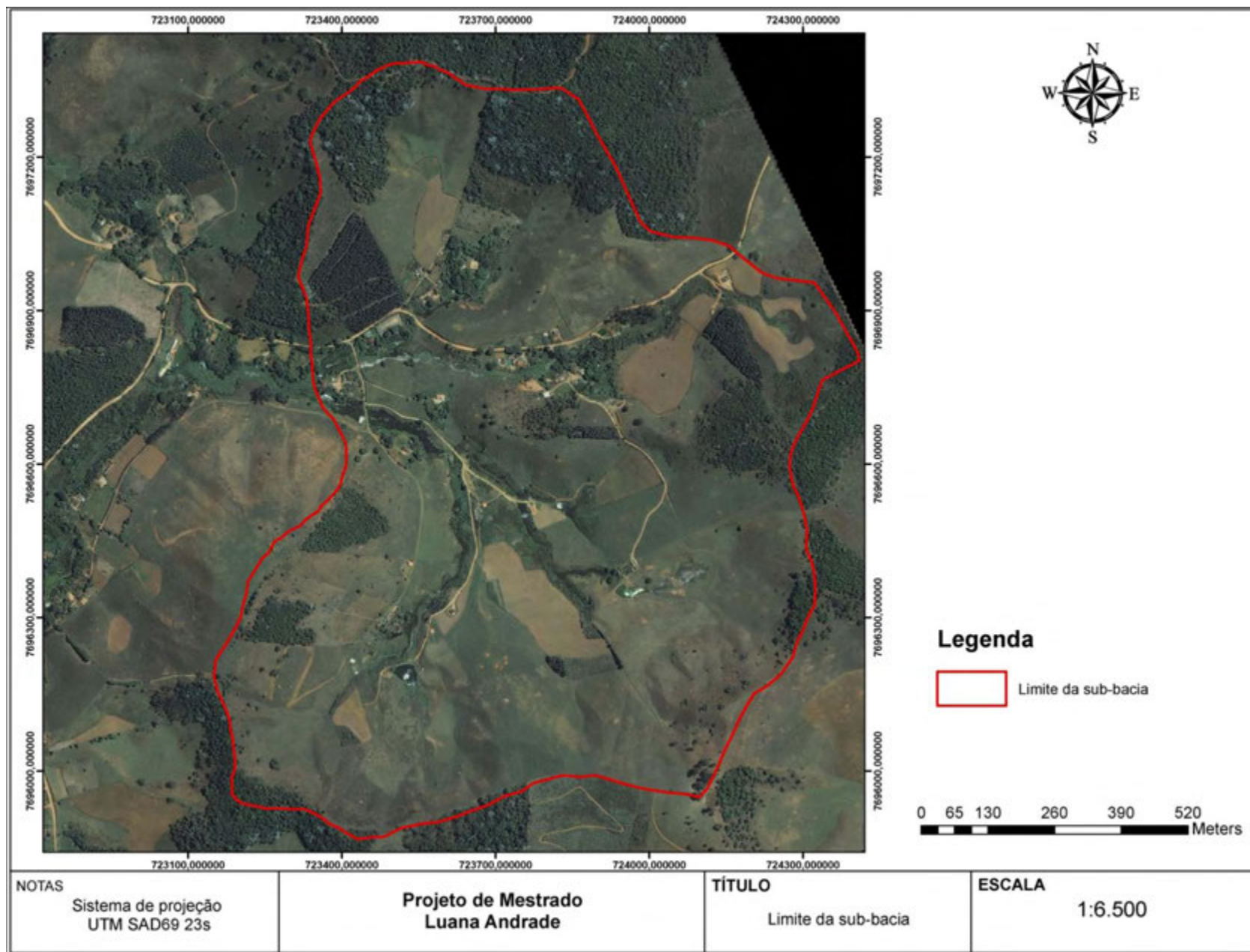


Figura 3 - Limite da sub-bacia em estudo.

3.4. Levantamento sócio-ambiental

O levantamento sócio-ambiental foi realizado com o objetivo de integrar a comunidade e coletar informações referentes ao abastecimento e uso da água, à destinação dos efluentes líquidos e dos resíduos sólidos, ao uso e ocupação do solo, à utilização de defensivos agrícolas, à presença de nascentes e poços de captação de água subterrânea e às atividades antrópicas desenvolvidas nas propriedades. Para tanto, visitou-se todas as propriedades existentes na sub-bacia, aplicando-se um questionário junto aos moradores, que pode ser visualizado no Apêndice A do presente trabalho.

A partir desse levantamento foi possível realizar o cadastramento dos poços presentes na área de estudo e dos possíveis pontos de surgência de água, identificar a existência de fossas sépticas, negras ou sumidouros, fazer um mapeamento das diversas atividades econômicas e de subsistência exercidas na sub-bacia e obter informações iniciais sobre o uso e ocupação do solo que auxiliaram nos trabalhos de campo que vieram a seguir.

Todos os pontos de interesse para a pesquisa tiveram as coordenadas coletadas utilizando um Global Positioning System (GPS) e foram posteriormente adicionados à imagem IKONOS por meio do *software* ArcGis 9.2, com objetivo de visualizar a distribuição destes na sub-bacia.

3.5. Mapeamento de nascentes e da rede hidrográfica local

Para o mapeamento da rede de drenagem procedeu-se ao cadastro das nascentes presentes na área de estudo e posterior identificação dos cursos d'água. Tanto as nascentes quanto a rede hidrográfica foram mapeadas por meio da interpretação da imagem IKONOS e de trabalhos de campo, nos quais se procedeu ao reconhecimento da área e à coleta de coordenadas dos pontos relevantes com o auxílio de um GPS (GPSMAP® 60CSx da marca Garmin).

As informações coletadas em campo foram trabalhadas e adicionadas à imagem de satélite por meio do *software* ArgGis 9.2, traçando-se assim a rede hidrográfica local.

3.6. Caracterização do uso e ocupação do solo

A caracterização do uso do solo foi obtida por meio de trabalhos de campo e da interpretação da imagem de satélite. Os trabalhos de campo tiveram como objetivo levantar os principais usos do solo na sub-bacia, que foram demarcados com o auxílio de um GPS.

Posteriormente, os dados coletados foram sobrepostos à imagem IKONOS da área e utilizando-se o *software* Arcgis 9.2 identificou-se o uso e ocupação do solo de toda a sub-bacia.

3.7. Levantamento pedológico e geológico

Para a caracterização dos solos da sub-bacia em estudo foi utilizada a imagem IKONOS da área e um mapa planialtimétrico contendo curvas de nível equidistantes de 5 m e hidrografia, na escala de 1:5.000.

Desta maneira, as investigações de campo para identificação dos solos foram realizadas com o auxílio da imagem IKONOS, do mapa de elevação e do mapa de declividade derivados de um Modelo Digital de Elevação com resolução espacial de 10 m, com a finalidade de se obter informações sobre as unidades de paisagem da área estudada. Nessa etapa foram registradas as características morfológicas de perfis de solos e aspectos referentes à geologia, relevo, declividade, vegetação, pedregosidade, rochosidade e drenagem dos solos. Para fins de caracterização foram utilizados 05 perfis de solos, nos quais foram também coletadas informações consideradas representativas das condições ambientais da área estudada. O mapa de elevação e o mapa de declividade encontram-se no Apêndice B desse trabalho.

Após a descrição dos solos, foram coletadas amostras dos principais horizontes dos 5 perfis, num total de 27 amostras, que foram enviadas aos laboratórios do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) para análises físicas, químicas e mineralógicas. A coleta foi realizada em sacos plásticos devidamente identificados.

As seguintes análises foram realizadas: pH (H₂O e KCl), P, K, Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³, H + Al, Soma de Bases Trocáveis (SB), Capacidade de Troca Catiônica Efetiva (t), Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0 (T), Índice de Saturação de Bases (V), Índice de Saturação de Alumínio (m), Matéria Orgânica (MO), e Fósforo Remanescente (P-rem), Granulometria e Argila dispersa em Água (ADA), todos analisados de acordo com a metodologia proposta por EMBRAPA (1997).

A classificação do solo foi efetuada analisando-se os resultados dos trabalhos de campo e as análises laboratoriais, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006). O mapa de solos da sub-bacia foi elaborado com o auxílio do *software* ArcGis 9.2.

Foram realizadas ainda, com objetivo de detectar interações do solo com a qualidade da água, análises mineralógicas da fração argila natural e a análise dos elementos: Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Cd, Pb e Ni.

As análises e as metodologias utilizadas encontram-se listadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Metodologia utilizada para as análises de solo.

Análise	Método
pH	pH em água, KCl e CaCl ₂ – Relação 1:2,5
P, Na e K	Extrator ácido de melich 1*
Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³	Extrator KCl – 1 mol.L ⁻¹
Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Cd, Pb e Ni	Extrator Nitroperclórico, espectrofotometria de emissão de plasma Perkim-elmer Óptima 3300-DV
MO	Walkley-Black
T	Acetato de cálcio
m	Extrator KCl – 1 mol.L ⁻¹
ADA	Dispersão mecânica em agitador tipo Wagner
Granulometria	Sedimentação
Mineralogia	Argila natural – Raio X

* Solução de HCl 0,05 mol.L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol.L⁻¹.

Os resultados obtidos para os elementos Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, Cr, Pb e Ni foram avaliados e comparados, quando existente, com os valores de referência de prevenção

de qualidade (VRQ)¹ e com os valores de investigação (VI)² para o uso agrícola do solo estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 420/09, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Apesar do método utilizado não corresponder ao descrito na metodologia apresentada pela USEPA 3050b (1996), exigida pela Resolução CONAMA n° 420/09, foi possível comparar os valores, uma vez que também faz uso de ácido forte para a extração das substâncias inorgânicas, que dissolve quase todos os elementos que poderiam se tornar ambientalmente disponíveis. O método não quantifica os elementos ligados à estrutura de silicatos, bem como o proposto pela USEPA 3050b (1996), pois não são dissolvidos por esses procedimentos e normalmente não são móveis no ambiente.

Concomitantemente aos trabalhos realizados para o levantamento pedológico foram coletados dados sobre a geologia local, identificando-se o principal tipo de rocha presente na sub-bacia e as principais estruturas geológicas com o auxílio de um bússola.

¹ VRQ é a concentração de determinada substância que define a qualidade natural do solo, sendo

² VI é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição padronizado.

3.8. Levantamento de dados de precipitação local

O levantamento de dados relativos à precipitação local teve como objetivo avaliar a variação dos índices pluviométricos durante os oito meses em que foram realizadas as coletas de água. Os dados são referentes ao município de Viçosa e foram obtidos junto à Estação Climatológica do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV.

3.9. Monitoramento da qualidade da água

O monitoramento da qualidade da água é um dos mais importantes instrumentos da gestão dos recursos hídricos. Ele consiste basicamente no acompanhamento sistemático dos aspectos qualitativos das águas, visando à produção de informações que possam auxiliar na detecção de não-conformidades e na melhoria da qualidade dos recursos hídricos. As etapas para o monitoramento da qualidade da água na área de estudo são descritas a seguir.

3.9.1. Alocação dos pontos de monitoramento

Após o levantamento da rede hidrográfica local e do cadastramento dos poços de captação de água subterrânea na sub-bacia, procedeu-se à seleção dos pontos de monitoramento, visando verificar a qualidade da água superficial e subterrânea. A alocação dos pontos foi realizada buscando-se abranger toda a área de estudo, procurando-se estabelecer pontos em áreas de cabeceira e também próximo nas áreas próximas ao exutório da sub-bacia.

Foram alocados pontos de monitoramento em 7 nascentes e 10 poços, utilizados para avaliação da qualidade da água superficial e subterrânea, respectivamente. A Tabela 2 e a Figura 4 apresentam as coordenadas e a espacialização desses pontos na sub-bacia.

Tabela 2 - Coordenadas dos pontos de monitoramento da qualidade da água.

Ponto de monitoramento	Coordenada UTM SAD69 23S	
	X	Y
	Poços	
P1	7696799,269	723273,298
P2	7696845,741	723476,005
P3	7697003,469	723646,446
P4	7696750,28	723772,41

P5	7696401,211	723985,705
P6	7696536,079	723895,523
P7	7696730,627	723606,107
P8	7696633,754	723530,044
P9	7696348,312	723635,538
P10	7696272,31	723481,894
Nascentes		
	X	Y
N1	7696988,023	723685,359
N2	7696729,31	723951,22
N3	7696552,845	723900,948
N4	7696407,072	724120,296
N5	7696882,873	724235,641
N6	7696127,224	723572,081
N7	7696113,405	723374,669

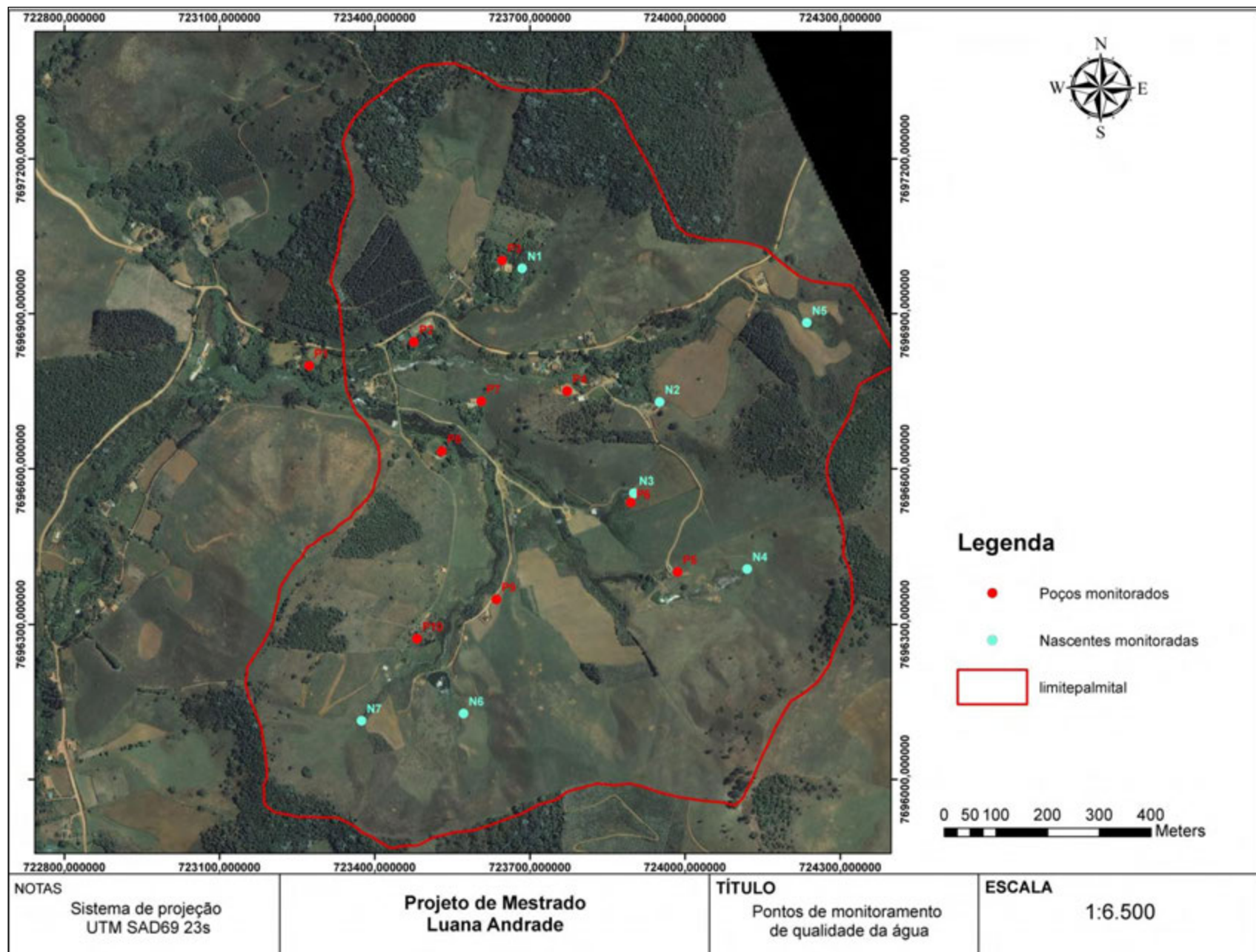


Figura 4 - Pontos de monitoramento da qualidade da água.

A profundidade de cada poço é apresentada na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 - Profundidade dos poços de monitoramento.

Poço	Profundidade (m)
P1	6
P2	15
P3	20
P4	6
P5	21
P6	15
P7	20
P8	8
P9	6
P10	6

3.9.2. Análises de qualidade da água

As análises de qualidade da água da sub-bacia tiveram como objetivo detectar parâmetros físico-químicos e microbiológicos acima dos valores estabelecidos pela legislação ambiental vigente.

As coletas foram realizadas mensalmente, no período de maio a dezembro de 2009, em dez poços (utilizados para abastecimento humano) e sete nascentes. Os poços foram utilizados para o monitoramento da água subterrânea e as nascentes para determinação da qualidade da água superficial logo em seus pontos de surgência.

As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno de 500 mL, os quais foram lavados com a água a ser amostrada em cada ponto de monitoramento antes de efetuar a coleta, com exceção das amostras destinadas às análises microbiológicas, que foram acondicionadas em frascos de vidros de 100 mL esterilizados. Os frascos foram conservados em uma caixa térmica com gelo, com objetivo de preservar as condições das águas coletadas. O processo de amostragem de água superficial foi efetuado conforme as recomendações das normas internacionais de monitoramento de qualidade da água (EPA, 1999) e para água subterrânea foram utilizadas as recomendações propostas por Santos (2000).

As amostras de água subterrânea foram coletadas na saída dos poços de captação de água subterrânea, passando antes por uma tubulação. Para evitar interferências significativas nos resultados, os poços foram bobeados no momento da coleta, deixando

a água escorrer por cinco minutos antes de acondicioná-las nos frascos de amostragem. (SANTOS, 2000)

Em cada um dos pontos selecionados foi realizada a análise de diversos parâmetros, tais como: alcalinidade, cor, turbidez, condutividade elétrica, pH, sólidos totais, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), temperatura da água, cloretos, coliformes totais, *E. coli*, nitrato, ferro total, manganês total, alumínio total, cromo total, zinco total, chumbo total, níquel total, cádmio total e cobre total, variando a cada campanha, como demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Descrição dos parâmetros analisados a cada campanha.

Campanhas	Data	Parâmetros Analisados
1ª campanha	25/05/09	Alcalinidade, Cor, Turbidez, pH, C.E., ST, DQO, DBO, OD, Temperatura, Cl ⁻ , C.T. e <i>E.coli</i>
2ª campanha	15/6/2009	Alcalinidade, Cor, Turbidez, pH, C.E., ST, DQO, DBO, OD, Nitrato Total Temperatura, Cl ⁻ , Fe, Mn, C.T., <i>E.coli</i> , Cr, Zn, Pb, Ni, Cd, Cu e Al
3ª campanha	22/7/2009	Alcalinidade, Cor, Turbidez, pH, C.E., ST, DQO, DBO, OD, Nitrato Total Temperatura, Cl ⁻ , Fe, Mn, C.T., <i>E.coli</i> , Cr, Zn, Pb, Ni, Cd, Cu e Al
4ª campanha	26/8/2009	Alcalinidade, Cor, Turbidez, pH, C.E., ST, DQO, DBO, OD, Nitrato Total Temperatura, Cl ⁻ , Fe, Mn, Cr, Zn, Pb, Ni, Cd, Cu e Al
5ª campanha	30/9/2009	Alcalinidade, Cor, Turbidez, pH, C.E., DQO, DBO, OD, Nitrato Total Temperatura, Cl ⁻ , Fe, Mn, C.T., <i>E.coli</i> , Cr, Zn, Pb, Ni, Cd, Cu e Al
6ª campanha	29/10/2009	Alcalinidade, Cor, Turbidez, pH, C.E., OD, Nitrato Total, Temperatura e Cl ⁻
7ª campanha	29/11/2009	Alcalinidade, Cor, Turbidez, pH, C.E., ST, DQO, DBO, OD, Temperatura, Cl ⁻ , Fe, Mn, C.T., <i>E.coli</i> , Cr, Zn, Pb, Ni, Cd, Cu e Al
8ª campanha	10/12/2009	Alcalinidade, Cor, Turbidez, pH, C.E., ST, DQO, DBO, OD, Nitrato Total Temperatura, Cl ⁻ , Fe, Mn, C.T., <i>E.coli</i> , Cr, Zn, Pb, Ni, Cd, Cu e Al

As análises foram realizadas no Laboratório da Divisão de Água e Esgoto da UFV e no Laboratório de Matéria Orgânica e Resíduos Sólidos do Departamento de Solos da UFV, seguindo as metodologias relacionadas na Tabela 5. Os parâmetros analisados a cada campanha variaram devido à rotina dos laboratórios.

Tabela 5 - Métodos utilizados para as análises de qualidade da água.

Parâmetro	Técnica analítica e/ou método	Equipamento/ reagente	Referência
Temperatura	SM 2550	pHmetro / condutivímetro OAKTON WD-35630-69	APHA, WEF, AWWA (1998)
pH	Potenciometria (SM 4500 – H ⁺)		
Condutividade elétrica	Condutivimetria (2510 B)		
DBO	Titulometria/ incubação por 5 dias a 20°C±1°C (5210 B) e método de Winkler – modificação por azida (SM 4500-O C)	Frascos de DBO, BOD Tecnal TE-391	APHA, WEF, AWWA (2005)
DQO	Método Oxidimétrico – Refluxo Aberto (SM 5220 B)	Condensador Tecnal SEBELIN TE-188	
OD	Titulometria/ método de Winkler – modificação por azida (SM 4500-O C)	Frascos de DBO, BOD Tecnal TE-391	
Sólidos totais	Gravimetria (SM 2540 B)	Banho-maria TE-056 mag Tecnal, estufa Ind. Com. Fornos Magnu's LTDA, mufla Nova Técnica	
Nitrato	Espectrofotometria/ método de redução de cádmio (4500-NO ₃ ⁻ Nitrogen F)	Espectrofotômetro DR2000, reagente NitraVer®5 Nitrate	APHA, WEF, AWWA (1998)
Nitrito	Espectrofotometria/ método de redução de cádmio (4500-NO ₂ ⁻ CB)	Espectrofotômetro DR2000, reagente NitriVer®5	
Coliformes totais e <i>E. coli</i>	Substrato Enzimático (cromogênico – fluorogênico) (SM 9223 B)	Kit Colilert®	APHA, WEF,

Cloretos	Titulometria/ método argentométrico (4500-Cl ⁻ B)	-	AWWA (2005)
Turbidez	Método nephelométrico (2130 B)	Hach 2100 AN Turbidimeter	
Alcalinidade	Titulometria (SM 2320 B)	-	
Cor	Comparação visual (SM 2120 B)	Tubos tipo Nessler, aparelho de comparação visual Nessler Quanti 200	
Metais	Espectrofotometria de emissão de plasma	Nitroperclórico, espectrofotômetro de emissão de plasma Perkim-elmer Óptima 3300-DV	-

Para quantificação dos metais na água foi utilizada a amostra bruta (sem filtrar), procedendo-se a extração nitroperclórica, assim como feita para os solos, identificando-se os valores totais de cada metal presente nas amostras coletadas. Este método não é padrão para análises de água e foi utilizado com o objetivo de se comparar com os resultados obtidos nas análises de solo.

Os resultados obtidos nas análises de qualidade da água foram comparados, quando possível, com os padrões estabelecidos pela Portaria n° 518/04 do Ministério da Saúde e pela Resolução CONAMA n° 396/08, para águas subterrâneas, e com os padrões da Resolução CONAMA n° 357/05, para águas superficiais, visando identificar os parâmetros que apresentaram alterações em suas concentrações.

Para os parâmetros ferro total, alumínio total e cobre total foram utilizados, a título de comparação, os valores determinados pela legislação para esses elementos na forma dissolvida. Essa comparação é fundamentada no fato de que as concentrações encontradas pelo método de extração utilizado (nitroperclórico) são ambientalmente disponíveis, ou seja, apesar de não estar prontamente disponível tais elementos podem ser liberados para o meio. As alterações encontradas não representam não conformidades com a legislação.

3.10. Avaliação integrada da qualidade da água

A partir da identificação dos parâmetros de qualidade da água que apresentaram suas concentrações acima dos padrões permitidos pelas normas legais, procurou-se

estabelecer relações com as demais informações disponíveis (pedologia, mineralogia, geologia, ocupação e uso do solo, precipitação e atividades antrópicas) com o objetivo de identificar a origem das alterações, procedendo-se, desta maneira, à avaliação integrada da qualidade da água superficial e subterrânea.

4. RESULTADOS

4.1. Caracterização Físico-Ambiental

4.1.1. Levantamento socioambiental

Por meio do levantamento sócioambiental foram cadastradas quinze propriedades rurais de pequeno porte, em que residem trinta e seis pessoas. As atividades desenvolvidas na sub-bacia restringem-se ao cultivo de café, milho, feijão, hortaliças, frutas e eucalipto e à criação de gado de corte e de leite e de pequenos animais. Os principais usos da água identificados foram: abastecimento humano, dessedentação de animais e irrigação de hortaliças.

O uso de fertilizante químico (NPK) foi verificado em cinco propriedades, outras três fazem o uso do fertilizante natural (esterco) e em apenas uma propriedade foi notificado o uso do pesticida *roundup*. A Tabela 6 a seguir resume as principais informações levantadas em cada uma das propriedades rurais inseridas na sub-bacia000000000a.

Tabela 6 - Levantamento e caracterização das propriedades rurais na área de estudo.

ID	Área (ha)	Nº moradores	Forma de abastecimento de água	Destino dos efluentes domésticos	Atividades desenvolvidas	Uso da água	Uso de fertilizantes e/ou pesticidas
PR 1	2,5	1	Poço semi-artesiano	Fossa de infiltração*	Plantação de milho e criação de gado de leite	Abastecimento humano e dessedentação de animais	-
PR 2	11	*	Poço semi-artesiano	Fossa de infiltração	Plantação de eucalipto, café e frutas	Abastecimento humano e irrigação de pequeno porte	-
PR 3	11	*	Poço semi-artesiano e nascente	Fossa de infiltração	Plantação de milho e feijão e criação gado de leite	Abastecimento humano e dessedentação de animais	NPK
PR 4	5	*	Poço semi-artesiano	Despejo direto no curso d'água	Plantação de frutas	Abastecimento humano	-
PR 5	10	6	Poço semi-artesiano e nascente	Fossa de infiltração	Plantação de milho, feijão e café e criação de gado de corte	Abastecimento humano e dessedentação de animais	-

PR 6	-	5	Poço semi-artesiano	Despejo direto no curso d'água	Plantação de milho e hortaliças	Abastecimento humano e irrigação de hortaliças	NPK e <i>roundup</i>
PR 7	3,5	4	Poço semi-artesiano	Fossa de infiltração	Plantação de milho e criação de pequenos animais	Abastecimento humano e dessedentação de animais	-
PR 8	1	7	Poço semi-artesiano e nascente	Fossa de infiltração	Plantação de milho, feijão hortaliças e café e criação de gado de leite e de pequenos	Abastecimento humano, irrigação de hortaliças e dessedentação de animais	-
PR 9	5	1	Poço artesiano	Fossa de infiltração	Plantação de frutas e criação de gado de leite	Abastecimento humano e dessedentação de animais	Esterco
PR 10	4	3	Poço semi-artesiano	Fossa de infiltração	Plantação de milho, feijão e frutas	Abastecimento humano	-
PR 11	-	2	Poço artesiano	Fossa de infiltração	Plantação de café e feijão	Abastecimento humano	NPK
PR 12	14	*	Poço artesiano	Fossa de infiltração	Plantação de eucalipto, frutas e criação de gado de corte e de pequenos animais	Abastecimento humano e dessedentação de animais	NPK
PR 13	5	2	Poço artesiano	Fossa de infiltração	Plantação de feijão, mandioca, milho, frutas e criação de porcos	Abastecimento humano, irrigação de hortaliças e dessedentação de animais	NPK
PR 14	2,5	5	Poço semi-artesiano	Fossa de infiltração	Café e criação de gado de corte	Abastecimento humano e dessedentação de animais	Esterco
PR 15	5	*	Nascente	Despejo direto no curso d'água	Plantação de café, pastagem e criação de gado de corte e de pequenos animais	Dessedentação de animais	Esterco
Total	79,5	36	-	-	-	-	-

* Sítio de fim de semana. **Sistema de disposição de esgotos que apresenta as paredes de alvenaria e o fundo descoberto, favorecendo a infiltração do efluente no solo.

A área total da sub-bacia corresponde a 131 ha, onde foram identificados 15 poços de captação de água subterrânea e 12 fossas, cuja distribuição é demonstrada na Figura 5 a seguir.

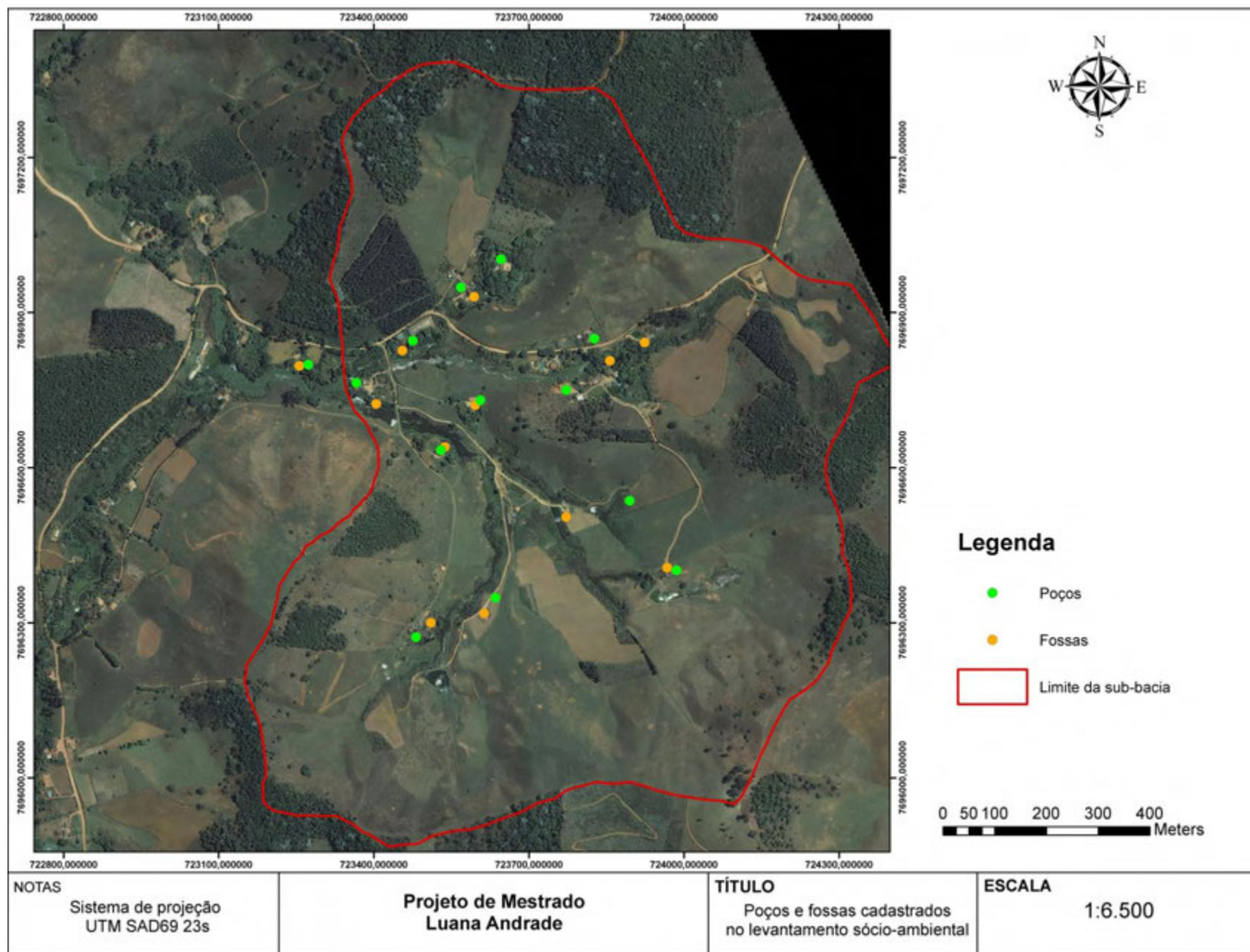


Figura 5 - Poços e fossas levantados na área de estudo.

É possível notar pela Figura 5 acima a proximidade de algumas fossas e poços, chegando a menos de 10 m.

4.1.2. Rede hidrográfica local

Segundo a classificação de Jorge & Uehara (1998) a sub-bacia apresenta uma rede de drenagem exorréica, drenagem aberta que se destina a rios perenes e periódicos, pouco ramificada e do tipo dendrítica, que ocorre tipicamente sobre rochas de resistência uniforme ou em rochas estratificadas horizontais. Os cursos d'água existentes na sub-bacia são, de maneira geral, rasos e estreitos conforme demonstra a Figura 6.



