



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
ICET/FAET/FAMEV/IB/ICHS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS**

MÔNICA BIDARRA OLIVEIRA

**TEORES DE METAIS EM SEDIMENTOS E NUTRIENTES, NAS ÁGUAS DE
UMA MICROBACIA DA NASCENTE DO RIO SÃO LOURENÇO, CAMPO VERDE-
MT**

Cuiabá-MT
2012

MÔNICA BIDARRA OLIVEIRA

**TEORES DE METAIS EM SEDIMENTOS E NUTRIENTES, NAS ÁGUAS DE
UMA MICROBACIA DA NASCENTE DO RIO SÃO LOURENÇO, CAMPO VERDE-
MT**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Exatas e da Terra da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Oscarlina Lúcia dos Santos Weber

Co-Orientadora: Prof^a. Dr^a. Eliana F. Gaspar de Carvalho
Dores

Cuiabá-MT
2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte

O48t Oliveira, Mônica Bidarra.
Teores de metais em sedimentos e nutrientes nas águas de uma microbacia da nascente do rio São Lourenço, Campo Verde – MT □ Mônica Bidarra Oliveira . -
- 2012.
84 f. ; 30 cm : color. (incluem figuras e tabelas)
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Oscarlina Lúcia dos Santos Weber
Co-orientador: Prof^a. Dr^a. Eliana F. Gaspar de Carvalho Dores
Dissertação (mestrado) -- Universidade Federal de Mato Grosso, ICET □
FAET □ FAMEV □ IB □ ICHS, Programa de Pós-Graduação em Recursos
Hídricos, Cuiabá, 2012.

Bibliografia: f. 61-70

1. Recursos hídricos. 2. Poluição fluvial. I.Título.

CDU 556.047(817.2)

Catalogação na fonte: Maurício S.de Oliveira CRB/1-1860.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
ICET/FAET/FAMEV/IB/ICHS
Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: “Teores de metais em sedimentos e nutrientes nas águas de uma microbacia da nascente do Rio São Lourenço, Campo Verde-MT”.

Autora: Mônica Bidarra Oliveira

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Oscarlina Lúcia dos Santos Weber

Aprovada em 06 de março de 2012.

Comissão Examinadora:

Prof^a Dr^a Oscarlina Lúcia dos Santos Weber
FAMEV/UFMT (Orientadora)

Prof. Dr Ricardo Santos Silva Amorim
FAMEV/UFMT

Prof^a Dr^a Adriana Paiva de Oliveira
IFMT/*Campus* Bela Vista/Cuiabá

Ao meu pai JAYME (*in memoriam*), pelo amor e melhores lembranças de minha vida.

MINHA HOMENAGEM

Ao meu amado esposo OACY EURICO, incentivador maior de minhas realizações, pela ternura e amor. Aos meus queridos filhos JAYME NETO & POEMA, pelo carinho, alegrias e compreensão, nesta minha caminhada.

DEDICO

A minha mãe LOURDES pela dedicação e confiança.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao **SENHOR DEUS** e ao **MESTRE JESUS**, obrigada sempre por ser a nossa Luz, Fortaleza e Esperança nesta caminhada evolutiva;

A minha família: BIDARRA & OLIVEIRA, vocês são muito importante na construção e harmonia do meu ser;

Aos que participaram em todas as etapas da minha formação intelectual no passado;

À Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e a Pós Graduação em Recursos Hídricos, pela atual oportunidade em minha formação continuada, para obtenção do título de Mestre;

A minha orientadora, Prof^a Dr^a Oscarlina Lúcia dos Santos Weber, pela dedicação, otimismo, paciência, amizade e constante carinho. Obrigada pela confiança e por tornar o processo de elaboração e conclusão da dissertação um exercício prazeroso de discussão permanente de métodos, resultados e troca de conhecimento;

À Co-orientadora Prof^a Dr^a Eliana F. G. de Carvalho Dolores, pela sua atenção, contribuição e profissionalismo na condução das etapas;

À Prof^a Dr^a Édila Cristina de Souza, sua contribuição no tratamento estatístico dos dados foi de suma importância, obrigada pela atenção, dedicação e paciência;

Ao Prof. Alcício Pinto, pelo exemplo e dedicação à pesquisa, sempre companheiro;

Aos professores do Programa da Pós-Graduação em Recursos Hídricos, obrigada;

Aos amigos do Curso, pela boa convivência, em especial, Ildette, Milena, Laurienne e Acelmo;

Aos alunos bolsistas que participaram sempre animados e dispostos, nas atividades de campo e laboratoriais: Lucas, Flávia, Luís Boaventura, Diogo, Fernanda e Bárbara;

À equipe do Laboratório de Solos e Metais Pesados;

Aos professores: Dr Ricardo Santos S. Amorim e Dr^a Adriana Paiva de Oliveira pela participação na banca examinadora, com suas valiosas contribuições;

Aos proprietários e gerentes da área de estudo, município de Campo Verde/MT, que permitiram a instalação dos experimentos e coletas de campo, sempre nos atendendo com muita atenção;

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de estudo concedida;

À FAPEMAT – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso, pelo auxílio financeiro.

*Terra!
Por mais distante
O errante navegante
Quem jamais te esqueceria?...*

*Eu estou apaixonado
Por uma menina Terra
Signo de elemento Terra
Do mar se diz Terra à vista
Terra para o pé firmeza
Terra para a mão carícia
Outros astros lhe são guia...*

VELOSO, C.

RESUMO

OLIVEIRA, M. B. **Teores de metais em sedimentos e nutrientes, nas águas de uma microbacia da nascente do rio São Lourenço, Campo Verde - MT.** 2012. 84 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT. Orientadora: Prof^a. Dr^a Oscarlina Lúcia dos Santos Weber. Co-Orientadora: Prof^a Dr^a Eliana Freire Gaspar de Carvalho Dores.

O presente estudo avaliou as concentrações de metais (Fe, Cu, Mn e Zn), nos sedimentos carregados (SC) e sedimentos de fundo (SD); e de nutrientes (F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} e K^+), nas águas de escoamento (AE), superficiais (AS) e subterrâneas (AP/P), na microbacia hidrográfica do rio São Lourenço, próxima a área urbana do município de Campo Verde – MT. Por ser uma região tipicamente agrícola são cultivadas soja, algodão e milho, com a intensa utilização de agroquímicos (fertilizantes e adubos). O procedimento de amostragem foi feito ao longo de um ano hidrológico, no período de outubro/09 a setembro/10. As análises nas águas seguiram metodologias descritas no STANDARD METHODS (2005), para os ânions F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} e SO_4^{2-} e por Tedesco et al. (1995), para o cátion K^+ . O preparo das amostras para a determinação de metais nos sedimentos foi feita pela digestão nitro-perclórica, e determinados por espectrometria de absorção atômica em chama. Como resultado constatou-se que os sedimentos apresentaram concentrações, em $mg L^{-1}$, na ordem: $Fe > Cu > Zn > Mn$. Em todos os pontos os teores de Fe ficaram acima dos valores preconizados na literatura. Evidenciou-se as correlações positivas dos metais, com a CTC, fração (silte e argila) e MO, tanto nos dois ambientes (SC e SD), quanto nos períodos de chuva e seca. Pela análise de agrupamento (Cluster), verificou-se a formação de quatro grupos pelas similaridades entre si, devido às características dos solos. Nas águas coletadas, os nutrientes estiveram em baixas concentrações, quando comparados aos valores máximos permitido (VMP) dos padrões estabelecidos pelos órgãos ambientais. Observaram-se teores mais elevados dos íons K^+ , NO_3^- e Cl^- , em AE. Para a AS registrou-se teores mais acrescidos de Cl^- . Para AP/P constatou-se maiores concentrações de NO_3^- , Cl^- e K^+ . As correlações significativas entre esses íons sugerem, fortemente o uso dos fertilizantes agrícolas na região. As perdas destes nutrientes pela ação das chuvas foram evidenciados nas correlações positivas. Realizando-se a comparação numérica das médias encontradas dos pontos AE1, AE2, AE3 e AE4 indicou um decréscimo da concentração dos nutrientes. Essa diminuição das concentrações de nutrientes em AE pode estar relacionada ao plano de recuperação da área, através do plantio de mudas que iniciou-se no fim do ano de 2009. A faixa de vegetação veio então a contribuir na diminuição da quantidade de nutrientes e sedimentos carregados, na direção da represa. Com a continuidade das atividades agrícolas, sem o manejo adequado, os teores de metais e de nutrientes tenderão a aumentarem comprometendo a qualidade da água da nascente do Rio São Lourenço – MT.

Palavras-Chave: recursos hídricos - poluição.

ABSTRACT

OLIVEIRA, M. B. **Metal content levels in the sediments and concentration of water nutrients in a watershed at the source of the São Lourenço River, Campo Verde-MT.** 2012. 84 f. Dissertation (Master of Science in Water Resources) – Federal University of Mato Grosso, Cuiabá-MT. Advisor: Prof^a. Dr^a Oscarlina Lúcia dos Santos Weber. Co-Advisor: Prof^a Dr^a Eliana Freire Gaspar de Carvalho Dores.

The present study evaluated the concentrations of metals (Fe, Cu, Mn, and Zn), in the carried (SC) and bottom sediments (SD); and in nutrients (F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , and K^+) in the runoff (AE), superficial (AS), and ground waters (AP/P) from the São Lourenço micro-watershed, near the urban area in the municipality of Campo Verde – MT. The intense use of agrochemicals (fertilizers and manure) is present in this region because its typical agricultural activity in which soy, cotton, and corn crops are grown. The sampling procedure was performed over one hydrological year from October/09 to September/10. The analyses in the waters followed the methodologies described in the STANDARD METHODS (2005) for the anions F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , and SO_4^{2-} , and by Tedesco, et al. (1995) for the cation K^+ . The preparation of samples for the determination of metals in the sediments was made by nitro-perchloric digestion and determined by flame atomic absorption spectrometry. The sediment concentrations presented in $mg L^{-1}$ followed the order: $Fe > Cu > Zn > Mn$. The Fe levels were above the recommended values in the literature at all points. The positive correlations between the metals and CTC, fraction (silt and clay) and MO, in both environments (SC and SD) and periods of rain and drought, were evidenced. The formation of four groups, with similarities between them, was observed through the grouping analysis (Cluster) due to the characteristics of the soils. The nutrients were present in low concentrations in the collected waters when compared to the maximum allowed values (VMP) from the standards established by the environmental agencies. Elevated levels of the ions K^+ , NO_3^- , and Cl^- were observed in AE. High levels of Cl^- were registered in AS. The highest concentrations of NO_3^- , Cl^- , and K^+ were detected in AP/P. The significant correlations between these ions strongly suggested the use of agricultural fertilizers in the region. The loss of these nutrients by the action of rain was evident in the positive correlations. The numerical comparison of the averages from AE1, AE2, AE3, and AE4 indicated a decrease in the concentration of nutrients. This decrease in concentrations of nutrients in AE can be linked to the recovery plan for the area through the planting of seedlings that began at the end of 2009. The range of vegetation contributed in reducing the amount of nutrients and carried sediments in the direction toward the dam. The continuity of farming activities, without adequate environmental management, will lead to the tendency to increased levels of metals and nutrients, thereby jeopardizing the quality of water at the source of the São Lourenço River–MT.