Figura 6 - Exemplo de curso d'água inserido na sub-bacia.

Foram identificadas 15 nascentes na sub-bacia, que serviram de base para o mapeamento da rede hidrográfica local. As nascentes e a rede hidrográfica podem ser observadas na Figura 7 a seguir.

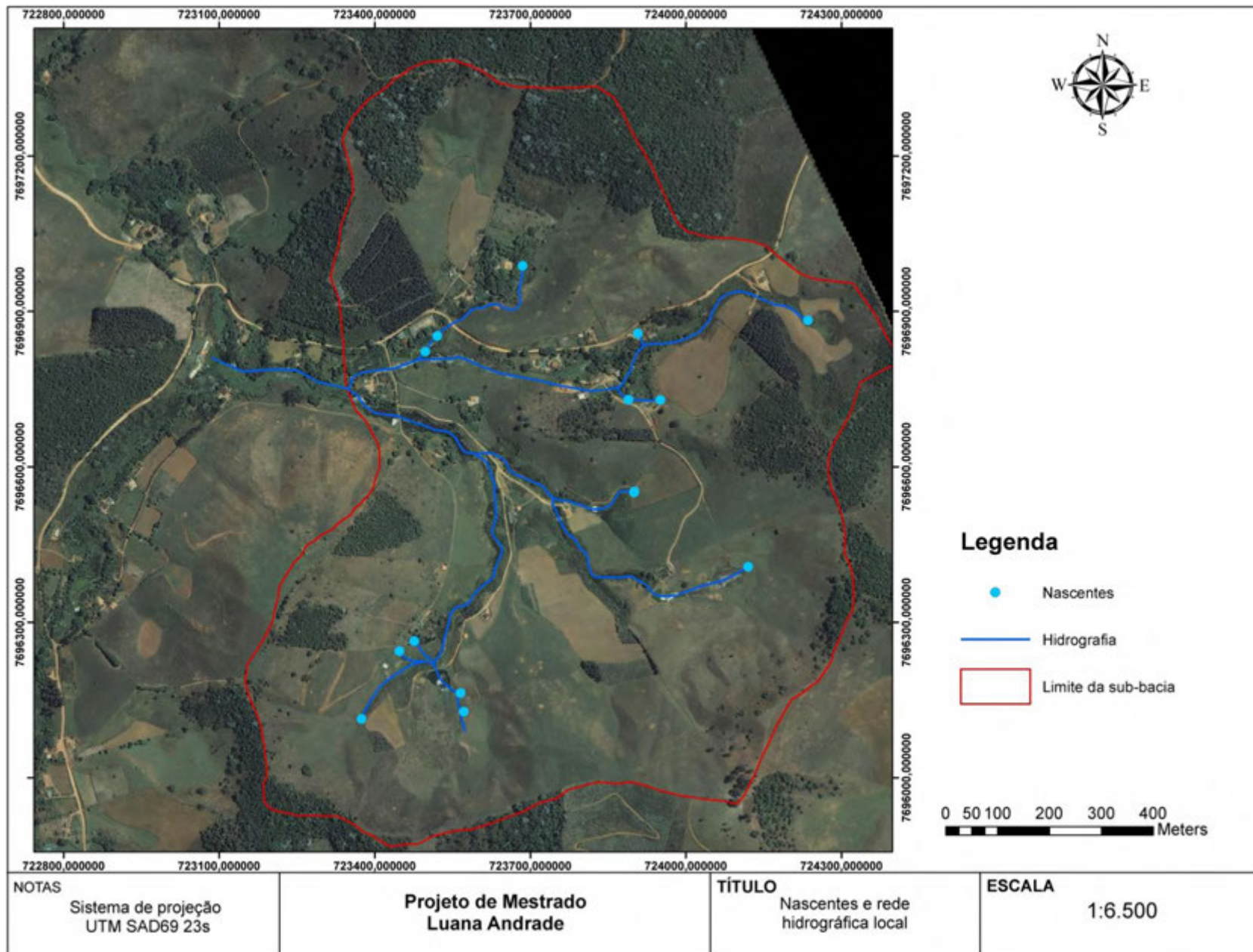


Figura 7 - Nascentes e rede hidrográfica local.

4.1.3. Caracterização do uso e ocupação do solo

Os usos do solo detectados na sub-bacia foram pastagem, mata, eucalipto, café, milho, feijão, pomar, cana de açúcar e taboal. O gráfico a seguir demonstra a proporção de área ocupada pelos principais usos identificados (Figura 8).

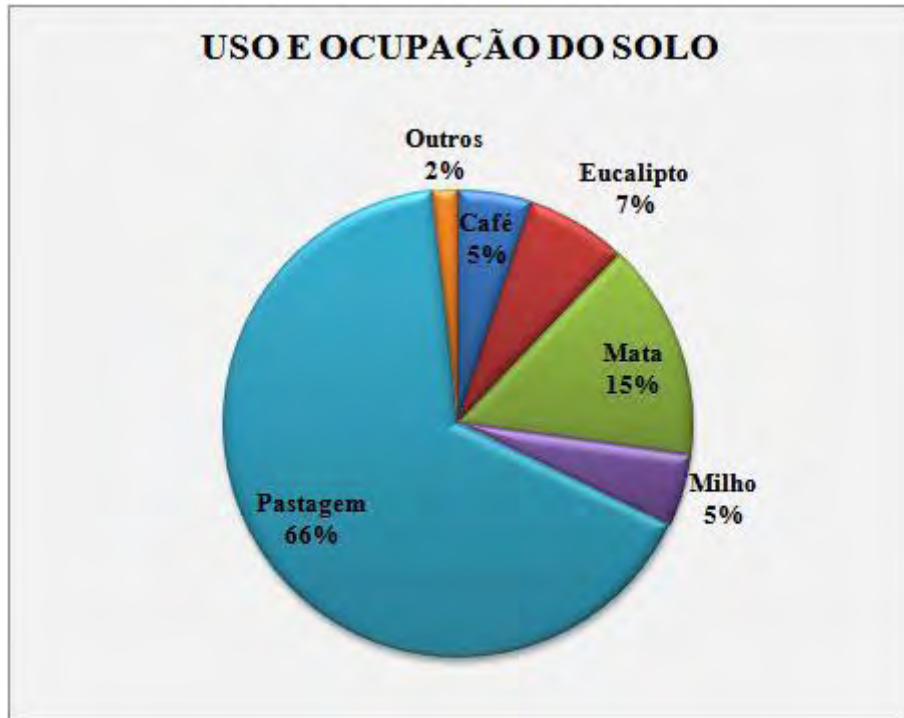


Figura 8 - Proporção de área utilizada pelos principais usos.

Por volta de 66% da área estudada são cobertos por pastagem, 15% por mata, 7% por eucalipto, 5% por café, 5% por milho e os 2% restantes cobertos por feijão, cana-de-açúcar, pomar e taboal.

O mapa exibido na Figura 9 a seguir demonstra a distribuição dos usos do solo, acima relacionados, na área de estudo e foi elaborado com o objetivo auxiliar na compreensão da influência de determinados usos do solo na qualidade da água superficial e subterrânea.

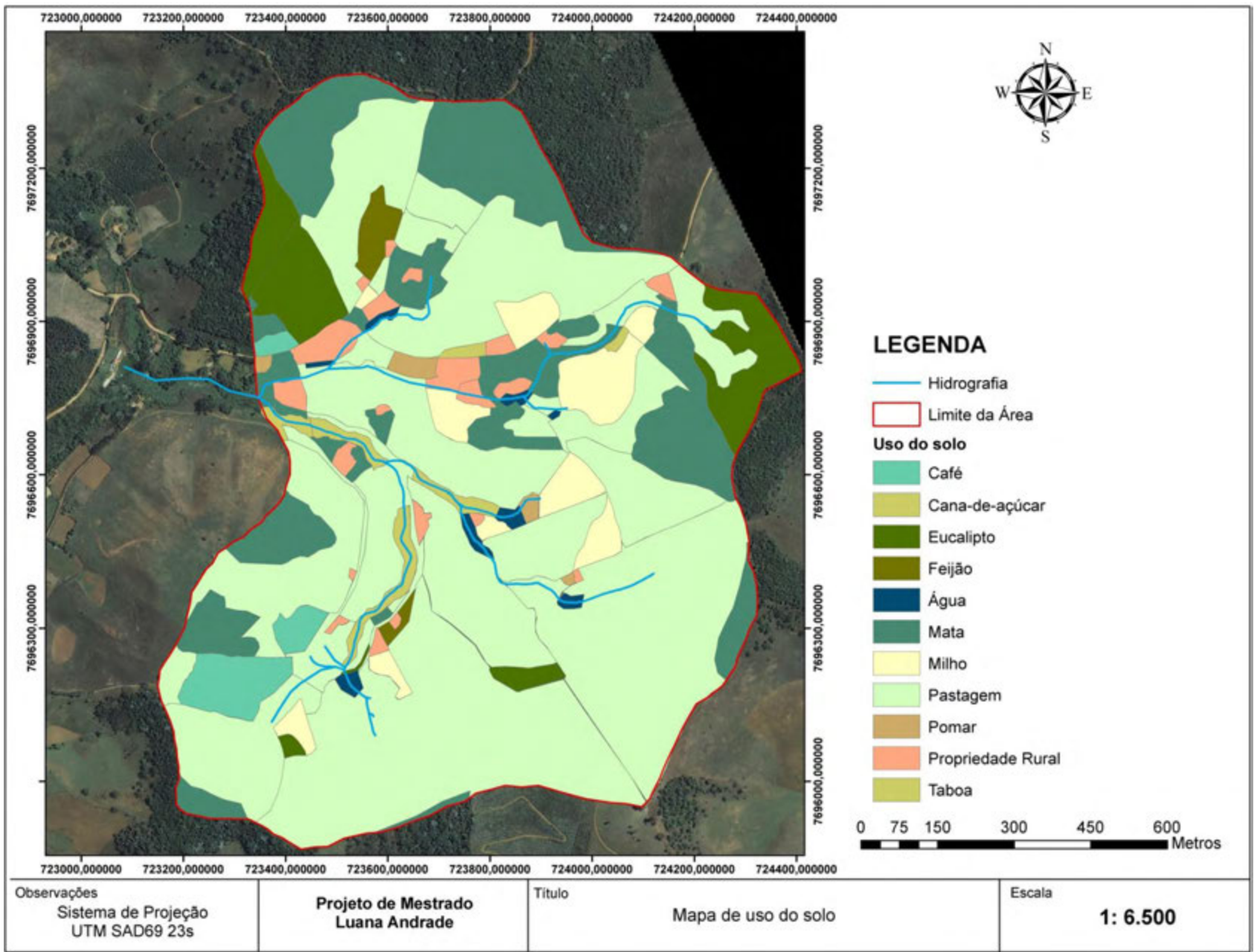


Figura 9 - Uso e ocupação do solo na sub-bacia.

4.1.4. Levantamento geológico e pedológico

4.1.4.1. Geologia

Por meio das investigações de campo foi possível detectar o gnaiss como o principal tipo de rocha presente na sub-bacia, cuja geologia é bastante homogênea. Essa rocha é característica de toda área de estudo e é encontrada em diversos estágios de alteração intempérica, com predomínio dos materiais mais intemperizados (Figura 10).



Afloramento de gnaiss extremamente alterado, com nível de quartzo leitoso bem preservado, micáceo, de cor rósea, com níveis caulinizados de cor branca. Também ocorre solo residual jovem no mesmo afloramento, sobrejacente à rocha extremamente alterada. Foliação: 042/350. Coordenadas: 723.951/7.696.872.



Corte mostrando solo residual jovem de gnaiss (SRJ). Foliação: 060/330. Coordenadas: 723.126/7.696.853

Figura 10 – Exemplos de afloramentos de gnaiss encontrados na área de estudo.

Os gnaisses são rochas metamórficas, compostas por mais de 20% de feldspato potássico (microclínio e/ou ortoclásio), plagioclásio (albita, oligoclásio, andesina), e ainda quartzo e biotita, podendo apresentar como constituintes menores clorita, anfíbólio, granada, estauroлита, sillimanita, cianita, carbonato, cordierita, espinélio verde, opacos, titanita e epidoto. Sua composição química é principalmente sílico-aluminosa com álcalis ou cálcio-alcálica (MACHADO et al, 2003).

Segundo pesquisas do projeto RADAMBRASIL (1983) a área de estudo encontra-se na unidade metabásica, caracterizada pela presença do gnaiss Piedade, cuja composição foi analisada em diversas amostras relacionadas na Tabela 7 a seguir, onde é possível observar a predominância dos óxidos de silício e alumínio na composição de todas as amostras analisadas, seguidos pelos óxidos de ferro, cálcio, sódio e potássio.

Tabela 7 - Análises químicas de rochas do Gnaiss Piedade.

Nº da amostra	105	97	36	89	90	103	34	32	98	88	
Análises químicas Elementos maiores (%)	SiO ₂	74,05	71,16	71,00	67,59	63,48	60,37	59,20	51,40	50,56	47,71
	Al ₂ O ₃	11,35	12,81	14,37	13,31	14,35	15,47	16,23	15,94	15,83	16,76
	Fe ₂ O ₃	1,85	1,85	0,25	2,25	0,77	0,44	1,56	0,44	5,48	3,34
	FeO	1,99	1,90	1,74	2,69	5,69	7,31	6,06	9,55	5,60	7,50
	MnO	0,07	0,04	0,02	0,10	0,12	0,18	0,15	0,18	0,23	0,15
	MgO	0,50	0,41	0,30	0,87	2,54	3,31	1,78	4,20	6,78	5,06
	CaO	1,25	0,63	1,16	2,33	4,15	4,41	3,80	6,29	8,55	8,44
	Na ₂ O	3,60	2,55	4,72	3,14	3,87	4,45	4,58	4,85	3,21	3,48
	K ₂ O	3,40	5,49	5,18	4,72	3,20	2,12	4,42	3,13	1,20	2,90
	TiO ₂	0,24	0,54	0,16	0,83	0,75	1,06	1,27	2,16	1,67	2,36
	P ₂ O ₅	0,03	0,06	0,16	0,25	0,20	0,14	0,35	0,60	0,22	0,96
	H ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PF	1,04	0,57	0,41	1,01	1,11	1,22	0,72	1,18	0,71	1,44
	Total	99,37	99,01	99,47	99,09	100,23	100,46	100,12	99,92	100,04	100,10
Elem. menores e traços (ppm)	Ba	308	1334	679	1508	860	159	1415	1352	1551	2200
	Rb	66,6	168	254	136	50,8	16,1	53,9	92,7	110	124
	Sr	126	182	123	269	495	239	283	434	479	1094
	Y	9,4	43,0	10,6	28,2	22,1	80,1	79,3	59,1	19,9	18,3
	Zr	352	705	93	389	200	181	686	347	180	310

Fonte: Oliveira (1980) *apud* RADAMBRASIL (1983)

A região está inserida hidrogeologicamente no Mapa de Províncias Hidrogeológicas do Brasil (Pessoa et al, 1980) na Sub-província Escudo Oriental 6-b, com predominância de aquífero granular, caracterizado por depósitos aluvionares e solos de alteração das rochas metamórficas aí existentes.

4.1.4.2. Solos

A descrição dos perfis e o resultado das análises físicas e químicas podem ser verificados no Apêndice C desse trabalho.

Foram identificados na sub-bacia Cambissolo Háplico, Latossolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Vermelho-Amarelo. O mapa semidetalhado dos solos da sub-bacia estudada é apresentado na Figura 11 a seguir.

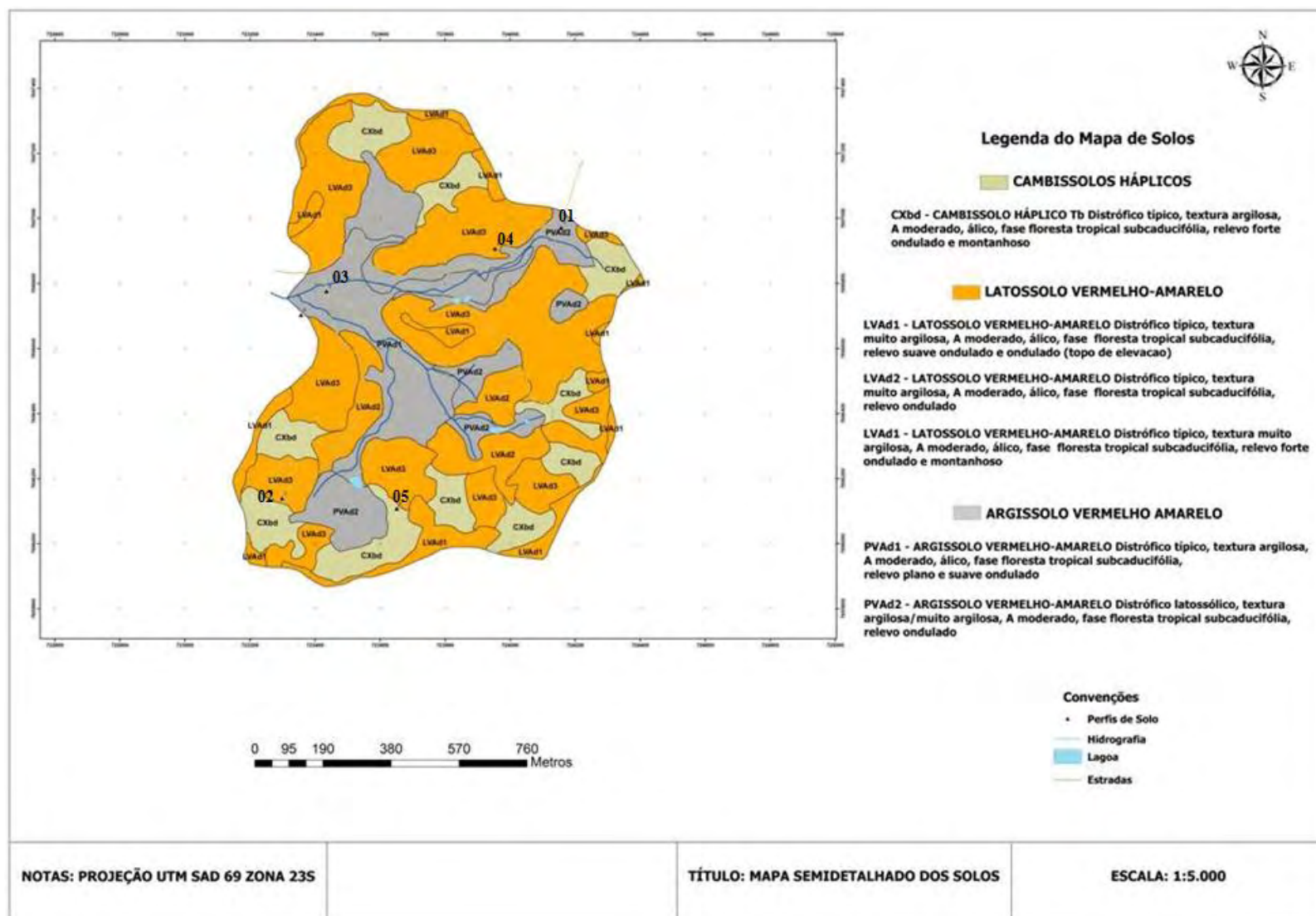


Figura 11 –Mapa semidetalhado dos solos da sub-bacia.s resultados das demais análises são apresentados e discutidos a seguir.

4.1.4.2.1. Mineralogia da Fração Argila

Os gráficos, gerados a partir dos resultados obtidos na difratometria de raios-X, com a identificação dos minerais estão apresentando no Apêndice C desse trabalho.

Pode-se observar que os solos analisados apresentam apenas uma pequena quantidade de minerais primários facilmente intemperizáveis (biotita), quase ausentes nos horizontes B, sendo constituídos predominantemente por óxidos de ferro (hematita e goethita), óxidos de alumínio (gibbsita) e argilominerais do grupo 1:1 (caulinita), apresentando também uma pequena quantidade de argilominerais do grupo 2:1 (esmectita). A ocorrência desses minerais é típica de ambientes que sofreram intenso intemperismo químico. Em alguns casos, visualiza-se a hematita, mineral que tem um alto poder pigmentante e mesmo em baixas concentrações consegue imprimir sua cor característica vermelha nos solos (FONTES, 2006). Assim, apesar do pico característico da hematita não ser identificado em todas as amostras, sua presença pode ser inferida pela cor.

Vale salientar que os Latossolos desenvolvem-se, especialmente, por ação das águas de infiltração, que promovem a alteração dos minerais presentes no substrato pedológico e a remoção, por lixiviação, de substâncias solúveis (principalmente bases e sílicas), deixando *in situ* substâncias menos solúveis (especialmente ferro e alumínio) na forma oxidada, condições favoráveis para a formação de argilominerais do grupo caulínico, como pode ser observado pelo pico de intensidade da caulinita na Figura 66 e na Figura 68. Os Argissolos apresentam mineralogia semelhante às observadas nos Latossolos, sendo também ricos em caulinita (SALOMÃO & ANTUNES, 1998).

Devido às características da rocha de origem (gnaisse) a mineralogia dos Cambissolos também não apresenta muita variação, caracterizando altos picos de caulinita, que é um dos resultados do intemperismo do feldspato (FONTES, 2006).

4.1.4.2.2. Análise química dos elementos Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, Cr, Pb e Ni

Os resultados obtidos para as análises dos elementos Cu, Zn, Cd, Cr, Pb e Ni foram comparados com os valores de referência de prevenção de qualidade e com os valores

de investigação para o uso agrícola do solo estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 420/09 listados na Tabela 8 a seguir.

Tabela 8 - Padrões de qualidade do solo estabelecidos pela Resolução CONAMA 420/09.

Parâmetro	Referência de Prevenção de Qualidade (VRQ)	Investigação Agrícola APMáx
Chumbo (mg.kg ⁻¹)	72	180
Cobre (mg.kg ⁻¹)	60	200
Cromo (mg.kg ⁻¹)	75	150
Níquel (mg.kg ⁻¹)	30	70
Zinco (mg.kg ⁻¹)	300	450
Cádmio (mg.kg ⁻¹)	1,3	3

A seguir são apresentados os resultados obtidos para cada um dos elementos citados nos diferentes horizontes dos 5 perfis de solo coletados.

Perfil	Horizonte	Fe (mg.Kg ⁻¹)	Mn (mg.Kg ⁻¹)	Cu (mg.Kg ⁻¹)	Zn (mg.Kg ⁻¹)	Cd (mg.Kg ⁻¹)	Pb (mg/Kg ⁻¹)	Cr (mg/Kg ⁻¹)	Ni (mg/Kg ⁻¹)
1	AP (0-20 cm)	-	67.20	4.61	785.57	0.27	7.42	10.24	4.50
	BA (20-33 cm)	93240.53	75.07	3.90	278.02	0.28	6.85	6.45	3.52
	Bt1 (33-71 cm)	12964.85	36.21	5.00	127.31	0.32	7.50	7.28	4.03
	Bt2 (71-120 cm)	14278.66	6.40	4.46	19.71	0.34	8.25	7.57	4.02
	Bt3 (120-166 cm)	15947.05	10.50	3.80	-	0.38	8.33	5.44	3.09
	BC (166-200 cm)	14676.65	5.83	4.11	16.11	0.36	8.86	5.46	3.06
	BC (166-200 cm)	18258.23	45.37	6.35	5.69	0.35	7.37	10.80	3.99
2	AB (22-38 cm)	17796.49	36.25	6.20	5.33	0.36	6.69	10.57	3.73
	BA (38-53 cm)	19758.03	13.22	6.76	5.51	0.39	7.33	10.76	4.13
	Bw1 (53-112 cm)	21688.77	10.55	6.59	5.27	0.41	7.55	10.91	4.01
	Bw2 (112-180 cm)	25288.65	3.05	7.15	5.56	0.56	8.69	12.05	4.03
3	Ap (0-17 cm)	12170.68	149.37	6.13	6.98	0.29	11.13	4.68	3.10
	AB (17-30 cm)	13185.47	160.54	6.14	6.20	0.34	11.00	5.74	3.99
	Bt1 (30-64 cm)	20412.02	247.68	10.17	9.02	0.51	17.43	7.98	5.41
	Bt2 (64-99 cm)	22754.88	169.88	13.45	8.83	0.58	18.30	9.16	6.53
	BC (99-113 cm)	17677.24	117.62	9.81	7.28	0.48	16.05	8.38	5.42
	C (113-150 cm)	17912.92	240.83	7.63	7.21	0.47	14.68	7.18	4.89
4	Ap (0-20 cm)	18740.04	184.88	6.26	5.97	0.58	13.19	9.61	5.33
	AB (20-37 cm)	20171.04	83.61	6.18	4.98	0.54	13.39	9.02	4.33
	BA (37-52 cm)	22737.19	44.33	6.83	5.44	0.64	13.41	8.87	4.56
	Bw1 (52-96 cm)	25297.97	53.52	7.11	6.22	0.66	15.09	9.14	6.03
	Bw2 (96 - 135 cm)	29831.77	30.42	8.21	6.45	0.74	16.29	10.14	6.66
	BC (135 - 175 cm)	12125.64	11.05	5.04	4.22	0.46	10.56	6.85	5.05
5	Ap (0-32 cm)	8317.07	3.99	2.70	3.24	3.72	9.99	3.62	3.54
	BA (32-50 cm)	17318.24	0.00	5.03	3.43	1.65	10.88	3.95	3.39
	Bi (50-82 cm)	13178.42	2.57	2.71	2.46	2.28	9.71	3.21	2.63
	C (82-120+ cm)	28392.57	13.84	4.87	4.32	3.86	16.98	6.02	5.17

Tabela 9 - Concentração dos elementos Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, Cr, Pb e Ni nos diferentes perfis de solos.

Os resultados obtidos demonstram um alerta de prevenção de qualidade somente para o parâmetro zinco no horizonte Ap do perfil 01, que também ultrapassou o valor de investigação para uso agrícola.

Os parâmetros ferro e manganês não apresentam padrão estabelecido pela Resolução CONAMA n° 420/09, pois apresentam grande variação de concentração natural nos diferentes tipos de solos brasileiros. Entretanto, pode-se observar que os valores obtidos para concentração de ferro são muito superiores aos dos demais elementos. O mesmo ocorre com a concentração de manganês que, na maioria das vezes, são superiores aos de Cu, Zn, Cd, Cr, Pb e Ni.

4.1.5. Levantamento de dados de precipitação local

Na são apresentados dados de precipitação mensal no município de Viçosa/MG no período de maio a dezembro de 2009.

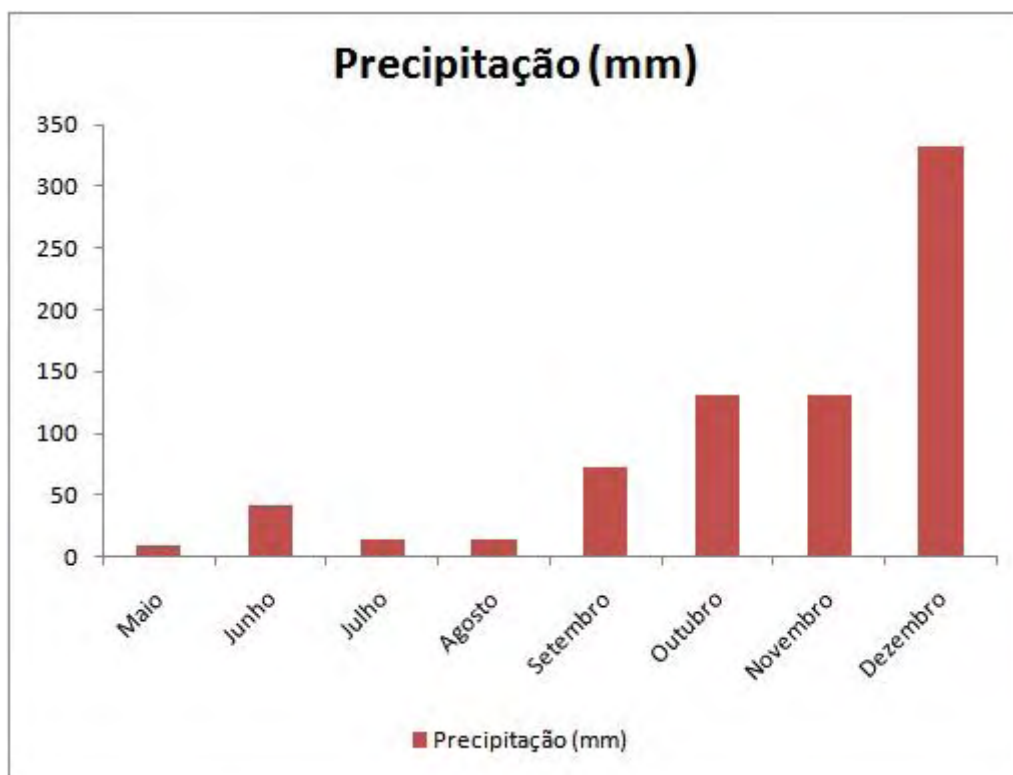


Figura 12 – Dados mensais de precipitação do período de maio a dezembro de 2009 para o município de Viçosa/MG.

4.2. Monitoramento da qualidade da água

Os resultados obtidos para cada análise foram organizados por parâmetros e podem ser visualizados no Apêndice D desse trabalho. A análise dos resultados obtidos no monitoramento da qualidade da água foi realizada separadamente para água superficial e para água subterrânea e será apresentada a seguir.

4.2.1.1. Águas Superficiais

Os padrões utilizados para análise da qualidade da água superficial são os estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/05 listados na Tabela 10.

Tabela 10 - Padrões de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05.

Parâmetro	Padrão Resolução CONAMA n° 357/05 (Cursos d'água classe 2)
Coliformes termotolerantes (<i>E.coli</i>)	1000 org/100 mL (E. coli)
DBO	5 mg/L O ₂
OD	> 5 mg/L O ₂
Turbidez	100 UNT
Cor	75 mg Pt/L
pH	6,0 a 9,0
Nitrato	10,0 mg/L N
Cloreto total	250 mg/L Cl
Chumbo total	0,01mg/L Pb
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Cádmio total	0,001 mg/L Cd
Zinco total	0,18 mg/L Zn

Os parâmetros alcalinidade, condutividade elétrica, temperatura da água, sólidos totais, DQO, coliformes totais, alumínio total, ferro total e cobre total não apresentam padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/05, entretanto, são de grande relevância no que diz respeito à qualidade da água e também foram analisados e serão apresentados na seqüência.

Para a melhor visualização das não conformidades e da variação dos parâmetros, foram elaborados gráficos em que são apresentados os resultados obtidos para cada nascente ao longo das campanhas realizadas. Primeiramente, são demonstrados e analisados os gráficos dos parâmetros para os quais existe limite legal estabelecido, seguidos pelos gráficos dos demais parâmetros e análises.

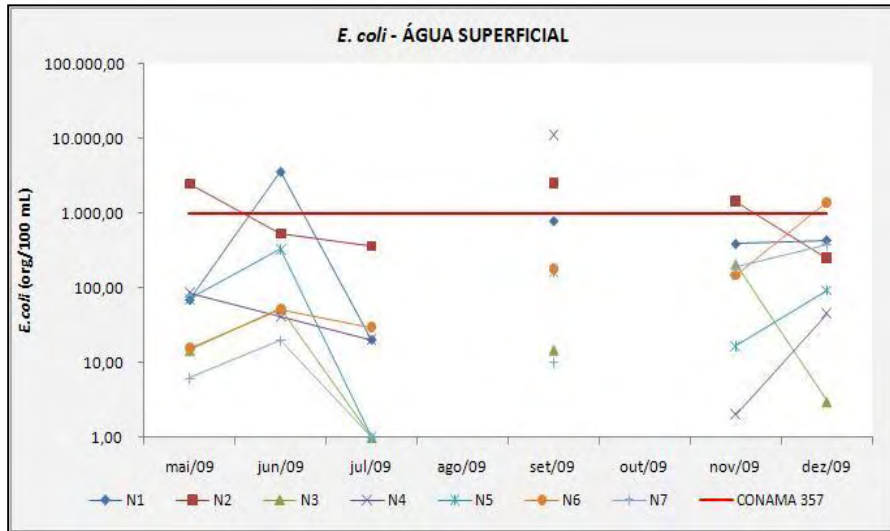


Figura 13 - Variação do parâmetro *E. coli* nas águas superficiais.