Keywords: water resources - pollution

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Localização da bacia do Rio São Lourenço - MT..... | 24 |
| Figura 2 – Localização da área de estudo no município de Campo Verde - MT..... | 28 |
| Figura 3 – Dados pluviométricos entre janeiro/09 e maio/10. | 29 |
| Figura 4 – Localização dos pontos de amostragem de água em uma das nascentes do Rio São Lourenço..... | 29 |
| Figura 5 – Localização dos pontos de amostragem de sedimentos em uma das nascentes do Rio São Lourenço..... | 30 |
| Figura 6 – Piezômetro instalado na área de estudo..... | 34 |
| Figura 7 – Esquema calha coletora de água escoada e sedimento carregado..... | 35 |
| Figura 8 – Triângulo de Shepard apresentando as características granulométricas dos sedimentos carregados (SC) e sedimentos de fundo (SD) na microbacia do rio São Lourenço. | 40 |
| Figura 9 – Distribuição de Cu, Fe, Mn, Zn nos sedimentos carregados (SC) e os valores limites, no período de outubro de 2009 a setembro de 2010..... | 44 |
| Figura 10 – Distribuição de Cu, Fe, Mn, Zn nos sedimentos de fundo (SD) e os valores limites, no período de outubro de 2009 a setembro de 2010..... | 44 |
| Figura 11 – Distribuição espacial de Cu, Fe, Mn, Zn nos sedimentos de fundo (SD) da represa no período de outubro de 2009 a setembro de 2010. | 45 |
| Figura 12 – Dendograma dos dados relativos aos ambientes: sedimentos carregados (SC) e sedimentos de fundo (SD)..... | 49 |
| Figura 13 – Distribuição dos nutrientes (F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} e K^+) nas Águas de Escoamento (AE) no período de outubro de 2009 a setembro de 2010. | 52 |
| Figura 14 – Faixa de vegetação entre os pontos AE1, AE2, AE3 e AE4, no lado esquerdo da represa, Município de Campo Verde/MT | 52 |
| Figura 15 – Distribuição dos nutrientes (F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} e K^+) nas Águas Superficiais (AS) no período de outubro de 2009 a setembro de 2010..... | 54 |
| Figura 16 – Distribuição dos nutrientes (F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} e K^+) nas Águas Subterrâneas (AP – Água de Poço; P – Piezômetros)) no período de outubro de 2009 a setembro de 2010..... | 55 |
| Figura 17 – Dendograma dos dados relativos aos ambientes: águas de escoamento (AE), águas de superfície (AS) e águas subterrâneas (AP/P). | 59 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Concentração de metais em sedimentos (mg kg^{-1}) estabelecidas como valores limites..... | 18 |
| Tabela 2 – Valores-guia (mg kg^{-1}) de metais em sedimento de rio, segundo parâmetros preconizados pela CETESB (2005) | 19 |
| Tabela 3 – Valores norteadores (mg kg^{-1} de peso seco) de metais em solos, segundo parâmetros preconizados pela Resolução CONAMA 420/2009..... | 19 |
| Tabela 4 – Diretriz para classificação de poluição para sedimentos das enseadas dos Grandes Lagos-USA (Concentração em mg kg^{-1})..... | 20 |
| Tabela 5 – Valores norteadores (mg L^{-1}) de substâncias inorgânicas em águas doces, segundo parâmetros preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005 | 21 |
| Tabela 6 – Valores norteadores (mg L^{-1}) de substâncias inorgânicas em águas subterrâneas, segundo parâmetros preconizados pela Resolução CONAMA 396/2008 | 22 |
| Tabela 7 – Valores norteadores (mg L^{-1}) de substâncias inorgânicas presentes em água doce, relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004 | 22 |
| Tabela 8 – Insumos referentes às safras em 2009 e 2010 | 28 |
| Tabela 9 – Localização geográfica dos pontos de amostragem em águas..... | 31 |
| Tabela 10 – Localização geográfica dos pontos de amostragem em sedimentos | 32 |
| Tabela 11 – Estatística descritiva das análises físicas e químicas das amostras de sedimento carregado (SC); (n=11); PL – próximo lavoura; PR – próximo represa | 39 |
| Tabela 12 – Estatística descritiva das análises físicas e químicas das amostras de sedimento de fundo (SD); (n=70); NM – Nascente/Mata; ER – Entrada/Represa; MR – Meio/Represa; SR - Saída/Represa; VR - Vertedouro/Represa; CM - Córrego/Mata | 39 |
| Tabela 13 – Estatística descritiva das análises de nutrientes das amostras de Água de escoamento (AE); (n=31); PL – Próximo/Lavoura; PR – Próximo/Represa..... | 49 |
| Tabela 14 – Estatística descritiva das análises das análises de nutrientes das amostras de água superficial (AS) ; (n=67); NM – Nascente/Mata; ER – da/Represa; MR – Meio/Represa; SR - Saída/Represa; VR - Vertedouro/Represa; CM - Córrego/Mata..... | 50 |

| | |
|---|----|
| Tabela 15 – Estatística descritiva das análises de nutrientes das amostras de Água de poço (AP) e Piezômetros (P); (n=56); S – Sede; M – Mata; AR – Área de Reflorestamento | 50 |
|---|----|

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA..... | 15 |
| 2.1 Recursos Hídricos | 15 |
| 2.1.1 Água | 15 |
| 2.1.2 Solo e sedimento | 16 |
| 2.2 Metais em sedimento..... | 17 |
| 2.3 Nutrientes em água e sedimento | 20 |
| 2.4 Microbacia e sua importância | 22 |
| 2.5 Bacia do Rio São Lourenço | 23 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 27 |
| 3.1 Área de estudo | 27 |
| 3.2 Precipitação na área de estudo | 28 |
| 3.3 Pontos de coleta..... | 29 |
| 3.4 Amostragem | 32 |
| 3.4.1 Águas superficiais..... | 33 |
| 3.4.2 Piezômetros..... | 33 |
| 3.4.3 Água de poço tubular..... | 34 |
| 3.4.4 Águas e sedimentos carregados por escoamento superficial | 34 |
| 3.4.5 Sedimento de fundo..... | 35 |
| 3.5 Metodologia de coleta das águas e sedimentos | 35 |
| 3.5.1 Descontaminação de vidrarias e frascos de armazenamento..... | 35 |
| 3.5.2 Preparo das amostras | 36 |
| 3.6 Análise de metais | 36 |
| 3.7 Análise de nutrientes | 37 |
| 3.8 Análise de dados | 37 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 39 |
| 4.1 Análises físicas e químicas no sedimento | 39 |
| 4.1.1 Determinação granulométrica..... | 40 |
| 4.1.2 Matéria orgânica (MO)..... | 41 |
| 4.1.3 pH..... | 41 |
| 4.1.4 Capacidade de troca catiônica (CTC) | 42 |
| 4.1.5 Concentração de metais | 42 |
| 4.2 Análises de nutrientes presentes na água da microbacia | 49 |
| 5 CONCLUSÕES | 60 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 61 |
| ANEXOS | 71 |
| ANEXO A | 72 |
| ANEXO B | 77 |

1 INTRODUÇÃO

Mato Grosso é considerado o Estado do agronegócio, devido a sua expansão agrícola e como consequência seus recursos naturais sofrem severos impactos que podem levar a sua degradação total ou parcial.

Uma das nascentes pertencente à microbacia do rio São Lourenço, localizada no município de Campo Verde, região sudeste do Estado, é um exemplo dessa intensa ocupação agrícola. As suas Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reserva Legal (ARL), garantidas pela legislação, se encontram comprometidas pelo avanço da agropecuária.

Nessa microbacia são cultivadas soja, algodão, milho, entre outras, onde para alcançar altas produtividades são necessárias aplicações de consideráveis quantidades de agroquímicos o que possibilita que substâncias químicas cheguem aos corpos d'água por meio do escoamento superficial, lixiviação e percolação

De acordo como Salomão et al. (2007), as áreas de microbacia ficam vulneráveis quando submetidas à contaminação de seus mananciais, uma vez que são locais com concentração de fluxos de água tanto superficial como subterrânea, com aquíferos freáticos aflorante e sub-aflorante.

Os processos de escoamento superficial e da lixiviação são responsáveis pela contaminação dos recursos hídricos, através do transporte de poluentes químicos ou outras substâncias oriundas de insumos agrícolas.

O resultado das descargas de água com alta quantidade de substâncias químicas como nitrogênio (N) e fósforo (P) provoca a eutrofização em águas naturais. A eutrofização acelera o aumento de matéria orgânica nos sistemas, favorece crescimento das algas, além de aumentar as doenças de veiculação hídrica.

Além do N e P, os metais também adentram os cursos d'água, pois eles sempre estão contidos nas formulações dos fertilizantes minerais e adubos orgânicos. Do ponto de vista do F^- de Cl^- , esses íons ganham importância porque o primeiro está presente na composição dos fertilizantes fosfatados e o segundo no cloreto de potássio, principal fonte de K^+ utilizada na agricultura.

As principais fontes de metais para os ecossistemas aquáticos são provenientes da decomposição de rochas ou por fontes difusas: escoamento

superficial urbano, escoamento superficial de áreas agrícolas e deposição atmosférica.

Os metais referem-se a uma classe de elementos químicos, sendo muitos deles tóxicos para os seres humanos, quando encontrados em altas concentrações. A sua contaminação é considerada uma das formas mais nocivas de poluição ambiental, uma vez que não são degradados e tendem a se acumularem nos organismos vivos.

Os metais são carregados pelas chuvas podendo assim contaminar o solo, a água (rios), aquíferos freáticos prejudicando assim, todo o ambiente.

O uso intensivo de insumos agrícolas (agrotóxicos e fertilizantes) para a manutenção dos elevados níveis de produtividade no plantio está acarretando em um sério problema ambiental na região, contaminando o ambiente tanto por nutrientes, quanto por metais, presentes nos agroquímicos.

Para o ecossistema terrestre e aquático, a perda da qualidade da água implica na perda de sua biodiversidade, ocasionando assim, problemas críticos à sustentabilidade ambiental.

Neste contexto, objetivou-se avaliar os teores de metais nos sedimentos e nutrientes, nas águas, numa microbacia da nascente do rio São Lourenço.

Como objetivos específicos: Quantificar a concentração de metais (Cu, Fe, Mn e Zn) nas amostras de sedimento carregado e sedimento de fundo do córrego da nascente e represa; Analisar o teor de nutrientes (F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} e K^+) nas águas: de escoamento, superficiais e subterrâneas; Avaliar a distribuição espacial dos metais no sedimento da represa; Avaliar a eficiência da faixa de vegetação quanto a retenção dos nutrientes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Recursos Hídricos

2.1.1 Água

A água é a substância natural e abundante presente na Terra. Ela é considerada um solvente extremamente eficaz, de modo que não só a água do mar, como também de outras procedências, contém sempre quantidades apreciáveis de substâncias dissolvidas, cuja natureza e quantidade dependem, naturalmente, da origem da água e dos materiais com que tenham estado em contato (QUAGLIANO; VALLARINO, 1973).

O termo “água”, em regra geral, se refere à substância natural sem vínculo com qualquer uso ou utilização, o que é diferenciado do termo “recurso hídrico”, onde a água é considerada como bem econômico passível de utilização (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2006).

O ciclo hidrológico é responsável pela reposição da água doce encontrada no planeta (MANAHAN, 1997). A quantidade de água e a velocidade com que ela circula nas diferentes fases do ciclo hidrológico são influenciadas por diversos fatores: a cobertura vegetal, altitude, topografia, temperatura, tipo de solo e geologia (CARVALHO; SILVA, 2006).

A escassez de água pode ser atribuída ao déficit hídrico da região (GRASSI, 2001), e em função da deterioração da qualidade da água, pelo tipo de uso e ocupação do solo, que inviabiliza a utilização de importantes mananciais e ocasiona uma demanda superior à oferta (FARIAS, 2006).

Em áreas onde ocorre a agricultura intensiva, os mananciais de água são drasticamente afetados pelo aporte de agroquímicos, nutrientes, agrotóxicos, fertilizantes, metais, entre outros (SILVA; SCHULZ; CAMARGO, 2003).

Sendo que pelo escoamento superficial, os contaminantes aos sedimentos atingem os corpos hídricos, causando diversos impactos: assoreamento das suas margens, e conseqüentemente no aumento da poluição/contaminação hídrica (GONÇALVES, 2007).

Nesse sentido, a água por se constituir em um bem essencial à manutenção da vida e por ser um recurso escasso e finito, as gerações atuais devem se atentar,

urgentemente, em desenvolver mecanismos de gestão e conservação hídricas (PONTES; SCHRAMM, 2004).

2.1.2 Solo e sedimento

O solo pode ser representado como um ciclo natural em que participam fragmentos de rochas, minerais, água, ar, seres vivos e seus detritos em decomposição. Todos resultam de fatores climáticos no decorrer do tempo e da atividade combinada de microrganismos decompondo restos de animais e vegetação. Sendo assim, o solo é considerado resultado de interações da litosfera, hidrosfera, atmosfera, e biosfera (ROCHA; ROSA; CARDOSO, 2009).

O sedimento é oriundo da deposição de detritos de rochas, de acúmulo de detritos orgânicos e da precipitação química. Segundo Adams (1995) é o resultado de uma coleção de partículas minerais e orgânicas encontradas no fundo do rio, de relevante importância para o ecossistema aquático. É uma fonte de contaminação tanto primária, com relação aos organismos bentônicos, quanto secundária, para coluna d' água (ZAMBETTA, 2006).

Os solos e sedimentos desempenham um papel importante em ecossistemas terrestres e aquáticos. De acordo com Esteves (1998), as características da coluna sedimentar informam a respeito da evolução histórica dos ambientes aquáticos e terrestres do seu entorno, como também sobre a intensidade e as formas de impacto a que estes ecossistemas estão ou estiveram submetidos. Além disso, o estudo das características dos sedimentos interage diretamente com a ciência do solo, devido à importância desta no ciclo hidrológico (ANTUNES et al., 2008).

As características físicas e químicas do solo e sedimento exercem significativa influência na concentração de poluentes nesse compartimento.

A fase líquida é chamada de solução do solo, em que encontramos, em formas dissolvidas, concentrações de materiais orgânicos e inorgânicos. As águas que não são infiltradas pelo solo são escoadas pela superfície, em direção aos vales e rios (processo de erosão hídrica), carreando consigo grandes quantidades de sedimentos, nutrientes e substâncias químicas, para o ambiente aquático (AYERS; WESTCOT, 1991).

Esse processo de erosão hídrica é a forma mais impactante da degradação do solo, pois promove a perda de solo, removendo a matéria orgânica, os nutrientes e as frações finas presentes, restando às frações mais grosseiras e menos ativas, causando prejuízos financeiros e ambientais (BERTOL et al., 2007; MIRANDA, 2009).

De acordo com Minella et al. (2007), a agricultura é a principal fonte de sedimentos para os corpos hídricos, devido a processos erosivos,. O sedimento originado desses processos é considerado um dos maiores poluentes, podendo causar forte impacto ambiental para o ambiente aquático (COOPER, 2008).

2.2 Metais em sedimento

Os metais pesados são elementos químicos que apresentam densidade maior que 5 a 6 g cm⁻³. Têm outras denominações, tais como: “metais traço”, “elementos traços”, “micronutrientes” e “microelementos” (ESTEVES, 1998; MARQUES; CURIE; SCHULZE, 2002; SANTOS 2005).

A presença de metais nos solos pode ter origem natural. Depende do material de origem e do grau de intemperização que esse material sofreu e da ação antropogênica, principal razão do aumento crescente na concentração de metais em solos agrícolas (ABREU, C. A.; ABREU, M.F.; BERTON, 2002).

De acordo com Esteves (1998), os metais são umas das maiores causas dos desequilíbrios químicos e bióticos que ocorrem na água e nos sedimentos dos rios, lagos, lagoas, reservatórios, estuário e mar. No ambiente são estáveis e persistentes, não podendo ser degradados ou destruídos (FÖRSTNER; WITTMANN, 1983; SALOMONS; FÖRSTNER, 1980; AMINI RANJBAR, 1998).

O aumento dos riscos de contaminação por esses elementos nos ambientes naturais (água, ar e solo) vem associado ao crescimento das atividades antropogênicas, tanto industriais e agrícolas (VINK; BEHRENDT; SALOMONS, 1999).

A capacidade do sedimento e solo em acumular e remobilizar compostos faz com que esse compartimento tenha grande importância na avaliação de contaminação em um corpo hídrico (ANTUNES et al., 2008). Devido à sua grande capacidade de troca catiônica (CTC) são capazes de reter e concentrar os metais,

tornando-se como fonte ou sumidouro de contaminantes (LIMA et al., 2001; MOZETO, 2006; PINHEIRO; SÍGOLO, 2006).

Para Schoer et al. (1982), a granulometria do sedimento exerce influência significativa na concentração de metais presentes. A fração silte/argila (< 63 μm) tende a adsorver quantidades maiores de metais em função da sua elevada superfície específica e à alta reatividade (RUBIO et al., 2000). A fração silte/areia (>63 μm) são menos eficientes nos processos químicos, por se constituírem de partículas mais grosseiras de minerais primários e quartzo (ROCHA; ROSA; CARDOSO, 2009).

Os metais podem ser encontrados precipitados nos sedimentos e podem ser mobilizados e/ou remobilizados do leito do sedimento devido a alterações nas condições ambientais e físico-químicas da água (pH, potencial redox, salinidade, presença de quelantes orgânicos, ação microbiana, entre outras) (WALLING, 2005) afetando a qualidade da água e outros sistemas ambientais, levando à bioacumulação e transferência na cadeia trófica (LIMA, 2003).

Para classificar o sedimento de rio como poluído, ainda não há um consenso sobre a quantidade limite de metais, pois variam com as condições naturais do local (ZAMBETTA, 2006). Porém, certas referências bibliográficas como Turekian e Wedepohl (1961); Fostner e Witmann (1983); Hakanson (1980) direcionam quanto ao estudo de metais em sedimento, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Concentração de metais em sedimentos (mg kg^{-1}) estabelecidas como valores limites

| METAL | Turekian e Wedepohl(1961) | Fostner e Witmann(1983) | Lagos da Europa, USA, Canadá. Hakanson (1980) |
|-----------|---------------------------|-------------------------|---|
| Cd | 0,3 | 0,2 | 1 |
| Cr | 90 | 0,3 | 90 |
| Cu | 45 | - | 50 |
| Pb | 20 | 53,8 | 70 |
| Zn | 95 | 50 | 175 |
| Mn | 850 | - | - |
| Fe | 46.700 | - | - |

A CETESB (2005) estabeleceu valores-guia das concentrações de metais em sedimentos de rio, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Valores-guia (mg kg^{-1}) de metais em sedimento de rio, segundo parâmetros preconizados pela CETESB (2005)

| METAL | TEL ¹ | PEL ² |
|-----------|------------------|------------------|
| Cd | 0,60 | 3,50 |
| Pb | 35,00 | 91,30 |
| Cu | 35,70 | 197,00 |
| Cr | 37,30 | 90,00 |
| Zn | 123,00 | 315,00 |

TEL¹ “ Threshold Effect Level” – as concentrações abaixo deste valor são raramente associadas a efeitos biológicos adversos.

PEL² “ Probable Effect Level” – as concentrações acima deste valor são frequentemente associadas a efeitos biológicos adversos.

Recentemente a Resolução CONAMA 420/2009 definiu valores norteadores das concentrações de substâncias químicas em solos tendo como diretriz o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas em decorrência de atividades antrópicas, de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 – Valores norteadores (mg kg^{-1} de peso seco) de metais em solos, segundo parâmetros preconizados pela Resolução CONAMA 420/2009

| METAL | PREVENÇÃO | INVESTIGAÇÃO AGRÍCOLA AP MÁX. |
|-----------|-----------|-------------------------------|
| Cd | 1,3 | 3,0 |
| Pb | 72,0 | 180,0 |
| Cu | 60,0 | 200,0 |
| Cr | 75,0 | 150,0 |
| Fe | - | - |
| Mn | - | - |
| Zn | 300,0 | 450,0 |

Segundo Sampaio (2003), a primeira diretriz para qualidade de sedimentos foi desenvolvida pela Administração Federal de Qualidade de Água dos Estados Unidos da América e adotada, em 1973, pela Environmental Protection Agency – EPA. Esta diretriz incluiu sete parâmetros (Tabela 1), caso alguns dos valores numéricos fosse excedido, o sedimento estava classificado como poluído e teria que ser tratado como tal. Mais tarde foi desenvolvido uma diretriz para avaliar os sedimentos da enseada dos Grandes Lagos (EUA) (Tabela 4), baseados na concentração total dos contaminantes presentes nos sedimentos. Essa diretriz, desenvolvida para orientar a disposição do material dragado, em 1995, era considerada como provisória, até que guias cientificamente mais elaboradas fossem desenvolvidas (MUDROCK; AZCUE, 1995).

Tabela 4 - Diretriz para classificação de poluição para sedimentos das enseadas dos Grandes Lagos-USA (Concentração em mg kg⁻¹)

| ELEMENTO | NÃO POLUÍDO (NP) (MENOR DO QUE) | MODERAMENTE POLUÍDO (MP) | MUITO POLUÍDO (MMP) (MAIOR DO QUE) |
|----------|---------------------------------------|-----------------------------|--|
| As | 3 | 3-8 | 8 |
| Ba | 60 | 20-60 | 60 |
| Cd | - | - | 6 |
| Cr | 25 | 25-75 | 75 |
| Cu | 25 | 25-50 | 50 |
| Fe | 17.000 | 17.000-25.000 | 25.000 |
| Pb | 40 | 40-60 | 60 |
| Mn | 300 | 300-500 | 500 |
| Hg | 1 | - | 1 |
| Ni | 20 | 20-50 | 50 |
| Zn | 90 | 90-200 | 200 |

Fonte: Adaptado da EPA (1977) apud Mudroch e Azcue (1995).