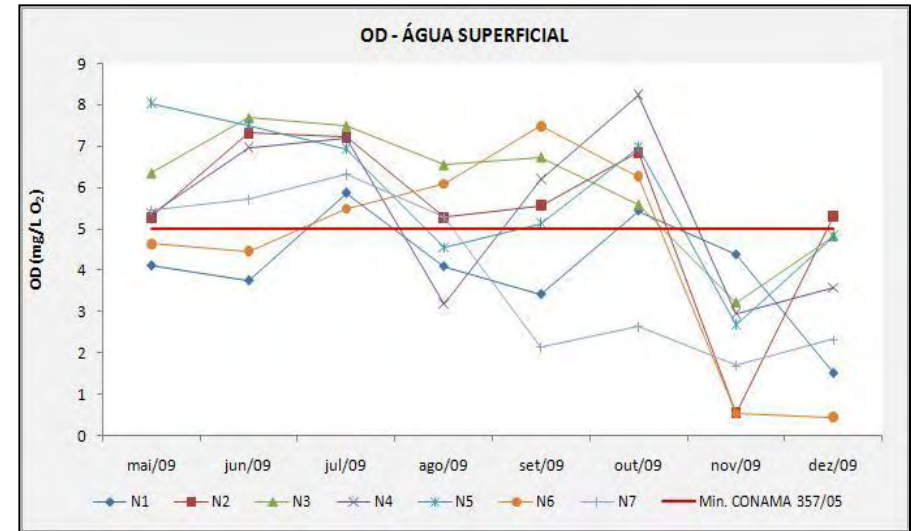


Figura 15 - Variação do parâmetro OD nas águas superficiais.

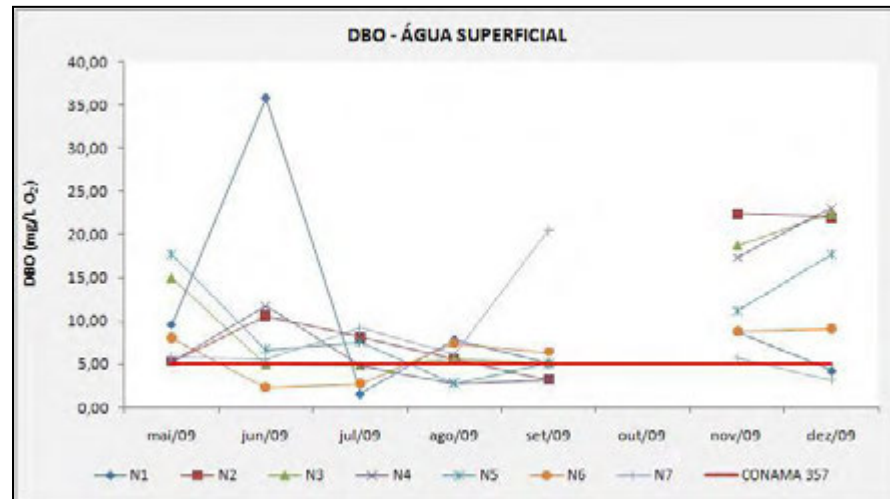


Figura 14 - Variação do parâmetro DBO nas águas superficiais.

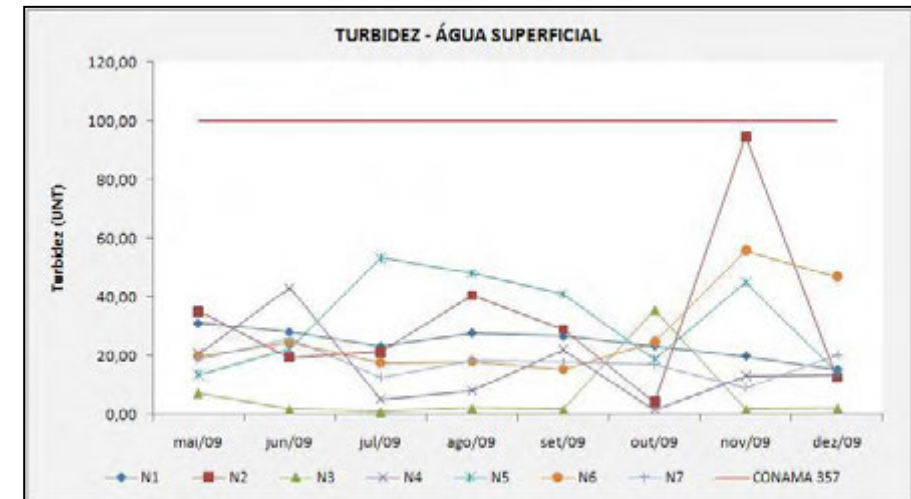


Figura 16 - Variação do parâmetro turbidez nas águas superficiais.

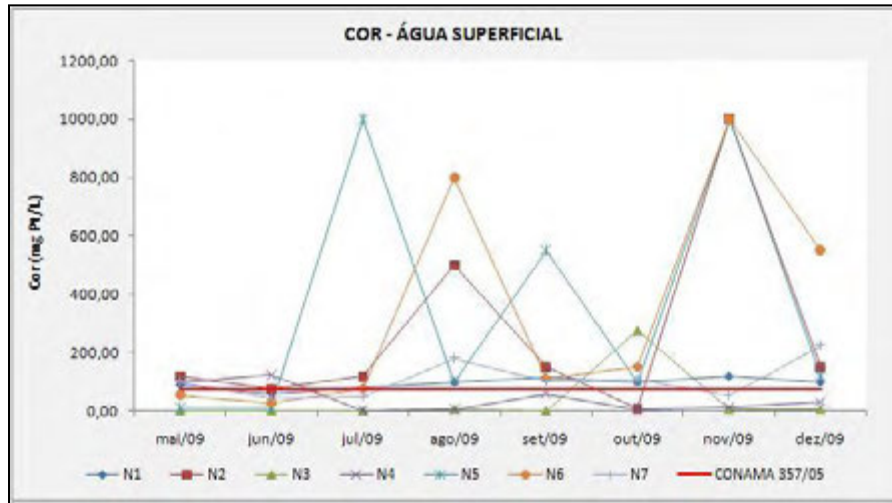


Figura 17 - Variação do parâmetro cor nas águas superficiais.

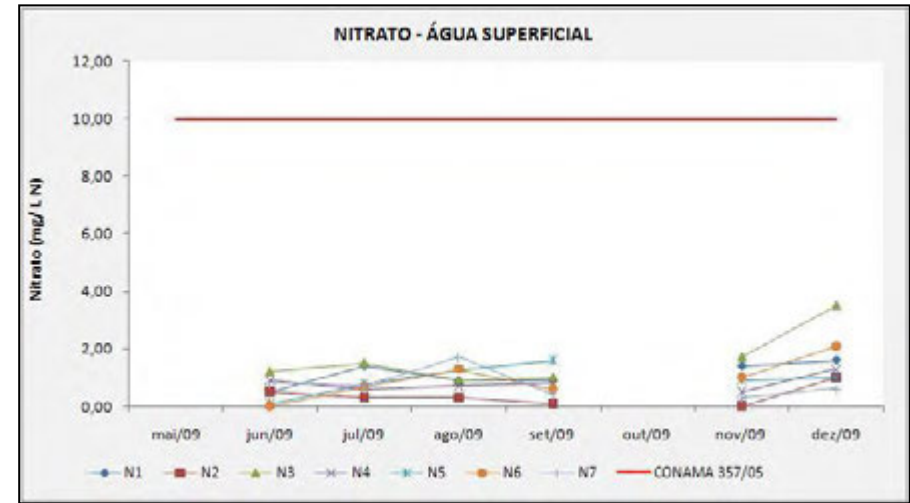


Figura 19 - Variação do parâmetro nitrato nas águas superficiais.

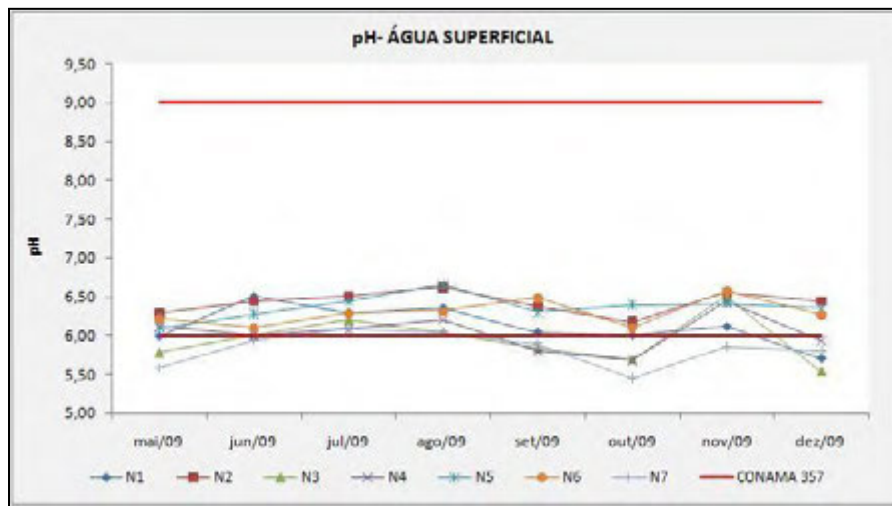


Figura 18 - Variação do parâmetro pH nas águas superficiais.

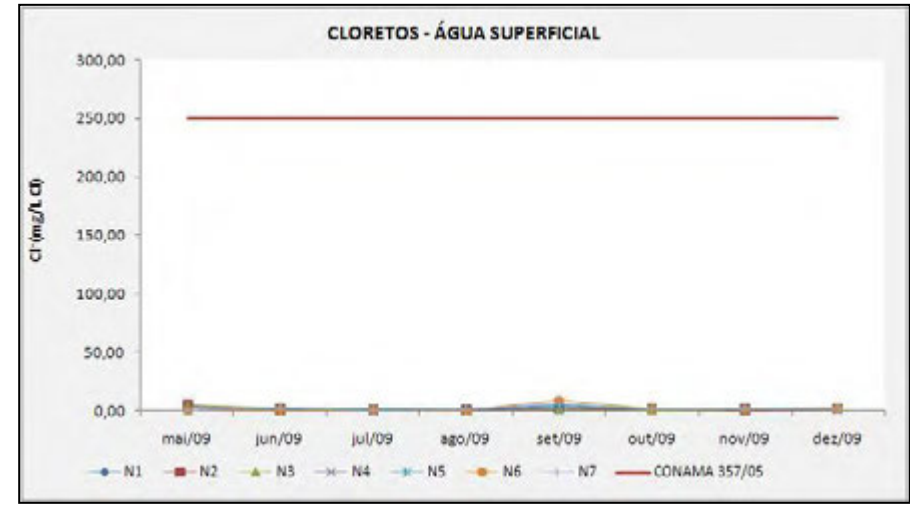


Figura 20 - Variação do parâmetro cloretos nas águas superficiais.



Figura 21 - Variação do parâmetro chumbo nas águas superficiais.

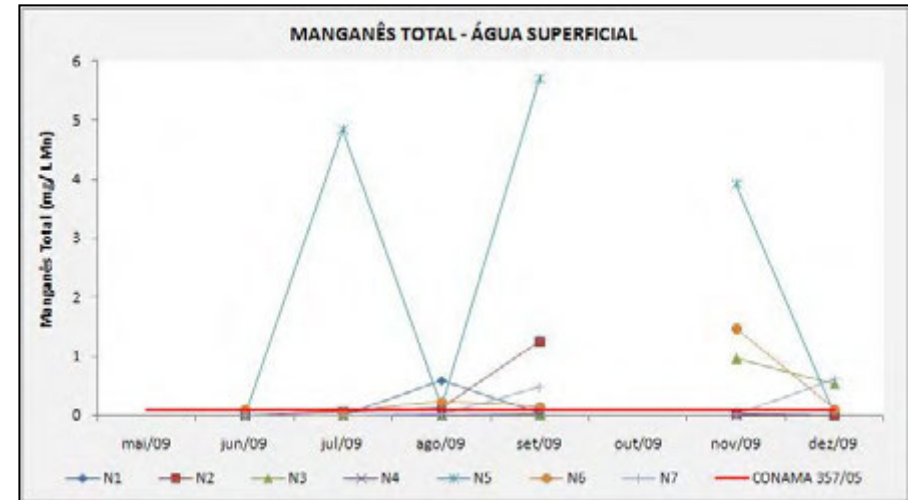


Figura 23 - Variação do parâmetro manganês nas águas superficiais.

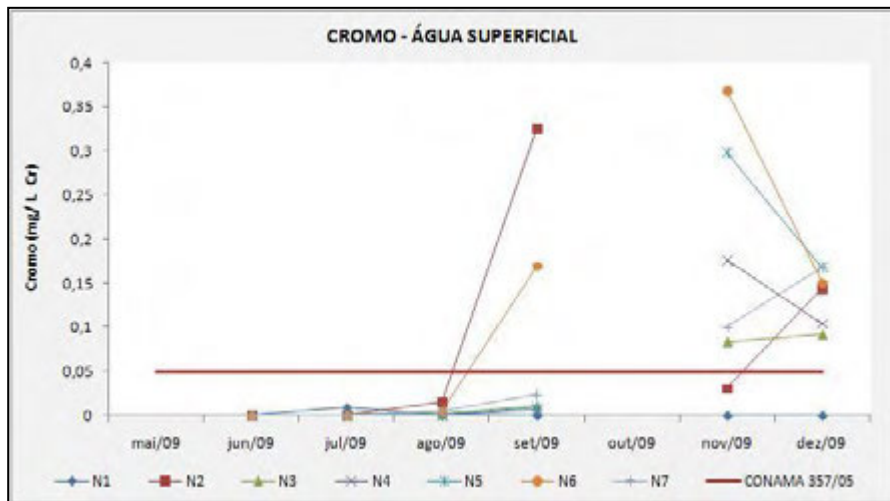


Figura 22 - Variação do parâmetro cromo nas águas superficiais.

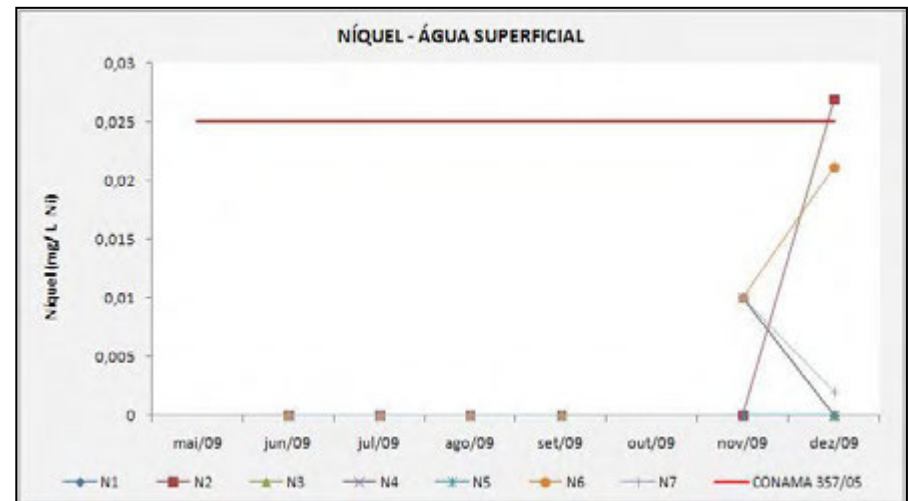


Figura 24 - Variação do parâmetro níquel nas águas superficiais.

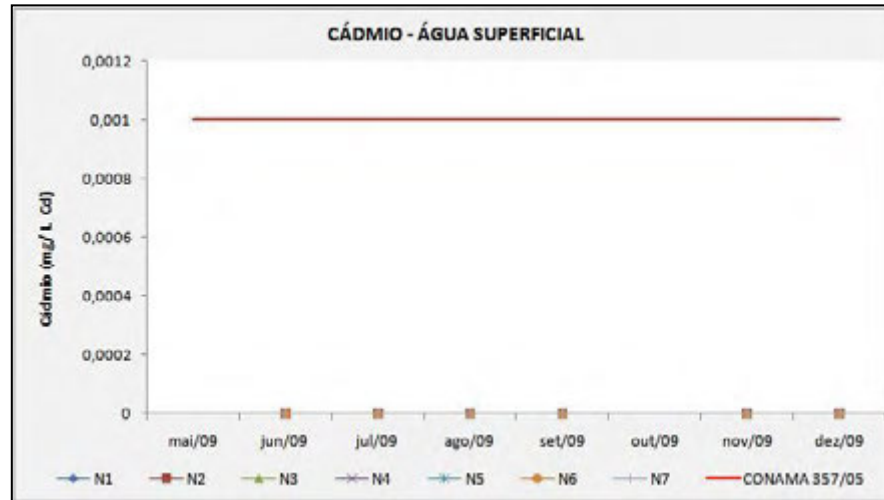


Figura 25 - Variação do parâmetro cádmio nas águas superficiais.

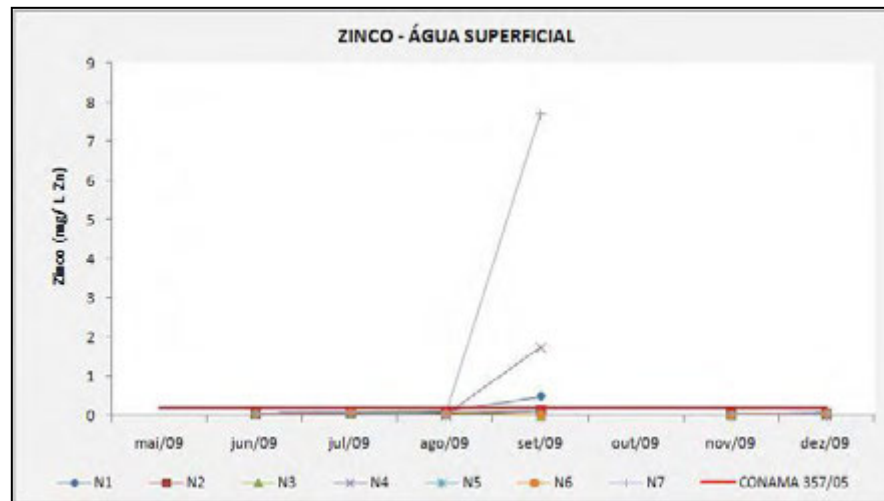


Figura 26 - Variação do parâmetro zinco nas águas superficiais.

De acordo com os padrões listados na Tabela 10 apresentaram não conformidade, em pelo menos uma campanha, os parâmetros: cor, pH, DBO, OD, *E. coli*, manganês, cromo, zinco, chumbo e níquel. Atenderam os padrões legais: turbidez, cloreto, nitrato e cádmio.

Na Tabela 11, apresenta-se um resumo dos parâmetros não conformes em cada nascente monitorada, acompanhados do número de alterações e do número de campanhas realizadas para melhor compreensão dos resultados.

Tabela 11 - Resumo das não conformidades encontradas para as águas superficiais ao longo do período de monitoramento.

Nascentes	Parâmetros não conformes
N1	Cor (7/8)*, pH (2/8), DBO (5/7), OD (6/8), <i>E. coli</i> ** (1/6), Mn (1/6), Zn (1/6), Pb (1/6)
N2	Cor (6/8), DBO (6/7), OD (1/8), <i>E. coli</i> (3/6), Mn (2/6), Cr (2/6), Pb (1/6), Ni (1/6)
N3	Cor (1/8), pH (4/8), DBO (6/7), OD (2/8), Mn (2/6), Cr (2/6), Pb (2/6)
N4	Cor (2/8), pH (3/8), DBO (4/7), OD (3/8), <i>E. coli</i> (1/6), Cr (2/6), Zn (1/6), Pb (2/6)
N5	Cor (6/8), DBO (6/7), OD (3/8), Mn (4/6), Cr (2/6), Pb (2/6)
N6	Cor (5/8), DBO (5/7), OD (4/8), <i>E. coli</i> (1/6), Mn (4/6), Cr (3/6), Pb (2/6)
N7	Cor (4/8), pH (6/8), DBO (6/7), OD (4/8), Mn (2/6), Cr (2/6), Zn (1/6), Pb (1/6), Pb (2/6)
*(n° de não conformidades/n° de campanhas realizadas) **detectada a presença em mais de 90% da análises	

Não atenderam ao padrão legal aproximadamente 12% dos resultados encontrados para o parâmetro *E. coli*. Entretanto, a presença dessa bactéria, que é encontrada somente no trato intestinal de animais de sangue quente, foi detectada em mais de 90% das análises realizadas, demonstrando um indício de poluição de origem fecal nas nascentes monitoradas.

Alterações na DBO estão diretamente relacionadas ao aporte de matéria orgânica na água. Nas águas superficiais esse parâmetro apresentou não conformidade em 75% das amostras analisadas. Nota-se, ao observar o gráfico da Figura 14, uma elevação da DBO nas duas últimas campanhas, realizadas em período chuvoso, quando a precipitação é mais intensa (como observado na Figura 12), aumentando-se o escoamento superficial, que pode carrear compostos de origem orgânica para as nascentes e cursos d'água.

O oxigênio dissolvido é um dos parâmetros mais importantes para determinação da qualidade da água e tem seu limite mínimo estabelecido em 5 mg/L O₂. Nas águas superficiais analisadas aproximadamente 43% estava não conforme com o padrão legal, tendo sido observada uma significativa diminuição na concentração desse parâmetro nas duas últimas campanhas, que pode ser explicado pelo aumento de material em suspensão devido às chuvas.

O parâmetro turbidez atendeu aos padrões legais, não apresentando muitas variações ao longo de todo o monitoramento. Entretanto, era esperado um aumento da turbidez nas campanhas realizadas no período chuvoso, devido ao aumento na concentração de sólidos totais (Figura 30). A relativa constância nos valores desse parâmetro se deve ao fato da coleta ter sido feita em um ambiente onde a água não apresentava grande turbulência, propiciando a decantação dos sólidos.

A cor está relacionada à presença de compostos dissolvidos na água, que podem ser orgânicos – decomposição de folhas e esgotos sanitários – ou inorgânicos – óxidos de ferro e manganês. Nas nascentes analisadas, esse parâmetro apresentou alterações significativas, verificando-se não conformidades em mais de 50% das amostras. Apesar das alterações terem sido encontradas durante todo o período, pode-se observar uma maior concentração de não conformidades no período chuvoso, assim como ocorre com OD, DBO, coincidindo também com a variação de sólidos totais.

O pH apresenta limite mínimo de 6,0 e limite máximo de 9,0. Nas amostras coletadas este parâmetro variou de 5,45 a 6,66, sendo as não conformidades encontradas, em torno de 25% do total analisado, pouco representativas para a deterioração da qualidade da água.

Os parâmetros nitrato e cloretos não apresentaram alterações ao longo do monitoramento. A ocorrência do nitrato nas águas superficiais significa que o foco de poluição encontra-se distante do ponto de coleta, e a presença de cloretos está relacionada ao lançamento de esgotos domésticos. A ausência de não conformidade para esses parâmetros é, portanto, esperada, devido ao fato do monitoramento estar sendo feito em nascentes.

Os parâmetros chumbo, cromo e níquel tiveram suas concentrações aumentadas sensivelmente nos meses de maior precipitação. O chumbo apresentou alterações nos meses de novembro e dezembro em mais de 70% de amostras analisadas, sendo essas as únicas não conformidades encontradas ao longo de todo o monitoramento. O cromo teve sua concentração aumentada a partir do mês de setembro, quando houve alteração em duas de sete amostras analisadas e nos meses de novembro, e dezembro não ocorreram alterações somente em uma nascente monitorada. O níquel, apesar de ter a concentração aumentada nos dois últimos meses, apresentou não conformidade em apenas uma amostra analisada.

O zinco apresenta limite legal para águas superficiais estabelecido em 0,18 mg/L Zn. De acordo com esse limite foram encontradas apenas três alterações na campanha realizada em setembro. Se fosse considerado o padrão de potabilidade da água que é de 5 mg/L Zn, apenas uma amostra estaria fora do limite estabelecido.

No que diz respeito ao parâmetro manganês, cujo padrão é 0,1 mg/L Mn, as alterações também ocorreram em maior intensidade no período chuvoso, apesar de terem sido encontradas ao longo de todo o monitoramento.

A seguir são mostrados os gráficos dos parâmetros que não apresentam padrão legal estabelecido.

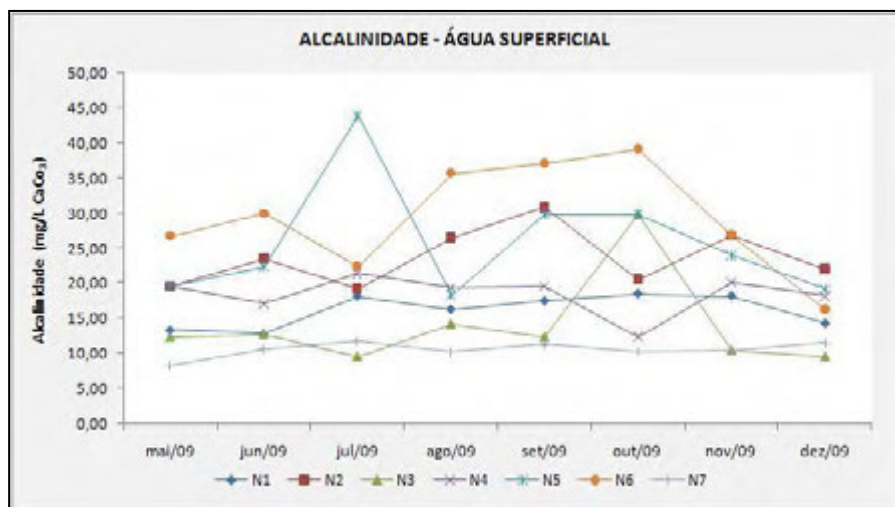


Figura 27 - Variação do parâmetro alcalinidade nas águas superficiais.

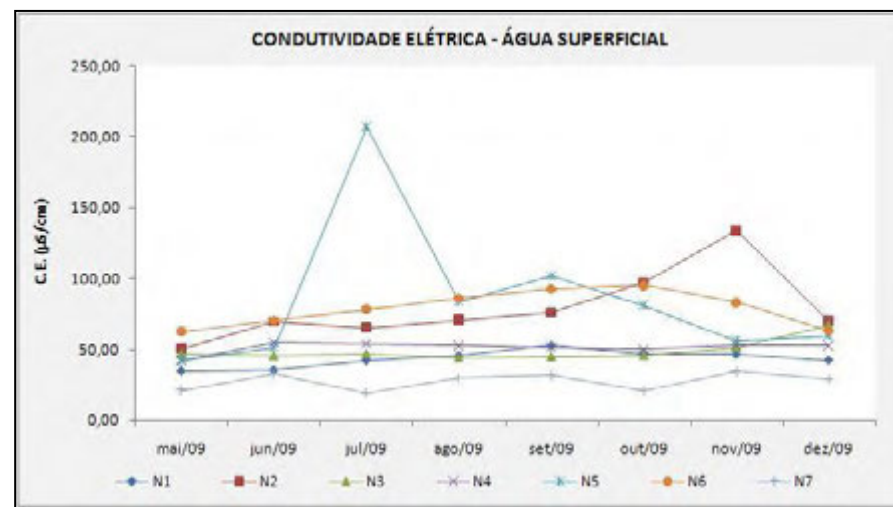


Figura 28 - Variação do parâmetro condutividade elétrica nas águas superficiais.

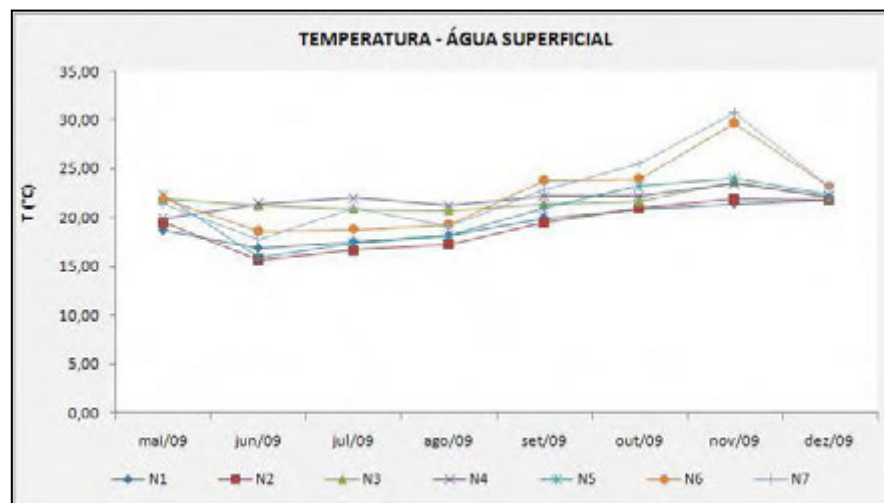


Figura 29 - Variação do parâmetro temperatura nas águas superficiais.

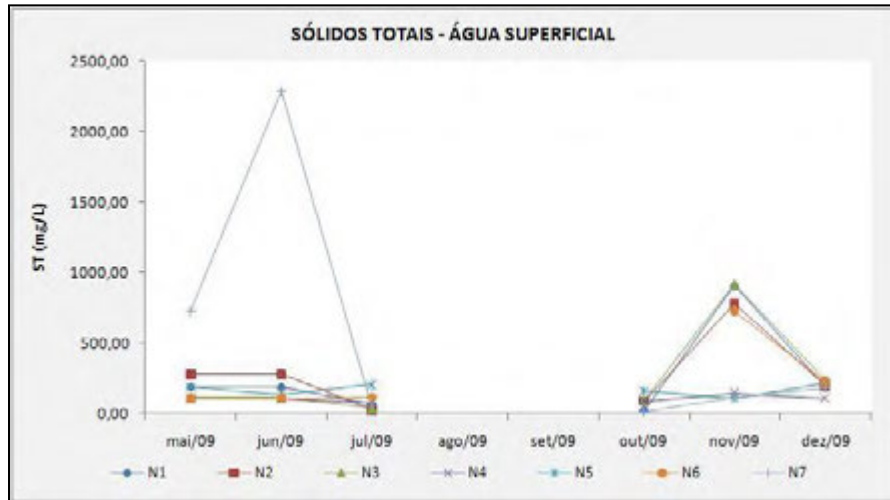


Figura 30 - Variação do parâmetro sólidos totais nas águas superficiais.

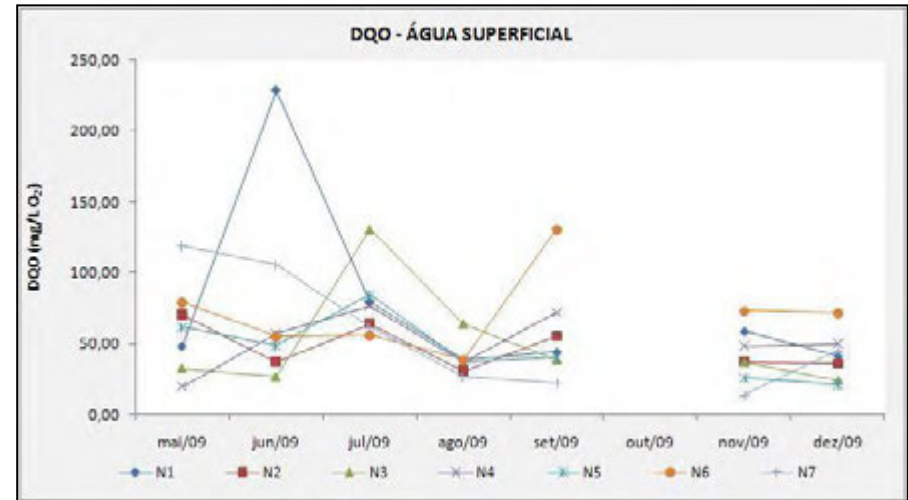


Figura 31 - Variação do parâmetro DQO nas águas superficiais.

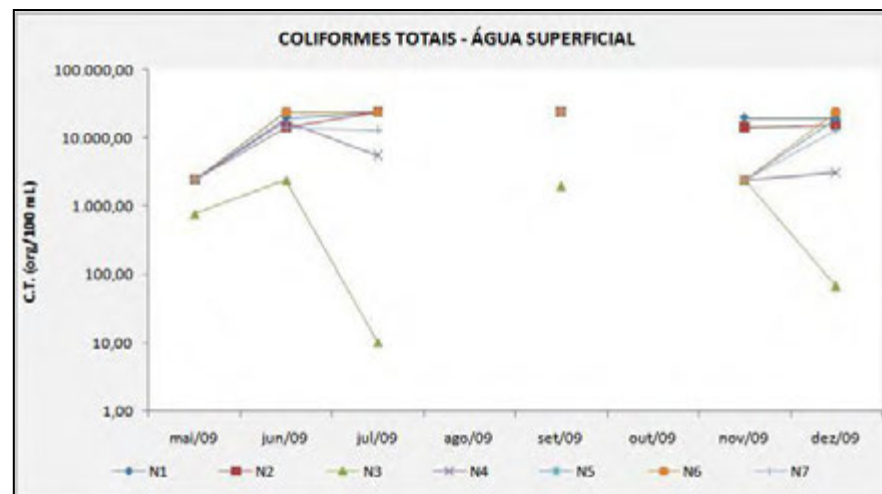


Figura 32 - Variação do parâmetro coliformes totais nas águas superficiais.