2.3 Nutrientes em água e sedimento

As perdas de nutrientes por escoamento superficial em áreas agrícolas contribuem para o empobrecimento do solo. O nitrogênio (N) e o fósforo (P) são os principais nutrientes que equilibram a fertilidade do solo, e concomitantemente com cálcio, magnésio, potássio e a matéria orgânica, estão sujeitos a perdas por erosão hídrica (SCHICK et al., 2000; MELLO, 2002).

Fósforo (P) e Nitrogênio (N) provenientes das águas de escoamento superficial, em área agrícola são considerados componentes chaves de poluições difusas, por favorecerem a eutrofização de águas superficiais (LOVEJOY et al., 1997; SHARPLEY; FOY; WITHERS, 2000).

O transporte de agroquímicos para as águas subterrâneas ou águas superficiais é comumente facilitado pelo movimento das águas e é afetada pelas características das chuvas, condições da superfície, e das propriedades dos solutos do solo, além do sistema de manejo (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2006). A hidrogeologia, o clima e as práticas agrícolas são de grande importância para a dinâmica de água e agroquímicos no solo (BÖHLKE, 2002).

A concentração de nutrientes em água pode ter um aumento durante uma inundação devido à presença de fontes externas, e também pelo processo de concentração que ocorrem em situações de confinamento, coincidindo quando o nível de água diminui (TROBAJO et al., 2002). Similarmente, mudanças na concentração de nutrientes em sedimentos podem estar relacionadas com as

situações de enchentes/confinamento (DIAZ-ESPEJO et al., 1999; COTNER et al., 2003) e suas conseqüentes mudanças no nível de água. Por outro lado as diferenças nas concentrações de nutrientes em sedimentos estão também relacionadas com suas propriedades físicas (POACH; FAULKNER, 1998; SLOMP et al., 1998). Portanto, as concentrações de nutrientes presentes em água e sedimentos podem responder a diferentes fatores determinados por padrões temporais ou espaciais (FONSECA; BRAGA; EICHLER, 2002).

De acordo com a legislação vigente brasileira a classificação da água de rio, lago e água subterrânea, seguem as diretrizes, quanto à concentração limite de nutrientes (parâmetros inorgânicos). A RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento quanto à classificação do rio em 1, 2 e 3 (Tabela 5); RESOLUÇÃO Nº 396, de 03 de abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas (Tabela 6) e PORTARIA N.º 518, de 25 de março de 2004/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 (Tabela 7).

Tabela 5 –Valores norteadores (mg L^{-1}) de substâncias inorgânicas em águas doces, segundo parâmetros preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005

| ÁGUAS DOCES PADRÕES | | | |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| | CLASSE I | CLASSE II | CLASSE III |
| PARÂMETROS INORGÂNICOS | VALOR MÁXIMO | VALOR MÁXIMO | VALOR MÁXIMO |
| Cloreto total | 250 | 250 | 250 |
| Fluoreto total | 1,4 | 1,4 | 1,4 |
| Fósforo total (ambiente lântico) | 0,020 | 0,030 | 0,050 |
| Fósforo total (ambiente Intermediário) | 0,025 | 0,050 | 0,075 |
| Nitrato | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| Nitrito | 1,0 | 1,0 | 1,0 |

Tabela 6 – Valores norteadores (mg L^{-1}) de substâncias inorgânicas em águas subterrâneas, segundo parâmetros preconizados pela Resolução CONAMA 396/2008

| ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PADRÕES | | | | |
|---------------------------------|---------|---------|-----------|-------|
| PARÂMETROS | CH(VMP) | I (VMP) | R (VMP) | LQP |
| Cl^- | 250 | - | 100 - 700 | 2,0 |
| F^- | 1,5 | 1,0 | 1,0 | 0,5 |
| NO_3^- (expresso em N) | 10,0 | 90,0 | - | 0,3 |
| NO_2^- (expresso em N) | 1,0 | 10,0 | 1,0 | 0,020 |

CH (Consumo Humano); I (Irrigação); R (Recreação); LQP (Limite de Quantificação Praticável); Valores Máximos Permitidos (VMP)

Tabela 7 – Valores norteadores (mg L^{-1}) de substâncias inorgânicas presentes em água doce, relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade de acordo com a Portaria 518/2004

| PADRÃO DE ACEITAÇÃO E POTABILIDADE | |
|------------------------------------|----------------------------|
| PARÂMETROS | VMP (mg L^{-1}) |
| Cloreto | 250 |
| Sulfato | 250 |
| Fluoreto | 1,5 |
| Nitrato (como N) | 10,0 |
| Nitrito (como N) | 1,0 |

Valor Máximo Permitido (VMP)

2.4 Microbacia e sua importância

Um dos fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433, de oito de janeiro de 1997, ressalta que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), incorporando princípios e normas para a gestão de recursos hídricos.

A compreensão do conceito de bacias hidrográficas e suas subdivisões são de grande relevância, para todos que estão inseridos nela: gestores públicos, população, comunidade científica, ou seja, a sociedade como um todo, tendo que conviver com os diferentes usos da água e seus conflitos gerados (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2006).

Segundo Teodoro et al. (2007), as definições propostas para bacia hidrográfica assemelham-se ao conceito dado por Barrella (2000), definindo como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes, e do aquífero freático.

As sub-bacias são áreas de drenagem dos tributários do curso d'água principal, possuindo áreas entre 200 km² a 300 km² (MARTINS, et al., 2005). O termo microbacia, segundo Faustino (1996), apresenta toda sua área com drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia. Várias microbacias formam uma sub-bacia, sendo a área de uma microbacia inferior a 100 km².

A importância da microbacia em estudos de impacto ambiental é pelo fato de apresentarem características únicas: sensibilidade às chuvas de alta intensidade (curta duração) e da sua fragilidade por meio do uso e ocupação do solo.

De acordo com o ponto de vista ecológico, é de fundamental importância o estudo e o monitoramento em microbacias, por ser considerada a menor unidade do ecossistema, em que pode ser observada a relação entre os fatores bióticos e abióticos, juntamente com as perturbações de origem antrópicas que vem a comprometer a dinâmica de seu funcionamento. Esse conceito visa à identificação e o monitoramento de forma orientada dos impactos ambientais (LEONARDO, 2003; MOSCA, 2003).

2.5 Bacia do Rio São Lourenço

A bacia do rio São Lourenço localiza-se no sudeste mato-grossense perfazendo um total de 26.623 km². Abrange os municípios, ou parte deles, de Campo Verde, Dom Aquino, Itiquira, Jaciara, Juscimeira, Pedra Preta, Rondonópolis e São José do Povo (microrregiões de Rondonópolis) e parte dos municípios de Guiratinga, Poxoréu e Alto Garças (microrregiões do Garças). Os principais afluentes do Rio pela margem esquerda são os rios Pombas e Córrego Prata, e pela margem direita, os rios Vermelho e São Pedro. E os principais afluentes do rio Vermelho são: pela margem direita os rios Jurigue, Prata e Areia, e pela margem esquerda, os rios Arareal, Poxoréu e Peixe (ARAÚJO; ZEILHOFER; DEUS, 2010).

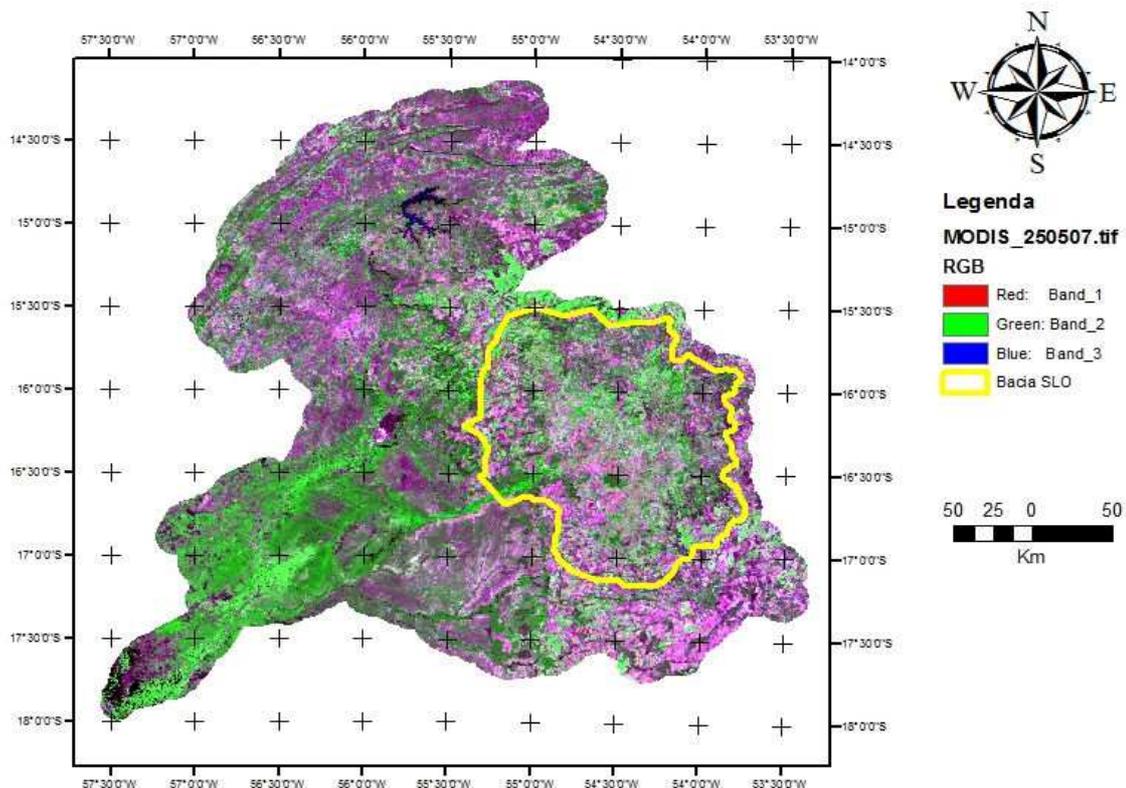


Figura 1 - Localização da bacia do Rio São Lourenço - MT
Fonte: (ARAÚJO; ZEILHOFER; DEUS, 2010).

O rio São Lourenço é um dos principais tributários do rio Paraguai, que integra a bacia do Prata, a segunda maior bacia da América do Sul, formada pelos rios Paraguai, Paraná e Uruguai que juntos drenam uma área correspondente a 10,5% do território brasileiro, com 3,2 milhões de km².

Caracteriza-se por ser uma região que apresenta várias nascentes. Os solos são muito frágeis, com predomínio de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO e LATOSSOLO AMARELO (SALOMÃO et. al., 2007). Os Latossolos são profundos, bem drenados, sem impedimento à mecanização agrícola e de baixa fertilidade natural. Com as técnicas de correção e adubação química esses solos passaram a ser foco de interesse econômico, sobretudo devido às características físicas, adequadas para o plantio agrícola (LOPES, 1983). Dentre os Latossolos, estão os Vermelhos-Amarelos, de maior ocorrência no Estado de Mato Grosso, estendendo-se cerca de 262.000 km², principalmente em sua porção centro-norte, ocorrendo também no Planalto dos Guimarães, na região de Campo Verde, Primavera do Leste, Novo São Joaquim e General Carneiro, estendendo-se também por outras regiões do Estado (EMBRAPA, 2006).

As matas ciliares foram destruídas, quase que totalmente, para implantação de áreas agrícolas, suprimindo a vegetação original, o solo erodido chega até os rios, assoreando seus leitos e prejudicando a qualidade da água (CASARA, 2011).

2.6 Agricultura em Campo Verde/MT

Os impactos ambientais cada vez mais acentuados no Estado de Mato Grosso, decorrente das atividades agropecuárias, acarretam alterações nos recursos hídricos, promovendo o aumento no aporte de sedimentos e alterações no equilíbrio do sistema.

De acordo com Dores et al. (2006), a agricultura é um grande atrativo nos solos mato-grossenses, e também um dos principais problemas quanto aos grandes impactos na qualidade dos recursos hídricos, especialmente à possibilidade de contaminação com resíduos de agrotóxicos.

O município de Campo Verde é o maior produtor de algodão em pluma do Brasil, e tem uma atividade rural diversificada. Além de algodão, são produzidos no município soja, milho, ovos, peixes, frangos, perus, suínos, bovinos, eucalipto e biodiesel a partir do caroço de algodão (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO VERDE).

As terras de Campo Verde começaram a ser cultivadas, com a soja, na década de 80, e novas tecnologias de cultivo, com sementes adaptadas ao clima e ao solo sob Cerrado, fizeram com que a área ocupada, com a cultura, aumentasse e a produtividade atingisse níveis excelentes, superando as 50 sacas por hectares. Hoje são plantados por safra, mais de 170 mil hectares de soja (DONINI, 2011). Durante a entre safra o milho safrinha ocupa uma área de aproximadamente 43 mil hectares/ano alcançando média de produtividade superior a 80 sacas por hectares (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO VERDE).

O sistema utilizado para essas culturas, ainda, é o sistema de plantio convencional (aração, gradagem e subsolagem), manejo esse que reduz o teor de matéria orgânica comprometendo a sustentabilidade da atividade agrícola (STONE; SILVEIRA, 2001). O sistema de semeadura direta, ou cultivo mínimo, é outro sistema muito utilizado na região, que consiste em um conjunto de técnicas integradas que visam aperfeiçoar a expressão do potencial genético de produção

das culturas com simultânea melhoria das condições ambientais (EMBRAPA, 2003; DONINI, 2011).

Muito embora não seja o único agente responsável pela perda da qualidade da água, a agricultura, direta ou indiretamente, contribui para a degradação dos mananciais. Isso pode se dar por meio da contaminação dos corpos d'água por substâncias orgânicas ou inorgânicas, naturais ou sintéticas e ainda por agentes biológicos. Amplamente empregadas, muitas vezes de forma inadequada, as aplicações de defensivos, de fertilizantes e/ou de resíduos derivados da criação intensiva de animais são tidos como as principais atividades relacionadas à perda da qualidade da água nas áreas rurais (RESENDE et al., 2002).

Outro problema ambiental é o comprometimento da qualidade da água, devido ao aporte de sedimentos oriundos de áreas erodidas as quais promovem, sobretudo, o assoreamento de rios e lagos, e de nutrientes, alterando a vida aquática (MARTINS et al., 2003). O uso intensivo de insumos agrícolas (agrotóxicos e fertilizantes) para a manutenção dos elevados níveis de produtividade no plantio acarreta um sério problema ambiental na região de estudo.

Em sistemas inadequados de manejo do solo e ausência de práticas conservacionistas de suporte, as perdas de nutrientes podem ser elevadas, com possíveis reflexos no empobrecimento do solo e na contaminação dos locais de deposição (BERTOL et al., 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A área do estudo está situada entre propriedades particulares, onde se encontra uma das nascentes do Rio São Lourenço, microbacia hidrográfica do rio São Lourenço, conforme Figura 2. As coordenadas da área está a 15°37'19.41" S e a 55°10'23.21" O, com altitude média de 738 m. O clima da região é do tipo Aw, segundo classificação Köppen, com precipitação média anual de 1500 mm, com médias de temperatura variando entre 18°C e 24°C, com dois períodos sazonais definidos: chuvoso de outubro a maio e seca de abril a setembro (EMBRAPA, 2003). O solo predominante da área foi classificado como LATOSSOLO-VERMELHO AMARELO Eutrófico com textura argilosa, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS da EMBRAPA (2006).

Essa região está intensamente ocupada pela agricultura. Sua Área de Preservação Permanente (APP) está totalmente desflorestada, ocorrendo à ocupação pela agricultura nas cabeceiras de drenagem de diversos córregos que formam este rio. As coletas de amostras foram efetuadas em um desses córregos, no qual há uma represa cujas margens foram completamente desmatadas. No ano de 2008 iniciaram-se a recuperação no lado esquerdo da respectiva represa, com plantio da vegetação ciliar, através do projeto da Universidade Federal de Mato Grosso aprovado pelo CNPq/CT-Hidro (Processo 577310/2008-9), juntamente com o apoio do proprietário de uma das áreas.

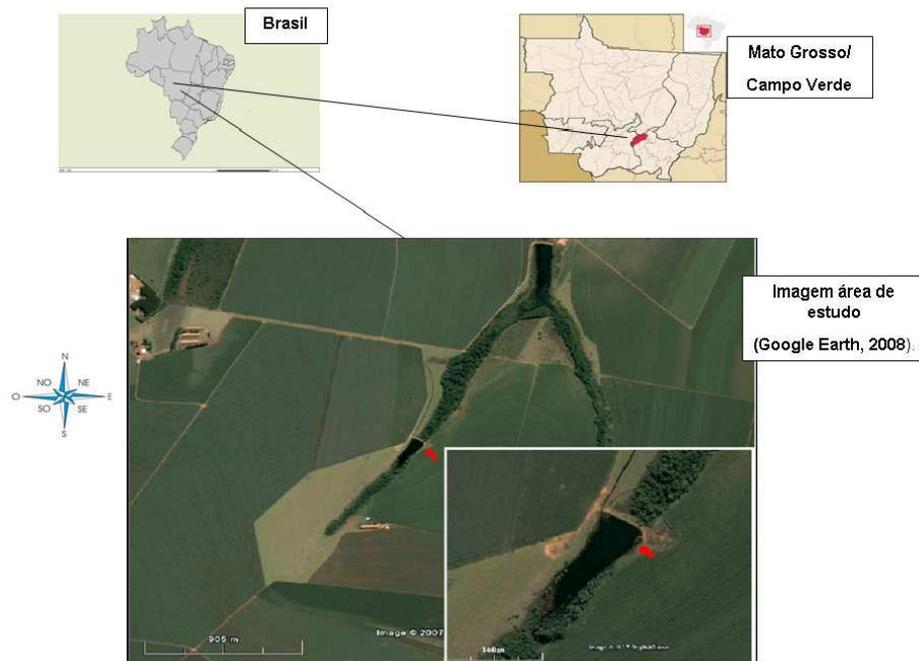


Figura 2 – Localização da área de estudo no município de Campo Verde - MT

As aplicações de insumos agrícolas referentes à safra de soja em 2009 e à safrinha (milho) em 2010 foram realizadas em diferentes datas, conforme Tabelas 8 e 9, respectivamente. Essas informações foram fornecidas pela administração da propriedade onde realizaram-se as coletas.

Tabela 8 – Insumos referentes às safras em 2009 e 2010

| DATAS DE APLICAÇÕES | INSUMOS AGRÍCOLAS | DOSE (Kg ou L ha ⁻¹) | OBSERVAÇÃO |
|---------------------|-----------------------------|----------------------------------|------------|
| 22/10/2009 | Adubo Super Fosfato Simples | 350 | 00-22-00 |
| 06/11/2009 | KCl | 130 | K |
| 20/11/2009 | Flex Manganês | 2,63 | Mn |
| 02/12/2009 | Broadacre Mn | 0,333 | Mn |
| 25/02/2010 | Adubo Super Fosfato Simples | 220 | 00-21-00 |
| 23/03/2010 | Ureia | 70 | 45% N |

3.2 Precipitação na área de estudo

A precipitação mensal ocorrida na área de estudo entre janeiro de 2009 e maio de 2010 está ilustrada na Figura 3.

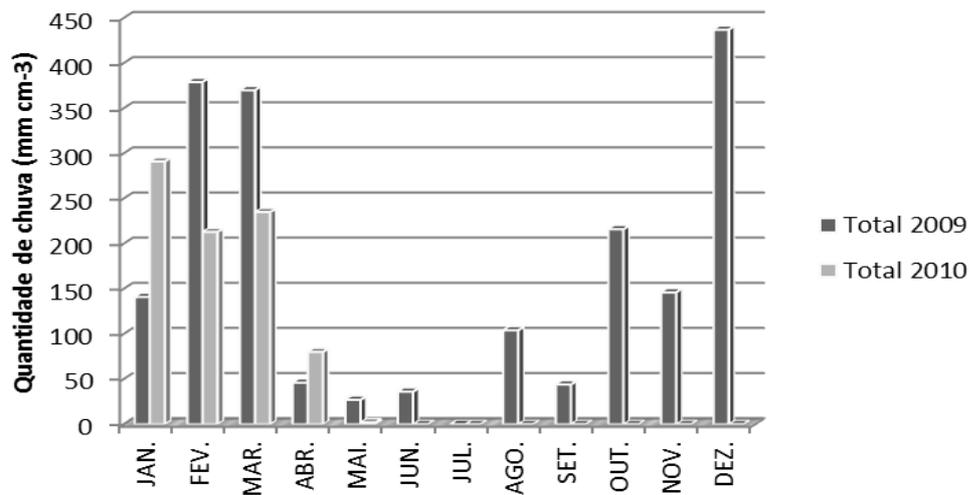


Figura 3 - Dados pluviométricos entre janeiro/09 e maio/10.

3.3 Pontos de coleta

As amostras de água foram coletadas nas águas superficiais e subterrâneas (Figura 4). As amostras de sedimentos foram coletadas em calhas para coleta de sedimento de escoamento superficial, e sedimentos de fundo na nascente, córrego e represa (Figura 5).