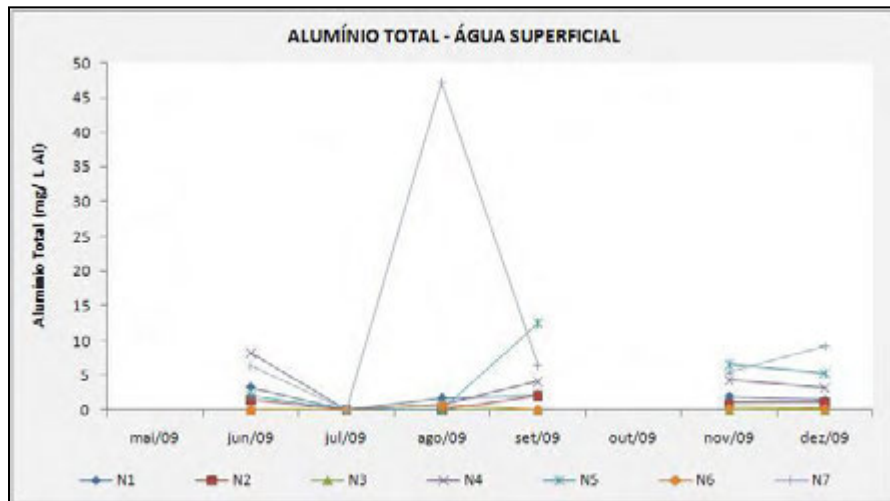


Figura 33 - Variação do parâmetro alumínio nas águas superficiais.

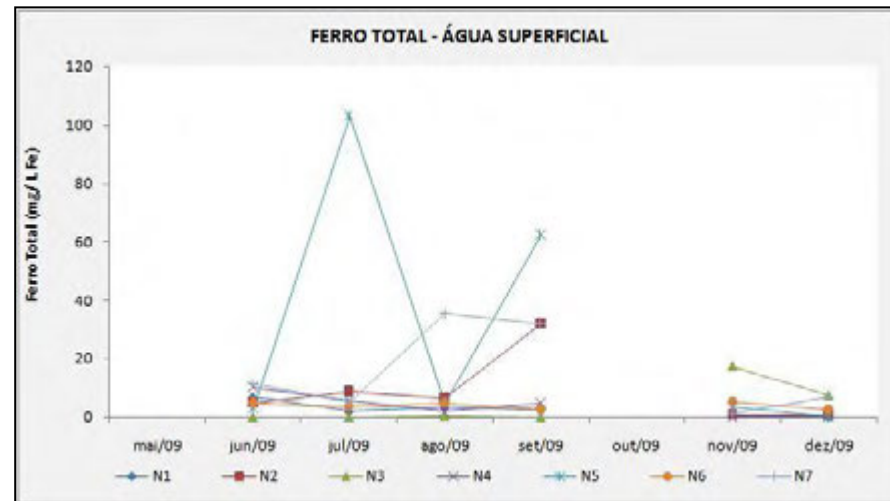


Figura 34 - Variação do parâmetro ferro total nas águas superficiais.

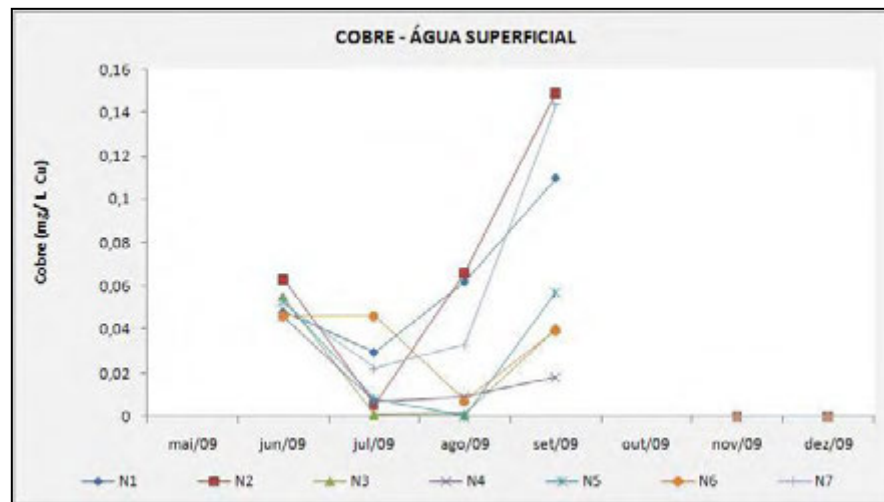


Figura 35 - Variação do parâmetro cobre nas águas superficiais.

Os parâmetros alcalinidade, condutividade elétrica e temperatura não apresentaram variações significativas ao longo do monitoramento. A alcalinidade variou de 8,24 a 43,87 mg/L de CaCO₃, com média de 19,72 mg/L de CaCO₃. Segundo Von Sperling (1996) tais valores, devido à faixa de pH em que se encontram (4,4 < pH < 8,3), estão associados apenas à presença de bicarbonatos. A condutividade elétrica apresentou variação de 19,20 a 207,00 µS/cm, com média de 59,21 µS/cm. Segundo Libânio (2008) as águas naturais apresentam condutividade elétrica inferior a 100 µS/cm, podendo atingir 1000 µS/cm em corpos d'água receptores de elevadas cargas de efluentes domésticos e industriais. Apenas três análises, das cinquenta e seis realizadas excederam o valor de 100 µS/cm. A temperatura apresentou variação de 16,9°C a 30,7°C, média de 21,1°C. As variações existentes coincidem com a variação da temperatura atmosférica e apresentam maiores valores nos meses mais quentes.

A DQO teve os valores variando de 13,64 a 228,48 mg/L O₂, com média de 57,21 mg/L O₂. Foram detectados os maiores valores entre os meses de maio a julho.

O parâmetro coliformes totais está associado com as fezes de animais de sangue quente e com o solo. No monitoramento das águas superficiais esses microorganismos foram detectados em todas as análises realizadas, variando de 10,0 a 24.191,7 org/100 mL. Observando-o juntamente com o comportamento do parâmetro *E. coli* é bastante provável que a presença desses microorganismos tenha origem em poluição de origem fecal.

Os resultados encontrados para sólidos totais variaram de 14,0 a 2284,0 mg/L, com média de 268,05 mg/L. Apesar de existir alguns picos de concentração nas primeiras campanhas, os maiores resultados foram encontrados nos meses chuvosos, principalmente no mês de novembro.

Os parâmetros ferro total e alumínio total apresentaram grandes variações ao longo do monitoramento. Para o ferro foram obtidos valores num intervalo de 0,00 a 102,91 mg/L Fe, com média de 9,78 mg/L Fe. Considerando o padrão estabelecido pela legislação para ferro dissolvido, de 0,3 mg/L Fe, pode-se afirmar que aproximadamente 85% apresentam alterações na quantidade de ferro. A variação para o parâmetro alumínio foi de 0,000 a 47,183 mg/L Al, com média de 3,332. Considerando o padrão

legal, 0,2 mg/L, para alumínio dissolvido, aproximadamente 60% das amostras apresentam alterações nas concentrações de alumínio. Tais parâmetros estão relacionados com o aporte de material em suspensão na água, entretanto, não apresentaram aumentos significativos nos meses chuvosos, quando o escoamento superficial e o carreamento de partículas são mais expressivos.

A concentração de cobre total durante o monitoramento variou de 0,000 a 0,149 mg/L Cu, com média de 0,029 mg/L Cu. O padrão estabelecido para cobre dissolvido pela Resolução CONAMA n° 357/05 é de 0,009 mg/L Cu. Se considerado esse padrão relativo à águas superficiais classe 2, em torno de 48% das análises apresentam resultados superiores. Entretanto, se considerado o padrão de potabilidade de 2 mg/L Cu, estabelecido pela Portaria n° 518/04 do Ministério da Saúde, nenhuma das amostras analisadas apresentam não conformidade. Vale salientar que para se tornar apta ao consumo humano, uma água advinda de um curso d'água classe 2, deve antes passar por tratamento convencional e apesar disso seu padrão é superior a uma água já própria para consumo.

4.2.1.2. Águas subterrâneas

Os padrões utilizados para análise da qualidade da água subterrânea são os estabelecidos pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde e pela Resolução CONAMA nº 396/08 e se encontram listados na Tabela 12.

Tabela 12 - Padrões de qualidade da água estabelecidos pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde e pela Resolução CONAMA 396/08.

Parâmetro	Portaria nº 518/04 MS	Resolução CONAMA nº 396/08
	Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano	Consumo Humano
Coliformes termotolerantes (<i>E. coli</i>)	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
DBO*	5 mg/L O ₂	5 mg/L O ₂
OD*	> 5 mg/L O ₂	> 5 mg/L O ₂
Turbidez	5,0 UNT	-
Cor	15 uH	-
pH	6,0 a 9,5	-
Nitrato	10,0 mg/L N	10,0 mg/L N
Cloreto total	250 mg/L Cl	250 mg/L Cl
Chumbo total	0,01 mg/L Pb	0,01 mg/L Pb
Cromo total	0,05 mg/L Cr	0,05 mg/L Cr
Manganês total	0,1 mg/L Mn	0,1 mg/L Mn
Níquel total	-	0,02 mg/L Ni
Cádmio total	0,005 mg/L Cd	0,005 mg/L Cd
Zinco total	5 mg/L Zn	5 mg/L Zn

*Padrões legais estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05.

Os parâmetros DBO, OD, alcalinidade, condutividade elétrica, temperatura, sólidos totais, DQO, coliformes totais, alumínio total, ferro total e cobre total não apresentam padrões estabelecidos pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde e pela Resolução CONAMA nº 396/08, entretanto, são de grande relevância no que diz respeito à qualidade da água e também são analisados a seguir. Para os parâmetros DBO e OD foram utilizados os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05, a título de comparação.

Para a melhor visualização das não conformidades e da variação dos parâmetros, foram elaborados gráficos em que são apresentados os resultados obtidos para cada poço ao longo das campanhas realizadas. Primeiramente, são demonstrados e analisados os

gráficos dos parâmetros para os quais existe limite legal estabelecido, seguidos pelos gráficos dos demais parâmetros e análises.

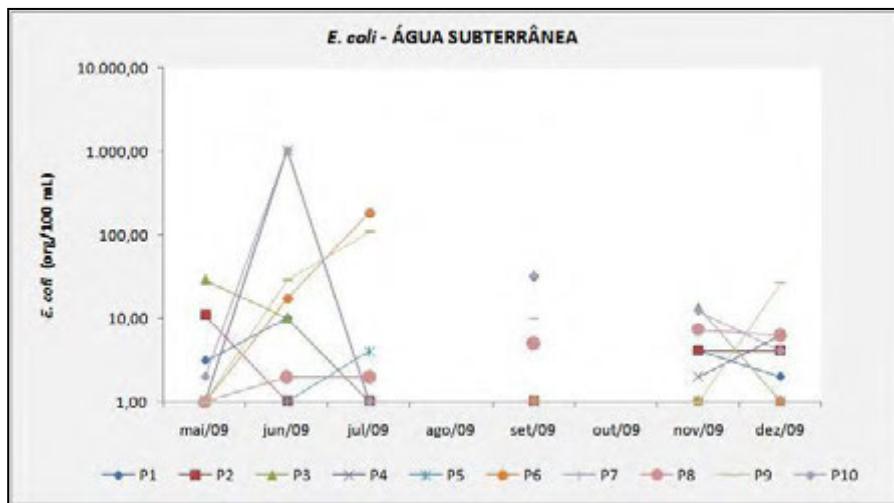


Figura 36 - Variação do parâmetro *E. coli* nas águas subterrâneas.

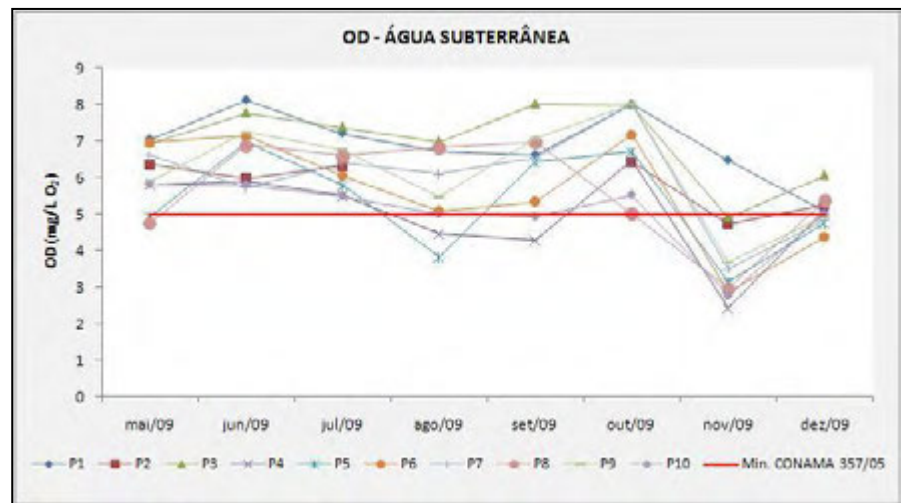


Figura 38 - Variação do parâmetro OD nas águas subterrâneas.

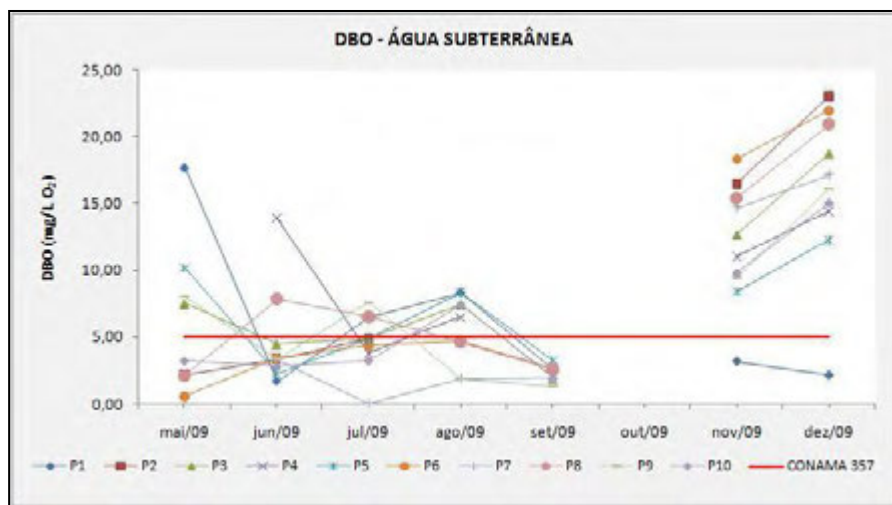


Figura 37 - Variação do parâmetro DBO nas águas subterrâneas.

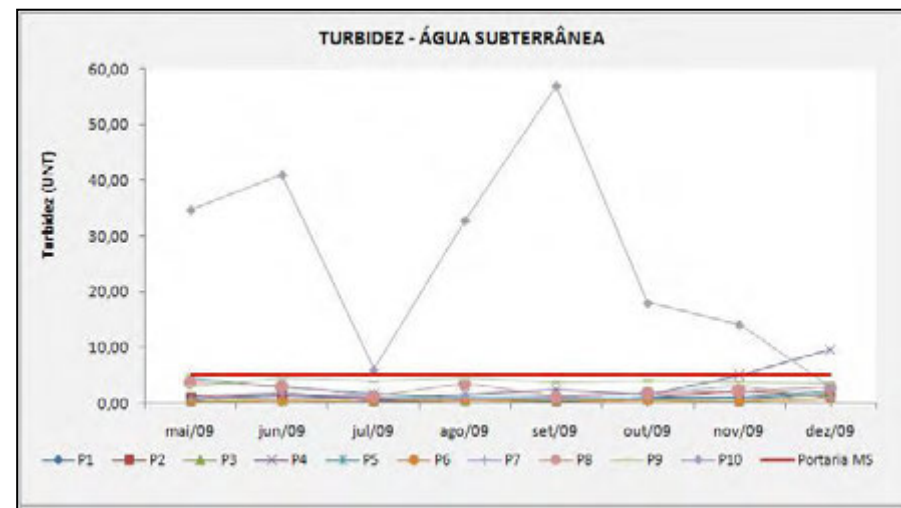


Figura 39 - Variação do parâmetro turbidez nas águas subterrâneas.

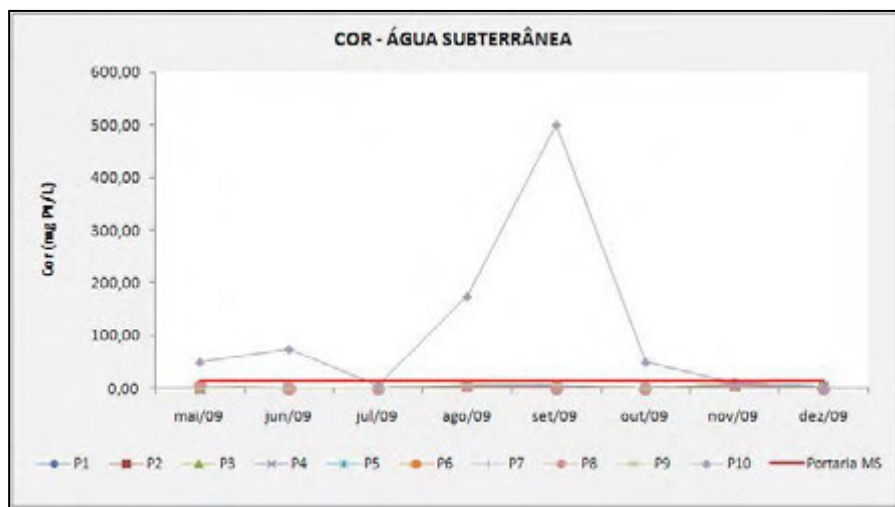


Figura 40 - Variação do parâmetro cor nas águas subterrâneas.

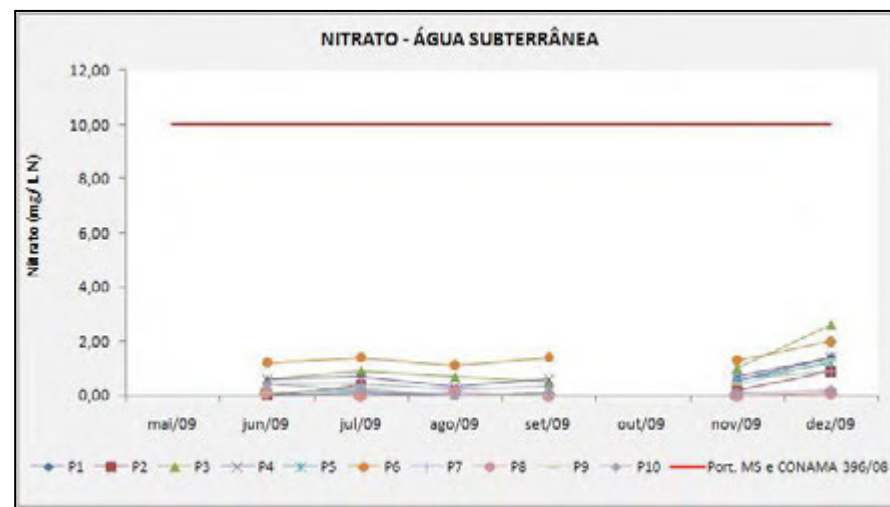


Figura 42 - Variação do parâmetro nitrato nas águas subterrâneas.

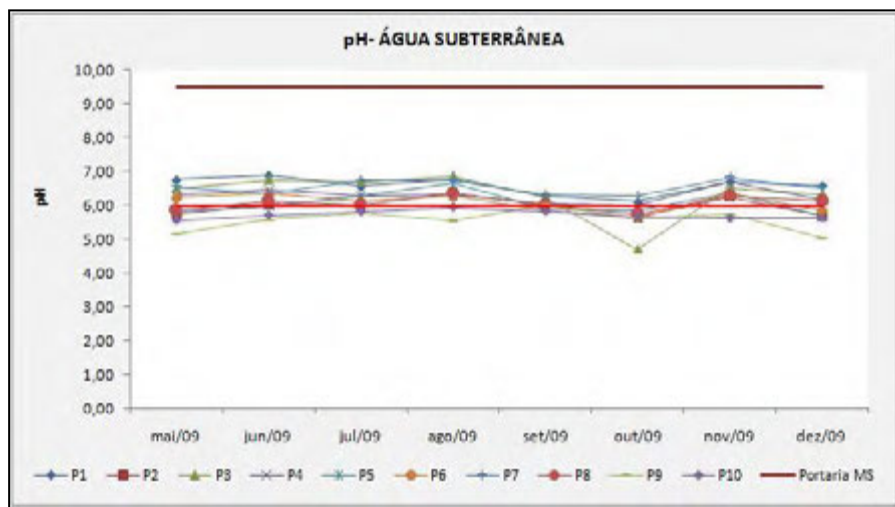


Figura 41 - Variação do parâmetro pH nas águas subterrâneas.

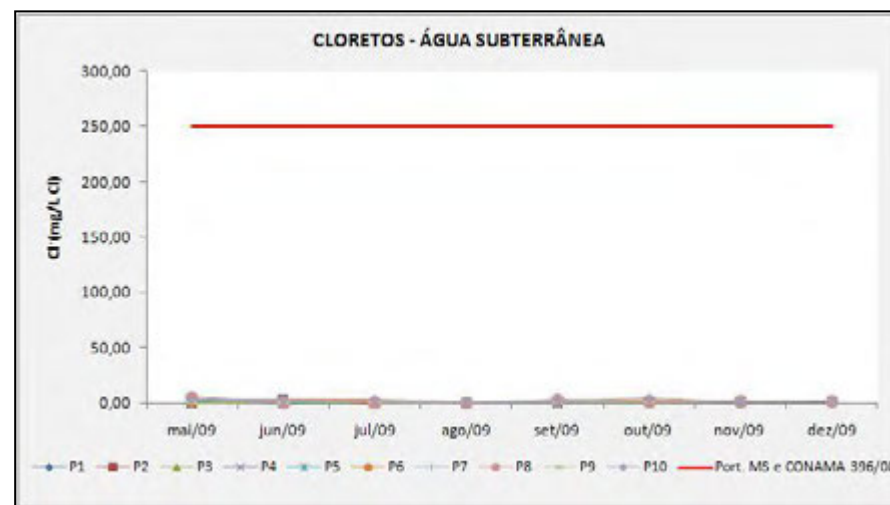


Figura 43 - Variação do parâmetro cloretos nas águas subterrâneas.

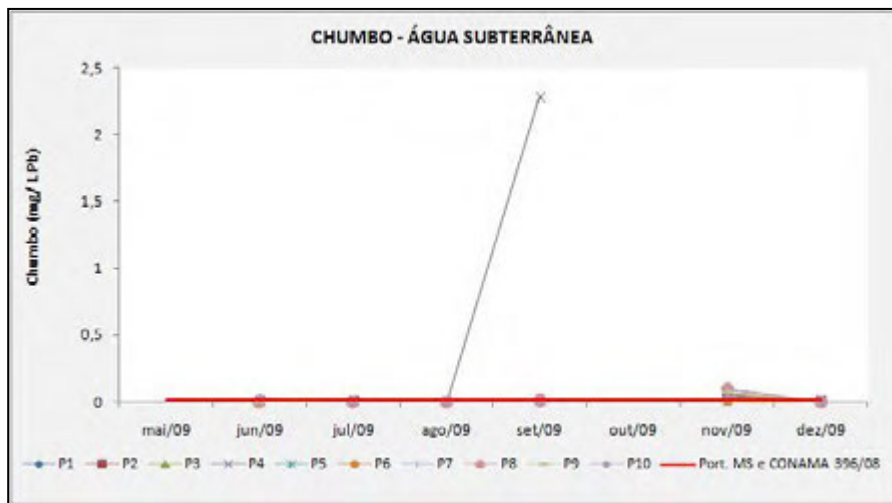


Figura 44 - Variação do parâmetro chumbo nas águas subterrâneas.

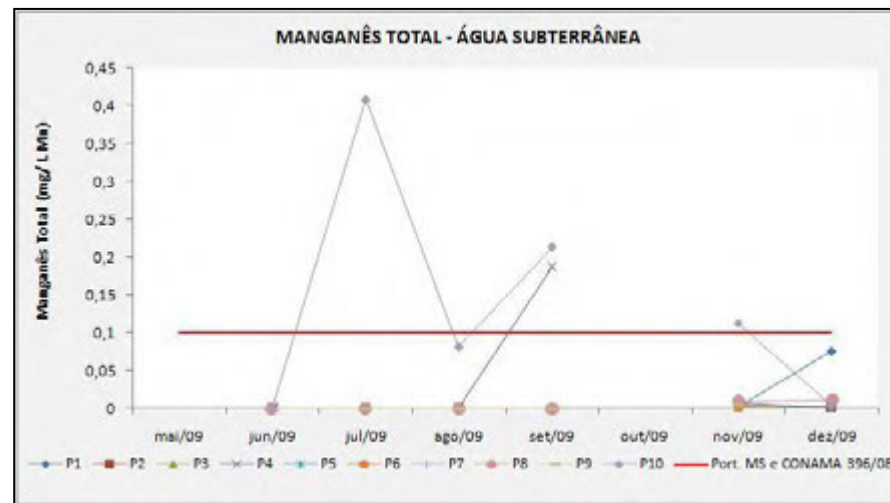


Figura 46 - Variação do parâmetro manganês nas águas subterrâneas.

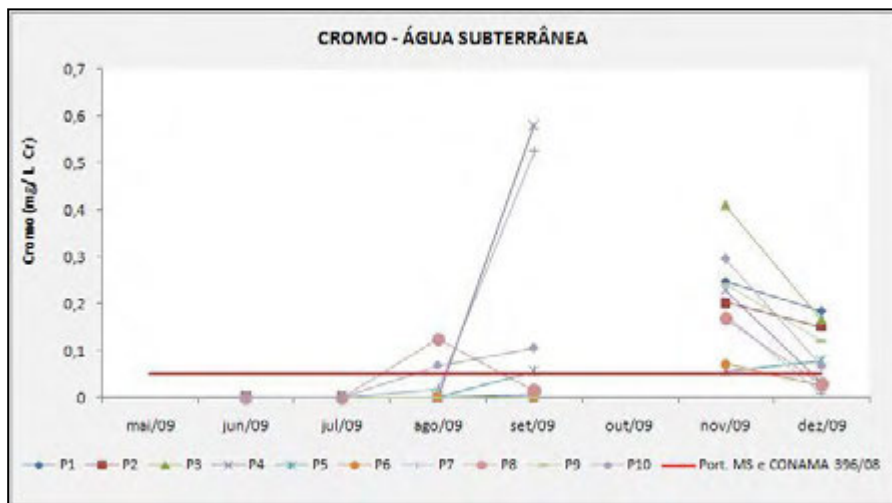


Figura 45 - Variação do parâmetro cromo nas águas subterrâneas.

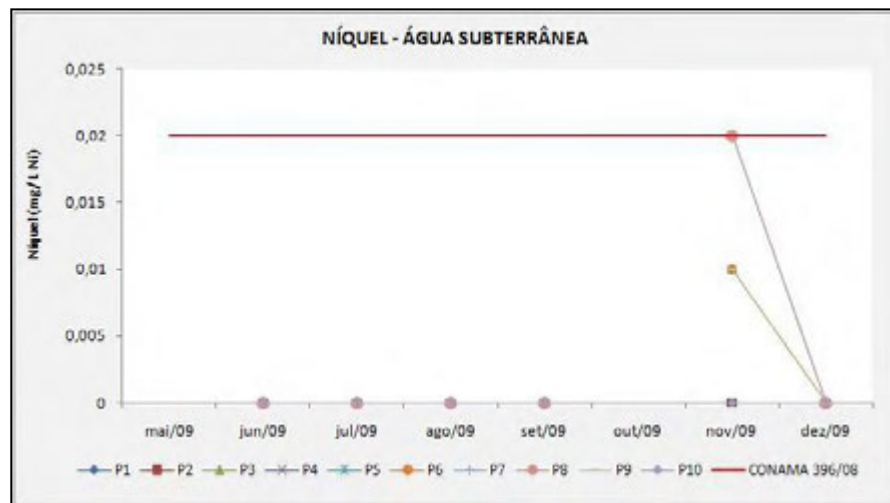


Figura 47 - Variação do parâmetro níquel nas águas subterrâneas.

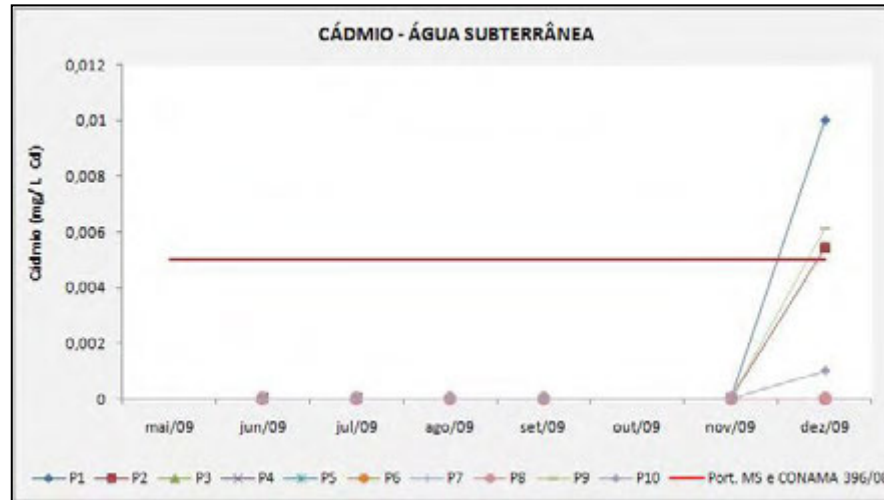


Figura 48 - Variação do parâmetro cádmio nas águas subterrâneas.

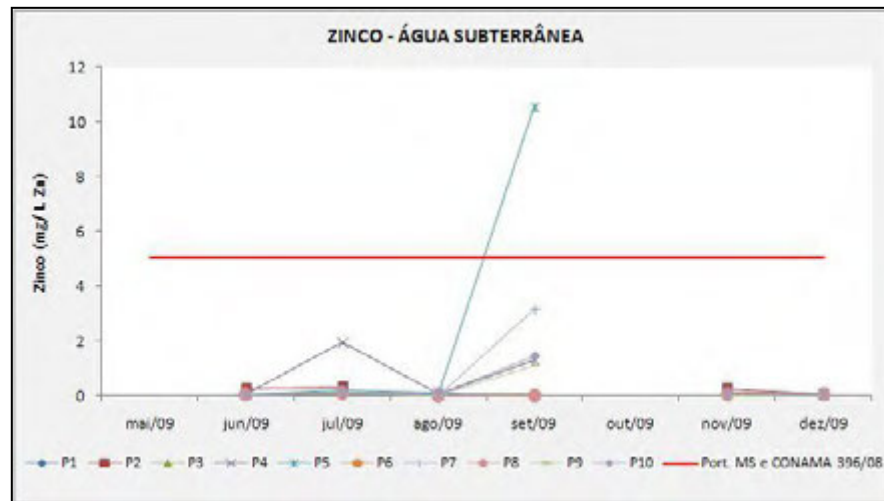


Figura 49 - Variação do parâmetro zinco nas águas subterrâneas.

Na Tabela 13 apresenta-se um resumo dos parâmetros não conformes em cada poço monitorado, acompanhados do número de alterações e do número de campanhas realizadas para melhor compreensão dos resultados.

Tabela 13 - Resumo das não conformidades encontradas para as águas subterrâneas ao longo do período de monitoramento.

Poços	Parâmetros não conformes
P1	DBO (3/7), <i>E. coli</i> (5/6), Cromo (2/6), Chumbo (1/6), Cádmio (1/6)
P2	pH (4/6), DBO (2/5), OD (1/6), <i>E. coli</i> (4/6), Cromo (2/4), Chumbo (1/4)
P3	pH (1/8), DBO (4/7), OD (1/8), <i>E. coli</i> (3/5), Cromo (3/6), Chumbo (1/6)
P4	Turbidez (2/8), pH (1/8), DBO (4/5), OD (3/8), <i>E. coli</i> (3/6), Manganês total (1/6), Cromo (2/6), Chumbo (2/6)
P5	pH (5/8), DBO (4/7), OD (4/8), <i>E. coli</i> (1/6), Cromo (3/6), Zinco (1/6)
P6	pH(3/8), DBO (2/7), OD (2/8), <i>E. coli</i> (3/6), Cromo (1/6)
P7	DBO (2/6), OD (2/8), Cromo (2/6), Chumbo (1/6)
P8	pH (2/8), DBO (4/7), OD (2/8), <i>E. coli</i> (5/6), Cromo (2/6), Chumbo (2/6)
P9	pH (7/8), DBO (4/7), OD (2/8), <i>E. coli</i> (4/6), Cromo (2/6), Chumbo (1/6)
P10	Cor (5/8), Turbidez (7/8), pH (8/8), DBO (3/7), OD (2/8), <i>E. coli</i> (5/6), Manganês total (3/6), Cromo (4/6), Chumbo (2/6), Cádmio (1/6)

A presença de *E.coli* foi observada em mais de 50% das amostras analisadas. Observando-se os resultados nota-se que as maiores concentrações desse microorganismo foram encontradas nos meses secos, de maio a julho. Tal fato pode ser explicado devido à menor recarga do aquífero nesses meses que faz com que, caso exista contaminação não sazonal, aumente a quantidade de organismos por 100 mL.