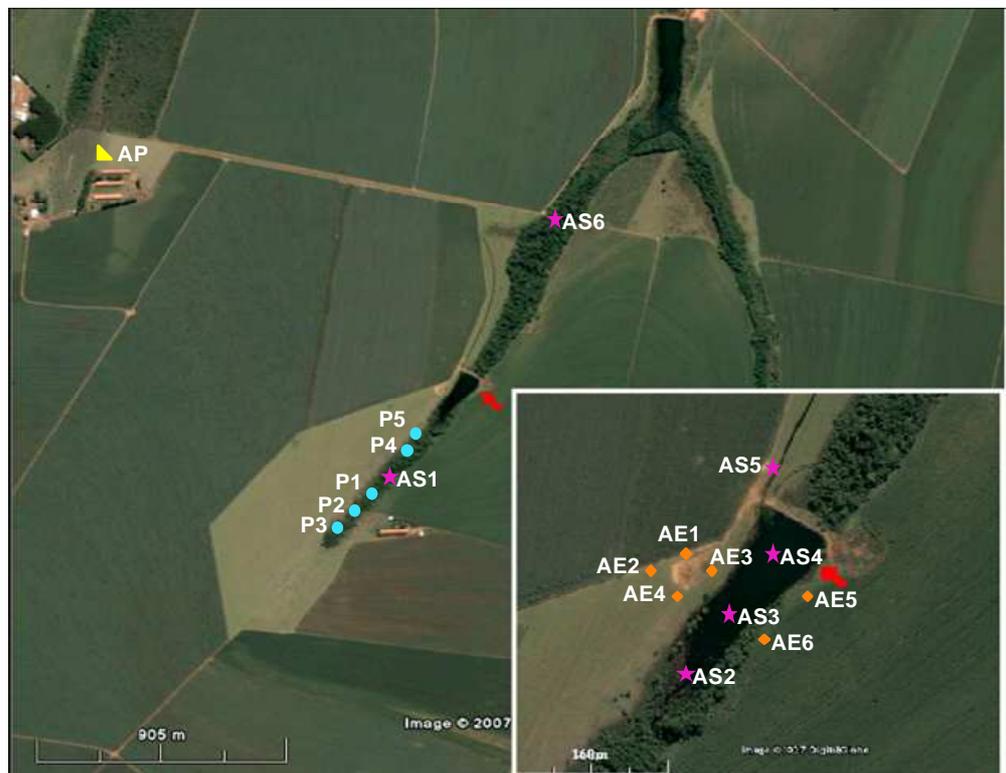


Figura 4 – Localização dos pontos de amostragem de água em uma das nascentes do Rio São Lourenço



Figura 5 - Localização dos pontos de amostragem de sedimentos em uma das nascentes do Rio São Lourenço

Os pontos de coleta foram codificados do seguinte modo: AS1 a AS6 - Águas Superficiais; AE1 a AE6 - Água de Escoamento/Calha; P1 a P5 - Piezômetro/Nível Freático; AP - Poço Tubular; SD1 a SD6 - Sedimentos de Fundo; SC1 a SC7 - Sedimento Carreado.

A descrição dos pontos bem como respectivas coordenadas foram registradas por meio do GPS GARMIN 12 Channel e estão representados nas Tabelas 9 (águas) e 10 (sedimentos).

Tabela 9 – Localização geográfica dos pontos de amostragem em águas

| PONTOS DE AMOSTRAGEM | AMBIENTE | DESCRIÇÃO | LOCALIZAÇÃO UTM (X/Y) |
|----------------------|----------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| AS1 | Córrego/Mata | Água/Nascente | 21 L 0695540 E / 8271796 N |
| AS2 | Represa | Água/Entrada | 21 L 0695678 E / 8271973 N |
| AS3 | Represa | Água/Meio | 21 L 0695742 E / 8272058 N |
| AS4 | Represa | Água/Saída | 21 L 0695785 E / 8272168 N |
| AS5 | Represa | Vertedouro | 21 L 0695806 E / 8272241 N |
| AS6 | Córrego/Mata | Água Superficial | 21 L 0696169 E / 8272771 N |
| AE1 | Reflorestamento | Escoamento Superficial/Calha | 21 L 0695694 E / 8272220 N |
| AE2 | Reflorestamento | Escoamento Superficial/Calha | 21 L 0695655 E / 8272127 N |
| AE3 | Reflorestamento | Escoamento Superficial/Calha | 21 L 0695785 E / 8272168 N |
| AE4 | Reflorestamento | Escoamento Superficial/Calha | 21 L 0695720 E / 8272086 N |
| AE5 | Não/Reflorestamento | Escoamento Superficial/Calha | 21 L 0695870 E / 8272137 N |
| AE6 | Não/Reflorestamento | Escoamento Superficial/Calha | 21 L 0695811 E / 8272048 N |
| P1 | Mata | Nível Freático/Piezômetro | 21 L 0695320 E / 8271529 N |
| P2 | Mata | Nível Freático/Piezômetro | 21 L 0695308 E / 8271531 N |
| P3 | Mata | Nível Freático/Piezômetro | 21 L 0695301 E / 8271510 N |
| P4 | Área/Reflorestamento | Nível Freático/Piezômetro | 21 L 0695632 E / 8271946 N |
| P5 | Área/Reflorestamento | Nível Freático/Piezômetro | 21 L 0695624 E / 8271954 N |
| AP | Sede/Fazenda | Poço Artesiano | 21 L 0694224 E / 8272837 N |

Tabela 10 - Localização geográfica dos pontos de amostragem em sedimentos

| PONTOS DE AMOSTRAGEM | AMBIENTE | DESCRIÇÃO | LOCALIZAÇÃO UTM (X/Y) |
|----------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| SD1 | Córrego/Mata | Sedimento/Nascente | 21 L 0695540 E / 8271796 N |
| SD2 | Represa | Sedimento/Entrada | 21 L 0695675 E / 8271969 N |
| SD3 | Represa | Sedimento/Meio | 21 L 0695759 E / 8272049 N |
| SD4 | Represa | Sedimento/Saída | 21 L 0695784 E / 8272166 N |
| SD5 | Represa | Vertedouro | 21 L 0695806 E / 8272241 N |
| SD6 | Córrego/Mata | Sedimento/Córrego | 21 L 0696169 E / 8272771 N |
| SC1 | Reflorestamento | Escoamento Superficial/Calha | 21 L 0695694 E / 8272220 N |
| SC2 | Reflorestamento | Escoamento Superficial/Calha | 21 L 0695655 E / 8272127 N |
| SC3 | Reflorestamento | Escoamento Superficial/Calha | 21 L 0695785 E / 8272168 N |
| SC4 | Reflorestamento | Escoamento Superficial/Calha | 21 L 0695720 E / 8272086 N |
| SC5 | Não/Reflorestamento | Escoamento Superficial/Calha | 21 L 0695870 E / 8272137 N |
| SC6 | Não/Reflorestamento | Escoamento Superficial/Calha | 21 L 0695811 E / 8272048 N |
| SC7 | Não/Reflorestamento | Escoamento Superficial/Calha | 21 L 0695943 E / 8272085 N |

3.4 Amostragem

Para avaliação da concentração de metais em sedimentos e dos nutrientes presentes na água, foram realizadas amostragens mensais (período de 12 meses), entre outubro de 2009 a setembro de 2010. Em cada ponto de coleta foram medidos, *in loco*, potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE) da água com potenciômetro portátil e seus eletrodos específicos.

Os sedimentos de fundo foram coletados, em torno de 1 kg, na nascente, córrego e represa, com amostradores do tipo Van-Veen. Nos pontos de sedimentos carregados, a coleta realizou-se em função das chuvas, sendo em torno, de 300 g no máximo de sedimentos, por coleta. Todas as amostras foram colocadas em sacolas duplas de polietileno e acondicionadas em caixas de isopor com gelo, para serem mantidas resfriadas, até chegada ao laboratório.

As amostras de água foram coletadas em frasco de vidro âmbar, em torno de 2 L por coleta para as águas superficiais e poço artesiano, a exceção dos pontos dos piezômetros e água de escoamento, nos quais foram coletados em volumes inferiores, de acordo com a água disponível nos piezômetros e calhas coletoras de água escoada, a cada campanha de coleta. Os frascos de vidro com as amostras de água foram acondicionadas em caixas de isopor com gelo, até a chegada ao laboratório, para posterior análise.

3.4.1 Águas superficiais

A coleta das amostras de água foi realizada imergindo os frascos de vidro âmbar a uma profundidade aproximada de 40 cm, até o seu preenchimento total.

3.4.2 Piezômetros

Para instalação dos piezômetros foi aberto um furo no solo usando trado tipo holandês manual, até ultrapassar o nível d'água. O material utilizado para confecção dos poços de monitoramento foi um tubo de PVC com diâmetro de 6 cm, com o fundo lacrado e ranhuras nos últimos 0,60 m para permitir a entrada de água. O espaço vazio ao redor do tubo foi preenchido com areia inerte para servir de pré-filtro até a altura de 0,60 m, e o restante foi completado com o próprio solo retirado da perfuração e, para facilitar a coleta e evitar contaminação foi deixado uma sobra acima do solo de 0,30 - 0,4 m do tubo de PVC. A extremidade do furo foi selada com cimento para impedir infiltração lateral de água. A parte superior do cano foi vedada com tampão removível.

Antes da coleta a profundidade do nível d'água era medida por meio de um medidor elétrico, a fim de avaliar a oscilação do nível freático em decorrência da chuva que incidiu nas datas de coleta. As amostras de água foram retiradas, dos piezômetros, por meio de um coletor de aço inox sendo transferidas para frascos de vidro âmbar (Figura 6).



Figura 6 - Piezômetro instalado na área de estudo

3.4.3 Água de poço tubular

O poço tubular situado na sede da fazenda está localizada a margem esquerda da nascente. As amostras de água do respectivo poço foram coletadas em frasco âmbar diretamente na saída da bomba, respeitando o período suficiente para estabilização da temperatura da água, descartando as primeiras amostras de água (parada na tubulação).

3.4.4 Águas e sedimentos carregados por escoamento superficial

As amostras de água e de sedimento carregado, por escoamento superficial, foram retiradas de calhas coletoras de alumínio de 50 cm de comprimento e altura e coberta com tampa de mesmo material (Figura 7) para evitar que a água da chuva caísse diretamente no reservatório. As águas coletadas foram acondicionadas em vidro âmbar com auxílio de uma torneira acoplada à calha. O sedimento foi coletado com auxílio de uma pá.



Figura 7 – Esquema calha coletora de água escoada e sedimento carregado

3.4.5 Sedimento de fundo

Os sedimentos de fundo foram coletados na nascente, córrego e represa foram coletados, com amostradores do tipo Van-Veen.

3.5 Metodologia de coleta das águas e sedimentos

3.5.1 Descontaminação de vidrarias e frascos de armazenamento

As vidrarias, os frascos extratores de vidro, frascos de polietileno, entre outros materiais necessários à coleta de amostras de sedimento foram previamente lavados com Extran 2% (v/v), enxaguados por cinco vezes em água de torneira, uma vez em água destilada, colocadas imersas em solução de ácido clorídrico (HCl) 10% (v/v), por 48 horas e finalmente enxaguados com água ultrapura Milli-Q® da Millipore® (Bedford, MA, USA).

Para análise de nutrientes em água, as vidrarias em geral, vidros âmbar 2L, frascos de polietileno, entre outros necessários à coleta de amostras e análise foram previamente higienizados e deixados em banho com Extran MA 01 alcalino (Merck) 2% v/v por 24 horas. Após este período eram retirados do banho lavados com água de torneira, água deionizada e por fim rinsados com água quente ultrapura Milli-Q® da Millipore® (Bedford, MA, USA).

Os materiais eram secos à temperatura ambiente e reservados para as análises específicas.

3.5.2 Preparo das amostras

As amostras de sedimento foram secas ao ar, destorroadas e tamisadas em peneira de 2 mm para análise dos atributos físicos, químicos, mineralógicos. A metodologia empregada nas determinações de textura, pH, Ca, Mg, P, K, CTC pH7 e Matéria Orgânica (MO) está descrita em EMBRAPA (1997) e Tedesco et al. (1995), respectivamente.

As amostras de água foram filtradas através de uma membrana (de acetato de celulose) de 0,2 μm de porosidade (Sartorius Biolab Products). Para cada seis filtrações fazia-se um branco, com filtração da água ultrapura Milli-Q® da Millipore® (Bedford, MA, USA), descrito no Standard Methods (2005).

3.6 Análise de metais

Nas amostras de sedimentos determinou-se a concentração total de metais (Cu, Fe, Mn e Zn). As análises foram feitas em duplicata, por meio de digestão nitro-perclórica ($\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$), utilizando bloco de digestão e metodologia preconizada por Tedesco et al. (1995). As concentrações de Cu, Fe, Mn e Zn nos extratos dos sedimentos foram determinadas por Espectrometria de Absorção Atômica em chama, modelo Varian Spectra-AA 50, multielementar, equipado com lâmpada de catodo oco. Foram utilizados os seguintes parâmetros operacionais: comprimento de onda para Cu (324,7 nm), Fe (372,0 nm), Mn (403,1 nm) e Zn (213,9 nm); corrente recomendada da lâmpada 10 mA; chama ar/acetileno; pressão de 10 psi \equiv 0,69 bar e taxa de aspiração da amostra 7 a 10 mL min^{-1} .

Para a preparação dos padrões dos metais foram utilizadas soluções estoque da marca Tritisol de 1000 mg L^{-1} , para cada metal analisado.

Para a construção da curva analítica do cobre foi utilizado o intervalo de concentração de 0,00 – 2,00 mg L^{-1} . No caso do ferro, o intervalo foi de 0,00 – 25,00 mg L^{-1} . Para os elementos manganês e zinco, o intervalo de concentração foi de 0,00 – 1,50 mg L^{-1} .

3.7 Análise de nutrientes

As análises do íon K^+ nas águas seguiu a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). A leitura foi realizada no Fotômetro de Chama Corning 400 Flamephotometer.

Para a preparação dos padrões, para leitura do cátion potássio utilizou-se soluções estoque da marca Tritisol de 1000 mg L^{-1} . O intervalo de concentração da curva analítica foi de 0,00; 2,00; 4,00 e $7,00 \text{ mg L}^{-1}$.

As análises dos ânions F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} e SO_4^{2-} seguiu metodologia descrita no Standard Methods (2005). A leitura foi realizada em duplicata em um Cromatógrafo de Troca Iônica Dionex® ICS-90, equipado com um detector de condutividade (modelo DS5). Condições cromatográficas: coluna analítica IonPac® AS14A 4 x 250 mm (Analytical), coluna de guarda IonPac® AS14A 4 X 50 mm, supressora de micromembrana aniônica (AMMS® III 4 mm), pressão variando de 1900 a 2200 psi, fluxo de injeção 1 mL min^{-1} , gás nitrogênio, eluente 0,5 M de carbonato de sódio (Na_2CO_3) e 0,5 M de bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) e regenerante 2,0 N de ácido sulfúrico (H_2SO_4).

Para o preparo dos padrões para leitura dos ânions utilizou-se soluções padrões estoque de 1000 mg L^{-1} . As soluções padrão foram preparadas na faixa de 0,05; 0,1; 0,5; 1,0 e $2,0 \text{ mg L}^{-1}$.

3.8 Análise de dados

Os dados foram analisados tanto no período do ano hidrológico (outubro/2009 a setembro/2010), quanto nos períodos de chuva (outubro/2009 a maio/ 2010) e seca (abril/2010 a setembro/2010). Utilizou-se a estatística descritiva para organizar e sintetizar o conjunto de dados através de tabelas e gráficos, com os software Excel 2010 e Origin6.0 professional.

O coeficiente de correlação linear de Pearson (*r-Pearson*) foi empregado para quantificar a dependência linear entre os elementos e, assim, determinar a matriz de correlação, pela qual os valores mais próximos a +1 correspondem ao maior grau de correlação, enquanto aqueles próximos de -1 apontam um menor grau de correlação entre as amostras (VALENTIN, 2000).

A Análise de Cluster (Agrupamento) é uma das técnicas da análise multivariada. Nesse método, as distâncias entre os objetos estudados dentro do espaço multiplano constituído por eixos de todas as medidas realizadas (variáveis) são calculadas e, a seguir, os objetos são agrupados conforme a proximidade (similaridade) entre eles. Primeiro, constituem um grupo inicial dos dois objetos mais próximos, e em seguida, verifica-se qual o objeto seguinte que se localiza mais próximo ao centro desse primeiro grupo constituído e forma-se um novo grupo e, assim, sucessivamente, até que todos os objetos são reunidos no grupo total de todos os objetos estudados (JOHNSON e WICHERN, 1999).

O Dendograma ou Fenograma é também chamado de gráfico em árvore, que representa uma síntese gráfica do trabalho desenvolvido. Esse gráfico é de grande utilidade para a classificação, comparação e discussão de agrupamentos. Há duas formas de se representar um dendograma: horizontal e verticalmente. Para se obter os grupos homogêneos e distintos entre si o pesquisador deve decidir em qual altura para a realização do corte no gráfico. Atualmente ainda não há uma regra ou teoria que aponte essa melhor altura para o corte (VICINI, 2005).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises físicas e químicas no sedimento

Nas Tabelas 11 e 12 estão apresentados os resultados das análises descritivas, referentes aos atributos físicos e químicos das amostras de sedimento de carreado e sedimento de fundo, da microbacia do rio São Lourenço, no período de outubro de 2009 a setembro de 2010.

Tabela 11 – Estatística descritiva das análises físicas e químicas das amostras de sedimento carreado (SC); (n=11); PL – próximo lavoura; PR – próximo represa

| Amostra | Ambiente | Argila | Silte | Areia | pH | CTC T _{pH7} | MO | [Cu] | [Fe] | [Mn] | [Zn] |
|---------------------------------|----------|-------------------------------|-------|-------|-------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------------------|------|------|
| | | -----g kg ⁻¹ ----- | | | CaCl ₂ | | cmol _c kg ⁻¹ | g kg ⁻¹ | -----mg kg ⁻¹ ----- | | |
| SC1 | PL | 468,8 | 46,7 | 484,6 | 6,3 | 3,4 | 171,4 | 41,2 | 56200,0 | 44,7 | 26,1 |
| SC2 | PL | 468,8 | 20,0 | 511,2 | 4,7 | 3,5 | 116,7 | 46,4 | 18000,0 | 20,0 | 14,4 |
| SC3 | PR | * | * | * | 6,8 | * | 153,3 | 43,0 | 49600,0 | 46,1 | 67,7 |
| SC5 | PR | 596,0 | 70,0 | 334,0 | 6,1 | 7,4 | 143,9 | 36,1 | 57400,0 | 46,1 | 59,6 |
| SC6 | PR | 393,0 | 32,0 | 375,0 | 5,6 | 2,3 | 145,5 | 20,8 | 40720,0 | 29,5 | 36,8 |
| SC7 | PL | 723,2 | 160,0 | 116,8 | 6,4 | 13,9 | 1250,0 | 43,0 | 79200,0 | 54,2 | 64,1 |
| Média Aritmética | | 530,0 | 65,7 | 364,3 | 6,0 | 6,1 | 330,1 | 38,4 | 50186,7 | 40,1 | 44,8 |
| Desvio Padrão | | 130,3 | 55,9 | 156,8 | 0,7 | 4,8 | 451,0 | 9,3 | 20277,6 | 12,7 | 22,1 |
| Mínimo | | 393,0 | 20,0 | 116,8 | 4,7 | 2,3 | 116,7 | 20,8 | 18000,0 | 20,0 | 14,4 |
| Máximo | | 723,2 | 160,0 | 511,2 | 6,8 | 13,9 | 1250,0 | 46,4 | 79200,0 | 54,2 | 67,7 |
| Coefficiente de Variação | | 25% | 85% | 43% | 12% | 78% | 137% | 24% | 40% | 32 | 49% |

(*) Ausência de dados

Tabela 12 – Estatística descritiva das análises físicas e químicas das amostras de sedimento de fundo (SD); (n=70); NM – Nascente/Mata; ER – Entrada/Represa; MR – Meio/Represa; SR - Saída/Represa; VR - Vertedouro/Represa; CM - Córrego/Mata

| Amostra | Ambiente | Argila | Silte | Areia | pH | CTC T _{pH7} | MO | [Cu] | [Fe] | [Mn] | [Zn] |
|---------------------------------|----------|-------------------------------|-------|-------|-------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------------------|------|------|
| | | -----g kg ⁻¹ ----- | | | CaCl ₂ | | cmol _c kg ⁻¹ | g kg ⁻¹ | -----mg kg ⁻¹ ----- | | |
| SD1 | NM | 516,7 | 53,1 | 339,3 | 5,2 | 4,2 | 367,8 | 40,9 | 48727,3 | 12,9 | 10,9 |
| SD2 | ER | 508,3 | 106,7 | 218,4 | 5,3 | 6,6 | 265,8 | 45,1 | 67040,0 | 22,0 | 25,4 |
| SD3 | MR | 655,5 | 84,2 | 260,3 | 5,1 | 8,6 | 244,3 | 39,4 | 63880,0 | 21,7 | 21,8 |
| SD4 | SR | 672,2 | 68,3 | 259,5 | 5,3 | 6,4 | 144,5 | 45,2 | 66866,7 | 21,1 | 23,6 |
| SD5 | VR | 613,7 | 78,2 | 126,3 | 5,2 | 5,6 | 168,1 | 42,2 | 38000,0 | 18,7 | 22,1 |
| SD6 | CM | 270,5 | 46,0 | 683,5 | 5,4 | 5,8 | 112,3 | 23,9 | 29300,0 | 11,1 | 5,8 |
| Média Aritmética | | 539,5 | 72,7 | 314,5 | 5,3 | 6,2 | 217,1 | 39,5 | 52302,3 | 17,9 | 18,3 |
| Desvio Padrão | | 148,6 | 22,1 | 193,6 | 0,1 | 1,4 | 94,3 | 8,0 | 16185,2 | 4,8 | 7,9 |
| Mínimo | | 270,5 | 46,0 | 126,3 | 5,1 | 4,2 | 112,3 | 23,9 | 29300,0 | 11,1 | 5,8 |
| Máximo | | 672,2 | 106,7 | 683,5 | 5,4 | 8,6 | 367,8 | 45,2 | 67040,0 | 22,0 | 25,4 |
| Coefficiente de Variação | | 28% | 30% | 62% | 2% | 23% | 43% | 20% | 31% | 27% | 43% |

Os valores estatísticos médios das variáveis geoquímicas dos pontos amostrados na microbacia apresentaram medidas distintas, evidenciando as diferenças entre algumas propriedades físicas e químicas dos sedimentos. Tanto

para as amostras de sedimento carreado, quanto sedimento de fundo, os coeficientes de variação (CV) foram de médios e altos, para a maioria dos parâmetros. Segundo Warrick e Nielsen (1980) os valores de coeficiente de variação classificam a variabilidade dos dados em baixa ($CV < 12\%$), média ($12 < CV < 62\%$) e alta ($CV > 62\%$).