A DBO apresentou valores maiores que 5 mg/L, padrão estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/05, ao longo de todo o período de monitoramento, sendo que os maiores valores foram encontrados nas duas últimas campanhas realizadas no período chuvoso.

Para o parâmetro OD foi considerado o limite mínimo de 5 mg/L O₂, não sendo alcançado por aproximadamente 24% das amostras analisadas. Observa-se uma depleção da concentração desse parâmetro, principalmente nas duas últimas campanhas,

coincidindo com o aumento da DBO. A variação desses dois parâmetros está diretamente relacionada com o aporte de compostos orgânicos na água, que pode ser aumentada pela maior infiltração de água no solo no período chuvoso.

Os parâmetros turbidez e cor só apresentaram não conformidade para o ponto de monitoramento P10. Para esse ponto, a turbidez excedeu o limite em sete das oito campanhas realizadas e a cor em cinco campanhas. Tais parâmetros estão relacionados ao teor de sólidos na água, sendo a turbidez influenciada pelos sólidos em suspensão e a cor pelos sólidos dissolvidos.

O pH apresenta limite mínimo, para águas subterrâneas, de 6,0 e limite máximo de 9,5. Nas amostras coletadas este parâmetro variou de 4,70 a 6,88, sendo as não conformidades encontradas em torno de 40% do total de amostras analisado. A média dos resultados de todas as análises foi de 6,11.

Os elementos chumbo total, cádmio total, manganês total e zinco total não apresentaram alterações significativas ao longo do monitoramento. Para o chumbo foi detectada apenas uma não conformidade no ponto de monitoramento P4 na campanha realizada no mês de setembro. Para o zinco só houve uma alteração para o ponto de monitoramento P5, também na campanha realizada do mês de setembro. Os valores encontrados para o elemento cádmio total apresentaram alterações apenas na campanha realizada no mês de dezembro, para três pontos de monitoramento diferentes. O parâmetro manganês total extrapolou os limites legais em menos de 10% das análises realizadas (quatro de quarenta e oito análises). Os resultados obtidos não mostram uma tendência de comportamento com a variação dos índices pluviométricos.

Já o parâmetro cromo total apresentou diversas alterações, concentradas principalmente nas campanhas realizadas no período chuvoso. Nessas campanhas foram encontradas não conformidades em aproximadamente 70% das amostras, o que demonstra a relação desse parâmetro com o aumento da infiltração de água no solo, ocasionada pelo acréscimo da precipitação.

Os parâmetros nitrato, cloreto total e níquel total apresentaram alterações reduzidas ao longo do monitoramento.

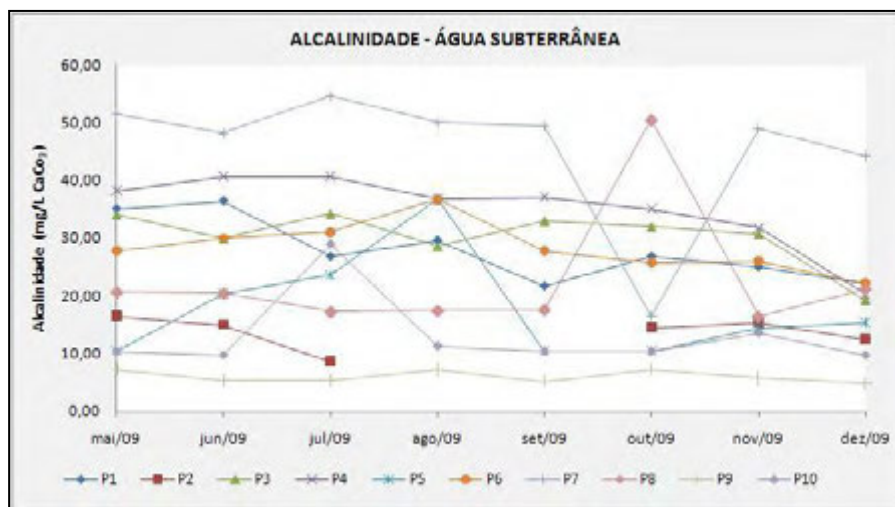


Figura 50 - Variação do parâmetro alcalinidade nas águas subterrâneas.

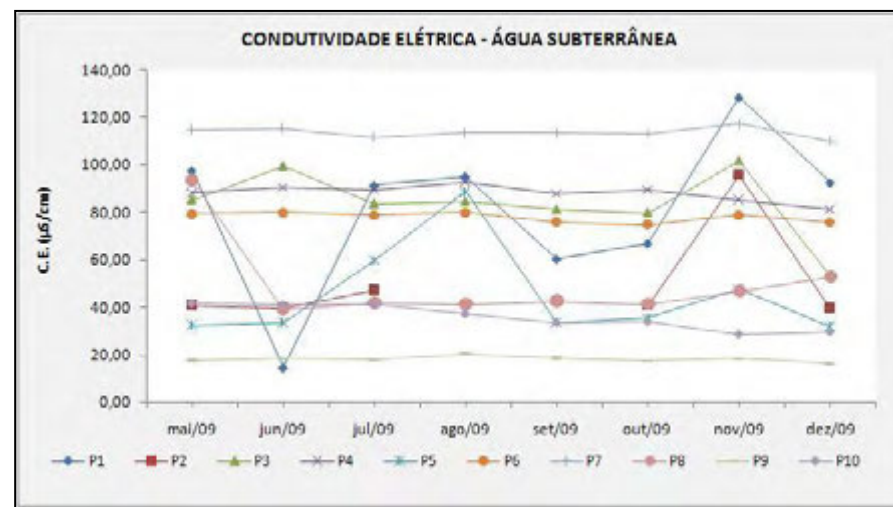


Figura 51 - Variação do parâmetro condutividade elétrica nas águas subterrâneas.

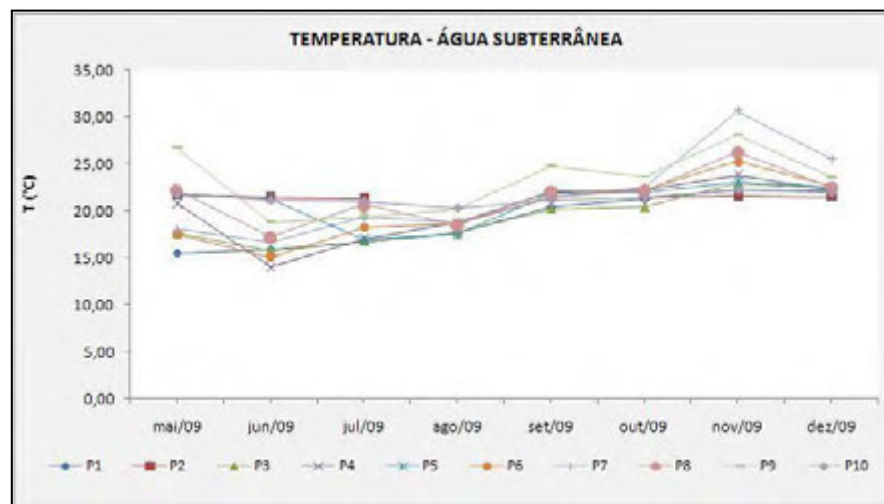


Figura 52 - Variação do parâmetro temperatura nas águas subterrâneas.

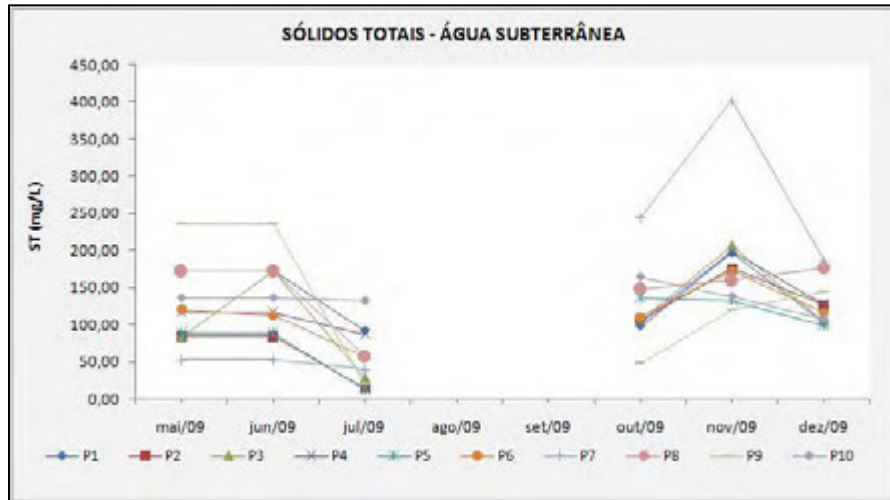


Figura 53 - Variação do parâmetro sólidos totais nas águas subterrâneas.

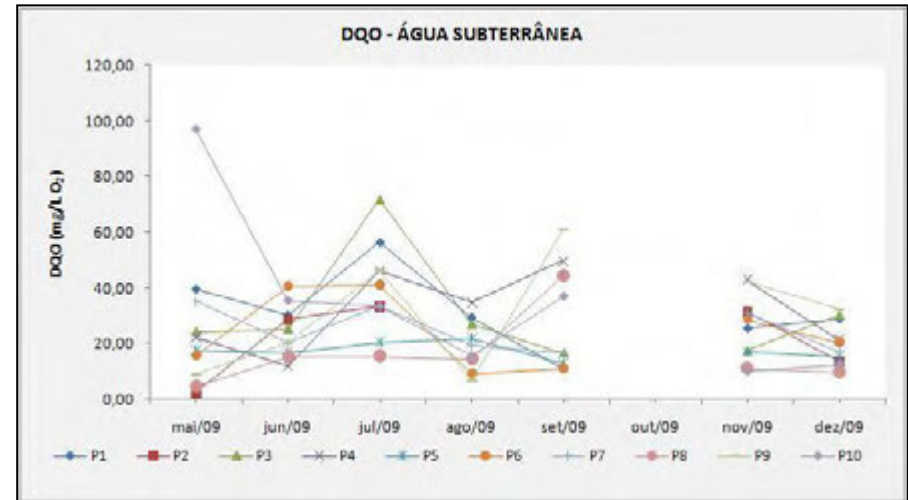


Figura 54 - Variação do parâmetro DQO nas águas subterrâneas.

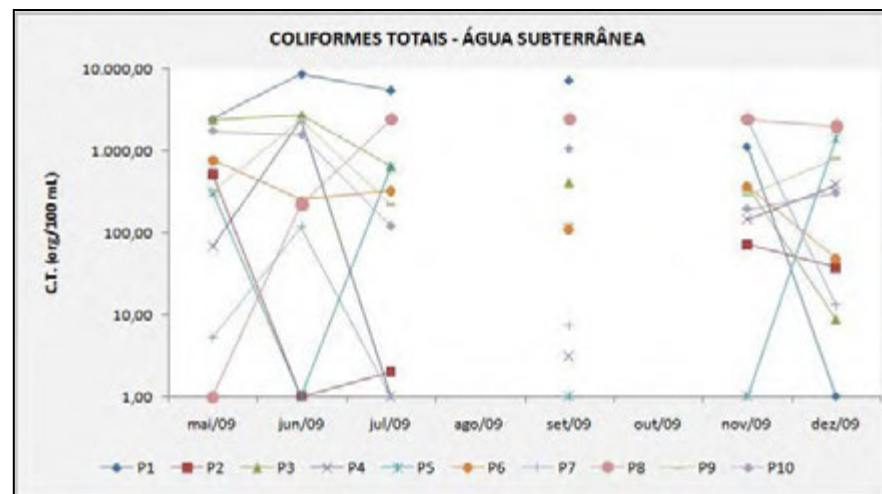


Figura 55 - Variação do parâmetro coliformes totais nas águas subterrâneas.

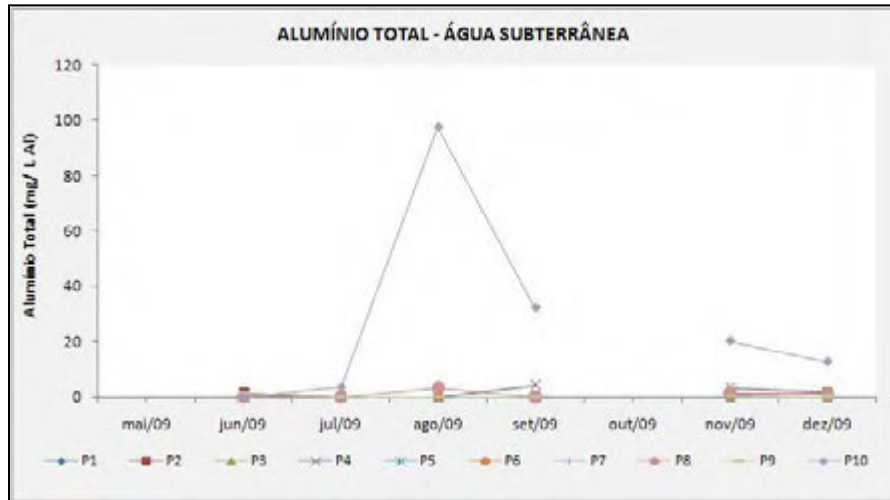


Figura 56 - Variação do parâmetro alumínio nas águas subterrâneas.

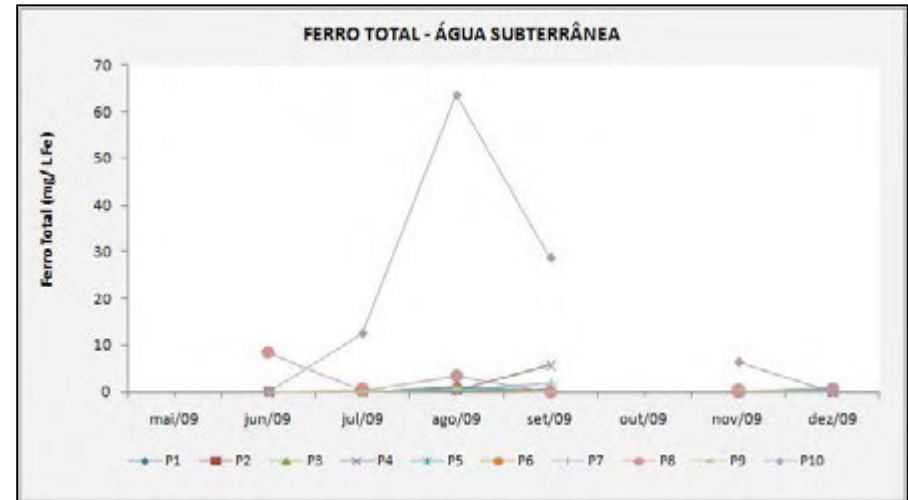


Figura 57 - Variação do parâmetro ferro total nas águas subterrâneas.

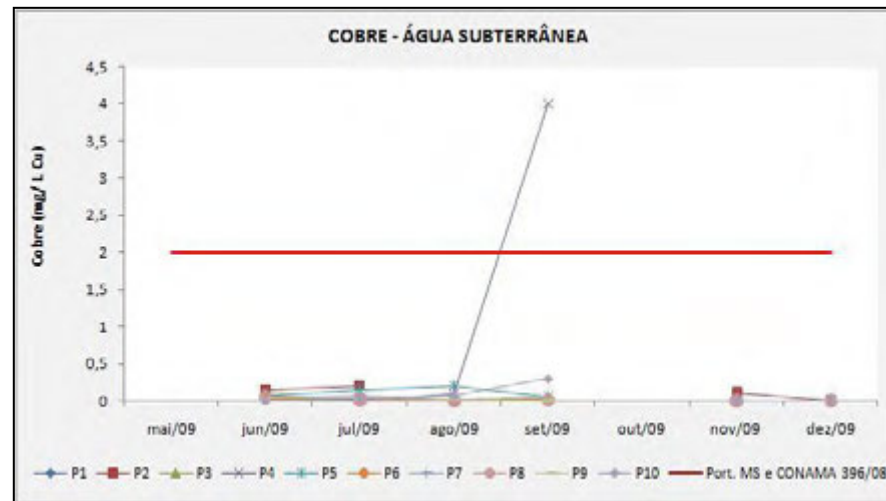


Figura 58 - Variação do parâmetro cobre nas águas subterrâneas.

Os parâmetros alcalinidade, condutividade elétrica e temperatura da água, não apresentaram variações significativas ao longo do monitoramento. A alcalinidade variou de 4,80 a 54,57 mg/L de CaCO₃, com média de 24,25 mg/L de CaCO₃. Segundo Von Sperling (1996) tais valores, devido a faixa de pH em que se encontram (4,4 < pH < 8,3), estão associados apenas à presença de bicarbonatos. A condutividade elétrica apresentou variação de 14,40 a 128,30 µS/cm, com média de 64,67 µS/cm. Segundo Libânio (2008) as águas naturais apresentam condutividade elétrica inferior a 100 µS/cm. No caso das águas subterrâneas apenas nove amostras apresentaram a condutividade elétrica superior a 100 µS/cm, nas quais incluem-se as oito amostras coletadas para o ponto de monitoramento P7. A temperatura apresentou variação de 14,0°C a 30,6°C, média de 20,79°C. As variações existentes coincidem com a variação da temperatura atmosférica e apresentam maiores valores nos meses mais quentes.

A DQO teve os valores variando de 13,64 a 96,80 mg/L O₂, com média de 26,46 mg/L O₂. Pode-se observar que os valores encontrados são expressivamente menores aos encontrados para as águas superficiais, tal fato se deve, principalmente, à maior vulnerabilidade de poluição das nascentes em relação às águas subterrâneas, que se encontram protegidas no sistema aquífero, pela existência da zona de aeração.

No monitoramento das águas subterrâneas os coliformes totais foram detectados em aproximadamente 88% das análises realizadas, variando de < 1,00 a 8664,00 org/100 mL. Observando-o juntamente com o comportamento do parâmetro *E. coli* é bastante provável que a presença desses microorganismos esteja relacionada à poluição de origem fecal.

Os resultados encontrados para sólidos totais variaram de 12,00 a 402,00 mg/L, com média de 126,45 mg/L não apresentando nenhuma tendência de comportamento com o aumento de chuvas, apresentando, entretanto, um pico de concentração no mês de novembro.

Comparando-se com o padrão, de 0,3 mg/L Fe, estabelecido pela Resolução CONAMA n° 396/08 para ferro dissolvido, os valores encontrados para ferro total foram baixos, com exceção de algumas campanhas dos pontos de monitoramento P4, P8 e P10. O intervalo de resultados foi de 0,00 a 63,56 mg/L Fe, com média de 2,39 mg/L.

Considerando o padrão legal, de 0,2 mg/L Al, para alumínio dissolvido, o parâmetro alumínio total apresentou resultados expressivos para os pontos de monitoramento P4, P8 e P10 (ponto em que foram detectados os maiores valores para esse parâmetro). Os resultados variaram de 0,00 a 97,502 mg/L Al, com média de 3,227 mg/L Al.

Tanto o ferro quanto o alumínio estão relacionados com o aporte de sólidos em suspensão nas águas, e os altos valores encontrados para as águas subterrâneas podem ter influência do estado de conservação dos poços de captação/monitoramento (MESTRINHO, 2006).

A concentração de cobre total durante o monitoramento variou de 0,00 a 3,99 mg/L Cu, com média de 0,105 mg/L Cu. Se considerado o padrão de potabilidade de 2 mg/L Cu, estabelecido pela Portaria n° 518/04 do Ministério da Saúde, apenas uma amostra apresenta não conformidade. Tal padrão não foi utilizado para comparação gráfica, pois a norma não especifica se o limite estabelecido se refere a cobre total ou dissolvido.

5. DISCUSSÃO

5.1. Avaliação Integrada da Qualidade da Água

Ao longo do monitoramento da qualidade da água foi possível observar alterações em todos os pontos de amostragem. Como citado anteriormente, diversos fatores podem influenciar nas características das águas, sejam superficiais ou subterrâneas. Neste capítulo as informações de qualidade da água, do uso e ocupação do solo, do levantamento pedológico e geológico e da química e mineralogia do solo, coletadas e analisadas ao longo do presente trabalho, foram inter-relacionadas, precedendo-se à avaliação integrada da qualidade da água.

Na Figura 59 são apresentadas informações relativas à localização dos pontos de monitoramento, das fossas sépticas e dos perfis de solo, ao uso do solo, à topografia e à hidrografia.

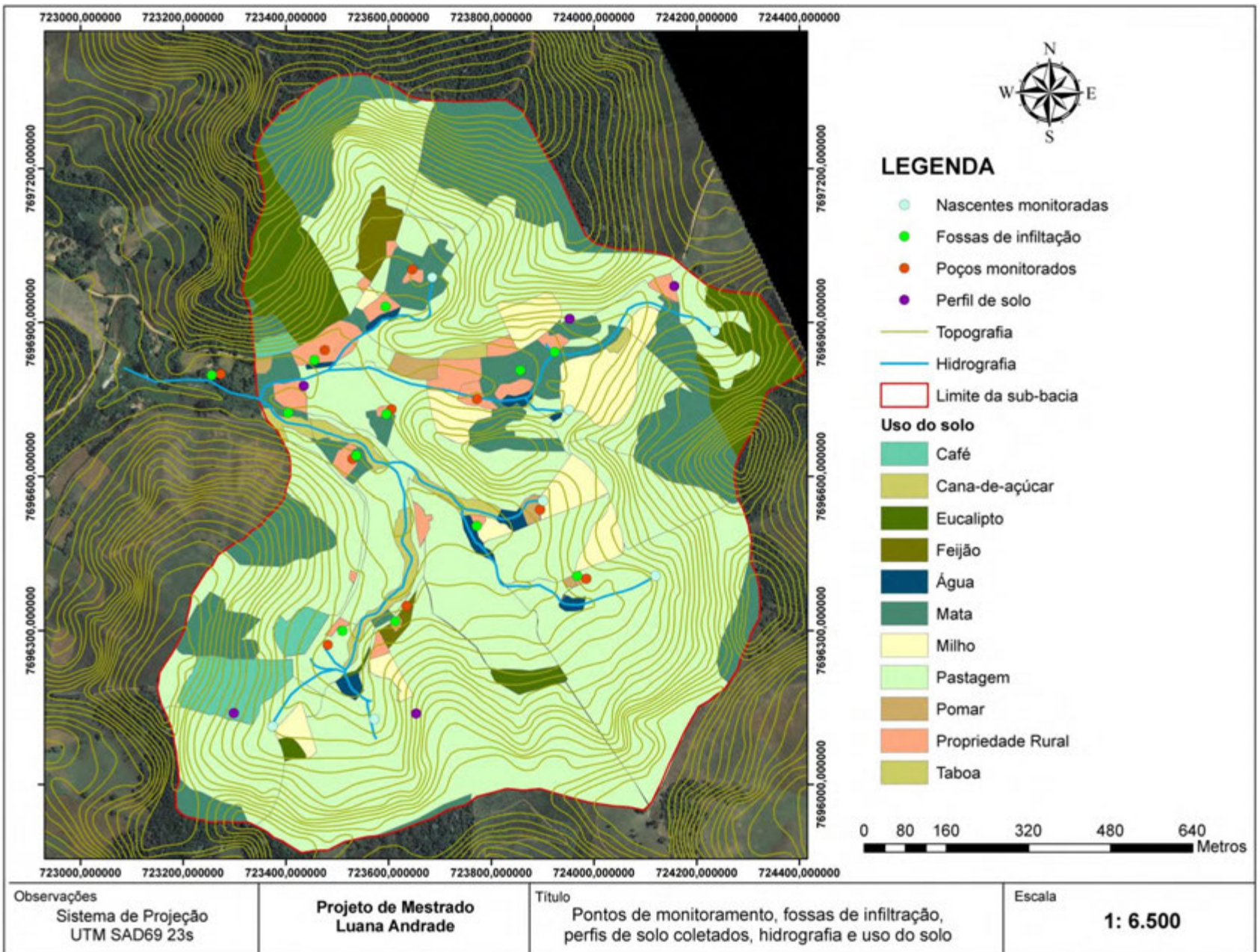


Figura 59 - Pontos de monitoramento, fossas de infiltração, hidrografia, topografia e uso do solo.

5.1.1. Águas superficiais

Tabela 14 - Aspectos gerais do monitoramento das águas subterrâneas.

Ponto de Monitoramento	Altitude (m)	Uso do solo no entorno do ponto	Rocha/Solo	Minerais constituintes	Parâmetros relevantes - Solo	Parâmetros relevantes - Água
N1	740	Mata preservada e pastagem (onde existe a criação de gado de corte)	Gnaisse/ Argissolo	Caulinita e gibbsita, com traços de esmectita, biotita, goethita e hematita	Fe, Mn e Cd	Cor, DBO, OD, Fe, Al <i>E. coli</i> e Coliformes Totais
N2	753	Área de pastagem (onde existe criação de gado) plantação de milho	Gnaisse/ Argissolo (Transição Latossolo)	Caulinita e gibbsita, com traços de esmectita, biotita, goethita e hematita	Cd, Fe e Mn	Cor, DBO, <i>E. coli</i> , Fe, Al, Mn e Cr
N3	750	Área de pastagem, plantação de milho e pomar	Gnaisse/ Argissolo	Caulinita e gibbsita, com traços de esmectita, biotita, goethita e hematita	Cd, Fe e Mn	pH, DBO, OD, Mn, Cr, Fe, Pb e Sólidos Totais
N4	755	Pastagem (onde eventualmente e há presença de animais)	Gnaisse/ Cambissolo (Transição Argissolo)	Caulinita com traços de gibbsita, goethita e esmectita	Cd, Fe e Mn	DBO, OD, <i>E.coli</i> , Coliformes Totais, Fe, Al, Cr e Pb
N5	769	Eucalipto e pastagem (onde existe criação de gado)	Gnaisse/ Cambissolo	Caulinita com traços de gibbsita, goethita e esmectita	Cd, Fe e Mn	Cor, DBO, OD, Mn, Cr, Pb, Fe, Al e Coliformes Totais
N6	751	Pastagem (onde existe criação de gado de corte)	Gnaisse/ Argissolo	Caulinita e gibbsita, com traços de esmectita, biotita, goethita e hematita	Cd, Fe e Mn	Cor, DBO, OD, <i>E. coli</i> , Coliformes Totais, Mn, Cr e Pb
N7	754	Pastagem (onde existe criação de gado), plantação de milho e de café	Gnaisse/ Argissolo (Transição Latossolo)	Caulinita e gibbsita, com traços de esmectita, biotita, goethita e hematita	Cd, Fe e Mn	pH, Cor, DBO, <i>E. coli</i> , Fe, Mn, Al e Cr

O parâmetro cor apresentou alterações significativas nos pontos N1, N2, N5, N6 e N7. Segundo Libânio (2008) a intensidade desse parâmetro está relacionada à presença de sólidos dissolvidos na água, de origem predominantemente orgânica, podendo estar relacionada à presença de compostos de ferro e manganês.

Os pontos N1, N3, N4, N5 e N6 apresentaram não conformidades para o parâmetro OD. Tal parâmetro é de grande importância para expressar a qualidade de um ambiente aquático, sendo que as alterações em suas concentrações podem ter origem natural ou antrópica e tem relação direta com o aporte de compostos orgânicos na água.

A DBO apresentou não conformidades em todas as nascentes monitoradas. Tais alterações expressam o aporte excessivo de matéria orgânica nas águas analisadas, que pode ser observado também pelo parâmetro OD.

Os parâmetros cor, DBO e OD estão diretamente relacionados entre si e, por sua vez estão relacionados com o aporte de sólidos e compostos orgânicos na água. Observa-se, pelo mapa de uso do solo apresentado na Figura 59, que no entorno de todas as nascentes monitoradas existem áreas de pastagem.

As áreas de pastagem existentes na sub-bacia encontram-se, via de regra, degradadas, com presença de solos expostos, erosões laminares e sulcos erosivos, causados pelo escoamento superficial da água de chuva e ocupação indiscriminada de áreas de proteção permanente, como se pode observar nas fotos da Figura 60.



Figura 60 - Áreas de pastagem localizadas na sub-bacia.

Pode-se afirmar que o carreamento de partículas de solo advindas dos processos erosivos, aliada à presença não controlada de animais nas áreas de pastagem tem relação direta com as alterações nos parâmetros cor, DBO e OD. A presença de animais nas áreas de preservação permanente das nascentes influencia tanto no aporte de matéria orgânica, devido ao lançamento de dejetos, quanto no aumento da concentração de sólidos, devido ao pisoteio dessas áreas.

Analisando-se os resultados das campanhas é possível afirmar, ainda, que o aumento da precipitação intensifica as não conformidades nos pontos, que apresentaram as maiores alterações nos meses de novembro e dezembro. O impacto das gotas das chuvas no solo descoberto das pastagens acentua a instabilização das partículas, que são carreadas junto

a compostos orgânicos (folhas, dejetos de animais etc) pelo escoamento superficial, para as áreas onde se encontram as nascentes.

Verifica-se a presença de *E. coli* e coliformes totais na maioria das nascentes monitoradas, o que é forte indício de contaminação fecal, e pode ser também atribuída à proximidade dos pontos com as áreas de pastagem e à poluição por dejetos de animais.

A Figura 61 a seguir demonstra o entorno do ponto de monitoramento N2, caracterizado pelo mau uso do solo e pela presença de animais na área de preservação permanente.



Figura 61 - Área no entorno do ponto de monitoramento N2.

Pequenas alterações no pH, foram encontradas para os pontos N3 e N7, em que os valores de pH se encontram ligeiramente abaixo do padrão legal. Observando-se as análises de solo, encontram-se baixos valores de pH para todas as amostras, que variam de 4,17 a 6,24. Portanto, é possível afirmar que as não conformidades no parâmetro pH encontradas nas nascentes N3 e N7 têm estreita relação com as características pedológicas dessa região.

O ferro foi detectado em altas concentrações em todas as nascentes monitoradas – comparando-se com o padrão para ferro dissolvido – e o manganês apresentou alterações significativas nas nascentes N2, N3, N5, N6 e N7. Analisando a composição química dos solos presentes na sub-bacia encontram-se valores de ferro variando de 41.471,4 a 537.142,9 mg.kg⁻¹ e valores de manganês variando de 13,4 a 937,0 mg.kg⁻¹,

concentrações muito superiores às dos demais elementos analisados (Cu, Zn, Cd, Pb, Cr e Ni). Neste sentido, é possível afirmar que a presença do ferro e manganês nas águas está diretamente relacionada com a geologia e a pedologia local. O aporte de sólidos em suspensão é um dos principais fatores responsáveis pelo aumento da concentração desses elementos, pois estão presentes em inúmeros constituintes das rochas e solos, como pode ser observado nos resultados apresentados anteriormente. Em algumas nascentes é possível observar um gel característico da presença de ferro na água, como pode ser observado na Figura 62 a seguir.



Figura 62 - Nascentes com gel característico da presença de ferro na água.

O parâmetro alumínio que apresentou altas concentrações – comparando-se com o padrão para alumínio dissolvido – nos pontos N1, N2, N4, N5 e N7, também está relacionado às características geológicas e pedológicas e apresenta relação direta com a quantidade de sólidos presentes na água.

Foram detectadas, ainda, alterações significativas nos parâmetros Cr e Pb, nas campanhas realizadas em período chuvoso (setembro, novembro e dezembro), que foram acompanhadas pelo acréscimo significativo da concentração de sólidos totais. Esses elementos foram encontrados em altas concentrações para todas as nascentes nesse período, com exceção da N1. Segundo Bertolo *et al.* (2009) o cromo ocorre, normalmente, em minerais na forma trivalente, formando óxidos e hidróxidos insolúveis, o que explica a pouca frequência com que é detectado nas análises químicas da água, sendo encontrado, no presente caso, somente nos meses de maior precipitação. Segundo Amaral Sobrinho *et al.* (2009) o uso de fungicidas, herbicidas e inseticidas contribuem para disponibilização de metais pesados no solo e podem conter chumbo e zinco em suas composições. O cromo no solo apresentou valores variando de 13,9 a

61,3 mg.kg⁻¹ e o chumbo variou de 38,9 a 64,0 mg.kg⁻¹, valores que se encontram abaixo do valor de prevenção para contaminação de solos. Diante do apresentado é possível afirmar que a causa mais provável da contaminação da água por esses elementos é o maior aporte de sedimentos nos cursos d'água devido ao desencadeamento de processos erosivos no período chuvoso, permitindo que fossem identificados em maiores quantidades nas águas analisadas. No caso do chumbo é possível que tenha relação com o uso de defensivos agrícolas, principalmente nas áreas próximas à plantações de café e também nas áreas de pastagem antes ocupadas por esse tipo de cultura.

5.1.2. Águas subterrâneas

Tabela 15 - Aspectos gerais dos pontos de monitoramento da qualidade da água superficial.

Ponto de monitoramento	Altitude (m)	Profundidade do poço (m)	Uso do solo no entorno do ponto	Rocha/Solo	Minerais constituintes	Parâmetros relevantes - Solo	Parâmetros relevantes – Água
P1	726	6	Residência e mata preservada	Gnaisse/Argissolo	Caulinita e gibbsita, com traços de esmectita, biotita, goethita e hematita	Cd, Fe e Mn	DBO, <i>E.coli</i> , Coliformes Totais e Cr
P2	724	15	Residência, mata preservada, pastagem e eucalipto	Gnaisse/Argissolo	Caulinita e gibbsita, com traços de esmectita, biotita, goethita e hematita	Cd, Fe e Mn	pH, DBO e Cr
P3	735	20	Residência, mata preservada, área de pastagem (onde existe criação de gado) e plantação de milho	Gnaisse/Argissolo	Caulinita e gibbsita, com traços de esmectita, biotita, goethita e hematita	Cd, Fe e Mn	DBO, <i>E. coli</i> e Cr
P4	737	6	Residência, plantação de milho e mata preservada	Gnaisse/Argissolo	Caulinita e gibbsita, com traços de esmectita, biotita, goethita e hematita	Cd, Fe e Mn	DBO, OD, <i>E.coli</i> , Fe, Cr, Pb e Al
P5	760	21	Área de pastagem (onde existe criação de gado) e plantação de milho	Gnaisse/Latossolo (Transição Argissolo)	Caulinita e gibbsita, com traços de esmectita, biotita, goethita e hematita	Cd, Fe e Mn	pH, DBO, OD e Cr
P6	737	15	Área de pastagem (onde existe criação de gado) plantação de milho	Gnaisse/Argissolo	Caulinita e gibbsita, com traços de esmectita, biotita, goethita e hematita	Cd, Fe e Mn	pH, DBO, OD e <i>E.coli</i>
P7	727	20	Pastagem	Gnaisse/Latossolo	Caulinita e gibbsita, com traços de esmectita, biotita, goethita e hematita	Cd, Fe e Mn	DBO, OD e Cr

P8	730	8	Mata preservada e pastagem (onde existe criação de gado)	Gnaiss/Argissolo	Caulinita e gibbsita, com traços de esmectita, biotita, goethita e hematita	Cd, Fe e Mn	pH, DBO, OD, <i>E. coli</i> , Fe, Cr, Pb e Al
P9	736	6	Área de pastagem (onde existe a criação de gado)	Gnaiss/Argissolo	Caulinita e gibbsita, com traços de esmectita, biotita, goethita e hematita	Cd, Fe e Mn	pH, DBO, OD, <i>E. coli</i> e Cr
P10	738	6	Área de pastagem (onde existe criação de gado) e plantação de café	Gnaiss/Argissolo	Caulinita e gibbsita, com traços de esmectita, biotita, goethita e hematita	Cd, Fe e Mn	Cor, Turbidez, pH, DBO, OD, <i>E. coli</i> , Mn, Fe, Al, Cr e PB

Pode-se observar que, também para as águas subterrâneas, os parâmetros DBO, OD, *E. coli* e coliformes totais apresentaram alterações significativas. Foram detectadas altas DBO em todos os poços monitorados, principalmente no período chuvoso. As alterações no parâmetro OD também apresentaram maior intensidade no período chuvoso e ocorreram nos pontos P4, P5, P6, P7, P8, P9 e P10.

Valores mais baixos de OD são esperados para água subterrâneas devido à passagem da água pelo solo e à menor possibilidade de aeração da água no subsolo, entretanto, altos valores de DBO não são normais nessas águas, e, como já foi citado anteriormente, valores de DBO em águas subterrâneas superiores a 1 mg/L O₂ são indicio de contaminação do aquífero e podem estar contribuindo para a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido.

Não conformidades para o parâmetro *E. coli* foram detectadas nos pontos P1, P3, P4, P6, P8, P9 e P10. Juntamente com as altas quantidades de coliformes totais encontradas nas águas subterrâneas, esses resultados são forte indicio de contaminação fecal.

Apesar da menor susceptibilidade à poluição normalmente associada às águas subterrâneas, nota-se que os pontos monitorados na sub-bacia em estudo apresentam muitas alterações causadas pelas atividades antrópicas, em especial, pelo uso do solo. É possível afirmar que a presença de pastagem no entorno dos pontos monitorados é,

também para as águas subterrâneas, um fator que influencia negativamente a qualidade da água, principalmente para os parâmetros apresentados. No entanto, outros fatores podem ser identificados como relevantes para a qualidade da água subterrânea nessa área: a poluição das águas superficiais, o tipo de solo e a presença de fossas de infiltração.

Os dados de qualidade da água apresentados anteriormente mostram alterações já em seus pontos de surgência. Inter-relacionando tais resultados com os obtidos no monitoramento das águas subterrâneas observa-se a semelhança nas alterações encontradas, fato que tem relação direta também com o tipo de solo predominante nos pontos de monitoramento. Os Argissolos são característicos de áreas mal drenadas, nas quais o lençol freático fica elevado durante a maior parte do tempo, características que favorecem a má qualidade da água subterrânea e apresentam condições inadequadas para instalação de fossas de infiltração.

Com isso é possível afirmar que as alterações detectadas para os parâmetros DBO, OD, *E. coli* e coliformes totais são causadas, principalmente, pela relação das águas subterrâneas com a água superficial contaminada, devido à posição elevada do lençol freático, podendo também ser influenciadas pela presença de fossas de infiltração – que por sua vez também podem estar contaminando os cursos d'água superficiais.

O pH apresentou alterações para os pontos P2, P5, P6, P8, P9 e P10, para os quais foram encontrados valores abaixo do limite legal mínimo. As concentrações de cromo e chumbo apresentaram alterações para a maioria dos poços monitorados nas campanhas realizadas no período chuvoso, que foram acompanhadas pelo acréscimo de sólidos totais. Os parâmetros manganês, ferro e alumínio também apresentaram alterações relevantes ao longo do monitoramento. A explicação para tais alterações, assim como apresentado no tópico anterior, está relacionada às características químicas dos solos da área de estudo e possivelmente estão sendo agravadas pela má qualidade das águas superficiais.

É importante salientar a influência da profundidade e estado de conservação dos poços nas características das águas analisadas. Observa-se que os poços mais profundos apresentaram, via de regra, menor número de parâmetros não conformes e menores

intensidades nas alterações. Exemplos de poços com maior profundidade são P2, P3, P5, P6 e P7. Poços rasos, como o P1, P4, P8, P9 e P10, são mais susceptíveis à contaminação. A conservação dos poços é também um fator relevante para a qualidade das águas subterrâneas utilizadas para consumo humano, uma vez que o poço que apresentou maiores alterações na qualidade da água, foi o poço P10, que se encontra parcialmente descoberto, próximo a uma encosta a jusante de uma área de pastagem em que existe criação de gado.

6. CONCLUSÃO

As alterações encontradas para a qualidade da água na sub-bacia em estudo estão relacionadas, principalmente, aos parâmetros cor, DBO, OD, *E. coli* e coliformes totais. Pode-se afirmar que tais alterações estão relacionadas, principalmente, às atividades antrópicas e ao uso e ocupação do solo. Devido a esse fato, o controle sobre as atividades antrópicas é o primeiro passo para se melhorar a qualidade dos recursos hídricos na sub-bacia. Dentre as medidas de controle que podem ser adotadas, duas são de fundamental importância para essa área: o isolamento das nascentes e cursos d'água por meio de cercas de arame farpado, para evitar contato direto de bovinos e a revegetação das matas ciliares.

Nota-se que na presente sub-bacia a contaminação das águas superficiais tem ocorrido logo em seus pontos de surgência. Com isso, é possível afirmar que nos cursos d'água a situação não é diferente, uma vez que, ao longo de suas trajetórias, são incorporados ainda efluentes advindos das fossas de infiltração e do lançamento de esgoto *in natura* em alguns pontos. Neste sentido, medidas envolvendo o controle sanitário da sub-bacia são de grande relevância para mudar o cenário de poluição encontrado, tanto nas águas superficiais, quanto nas águas subterrâneas, observando-se a estreita relação existente entre essas águas.

Para alguns parâmetros, tais como pH, ferro, manganês, alumínio e cromo, a geologia e a pedologia exercem estreita influência. Portanto, para minimizar o aporte de sedimentos nas nascentes e cursos d'água, que elevam a concentração desses elementos na água, é preciso um manejo adequado do solo, evitando, assim, a intensificação dos processos erosivos. Neste sentido a diminuição de áreas de pastagem e o reflorestamento das áreas de preservação permanentes (que incluem as margens dos cursos d'água e o terço superior dos morros) seriam medidas adequadas. Além disso, um melhor controle na instalação de poços, bem como a limpeza e a manutenção desses pontos de captação são processos que minimizam o aporte de sedimentos, diminuindo os impactos negativos na qualidade da água subterrânea.

Os resultados aqui encontrados serão apresentados à comunidade que reside na sub-bacia e aos órgãos competentes para que as medidas aqui sugeridas possam ser aplicadas e que seja efetivada a melhoria da qualidade da água da bacia do ribeirão São Bartolomeu, a começar por essa pequena sub-bacia.

Por fim, cabe salientar que a avaliação integrada da qualidade da água, não somente dessa sub-bacia, é estudo que envolve inúmeras variáveis, apresentando uma grande complexidade. Entretanto, pode-se afirmar que não existe melhor forma de promover uma gestão adequada dos recursos hídricos senão conhecendo os fatores que podem influenciar em sua qualidade. Neste sentido, espera-se que a metodologia utilizada no presente trabalho possa ser aprimorada e aplicada a outras bacias hidrográficas, no intuito de contribuir para melhoria da qualidade dos recursos hídricos e do meio ambiente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M.; RIBEIRO, A. C. O. **A Terra em transformação**. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Eds.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. Cap. 1, p.7-13.

ARCOVA, F.C.S.; CICCO, V. **Características do deflúvio de duas microbacias hidrográficas no laboratório de hidrologia florestal Walter Emmench, Cunha - SP**. *Revista do Instituto Florestal de São Paulo*, São Paulo, v.9, n.2, p.153-70, 1997.

ARCOVA, F.C.S.; CICCO, V. **Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo**. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.5, n.6, p.125-34, 1999.

ARRAES, T. de M. **Proposição de critérios e métodos para delimitação de bacias hidrogeológicas**. 2008. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade de Brasília. Brasília-DF.

ARRUDA, P. R. R. **Uma contribuição ao estudo ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa, Minas Gerais**. 1997. 112f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO; F. **Conservação do solo**. São Paulo. Ícone Editora, 1990. 355p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 357, de 17 mar. 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2009.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 396, de 3 abr. 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>> Acesso em: 10 jan. 2010.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 420, de 28 dez. 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em: Nov. 2008.

BRASIL. Constituição da República Federativa Do Brasil de 1988. 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.html> Acesso em: Nov. 2009.

BRASIL. Decreto n. 24.643, de 10 jul. 1934. Decreta o Código de Águas. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.html> Acesso em: Jan. 2010.

BRASIL. Lei n.9.433, de 8 jan. 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm> Acesso em: mar. 2009

BRASIL. Ministério das Minas e Energia, Secretaria Geral - Projeto RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais**. 1983. Rio de Janeiro/Vitória v. 32.

BRIGANTE, E. J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia Fluvial**: Um estudo no Mogi-guaçu. São Carlos: Editora Rima, 2003. 278 p.

CARVALHO, P. G. M. de; OLIVEIRA, S. M. M. C. de; BARCELLOS, F. C.; ASSIS, J. M. **Gestão local e meio ambiente**. Ambiente & Sociedade: Campinas. 2005.v.8, n.1, p. 121-140.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Variáveis de qualidade das águas**. 2001. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>> Acesso em: Dez. 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgar Blucher/USP. 1974.149p.

COLERIDGE, S. T. **O ciclo hidrológico e a água subterrânea**. In: PRESS, F.; SIEVER R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. Para Entender a Terra. Tradução Rualdo Menegat, 4ª ed. – Porto Alegre: Bookman, 2006. 656 p.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Degradação Ambiental**. IN: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p.337-379.

EDMUNDS W. M.; SHAND P. **Natural Groundwater Quality**. Wiley-Blackwell. 2009. 488p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Avaliação de cinco tipos de abertura para determinação dos teores de ferro, manganês e zinco em alguns solos brasileiros**. Rio de Janeiro, 1997. n.1, p. 1-10.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

ENVIRONMENTAL SYSTEM RESEARCH INSTITUTE (ESRI). ArcGIS 9.2, New York, 2006.

EPA – Environment Protection Agency. USEPA. **An Introduction to Water Quality Monitoring.** 1999. Disponível em: <<http://www.epa.gov/OWOW/monitoring/monintro.html>> Acesso em: Nov. 2009.

FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. E. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações.** Fortaleza, CPRM/LABHID - UFPE, 389 p., 1997.

FERNANDES, M. R.; SILVA, J. C. **Programa Estadual de manejo de sub-bacias hidrográficas: fundamentos e estratégias.** Belo Horizonte: EMATER-MG, 1994. 24p.

FONTES, L. E. F.; FERNANDES, R. B. A.; RODRIGUES, J. S.; FERNANDES FILHO, E. I. **Recursos hídricos e uso do solo no município de Viçosa.** In: FONTES, L. E. F.; FERNANDES, R. B. A.; RODRIGUES, J. S. (Editores). Recursos hídricos e percepção ambiental no município de Viçosa. Viçosa: Folha de Viçosa, 2006. p. 1-20.

FONTES, Luiz Eduardo F.; FERNANDES, Raphael Bragança A.; RODRIGUES, Jaqueline Sicupira. Recursos Hídricos e Percepção Ambiental no Município de Viçosa/MG. Folha de Viçosa: Viçosa, 2006. 131p.

FONTES, M.P.F. **Mineralogia dos solos.** Notas de aula, Universidade Federal de Viçosa, 2006.

FOSTER, S.; HIRATA, R. **Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes.** São Paulo: Instituto Geológico. (Boletim N.º 10). 1993.

FRANCO, F. S.; VILELA, D. R. **Avaliação do uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia do Ribeirão São Bartolomeu.** In: FONTES, L. E. F.; FERNANDES, R. B. A.; RODRIGUES, J. S. (Editores). Recursos hídricos e percepção ambiental no município de Viçosa. Viçosa: Folha de Viçosa, 2006. p. 1-20.

GAMA, A. M. C. de F. **Avaliação da agenda 21 da bacia hidrográfica do Rio Pirapama. 2003.** 172p. 2003. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.

GARBRECHT, J.; MARTZ, L. W.. **Grid size dependency os parameters extracted from digital elavation models**. Computers and Geosciences. New York, USA, v.20, n.1, p. 85-87, fev. 1994.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 4ª ed – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 372 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Departamento de Recursos Minerais e Estudos Ambientais. **Glossário Geológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999, 214 p.

JORGE, F. N.; UEHARA, K. **Águas de Superfície**. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Eds.). Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. Cap. 7, p.101-109.

KARMANN, I. **Água: ciclo e ação geológica**.. In: TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T.R.; TOLEDO, M. C.M.; TAIOLI, F. (org.). *Decifrando a Terra*. São Paulo- SP: Editora Oficina do Texto, 2000. p. 421-467.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 2ª ed. São. Paulo-SP. Átomo, 2008. 444p.

MACHADO, F. B.; MOREIRA, C. A.; ZANARDO, A; ANDRE, A. C.;GODOY, A. M.; FERREIRA, J. A.; GALEMBECK, T.; NARDY, A. J. R.; ARTUR, A. C.; OLIVEIRA, M. A. F. de. **Atlas de Rochas** [on-line]. UNESP, 2003. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/museudpm>> Acesso em: Jan. 2010.

MANOEL FILHO, J.. Contaminação das água subterrâneas. In: FEITOSA, A.C.F.; MANOEL FILHO, J. (coord.). **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM/LABHID. 1997. p. 109-132.

MESTRINHO, S. S. P. **Qualidade das águas**. In: GIAMPÁ, C. E. Q. & GONÇALVES, V. G. (Edit.) *Águas Subterrâneas e poços tubulares profundos*. São Paulo: Signus Editora. 2006. P. 99-137.s

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n. 1, de 05 mai. 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>> Acesso em: Fev. 2010.

MINAS GERAIS. Lei n. 13.177, de 11 de dez. 2000. Dispõe sobre a administração, a proteção e a conservação das águas subterrâneas de domínio do Estado e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=549>> Acesso em: Fev. 2010.

MINAS GERAIS. Lei n.13.199, de 29 jan. 1999. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5309>> Acesso em: 08 mar. 2009.

NETO, M.S.S.; ALVEZ, R.; FIGUEIREDO, A.C.; HINO, K. **Caracterização hidrogeoquímica da bacia do rio Manso-Cuiabá, Mato Grosso**. *Acta Limnológica Brasiliensis*, São Carlos, v.6, p.230-44, 1993.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; ALMEIDA, R.J. de; MELLO, J.M. de; GAVILANES, M.L. **Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho de mata ciliar do córrego Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG)**. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v.17, n.1, p.67-85,1994.

PALMIERI, F.; LARACH, J. O. **Pedologia e geomorfologia**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). *Geomorfologia e meio ambiente*. Bertrand Brasil, p. 59-122. 1996.

PESSOA, M. D.; MENTE, A.; LEAL, O. **Províncias Hidrogeológicas do Brasil**. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 1, 1980, Recife. Anais. p. 461-474.

PHILIPPI JR, Arlindo ; ROMÉRO, M. de A. ; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. 1ª Ed, v. 1. Barueri, SP: Manole, 2004. 1045 p.

PINTO, N.L.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A.; GOMIDE, F.L.S. **Hidrologia básica**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher. 1976. 278p.

PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E..**Bacias Hidrográficas - Integração entre meio ambiente e desenvolvimento**. Ciência Hoje: Rio de Janeiro, 1995. v. 19, n. 110, p. 40-45.

PORTES, R. C. **Determinação da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa – MG através de geoprocessamento e análise multicritério**. 2008. 58f. Monografia -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

PRIMAVESI, O.; FREITAS, A.R. de; PRIMAVESI, A.C.; OLIVEIRA, H.T. de. **Water quality of Canchim's creek watershed in São Paulo, SP, Brazil, occupied by beef and dairy cattle activities**. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v.45, n.2, p.209-17, 2002.

REBOUÇAS, A. C. **Águas Subterrâneas**. In: REBOUÇAS, A. da C., BRAGA, B. e TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil**, 3ª ed. São Paulo-SP, Escrituras Editora.2006. p. 111-144.

RENNÓ, D. C; SOARES, J. V. **Discretização espacial de bacias hidrográficas**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 10, 2001, Foz do Iguaçu, **Anais**. Foz do Iguaçu: INPE, 2001, p. 485-492.

SAITO, L. **Water-quality data management: survey of corrent trend**. *Journal of water resources Planning and Management*. 1994. V. 120, n.5. p. 587-612.

SALOMÃO, F. X. T. & ANTUNES, F. S. **Solos em pedologia**. In: OLIVEIRA, A. M. S. & BRITO, S. N. A. (edit.) *Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. 1998. p.87-101.

SANTOS, A. C. **Noções de Hidroquímica**. In: FEITOSA, F. A. C.; SANTOS, A. C. (coord.). *Hidrogeologia – conceitos e aplicações*. 2ª Ed.. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000. 391p. p. 81-108.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo, Oficina de Textos, 2004. 184p.

SIQUEIRA, A. G. **Avaliação das alterações na rede de drenagem na sub-bacia hidrográfica do rio Capivari-Mirim – SP**. São Carlos, São Paulo. 2001. 156f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Paulo.

SOUZA, E. R. de. **Alterações físico-químicas no deflúvio de três sub-bacias hidrográficas decorrentes da atividade agrícola**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal/Manejo Ambiental), Universidade Federal de Lavras. Lavras: UFLA, 1996. 91p.

SOUZA, E. R. de; FERNANDES, M. R. **Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.15-20, nov./dez., 2000 a.

SOUZA, A.D.G. de; TUNDISI, J.G. Hydrogeochemical comparative study of the Jaú and Jacaré- Guaçu river watersheds, São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, v.60, n.4, p.563-70, 2000 b.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1996. v.1. 243 p.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo-SP: Oficina de Texto, 2000.

USEPA. Method 3050B. Acid Digestion Of Sediments, Sludges, And Soils. 1996.
Disponível em: <<http://www.epa.gov/waste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3050b.pdf>>
Acesso em: Dez, 2009.

U. S. GEOLOGICAL SURVEY. Department of the Interior. **Water Train**. 2009.
Disponível em: <<http://ga.water.usgs.gov/edu/waterdistribution.html>> Acesso em: Nov.
2009.

VALENTE, O. F.; CASTRO, P. S. **Manejo de bacias hidrográficas**. Informe Agropecuário. EPAMIG: Belo Horizonte, v.7, n. 80, p.40-45, mar.1981.

VARGAS, M. C. **O gerenciamento integrado dos recursos hídricos como problema socioambiental**. Ambiente & Sociedade, Campinas n.5, p. 109-134, dez. 1999.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO SÓCIO-AMBIENTAL

**Questionário sócio-ambiental
Sub-bacia do Palmital**

Nome do proprietário:
Localização da propriedade (coordenadas):
Área da propriedade:
Número de moradores:
Como é feito o abastecimento de água?
Existe poço de captação de água? Qual a localização (coordenadas)?
Quais são os principais usos da água na propriedade? (Qual a vazão média captada?)
Qual o destino dos efluentes gerados na propriedade? (Tem fossa séptica?)
Como é feito o armazenamento e a destinação dos resíduos sólidos?
Qual o uso do solo na propriedade? (agricultura, criação de gado de leite, criação de gado de corte, etc)
Qual a forma de manejo do solo utilizada?
É utilizado algum tipo de defensivo agrícola (agrotóxico) ou fertilizante na propriedade? Qual?
Existe alguma nascente na propriedade? Qual a localização (coordenadas)?

Figura 63 - Questionário sócio-ambiental aplicado na área de estudo.

APÊNDICE B

MAPA DE ELEVAÇÃO E MAPA DE DECLIVIDADE

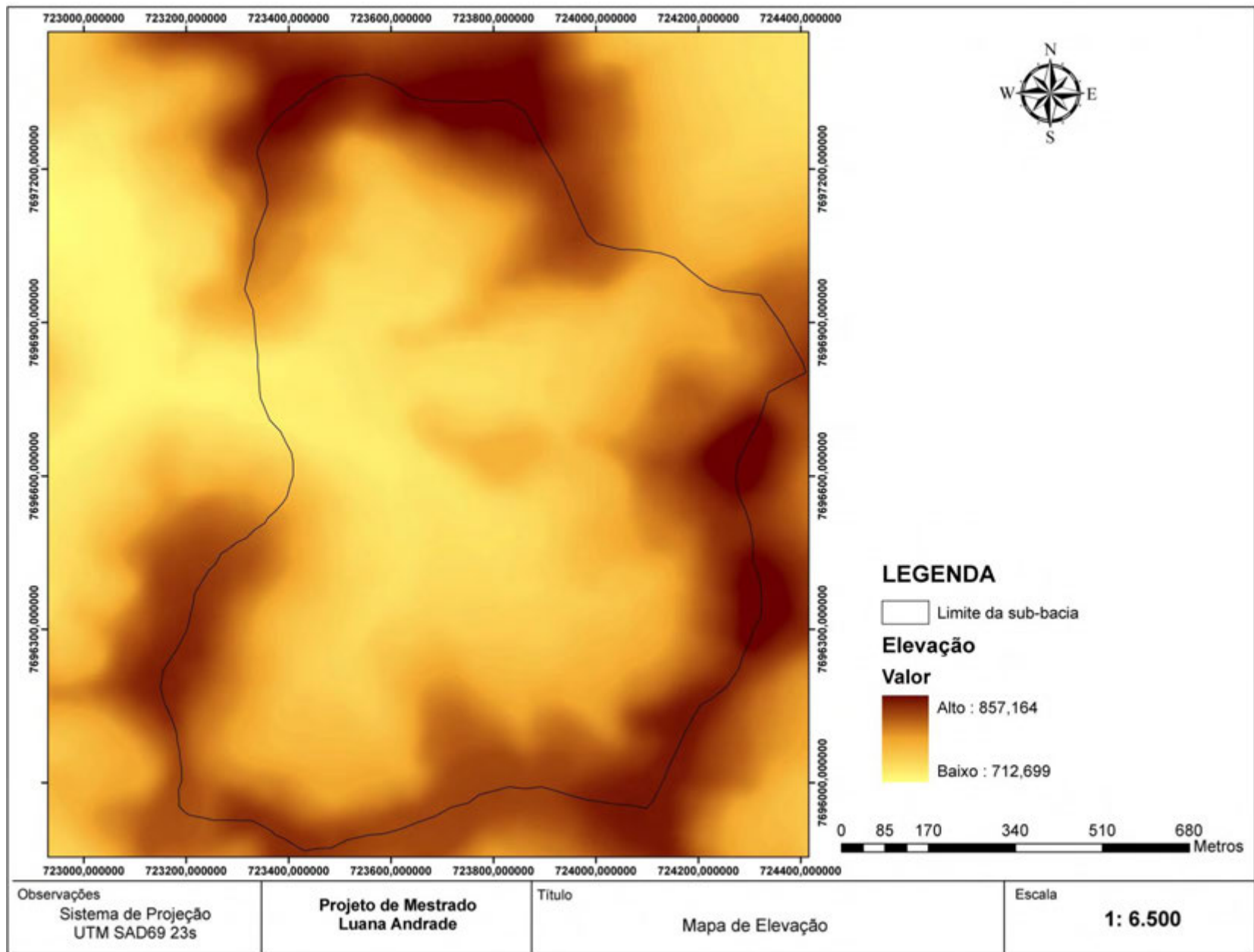


Figura 64 - Mapa de elevação da sub-bacia.

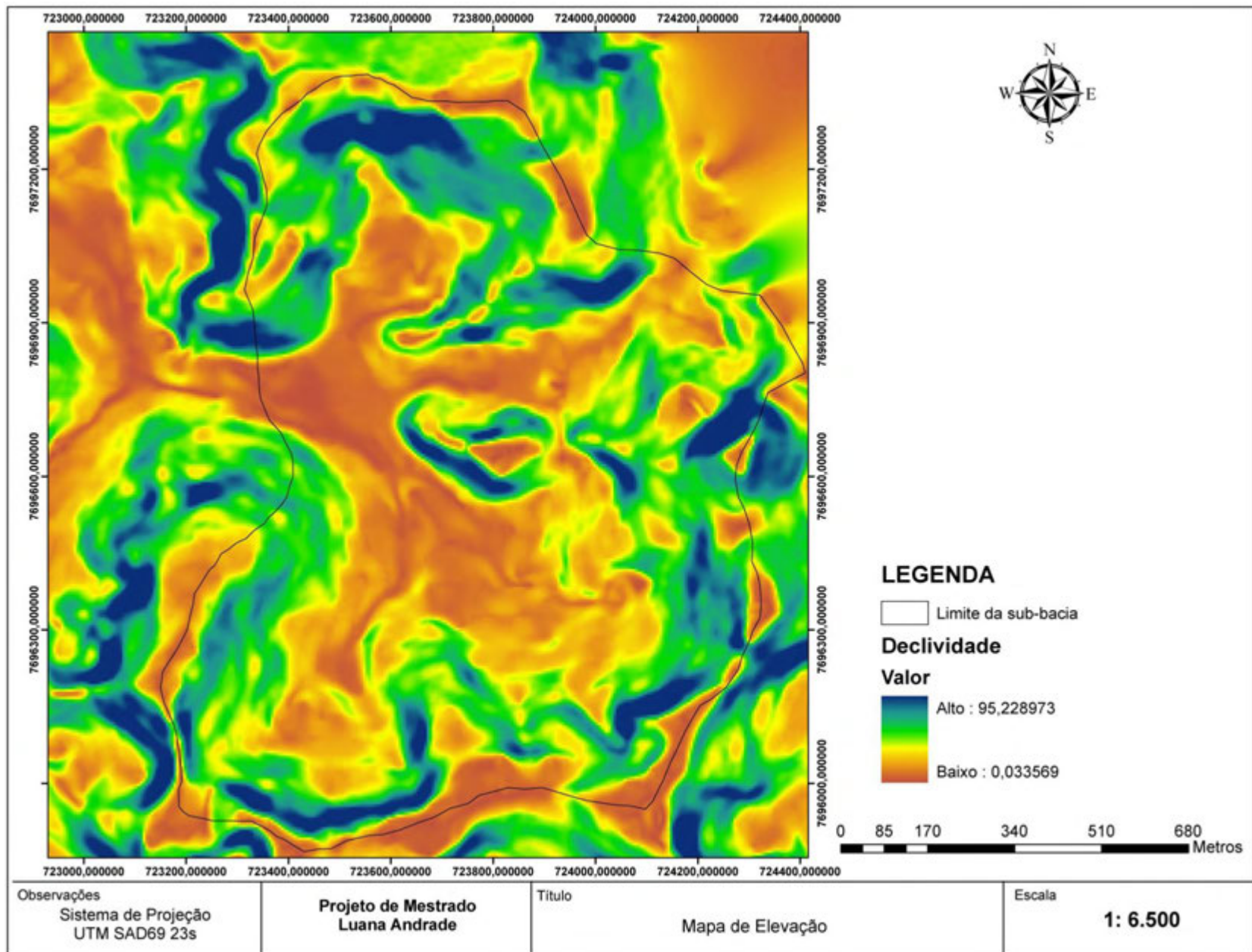


Figura 65 - Mapa de declividade da sub-bacia

APÊNDICE C

GRÁFICOS RELATIVOS À DETERMINAÇÃO DA MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA

Perfil 01 - Argissolo Vermelho-Amarelo

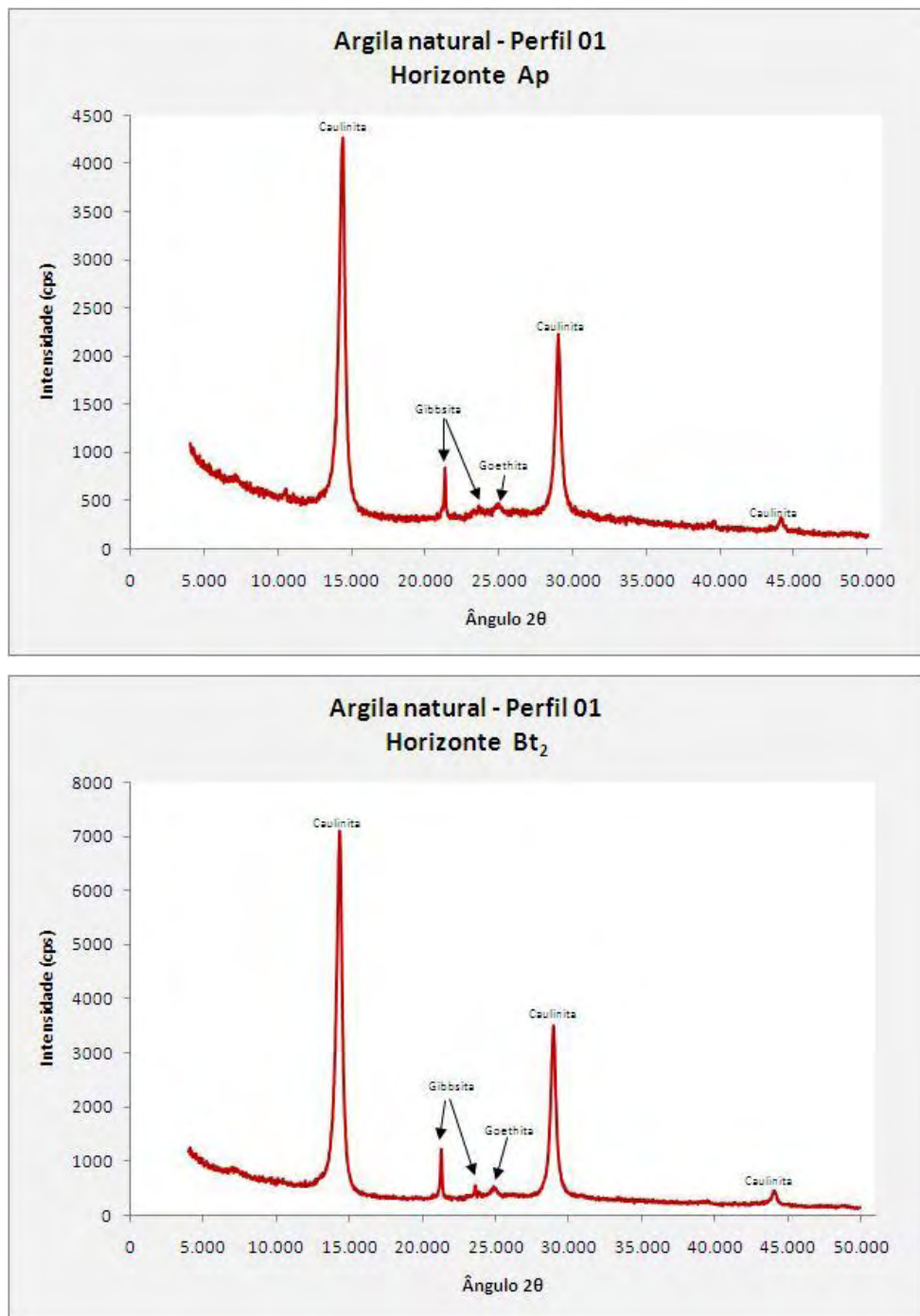


Figura 66 - Resultados da difratometria de raios-X para os horizontes Ap e Bt₂ do perfil 01 (Argissolo Vermelho-Amarelo).

Perfil 02 - Latossolo Vermelho-Amarelo

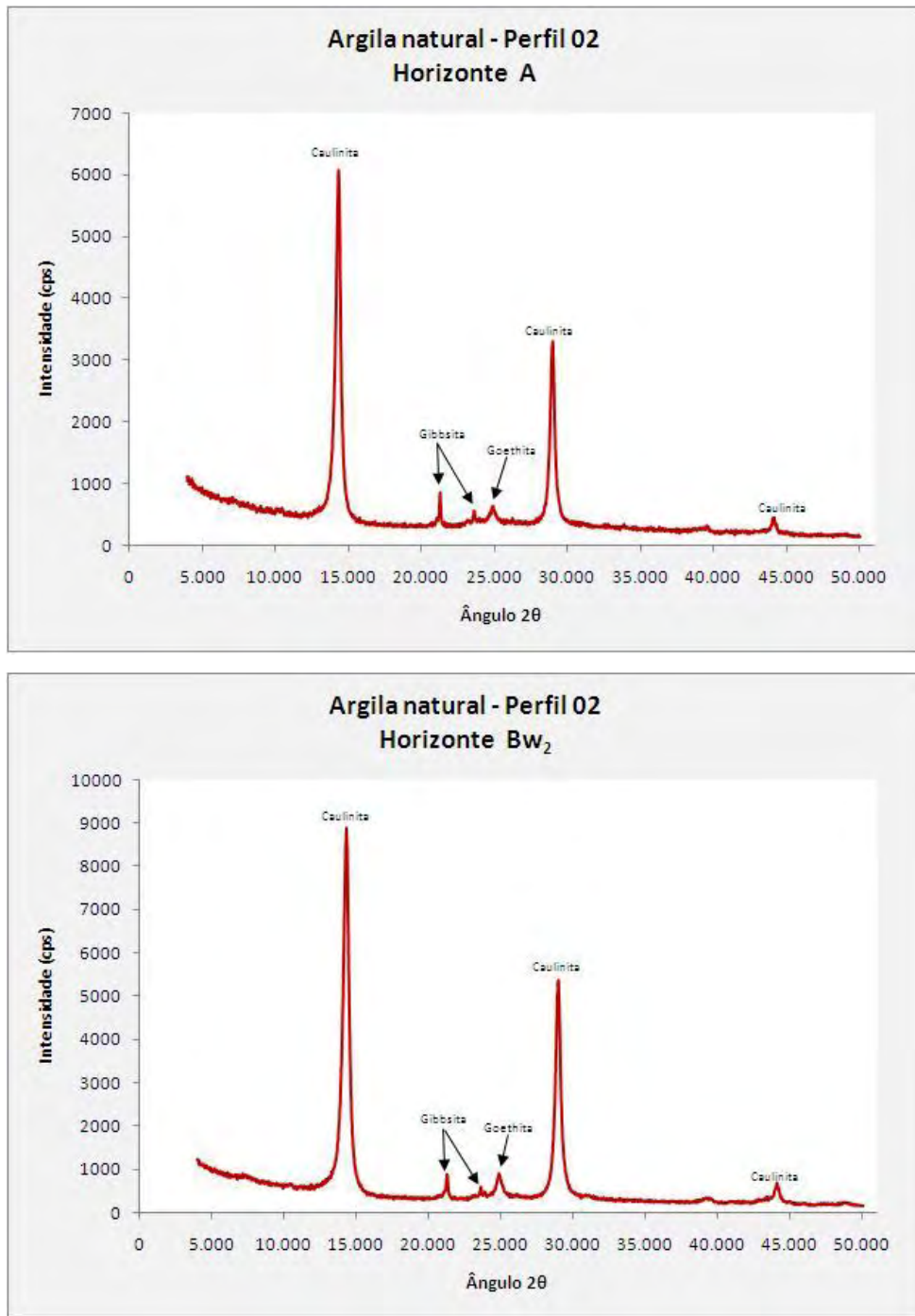


Figura 67 - Resultados da difratometria de raios-X para os horizontes A e Bw₂ do perfil 02 (Latosolo Vermelho-Amarelo).

Perfil 03 - Argissolo Vermelho-Amarelo

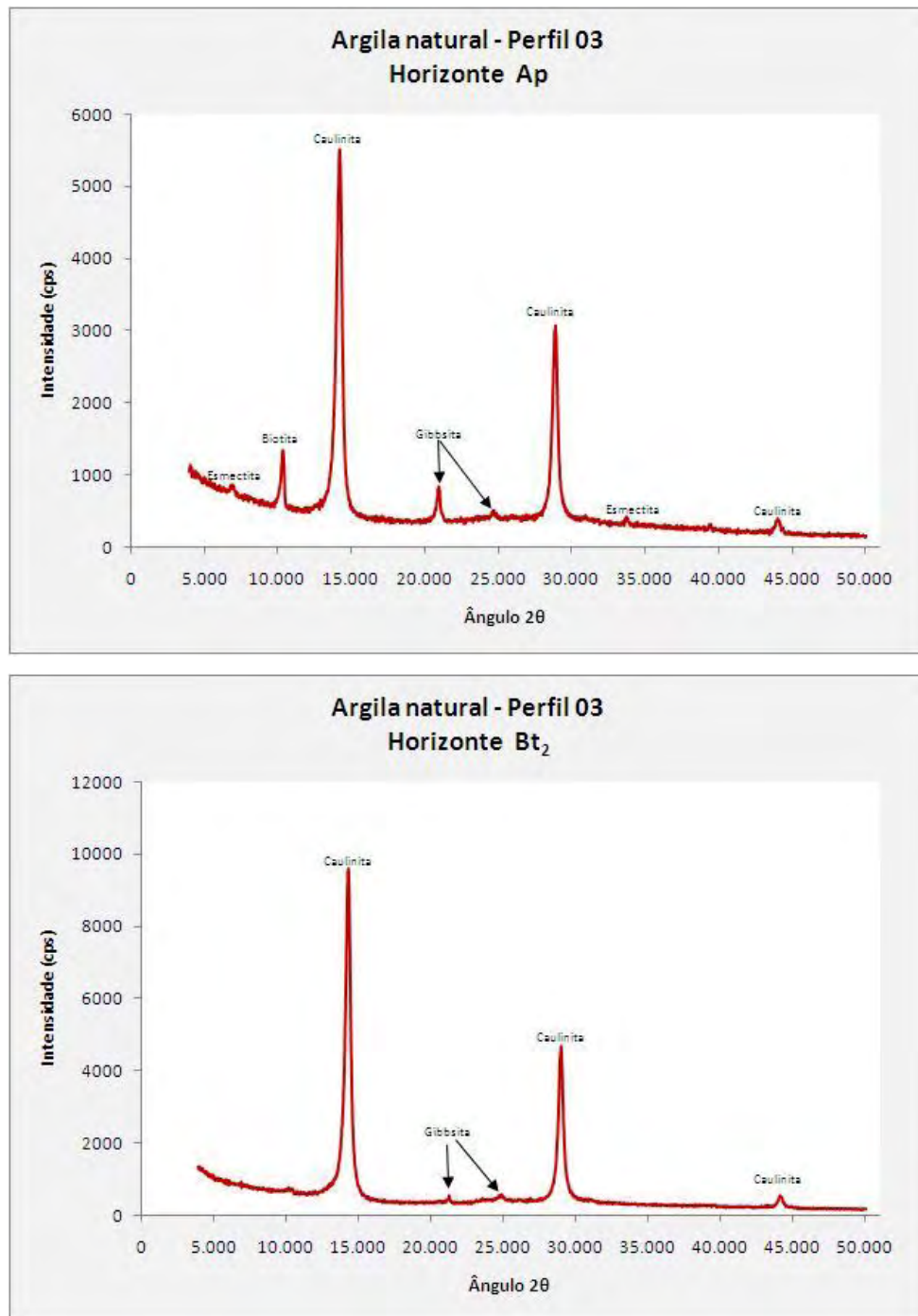


Figura 68 - Resultados da difratometria de raios-X para os horizontes Ap e Bt₂ do perfil 03 (Argissolo Vermelho-Amarelo).

Perfil 04 - Latossolo Vermelho-Amarelo

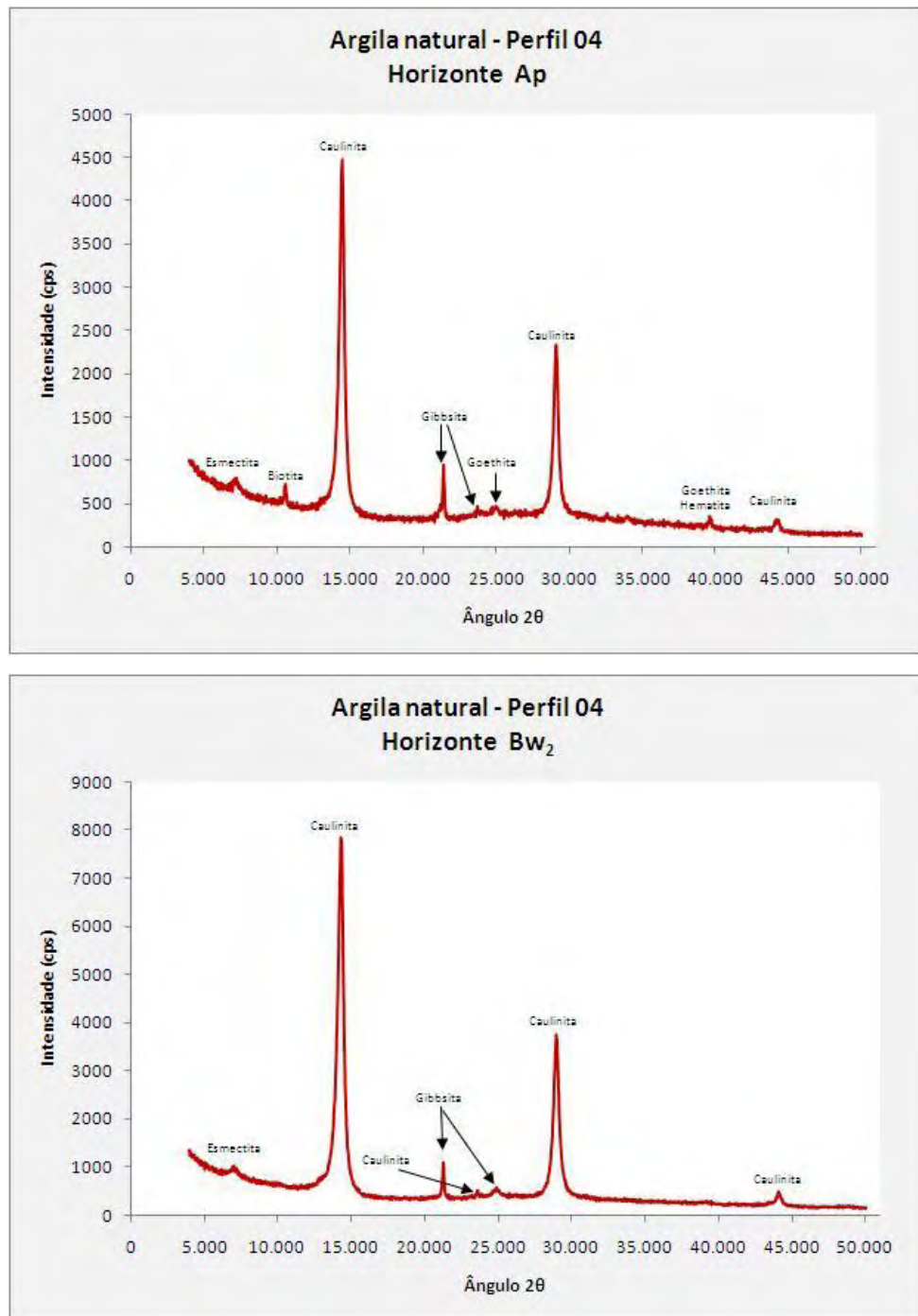


Figura 69 - Resultados da difratometria de raios-X para os horizontes A e Bw₂ do perfil 04 (Latossolo Vermelho-Amarelo).

Perfil 05 - Cambissolo Háptico

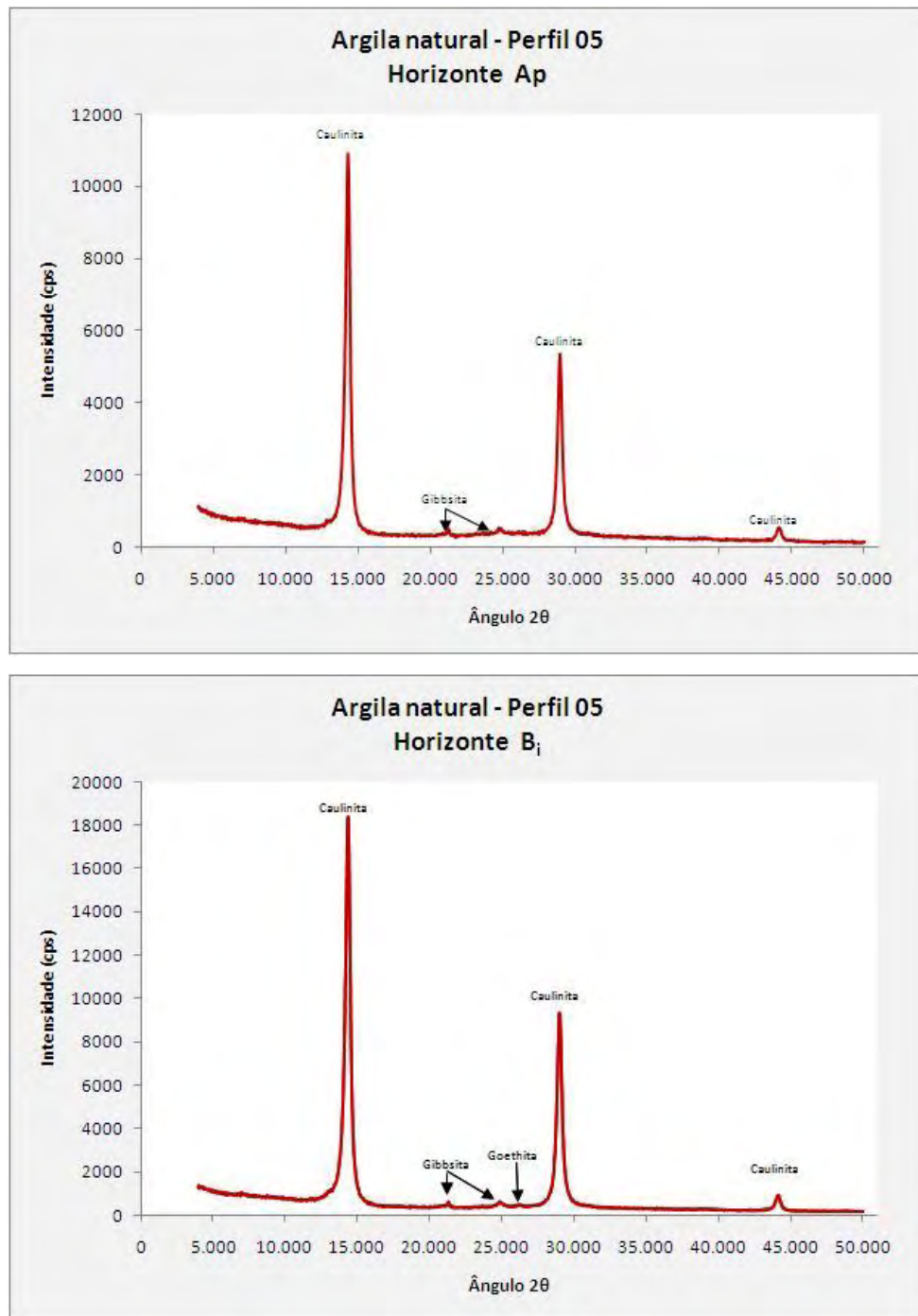


Figura 70 - Resultados da difratometria de raios-X para os horizontes A e B₁ do perfil 04 (Cambissolo Háptico).

APÊNDICE D

DESCRIÇÃO DOS PERFIS E RESULTADO DAS ANÁLISES PARA CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

Perfil 01

O Perfil 01 foi coletado na microbacia do córrego Palmital, nas coordenadas UTM 724157/7696971. Este perfil, em função de suas características morfológicas foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Latossólico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo suave ondulado (terraço de elevação). O uso atual do solo coletado no perfil 01 é o plantio de milho, conforme ilustra a Figura 71.



Figura 71 - Perfil 01 e tipo de uso típico na área de sua ocorrência.

A descrição e os resultados das análises físicas e químicas deste perfil são apresentados a seguir.

Número do perfil: P01

Data – 01/09/2009

Classificação – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico Latossólico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo suave ondulado (terraço de elevação). Localização, município, estado e coordenadas - Ponto GPS 724157/7696971.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – Perfil coletado em situação de terço médio/ superior de encosta, sob plantio de milho (colhido).

Altitude - 771 metros.

Litologia, formação geológica e cronologia - Gnaisses

Material originário – Produto da alteração de gnaisses.

Pedregosidade - Ausente.

Rochosidade - Ausente.

Relevo local - Suave Ondulado.

Relevo regional - Forte ondulado.

Erosão - Laminar ligeira.

Drenagem - Bem drenado.

Uso atual – Milho.

Descrito e coletado por – César Chagas / Luana Andrade

Raízes – Comuns finas no Ap, poucas finas no BA, raras finas no Bt₁, ausentes no Bt₂, Bt₃ e Bc.

Descrição Morfológica

- Ap - 0-20 cm; (7,5YR 4/4); argilosa; moderadamente média e grande granular; friável; plástica e pegajosa; transição plana e clara.
- BA - 20-33 cm; (5YR 4/4); muito argilosa; fraca a moderadamente média e blocos subangulares; ligeiramente firme; plástica e pegajosa; transição plana e clara.
- Bt₁ - 33-71 cm; (5YR 4/6); muito argilosa; moderadamente média e grande, blocos subangulares; abundante e moderada; firme; plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

- Bt₂ - 71-120 cm; (5YR 5/6); moderadamente média e grande, blocos subangulares; fraca e pouca; firme; plástica e pegajosa; transição plana e gradual.
- Bt₃ - 120-166cm; (5YR 5/7); moderadamente média e grande, blocos angulares e subangulares; fraca e pouca; ligeiramente firme.
- BC - 166-200cm; (5YR 5/7); fraca média e grande, blocos angulares e subangulares; friável.

Tabela 16 - Resultados analíticos dos ensaios realizados nas amostras coletadas no Perfil 01.

Horizonte		Composição granulométrica da terra fina (g/kg)				Classe Textural
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
Ap	0 - 20	21	15	13	51	Argila
BA	20 - 33	26	18	10	46	Argila
Bt ₁	33- 71	18	13	8	61	Muito Argilosa
Bt ₂	71 - 120	14	11	6	69	Muito Argilosa
Bt ₃	120 - 166	17	10	7	66	Muito Argilosa
BC	166 - 200	16	10	7	67	Muito Argilosa

Análises Químicas

Horizonte	pH (1:2,5)		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+ Al	SB	(t)	(T)	P	K	V	m	MO	P-rem
	H ₂ O	KCl	Complexo Sortivo (cmol _c /kg)						(mg/dm ³)		%		dag/kg	mg/L	
Ap	6,16	5,22	2,0	20	2,46	1,02	0,00	2,0	3,53	3,53	5,53	63,8	0,0	2,89	29,7
BA	5,55	4,7	0,7	12	1,47	0,39	0,00	2,2	1,89	1,89	4,09	46,2	0,0	1,63	27,5
Bt ₁	5,8	5,05	0,5	13	1,85	0,25	0,00	1,8	2,13	2,13	3,93	54,2	0,0	1,26	23,7
Bt ₂	6,24	5,83	1,3	8	1,4	0,22	0,00	1,3	1,64	1,64	2,94	55,8	0,0	0,88	16,0
Bt ₃	6,08	6,02	2,0	9	1,29	0,23	0,00	1,2	1,54	1,54	2,74	56,2	0,0	0,88	15,8
BC	6,03	5,81	2,0	9	1,42	0,31	0,00	1,3	1,75	1,75	3,05	57,4	0,0	0,88	14,7

pH em água, KCl e CaCl₂ – Relação 1:2,5
 P – Na- K – Fe – Zn – Mn – Cu – Extrato Mehlich 1
 7,0
 Ca – Mg – Al – Extrator: KCl – 1mol/L
 H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5mol/L – pH 7,0
 B – Extrator água quente
 S – Extrator: Fosfato monocálcico em ácido acético
 SB = Soma de Bases Trocáveis

CTC (t) – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva
 CTC (T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH
 V= Índice de Saturação de Bases
 m= Índice de Saturação de Alumínio
 Mat. Org. (MO)= C.Org. x 1,724 – Walkley-Black
 P-rem= Fósforo remanescente

Perfil 02

O Perfil 02 foi coletado na microbacia do Córrego Palmital, nas coordenadas UTM 723299/7696139. Este perfil, em função das suas características morfológicas foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado. O uso atual do solo onde foi coletado o perfil é o plantio de café, conforme ilustra a Figura 72.



Figura 72 - Perfil 02 e tipo de uso típico na área de sua ocorrência.

A descrição e os resultados das análises físicas e químicas deste perfil são apresentados a seguir.

Número do perfil: P02

Data – 01/09/2009

Classificação – LATOSSOLO VERMELHO- AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado.

Localização, município, estado e coordenadas - Ponto GPS 723299/7696139.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – Perfil coletado em situação de terço médio/ superior de encosta, sob café.

Altitude - 782 metros.

Litologia, formação geológica e cronologia – Gnaisses.

Material originário - Produto da alteração de gnaisses.

Pedregosidade - Ausente.

Rochosidade - Ausente.

Relevo local - Forte Ondulado.

Relevo regional - Forte ondulado.

Erosão - Laminar ligeira.

Drenagem - Acentuadamente drenado.

Uso atual – plantio de café.

Descrito e coletado por – César Chagas/ Luana Andrade

Raízes – Comuns finas e médias no Ap; poucas finas no AB; raras finas no BA; ausentes no Bw₁ e Bw₂.

Descrição Morfológica

- Ap - 0-22 cm; (7,5YR 4/4); argilosa; moderada média e grande granular; friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.
- AB - 22-38 cm; (5YR 4/6); argilosa; moderada média granular e moderada pequena blocos subangulares; ligeiramente firme, plástica e pegajosa; transição plana e clara.
- BA - 38-53 cm; (5YR 4/6); argilosa; fraca a moderada pequena e média blocos subangulares; firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.
- Bw₁ - 53-112 cm; (5YR 4,5/6); argilosa; fraca média blocos subangulares; friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.
- Bw₂ - 112-180 cm+; (5YR 5/8); argilosa; fraca média blocos subangulares que se desfazem em forte pequena granular; friável, plástica e pegajosa.

Tabela 17 - Resultados analíticos dos ensaios realizados nas amostras coletadas no Perfil 02.

Horizonte		Composição granulométrica da terra fina (g/kg)				Classe Textural
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
dag/kg						
Ap	0 - 22	13	10	8	69	Muito Argilosa
AB	22 - 38	12	11	7	70	Muito Argilosa
BA	38- 53	12	11	7	70	Muito Argilosa
BW1	53 - 112	17	18	25	40	Franco-Argilosa
BW2	112 - 180+	16	16	22	46	Argila

Análises Químicas

pH (1:2,5)		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ⁺³	H+Al	SB	(t)	(T)	P	K	V	m	MO	P-rem
2O	KCl	Complexo Sortivo (cmol _c /kg)							(mg/dm ³)		%		dag/kg	mg/L
,16	4,36	1,2	63	1,62	0,65	0,20	5,8	2,43	2,63	8,23	29,5	7,6	4,27	24,1
,12	4,42	0,6	23	1,14	0,39	0,10	4,3	1,59	1,69	5,89	27,0	5,9	2,64	23,7
,94	4,37	0,5	14	0,90	0,27	0,20	3,8	1,21	1,41	5,01	24,2	14,2	2,13	22,3
,4	4,02	0,6	10	0,28	0,06	0,90	5,0	0,37	1,27	5,37	6,9	70,9	1,88	19,8
,21	4,07	0,6	9	0,19	0,03	1,71	3,5	0,24	1,95	3,74	6,4	87,7	1,38	18,2

pH em água, KCl e CaCl₂ – Relação 1:2,5
P – Na- K – Fe – Zn – Mn – Cu – Extrato Mehlich 1 7,0
Ca – Mg – Al – Extrator: KCl – 1mol/L
H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5mol/L – pH 7,0
B – Extrator água quente
S – Extrator: Fosfato monocálcico em ácido acético
SB = Soma de Bases Trocáveis

CTC (t) – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva
CTC (T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH
V= Índice de Saturação de Bases
m= Índice de Saturação de Alumínio
Mat. Org. (MO)= C.Org. x 1,724 – Walkley-Black
P-rem= Fósforo remanescente

Perfil 03

O Perfil 03 foi coletado na microbacia do Córrego Palmital, nas coordenadas 723435/7696776. Este perfil, em função de suas características morfológicas foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo plano (terraço). O uso atual do solo onde o perfil foi coletado é o cultivo de pastagens, conforme ilustra a Figura 73.



Figura 73 - Perfil 03 e tipo de uso típico na área de sua ocorrência.

A descrição e os resultados das análises físicas e químicas deste perfil são apresentados a seguir.

Número do perfil: P3

Data – 01/09/2009

Classificação – ARGISSOLO VERMELHO- AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo plano (terraço).

Localização, município, estado e coordenadas - Ponto GPS 723435/7696776.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil – Perfil coletado em situação de terço inferior (terraço) do córrego Palmital.

Altitude - 718 metros.

Litologia, formação geológica e cronologia – Gnaisses.

Material originário - Produto da alteração de gnaisses.

Pedregosidade - Ausente.

Rochosidade - Ausente.

Relevo local - Plano.

Relevo regional - Forte ondulado.

Erosão – Laminar ligeira.

Drenagem - Bem drenado.

Uso atual – Pastagem.

Descrito e coletado por – César Chagas/ Luana Andrade.

Raízes – Comuns finas e médias no Ap e AB; poucas finas no Bt₁ e Bt₂; raras finas no BC e ausentes no C.

Descrição Morfológica

Ap - 0-17 cm; (7,5YR 4/4); muito argilosa; moderada média e grande granular; friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

AB - 17-30 cm; (7,5YR 4/6); muito argilosa; moderada pequena e média blocos angulares; friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

Bt₁ - 30-64 cm; (5YR 5/6); muito argilosa; moderada média e grande blocos subangulares; cerosidade comum e moderada; firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bt₂ - 64-99 cm; (3,5YR 4/6); muito argilosa; moderada média e grande blocos subangulares; cerosidade abundante e moderada; firme, ligeiramente plástica, pegajosa; transição plana e clara.

BC - 99-113 cm; (4YR 5/6); argila siltosa; fraca e média blocos subangulares; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

C - 113-150 cm+; (5YR 5/6); argila siltosa; fraca e média blocos subangulares; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

Tabela 18 - Resultados analíticos dos ensaios realizados nas amostras coletadas no Perfil 03.

Horizonte		Composição granulométrica da terra fina (g/kg)				Classe Textural
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
Ap	0 - 17	11	12	24	53	Argila
AB	17 - 30	9	10	33	48	Argila
Bt ₁	30- 64	18	29	25	28	Franco-Argilo-Arenoso
Bt ₂	64 - 99	21	35	23	21	Franco-Argilo-Arenoso
BC	99 - 113	32	19	13	36	Argilo-Arenosa
C	113 - 150	25	18	10	47	Argila

Análises Químicas

Horizonte	pH (1:2,5)		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+ Al	SB	(t)	(T)	P	K	V	m	MO	P-rem
	H ₂ O	KCl	Complexo Sortivo (cmol _c /kg)						(mg/dm ³)		%		dag/kg	mg/L	
Ap	5,03	4,02	0,9	44	0,51	0,33	0,70	4,5	0,95	1,65	5,45	17,4	42,4	3,14	27,0
AB	5,04	4,01	0,6	22	0,10	0,03	1,11	4,8	0,19	1,30	4,99	3,8	85,4	2,51	23,2
Bt ₁	5,22	4,21	0,4	12	0,01	0,00	0,90	4,6	0,04	0,94	4,64	0,9	95,7	1,63	20,4
Bt ₂	5,52	4,41	0,9	6	0,05	0,02	0,30	2,2	0,09	0,39	2,29	3,9	76,9	0,50	18,8
BC	5,6	4,52	2,0	8	0,03	0,04	0,2	1,7	0,09	0,29	1,79	5,0	69,0	0,63	18,9
C	5,79	4,82	2,5	9	0,06	0,07	0,00	1,0	0,15	0,15	1,15	13,0	0,0	0,38	19,4

pH em água, KCl e CaCl₂ – Relação 1:2,5

P – Na- K – Fe – Zn – Mn – Cu – Extrato Mehlich 1 7,0

Ca – Mg – Al – Extrator: KCl – 1mol/L

H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5mol/L – pH 7,0

B – Extrator água quente

S – Extrator: Fosfato monocálcico em ácido acético

SB = Soma de Bases Trocáveis

CTC (t) – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva

CTC (T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH

V= Índice de Saturação de Bases

m= Índice de Saturação de Alumínio

Mat. Org. (MO)= C.Org. x 1,724 – Walkley-Black

P-rem= Fósforo remanescente

Perfil 04

Este perfil foi coletado na microbacia do Córrego Palmital, nas coordenadas UTM 723953/7696907, e, em função de suas características morfológicas, foi classificado, assim como no perfil 02 como Latossolo Vermelho- Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifolia, relevo forte ondulado. O uso atual do solo onde o perfil 04 foi coletado é o café, como mostra a Figura 74.



Figura 74 - Perfil 04 e sua área de ocorrência.

A descrição e os resultados das análises físicas e químicas deste perfil são apresentados a seguir.

Número do perfil: P04

Data - 21/09/2009

Classificação - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado.

Localização, município, estado e coordenadas – Microbacia do Córrego Palmital, ponto GPS 723953/7696907.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil - Perfil coletado em situação de terço médio/inferior de encosta.

Altitude - 762 metros.

Litologia: Gnaisses.

Material originário - Produto de alteração de gnaisses.

Pedregosidade – Ausente.

Rochosidade - Ausente.

Relevo local – Forte ondulado.

Relevo regional - Forte ondulado.

Erosão – Laminar moderada.

Drenagem - Acentuadamente drenado.

Uso atual – Café.

Descrição Morfológica

- Ap - 0-20 cm, (5YR 4/3); franco-argilosa arenosa; moderada média e grande granular, cerosidade ausente, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.
- AB - 20-37 cm, (3,5YR 4/6); argilo-arenosa; fraca a moderada média blocos subangulares; cerosidade ausente, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.
- BA - 37-52 cm, (3,5YR 4/7); argilo-arenosa; moderada a média e grande blocos subangulares; cerosidade ausente; ligeiramente firme, plástica e pegajosa; transição plana e clara.
- BW1 - 52-96 cm, (3,5YR 5/6); argilo-arenosa; fraca a moderada média e grande blocos subangulares; cerosidade ausente; friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.
- BW2 - 96-135 cm, (3,5YR 5/7); argilo-arenosa; fraca a moderada média e grande blocos subangulares; cerosidade ausente; friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.
- BC - 135-175 cm, (3,5YR 5/8); argilo-arenosa; fraca média blocos subangulares; cerosidade ausente; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

Tabela 19 - Resultados analíticos dos ensaios realizados nas amostras coletadas no Perfil 04.

Análises Físicas

Horizonte		Composição granulométrica da terra fina (g/kg)				Classe Textural
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
		dag/kg				
Ap	0 - 20	32	19	13	36	Argilo-arenosa
AB	20 - 37	25	18	10	47	Argila
BA	37- 52	22	16	11	51	Argila
BW1	52 - 96	20	16	10	54	Argila
BW2	96 - 135	16	14	9	61	Muito argilosa
BC	135 - 175	14	13	11	62	Muito argilosa

Análises Químicas

Horizonte	pH (1:2,5)		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+ Al	SB	(t)	(T)	P	K	V	m	MO	P-rem
	H ₂ O	KCl	Complexo Sortivo (cmol _c /kg)							(mg/dm ³)		%		dag/kg	mg/L
Ap	5,44	4,52	1,53	0,69	0,10	4,6	2,29	2,39	6,89	0,8	26	33,2	4,2	4,27	27,9
AB	5,57	4,57	0,75	0,06	0,10	2,5	0,84	0,94	3,34	0,6	10	25,1	10,6	1,63	23,7
BA	5,48	4,88	0,64	0,11	0,00	1,8	0,77	0,77	2,57	0,6	9	30,0	0,0	1,51	19,5
BW1	5,36	4,86	0,41	0,16	0,00	1,8	0,59	0,59	2,39	0,6	7	24,7	0,0	1,00	12,2
BW2	5,16	4,56	0,16	0,08	0,10	2,5	0,26	0,36	2,76	1,2	7	9,4	27,8	0,88	8,3
BC	5,13	4,81	0,08	0,08	0,00	2,0	0,18	0,18	2,18	1,6	8	8,3	0,0	0,75	7,4

pH em água, KCl e CaCl₂ – Relação 1:2,5
P – Na- K – Fe – Zn – Mn – Cu – Extrato Mehlich 1
7,0
Ca – Mg – Al – Extrator: KCl – 1mol/L
H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5mol/L – pH 7,0
B – Extrator água quente
S – Extrator: Fosfato monocálcico em ácido acético
SB = Soma de Bases Trocáveis

CTC (t) – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva
CTC (T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH

V= Índice de Saturação de Bases
m= Índice de Saturação de Alumínio
Mat. Org. (MO)= C.Org. x 1,724 – Walkley-Black
P-rem= Fósforo remanescente

Perfil 05

O Perfil 05 está localizado na microbacia do Córrego Palmital na zona rural do município de Viçosa nas coordenadas UTM 723654/7696138. Este perfil foi classificado como Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, álico, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo montanhoso côncavo. O uso atual do solo onde o perfil 05 foi coletado é a pastagem, como mostra a Figura 75.



Figura 75 - Perfil 05 e aspecto do relevo em sua área de ocorrência.

A descrição e os resultados das análises físicas e químicas deste perfil são apresentados a seguir.

Número do perfil: P05

Data - 21/09/2009

Classificação - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical caducifólia, relevo montanhoso côncavo.

Localização, município, estado e coordenadas – Microbacia do Córrego Palmital, ponto GPS 723654/7696138.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil - Perfil coletado em situação de terço superior de encosta.

Altitude - 771 metros.

Litologia – Gnaisses.

Material originário - Produto da alteração de gnaisses.

Pedregosidade - Ausente.

Rochosidade - Ausente.

Relevo local – Montanhoso.

Relevo regional - Forte ondulado.

Erosão – Laminar severa e em sulcos moderada.

Drenagem - Bem drenado.

Uso atual – Pastagem.

Descrição Morfológica

Ap - 0-32 cm, (3,5YR 5/4); franco argilo-siltosa; fraca a moderada pequena e média granular, muito friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

BA - 32-50 cm, (3,5YR 4/6); argilo-siltosa; fraca a moderada pequena e média blocos subangulares; friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

Bi - 50-82 cm, (3,5YR 4,5/6); argilo-siltosa, fraca a moderada média blocos subangulares, friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

C - 82-120 cm⁺, (2,5YR 5/6); fraca média blocos subangulares, friável, plástica e ligeiramente pegajosa.

Tabela 20 - Resultados analíticos das amostras coletadas no Perfil 05.

Análises Físicas						
Horizonte		Composição granulométrica da terra fina (g/kg)				Classe Textural
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
Ap	0 – 32	26	17	6	51	Argila
BA	32 – 50	19	16	12	53	Argila
Bi	50- 82	20	16	11	53	Argila
C	82 – 120	19	15	13	53	Argila

Análises Químicas															
Horizonte	pH (1:2,5)		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+ Al	SB	(t)	(T)	P	K	V	m	MO	P-rem
	H ₂ O	KCl	Complexo Sortivo (cmol _c /kg)						(mg/dm ³)		%		dag/kg	mg/L	
Ap	3,88	3,81	0,01	0,00	1,91	8,5	0,05	1,96	8,55	2,1	16	0,6	97,4	3,89	23,4
BA	4,17	3,93	0,00	0,00	1,51	5,5	0,04	1,55	5,54	1,1	15	0,7	97,4	2,64	20,3
Bi	4,28	4,04	0,00	0,00	1,11	4,0	0,03	1,14	4,03	0,8	10	0,7	97,4	1,38	22,1
C	4,53	4,11	0,00	0,00	0,90	3,2	0,03	0,93	3,23	0,7	10	0,9	96,8	1,38	18,3

pH em água, KCl e CaCl₂ – Relação 1:2,5

P – Na- K – Fe – Zn – Mn – Cu – Extrato Mehlich 1
7,0

Ca – Mg – Al – Extrator: KCl – 1mol/L

H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5mol/L – pH 7,0

B – Extrator água quente

S – Extrator: Fosfato monocálcico em ácido acético

SB = Soma de Bases Trocáveis

CTC (t) – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva

CTC (T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH

V= Índice de Saturação de Bases

m= Índice de Saturação de Alumínio

Mat. Org. (MO)= C.Org. x 1,724 – Walkley-Black

P-rem= Fósforo remanescente

APÊNDICE E

RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA

Parâmetros físicos

- Cor

Tabela 21 - Resultados do parâmetro cor nas análises de qualidade da água.

Cor (mg Pt/L)								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	0,00	0,00	0,00	3,00	5,00	0,00	10,00	5,00
P2	0,00	0,00	0,00	-	-	0,00	7,50	0,00
P3	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00
P4	0,00	0,00	0,00	5,00	5,00	0,00	7,50	5,00
P5	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	5,00	5,00
P6	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	5,00	0,00
P7	0,00	0,00	0,00	5,00	2,00	0,00	7,50	0,00
P8	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	7,50	0,00
P9	0,00	0,00	0,00	7,00	7,00	0,00	10,00	5,00
P10	50,00	75,00	5,00	175,00	500,00	50,00	10,00	0,00
N1	90,00	60,00	80,00	100,00	115,00	100,00	120,00	100,00
N2	120,00	75,00	120,00	500,00	150,00	8,00	1000,00	150,00
N3	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	275,00	5,00	5,00
N4	100,00	125,00	0,00	5,00	60,00	4,00	12,00	30,00
N5	10,00	10,00	1000,00	100,00	550,00	100,00	1000,00	120,00
N6	55,00	27,00	75,00	800,00	110,00	150,00	1000,00	550,00
N7	100,00	45,00	50,00	180,00	105,00	110,00	55,00	225,00

- Sólidos Totais

Tabela 22 - Resultados do parâmetro sólidos totais nas análises de qualidade da água.

Sólidos Totais								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	172,00	172,00	92,00	-	-	98,00	196,00	103,00
P2	84,00	84,00	14,00	-	-	106,00	176,00	126,00
P3	82,00	172,00	28,00	-	-	106,00	206,00	104,00
P4	116,00	116,00	86,00	-	-	102,00	198,00	127,00
P5	88,00	88,00	12,00	-	-	136,00	132,00	98,00
P6	120,00	112,00	56,00	-	-	110,00	172,00	116,00
P7	52,00	52,00	40,00	-	-	244,00	402,00	186,00
P8	172,00	172,00	58,00	-	-	148,00	160,00	176,00
P9	236,00	236,00	20,00	-	-	48,00	120,00	145,00
P10	136,00	136,00	132,00	-	-	164,00	138,00	108,00

N1	186,00	186,00	66,00	-	-	22,00	908,00	190,00
N2	276,00	276,00	28,00	-	-	88,00	776,00	198,00
N3	112,00	112,00	36,00	-	-	96,00	916,00	227,00
N4	110,00	110,00	80,00	-	-	90,00	144,00	106,00
N5	190,00	136,00	206,00	-	-	160,00	108,00	215,00
N6	104,00	104,00	110,00	-	-	-	728,00	224,00
N7	720,00	2284,00	56,00	-	-	14,00	114,00	178,00

- Turbidez

Tabela 23 - Resultados do parâmetro turbidez nas análises de qualidade da água.

Turbidez (UNT)								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	0,65	1,50	0,57	0,55	1,03	0,77	0,82	1,60
P2	1,03	1,50	0,81	-	-	0,82	2,12	1,19
P3	0,38	0,45	0,37	0,45	0,31	0,59	0,32	1,59
P4	0,78	1,24	0,86	1,51	2,39	1,55	5,06	9,59
P5	4,36	2,82	1,59	0,76	0,30	0,93	0,92	2,20
P6	0,24	0,48	0,19	0,32	0,31	0,44	0,19	0,69
P7	0,72	1,75	0,90	1,04	1,08	1,69	3,05	0,79
P8	3,64	3,00	1,10	3,38	1,11	1,67	2,11	2,75
P9	2,88	4,34	3,94	4,27	3,72	3,98	3,80	3,56
P10	34,70	41,00	5,94	32,80	57,00	17,90	14,10	2,74
N1	31,00	28,00	23,20	27,70	26,60	23,40	19,90	15,40
N2	35,10	19,40	21,30	40,60	29,00	4,18	94,70	12,50
N3	7,28	1,75	0,82	2,12	1,66	35,60	1,72	2,14
N4	20,80	43,10	5,23	8,15	22,10	1,64	13,20	13,40
N5	13,40	22,40	53,30	48,00	41,00	18,70	45,00	14,20
N6	19,90	24,50	17,70	18,20	15,40	24,80	55,70	46,70
N7	18,80	25,70	12,50	18,40	17,60	16,90	8,94	20,10

Parâmetros químicos

- Alcalinidade

Tabela 24 - Resultados do parâmetro alcalinidade nas análises de qualidade da água.

Alcalinidade (mg/L)								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	35,02	36,38	26,75	29,58	21,63	26,78	24,96	22,08
P2	16,48	14,98	8,56	-	-	14,42	15,36	12,48
P3	33,99	29,96	34,24	28,56	32,96	31,93	30,72	19,20
P4	38,11	40,66	40,66	36,72	37,08	35,02	31,68	20,16
P5	10,30	20,33	23,54	36,72	10,30	10,30	14,40	15,36
P6	27,81	29,96	31,03	36,72	27,81	25,75	25,92	22,08
P7	51,50	48,15	54,57	49,98	49,44	16,48	48,96	44,16
P8	20,60	20,33	17,12	17,34	17,51	50,47	16,32	21,12
P9	7,21	5,35	5,35	7,14	5,15	7,21	5,76	4,80
P10	10,30	9,63	28,89	11,22	10,30	10,30	13,44	9,60
N1	13,39	12,84	18,19	16,32	17,51	18,54	18,24	14,40
N2	19,57	23,54	19,26	26,52	30,90	20,60	26,88	22,10
N3	12,36	12,84	9,63	14,28	12,36	29,87	10,56	9,60
N4	19,57	17,12	21,40	19,38	19,57	12,36	20,16	18,24
N5	19,57	22,47	43,87	18,36	29,87	29,87	24,00	19,20
N6	26,78	29,96	22,47	35,70	37,08	39,14	26,88	16,32
N7	8,24	10,70	11,77	10,20	11,33	10,30	10,56	11,52

- Alumínio

Tabela 25 - Resultados do parâmetro alumínio nas análises de qualidade da água.

Alumínio (mg/L Al)								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	-	0,569	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
P2	-	1,139	0,000	-	-	-	0,975	1,300
P3	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
P4	-	0,000	0,000	0,000	4,231	-	3,214	1,694
P5	-	0,007	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
P6	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
P7	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
P8	-	0,000	0,000	3,262	0,000	-	1,254	1,168
P9	-	1,316	0,000	0,000	0,000	-	0,459	0,137

P10	-	0,000	3,571	97,502	32,230	-	20,349	12,792
N1	-	3,325	0,000	1,814	2,187	-	2,013	1,498
N2	-	1,477	0,000	0,000	2,076	-	1,054	1,198
N3	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
N4	-	8,286	0,000	0,683	4,081	-	4,353	3,216
N5	-	2,148	0,000	0,000	12,514	-	6,573	5,340
N6	-	0,048	0,000	0,794	0,000	-	0,325	0,146
N7	-	6,386	0,000	47,183	6,529	-	5,379	9,300

- Cádmi

Tabela 26 - Resultados do parâmetro cádmio nas análises de qualidade da água.

Cádmi (mg/LCd)								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,010
P2	-	0,000	0,000	-	-	-	0,000	0,005
P3	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
P4	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
P5	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
P6	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
P7	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
P8	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
P9	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,006
P10	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,001
N1	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
N2	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
N3	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
N4	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
N5	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
N6	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
N7	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000

-

- Cromo

Tabela 27 - Resultados do parâmetro cromo nas análises de qualidade da água.

Cromo (mg/L Cr)								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	-	0,00	0,00	0,00	0,01	-	0,25	0,18
P2	-	0,00	0,00	-	-	-	0,20	0,15
P3	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,41	0,17
P4	-	0,00	0,00	0,00	0,58	-	0,23	0,03
P5	-	0,00	0,00	0,00	0,06	-	0,06	0,08
P6	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,07	0,02
P7	-	0,00	0,00	0,02	0,52	-	0,17	0,01
P8	-	0,00	0,00	0,12	0,02	-	0,17	0,03
P9	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,24	0,12
P10	-	0,00	0,00	0,07	0,11	-	0,30	0,07
N1	-	0,00	0,01	0,00	0,00	-	0,00	0,00
N2	-	0,00	0,00	0,02	0,33	-	0,03	0,14
N3	-	0,00	0,00	0,00	0,01	-	0,08	0,09
N4	-	0,00	0,00	0,00	0,01	-	0,18	0,10
N5	-	0,00	0,00	0,00	0,01	-	0,30	0,17
N6	-	0,00	0,00	0,01	0,17	-	0,37	0,15
N7	-	0,00	0,00	0,01	0,02	-	0,10	0,17

- DBO

Tabela 28 - Resultados do parâmetro DBO nas análises de qualidade da água.

DBO (mg/L O ₂)								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	17,68	1,68	6,49	8,34	2,57	-	3,17	2,14
P2	2,14	3,36	4,86	-	-	-	16,48	23,03
P3	7,50	4,48	4,86	7,42	1,92	-	12,68	18,75
P4	-	13,99	3,78	6,49	-	-	11,05	14,46
P5	10,18	2,24	4,86	8,34	3,21	-	8,40	12,32
P6	0,54	3,36	4,32	4,63	2,57	-	18,32	21,96
P7	-	3,36	0,00	1,85	1,92	-	14,70	17,14
P8	2,14	7,84	6,49	4,63	2,57	-	15,38	20,89
P9	8,04	3,36	7,57	1,85	1,28	-	9,45	16,07
P10	3,21	2,80	3,24	7,41	1,92	-	9,78	15,00
N1	9,64	35,82	1,62	7,90	5,13	-	8,80	4,29

N2	5,36	10,63	8,11	5,56	3,21	-	22,46	21,96
N3	15,00	5,04	4,86	5,56	5,13	-	18,79	22,50
N4	5,36	11,75	4,86	2,78	3,21	-	17,35	23,03
N5	17,68	6,72	7,57	2,78	5,13	-	11,14	17,68
N6	8,04	2,24	2,70	7,41	6,41	-	8,76	9,11
N7	5,89	5,60	9,19	6,15	20,52	-	5,70	3,21

- DQO

Tabela 29 - Resultados do parâmetro DQO nas análises de qualidade da água.

DQO (mg/L O ₂)								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	39,60	30,24	56,32	29,44	11,04	-	25,44	28,80
P2	2,20	28,56	33,28	-	-	-	31,26	13,60
P3	24,20	25,20	71,68	26,88	16,56	-	17,30	30,20
P4	22,00	11,76	46,09	34,56	49,68	-	42,87	21,20
P5	17,60	16,80	20,48	21,76	12,88	-	16,86	15,40
P6	15,40	40,32	40,96	8,96	11,04	-	28,49	20,40
P7	35,20	20,16	33,28	19,20	16,56	-	31,01	17,20
P8	4,40	15,12	15,36	14,08	44,16	-	10,84	9,34
P9	8,80	20,16	46,08	6,40	60,72	-	42,16	32,15
P10	96,80	35,28	33,28	15,36	36,80	-	9,92	12,40
N1	48,40	228,48	79,36	38,40	44,16	-	58,64	41,20
N2	70,40	36,96	64,00	30,72	55,20	-	37,33	36,00
N3	33,00	26,88	130,56	64,00	38,64	-	37,06	24,36
N4	19,80	57,12	76,80	37,12	71,76	-	48,37	50,12
N5	61,60	48,72	84,48	37,12	40,48	-	26,04	21,06
N6	79,20	55,44	56,32	38,53	130,64	-	73,16	72,00
N7	118,80	105,84	61,44	26,88	22,08	-	13,64	44,80

- Cobre

Tabela 30 - Resultados do parâmetro cobre nas análises de qualidade da água.

Cobre (mg/LCu)								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	-	0,050	0,020	0,021	0,012	-	0,000	0,000
P2	-	0,151	0,199	-	-	-	0,116	0,000
P3	-	0,061	0,022	0,022	0,035	-	0,000	0,000
P4	-	0,069	0,009	0,084	3,997	-	0,000	0,000
P5	-	0,064	0,148	0,199	0,059	-	0,000	0,000
P6	-	0,024	0,017	0,018	0,017	-	0,000	0,000
P7	-	0,023	0,061	0,015	0,003	-	0,000	0,000
P8	-	0,053	0,013	0,000	0,009	-	0,000	0,000
P9	-	0,039	0,039	0,018	0,000	-	0,000	0,000
P10	-	0,000	0,036	0,062	0,293	-	0,000	0,000
N1	-	0,048	0,030	0,062	0,110	-	0,000	0,000
N2	-	0,063	0,005	0,066	0,149	-	0,000	0,000
N3	-	0,055	0,001	0,001	0,041	-	0,000	0,000
N4	-	0,046	0,007	0,009	0,018	-	0,000	0,000
N5	-	0,053	0,008	0,000	0,057	-	0,000	0,000
N6	-	0,046	0,046	0,007	0,040	-	0,000	0,000
N7	-	0,052	0,022	0,033	0,143	-	0,000	0,000

- Condutividade Elétrica

Tabela 31 - Resultados do parâmetro condutividade elétrica nas análises de qualidade da água.

Condutividade Elétrica (µS/cm)								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	97,30	14,40	91,30	95,00	60,20	66,90	128,30	92,40
P2	40,40	39,30	47,20	-	-	40,30	95,70	39,30
P3	85,30	99,50	83,60	84,40	81,20	79,90	101,80	53,10
P4	88,20	90,60	89,60	92,80	87,80	89,60	85,20	81,10
P5	32,50	33,30	59,60	88,80	33,60	35,30	47,50	31,70
P6	79,50	80,10	78,90	79,90	76,10	74,80	78,90	75,70
P7	115,00	115,50	111,70	113,50	113,50	113,10	117,40	110,00
P8	93,40	39,00	41,80	41,00	42,50	41,20	46,60	52,60
P9	17,32	18,17	17,70	20,10	18,43	17,20	18,30	16,24
P10	41,40	40,90	40,90	37,20	33,30	33,90	28,40	29,40
N1	34,60	35,20	42,20	45,60	52,80	46,50	46,40	42,30
N2	50,40	69,40	65,20	70,80	76,00	96,90	133,50	69,90

N3	46,70	45,60	46,90	44,10	45,20	45,80	51,80	67,20
N4	42,00	55,00	54,10	53,00	51,70	50,20	53,60	52,70
N5	42,00	51,50	207,00	83,40	101,60	81,00	55,70	59,30
N6	62,40	70,30	78,20	86,00	92,70	95,10	83,00	62,90
N7	21,40	33,20	19,20	30,20	31,7	20,60	34,70	29,10

- Chumbo

Tabela 32 - Resultados do parâmetro chumbo nas análises de qualidade da água.

Chumbo (mg/L Pb)								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,03	0,000
P2	-	0,000	0,000	-	-	-	0,053	0,000
P3	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,061	0,000
P4	-	0,000	0,000	0,000	2,283	-	0,026	0,000
P5	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
P6	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
P7	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,095	0,000
P8	-	0,000	0,000	0,000	0,014	-	0,092	0,000
P9	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,071	0,000
P10	-	0,028	0,000	0,000	0,000	-	0,028	0,000
N1	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
N2	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,071
N3	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,016	0,020
N4	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,108	0,026
N5	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,031	0,042
N6	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,011	0,050
N7	-	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,031

- Ferro total

Tabela 33 - Resultados do parâmetro ferro total nas análises de qualidade da água.

Ferro Total (mg/L Fe)								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	-	0,00	0,00	1,09	0,00	-	0,05	0,85
P2	-	0,00	0,09	-	-	-	0,17	0,02
P3	-	0,00	0,00	0,70	0,00	-	0,15	0,50
P4	-	0,00	0,00	0,14	5,69	-	0,12	0,04
P5	-	0,00	0,00	0,61	0,48	-	0,08	0,33
P6	-	0,00	0,00	0,54	0,00	-	0,08	0,08
P7	-	0,00	0,00	0,30	1,85	-	0,13	0,00

P8	-	8,29	0,36	3,36	0,00	-	0,07	0,42
P9	-	0,00	0,00	0,48	0,00	-	0,24	0,26
P10	-	0,00	12,47	63,56	28,77	-	6,37	0,03
N1	-	7,01	1,99	3,37	2,62	-	0,83	0,00
N2	-	4,81	8,88	6,70	32,08	-	0,77	0,96
N3	-	0,00	0,00	0,55	0,00	-	17,32	7,42
N4	-	10,28	5,42	1,87	4,84	-	0,14	0,06
N5	-	2,94	102,91	4,94	62,35	-	3,36	0,35
N6	-	4,94	3,68	4,84	2,62	-	5,30	2,75
N7	-	11,29	5,27	35,52	31,91	-	1,18	6,82

- Manganês total

Tabela 34 - Resultados do parâmetro manganês total nas análises de qualidade da água.

Manganês Total (mg/L Mn)								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,08
P2	-	0,00	0,00	-	-	-	0,01	0,00
P3	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00
P4	-	0,00	0,00	0,00	0,19	-	0,01	0,00
P5	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,01	0,00
P6	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00
P7	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,01	0,00
P8	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,01	0,01
P9	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00
P10	-	0,00	0,41	0,08	0,21	-	0,11	0,00
N1	-	0,00	0,00	0,59	0,03	-	0,01	0,00
N2	-	0,00	0,06	0,13	1,25	-	0,02	0,01
N3	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,96	0,53
N4	-	0,00	0,00	0,00	0,01	-	0,01	0,00
N5	-	0,00	4,83	0,16	5,70	-	3,90	0,00
N6	-	0,10	0,05	0,23	0,13	-	1,46	0,09
N7	-	0,00	0,00	0,03	0,47	-	0,02	0,61

- pH

Tabela 35 - Resultados do parâmetro pH nas análises de qualidade da água.

pH								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	6,75	6,88	6,55	6,77	6,27	6,10	6,69	6,58
P2	5,74	6,03	5,96	-	-	5,64	6,25	5,67

P3	6,50	6,75	6,71	6,86	6,25	4,70	6,51	6,32
P4	6,28	6,44	6,27	6,30	6,03	5,99	6,68	6,14
P5	5,83	5,98	6,27	6,66	5,90	5,85	6,37	5,71
P6	6,21	6,32	6,10	6,25	5,83	5,61	6,33	5,82
P7	6,55	6,35	6,76	6,75	6,33	6,28	6,82	6,52
P8	5,85	6,12	6,00	6,35	6,00	5,75	6,27	6,13
P9	5,13	5,56	5,78	5,54	6,00	5,61	5,71	5,03
P10	5,55	5,71	5,81	5,94	5,83	5,65	5,61	5,63
N1	5,99	6,50	6,28	6,35	6,04	6,00	6,11	5,70
N2	6,28	6,44	6,50	6,62	6,37	6,17	6,55	6,44
N3	5,78	6,00	6,20	6,04	5,84	5,69	6,50	5,54
N4	6,12	6,00	6,09	6,21	5,79	5,68	6,44	5,93
N5	6,09	6,28	6,44	6,66	6,30	6,40	6,41	6,35
N6	6,22	6,10	6,28	6,31	6,49	6,10	6,57	6,27
N7	5,58	5,93	6,09	6,04	5,89	5,45	5,85	5,80

- Oxigênio dissolvido

Tabela 36 - Resultados do parâmetro OD nas análises de qualidade da água.

OD (mg/L O ₂)								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	7,05	8,12	7,21	6,73	6,63	8,00	6,48	5,09
P2	6,34	5,98	6,31	-	-	6,42	4,73	5,27
P3	6,96	7,77	7,39	7,00	8,02	8,00	4,91	6,07
P4	5,8	5,89	5,49	4,45	4,28	6,47	2,41	5,09
P5	4,91	6,96	5,77	3,81	6,41	6,70	3,12	4,73
P6	6,96	7,14	6,04	5,09	5,34	7,18	2,86	4,37
P7	6,61	5,71	6,40	6,09	6,52	8,00	3,48	4,82
P8	4,73	6,87	6,58	6,82	6,95	5,00	2,95	5,36
P9	5,89	7,23	6,76	5,45	7,05	8,00	3,66	4,91
P10	5,8	5,8	5,49	5,00	4,92	5,52	2,77	5,00
N1	4,11	3,75	5,86	4,09	3,42	5,43	4,37	1,52
N2	5,27	7,32	7,21	5,27	5,56	6,84	0,54	5,31
N3	6,34	7,68	7,48	6,54	6,73	5,58	3,21	4,82
N4	5,36	6,96	7,21	3,18	6,20	8,24	2,95	3,57
N5	8,04	7,5	6,94	4,54	5,13	6,97	2,68	4,82
N6	4,64	4,46	5,49	6,09	7,48	6,26	0,54	0,45
N7	5,45	5,71	6,31	5,27	2,14	2,64	1,70	2,32

- Temperatura

Tabela 37 - Resultados do parâmetro temperatura nas análises de qualidade da água.

T (°C)								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	15,40	15,8	16,7	17,6	20,4	21,2	22,2	22,1
P2	21,70	21,4	21,3	-	-	21,50	21,6	21,50
P3	17,60	15,7	16,7	17,7	20,2	20,4	22,9	22,3
P4	20,80	14,0	17,0	18,7	22,0	22,2	23,8	22,2
P5	21,70	21,3	16,9	17,4	21,9	22,0	23,1	22,5
P6	17,50	15,0	18,2	18,6	21,4	22,3	25,3	22,6
P7	18,00	16,6	19,2	18,7	21,4	22,5	30,6	25,5
P8	22,20	17,2	20,6	18,4	22,0	22,0	26,2	22,4
P9	26,70	18,8	19,4	20,2	24,7	23,7	28,1	23,6
P10	21,80	21,1	21,0	20,3	21,1	21,4	22,2	21,9
N1	18,70	16,9	17,6	18,2	20,0	20,9	21,4	21,8
N2	19,50	15,7	16,7	17,3	19,5	21,0	21,9	21,8
N3	21,90	21,2	20,9	20,7	21,4	21,6	23,7	22,0
N4	19,90	21,4	22,0	21,2	22,2	22,2	23,5	22,1
N5	22,30	15,9	17,4	18,2	20,9	23,2	24	22,3
N6	21,90	18,6	18,8	19,3	23,8	24,0	29,7	23,2
N7	21,4	17,8	21,0	19,1	22,8	25,5	30,7	23,1

- Nitrato

Tabela 38 - Resultados do parâmetro nitrato nas análises de qualidade da água.

Nitrato (mg/L N)								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	-	0,00	0,10	0,00	0,00	-	0,60	1,40
P2	-	0,00	0,40	-	-	-	0,20	0,90
P3	-	0,60	0,90	0,70	0,50	-	1,00	2,60
P4	-	0,60	0,70	0,30	0,60	-	0,70	1,40
P5	-	0,10	0,20	0,00	0,10	-	0,60	1,20
P6	-	1,20	1,40	1,10	1,40	-	1,30	2,00
P7	-	0,40	0,40	0,20	0,30	-	0,60	0,90
P8	-	0,10	0,00	0,10	0,00	-	0,00	0,10
P9	-	0,10	0,30	0,00	0,00	-	0,40	1,30
P10	-	0,40	0,20	0,00	0,10	-	0,10	0,20
N1	-	0,50	1,40	0,90	0,90	-	1,40	1,60
N2	-	0,50	0,30	0,30	0,10	-	0,00	1,00
N3	-	1,20	1,50	0,90	1,00	-	1,70	3,50
N4	-	0,90	0,60	0,70	0,80	-	0,50	1,30

N5	-	0,10	0,80	1,30	1,60	-	0,90	1,00
N6	-	0,00	0,70	1,30	0,60	-	1,00	2,10
N7	-	0,80	0,70	1,70	0,40	-	0,30	0,60

- Zinco

Tabela 39 - Resultados do parâmetro zinco nas análises de qualidade da água.

Zinco (mg/L Zn)								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	-	0,027	0,081	0,024	0,000	-	0,028	0,018
P2	-	0,233	0,302	-	-	-	0,255	0,056
P3	-	0,050	0,079	0,000	0,041	-	0,071	0,042
P4	-	0,052	1,951	0,037	1,299	-	0,065	0,035
P5	-	0,039	0,227	0,125	10,522	-	0,107	0,015
P6	-	0,002	0,073	0,000	0,013	-	0,077	0,034
P7	-	0,002	0,075	0,000	3,139	-	0,065	0,023
P8	-	0,052	0,085	0,000	0,000	-	0,061	0,034
P9	-	0,049	0,081	0,000	1,094	-	0,023	0,045
P10	-	0,000	0,098	0,046	1,449	-	0,029	0,059
N1	-	0,032	0,088	0,095	0,488	-	0,020	0,003
N2	-	0,037	0,055	0,066	0,122	-	0,025	0,038
N3	-	0,040	0,062	0,047	0,000	-	0,012	0,048
N4	-	0,030	0,053	0,000	1,731	-	0,041	0,014
N5	-	0,035	0,069	0,000	0,099	-	0,047	0,017
N6	-	0,036	0,068	0,021	0,011	-	0,015	0,029
N7	-	0,038	0,077	0,000	7,691	-	0,018	0,048

Parâmetros microbiológicos

- Coliformes totais

Tabela 40 - Resultados do parâmetro coliformes totais nas análises de qualidade da água.

Coliformes Totais (org/100 mL)								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	>2419,2	8.664,00	5.475,00	-	7.270,00	-	1.119,85	>2419,2
P2	517,20	<1,0	2,00	-	-	-	70,60	37,30
P3	>2419,2	2.755,00	657,00	-	410,60	-	365,40	8,60
P4	68,30	>2419,2	<1,0	-	3,10	-	145,50	387,30
P5	307,60	1,00	613,10	-	<1,0	-	1,00	1.413,60
P6	770,10	248,10	327,00	-	110,00	-	365,40	48,10
P7	5,20	118,70	1,00	-	7,30	-	>2419,2	13,00

P8	1,00	222,40	>2419,2	-	>2419,2	-	>2419,2	1.986,28
P9	325,50	>2419,2	223,00	-	128,00	-	290,00	816,40
P10	1.732,70	1.553,07	121,00	-	1.046,20	-	195,60	307,60
N1	>2419,2	19.862,80	>24192,0	-	>24192,0	-	19.862,80	19.862,80
N2	>2419,2	14.136,00	>24192,0	-	>24192,0	-	14.136,00	15.530,70
N3	770,10	>2419,2	10,00	-	1.986,30	-	>2419,2	68,30
N4	>2419,2	17.328,70	5.475,00	-	>24192,0	-	>2419,3	3.076,00
N5	>2419,2	>24192,0	24.191,70	-	>24192,0	-	>2419,4	19.862,80
N6	>2419,2	>24192,0	>24192,0	-	>24192,0	-	>2419,5	>24192,0
N7	>2419,2	14.136,00	12.996,50	-	>24192,0	-	2.419,17	12.996,50

- *Escherichia coli*

Tabela 41 - Resultados do parâmetro *E. coli* nas análises de qualidade da água.

<i>E. coli</i> (org/100 mL)								
	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09
P1	3,10	<10,0	<1,0	-	31,00	-	4,10	2,00
P2	10,90	<1,0	1,00	-	-	-	4,10	4,10
P3	28,80	<10,0	<1,0	-	2,00	-	13,40	<1,0
P4	<1	>2419,2	<1,0	-	<1,0	-	2,00	6,30
P5	<1	<1	4,10	-	<1,0	-	<1,0	<1,0
P6	<1	17,30	185,00	-	<10,0	-	<1,0	<1,0
P7	<1	<1,0	<1,0	-	<1,0	-	<1,0	<1,0
P8	<1	2,00	2,00	-	5,10	-	7,40	6,30
P9	<1	28,50	109,00	-	<10,0	-	<1,0	26,90
P10	2,00	1.046,24	<1,0	-	32,70	-	12,20	4,10
N1	68,30	3.609,20	20,00	-	784,00	-	387,30	435,20
N2	>2419,2	521,00	354,00	-	2.481,00	-	1.413,60	246,00
N3	14,50	52,00	<1,0	-	14,80	-	204,60	3,00
N4	86,20	41,00	20,00	-	11.198,50	-	2,00	45,50
N5	71,70	331,00	<1,0	-	166,90	-	16,80	93,30
N6	15,80	52,00	30,00	-	183,00	-	149,70	1.413,60
N7	6,20	20,00	<1,0	-	10,00	-	185,00	373,00