4.1.1 Determinação granulométrica

A distribuição granulométrica dos sedimentos para os dois ambientes demonstra o predomínio da fração argila, porém no ponto SD6 há o predomínio da fração arenosa, conforme a Figura 8. Esse padrão de distribuição é similar ao encontrado no Córrego da Ilha – Campo Verde/MT (MIRANDA, 2009).

Segundo Schik et al. (2000) e Seganfredo, et al. (1997), a textura argilosa possibilita em eventos pluviométricos o carreamento superficial de material rico em sedimentos coloidais, acarretando a erosão hídrica, que geralmente são responsáveis por reter as partículas poluentes e nutrientes, em áreas agrícolas.

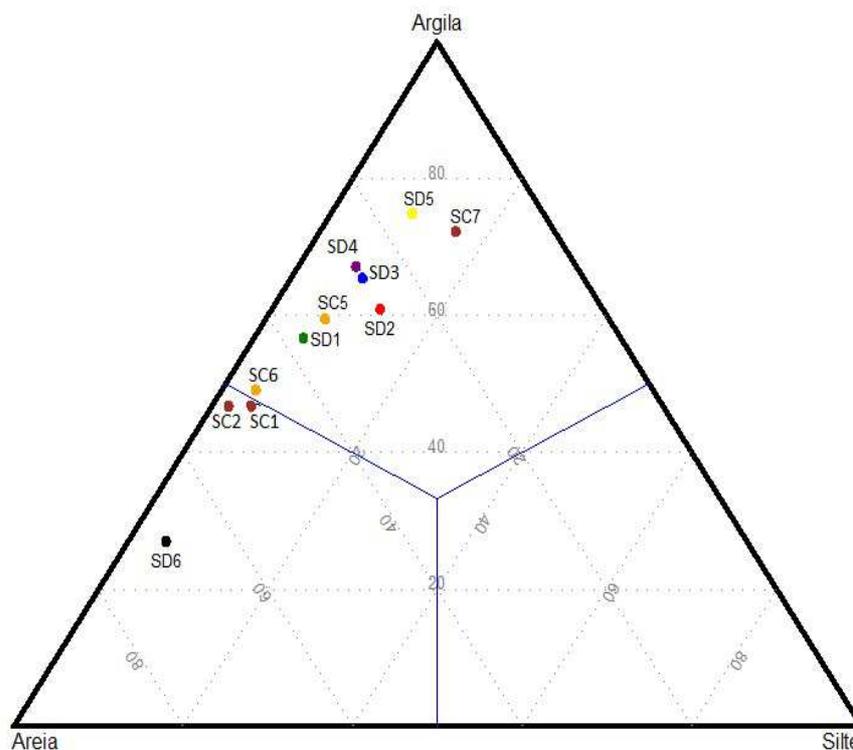


Figura 8 – Triângulo de Shepard apresentando as características granulométricas dos sedimentos carreados (SC) e sedimentos de fundo (SD) na microbacia do rio São Lourenço.

4.1.2 Matéria orgânica (MO)

De modo geral, os teores de matéria orgânica (MO) nos sedimentos carregados e de fundo variaram, em g kg^{-1} , de 116,7 a 1250,0 e 112,3 a 367,8, respectivamente, o que corresponde em porcentagem (12 a 125%) e (11 a 38%). Quando os sedimentos apresentam teores de MO, de origem natural, acima de 10% são considerados orgânicos, e abaixo 10% são considerados inorgânicos ou minerais, com predominância de sílica, argila e compostos de cálcio, ferro e manganês (ESTEVES, 1998). Assim, os sedimentos amostrados na microbacia são classificados como orgânicos. O teor de MO com valor máximo foi encontrado no ponto de coleta próximo a lavoura (SC7). Os resultados podem ser um reflexo do uso e ocupação dos solos da microbacia, uma vez que as atividades agrícolas disponibilizam quantidades significativas de matéria orgânica para o solo e sistemas aquáticos. Em amostras de sedimentos coletados no Arroio Marrecas (Caxias do Sul/RS), Antunes et al. (2008) observaram variação média de MO entre 10,4 a 12,6 %, não sendo superior aos teores encontrados na represa da microbacia do rio São Lourenço. Os autores ressaltam que o arroio está inserido em um ambiente predominantemente rochoso, onde a correnteza dificulta a sedimentação das partículas e por ser uma área sem atividades agrícolas em seu entorno, explicando assim as baixas porcentagens de MO em relação ao presente estudo.

4.1.3 pH

Os valores médios de pH para os sedimentos carregados (SC) e os de fundo (SD) foram, respectivamente, $6,0 \pm 0,7$ e $5,3 \pm 0,1$, com variação baixa, observando-se uma maior homogeneidade de dados. Em relação aos resultados de pH pode-se considerar que os sedimentos apresentam um caráter tipicamente ácido. O que confirma as atividades agrícolas nessa região, como a prática das calagens e fornecimento de bases ao solo (Tabela 8), em função da carência de nutrientes na região. De acordo com Lopes et al. (1991) a acidez dos solos e sedimentos está relacionada, com a própria pobreza em bases do material de origem e elevados teores de Al^{3+} e H^+ , ou devido a processos de formação que favorecem a remoção dos elementos básicos como potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), pela ação das águas da chuva ou irrigação, pelas colheitas em área agrícolas e

utilização da maioria dos fertilizantes químicos (OLIVEIRA, et al., 2005). Este aspecto foi também observado por Donini (2011), em experimento realizado na mesma localidade, que evidenciou menores valores de pH (4,34) a profundidade (0-10 cm), na área 1 (Cerrado nativo), em relação à área 2 (aplicação cama de frango), com pH (5,39), profundidade (0-10 cm), e área 3 (plantio convencional), pH (5,62) na mesma profundidade. De acordo com a autora as áreas 2 e 3 tiveram aplicação de calcário, que reduz a acidez do solo elevando o pH pela neutralização do íon H^+ (Lopes, 1984) aumentando a concentração de íons OH^- em solução.

Outro ponto importante, as médias de pH em SC e SD corroboraram os valores de MO, visto que baixos valores de pH tendem a indicar elevadas concentrações de MO em decomposição, como exemplo as substâncias húmicas (ácidos húmicos e ácidos fúlvicos). Segundo Förstner e Wittmann, 1983, as substâncias húmicas constituem a principal fração de matéria orgânica presente em sedimentos recentes nos ambientes deposicionais, contribuindo cerca de 30% para o conteúdo de MO.

4.1.4 Capacidade de troca catiônica (CTC)

A média para CTC total, em $(cmol_c.kg^{-1})$, nos SC e SD ficaram compreendidos entre $6,1 \pm 4,9$ e $6,2 \pm 1,4$, respectivamente. O CV foi bem elevado para os SC informando uma menor homogeneidade entre os dados, quando comparado com os SD. Este comportamento corroborou os resultados granulométricos apresentados, com maior variação para o SC. Quando a CTC varia de 6 a $25 cmol_c.kg^{-1}$ indica que o sedimento contém teor de MO elevado e o pH ácido (LOPES e GUILHERME, 1991), o que confere no respectivo estudo.

4.1.5 Concentração de metais

Os teores totais médios de Cu, Fe, Mn, Zn e os coeficientes de variação estão discriminados nas Tabelas 11 e 12. Os resultados demonstram uma média variabilidade dos dados nos ambientes. Valadão (2010), ao realizar análise multivariada na avaliação da fertilidade de solos, em Mato Grosso verificou que os valores dos coeficientes de variação encontrados para os micronutrientes estavam dentro da faixa de variação normal, em contraposição ao presente estudo. A variação elevada para os teores de micronutrientes pode ser explicada pelo manejo

da adubação, pela amostragem de sedimentos até 20 cm, onde ocorre maior concentração de nutrientes e pela característica de cada nutriente avaliado, bem como a mineralogia de cada solo (ZANÃO JR. et al., 2007).

As concentrações encontradas foram comparados com os valores orientadores brasileiros estabelecidos pela CETESB (2005) e Resolução CONAMA 420/2009, de acordo com as Tabelas 2 e 3, respectivamente, para os elementos cobre e zinco. Quanto aos elementos ferro e manganês seguiu a diretriz para classificação de poluição em sedimentos das enseadas dos Grandes Lagos, nos EUA, conforme Tabela 4.

Com relação aos metais Cu e Zn contidos nos valores-guia TEL/PEL, somente o cobre apresentou, no geral, concentrações médias acima do TEL ($35,7 \text{ mg kg}^{-1}$), os teores médios de zinco ficaram abaixo do TEL ($123,0 \text{ mg kg}^{-1}$), nos dois ambientes estudados. Constata-se para o elemento ferro, que as concentrações médias dos SC ($50.186,7 \text{ mg kg}^{-1}$) e SD ($52.302,3 \text{ mg kg}^{-1}$) ultrapassaram o valor limite de $17.000 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 4). Estes valores podem estar associados ao solo predominante da região, que é o Latossolo. Os teores médios de manganês presentes, nos sedimentos carregados e de fundo, ficaram bem abaixo (Tabelas 11 e 12), quando comparado ao valor máximo permitido de 300 mg kg^{-1} (Tabela 4). Zambetta (2006), estudando as concentrações de metais nos sedimentos do Rio Corumbataí-SP encontrou em amostras coletadas no ponto de captação da ETA, teores (mg kg^{-1}) de: Cu (0,733); Fe (1776,567) e Mn (97,606), sendo estes valores menores, com exceção do Mn, em comparação ao presente estudo. Apesar da bacia conter atividades urbanas, industriais e agrícolas, também não registrou valores acima do máximo permitido pelas legislações brasileiras e internacionais.

Observou-se que as concentrações mais elevadas foram do Fe, acompanhadas de Cu, Zn e Mn (Figuras 9 e 10). O Fe e o Mn são os metais que naturalmente ocorrem em maiores quantidades, nos solos. O Fe é um dos maiores componentes da litosfera e o Mn é o segundo elemento que se apresenta em níveis tóxicos sem intervenção antrópica nos solos sob cerrado (MALAVOLTA et al., 1994). Por se tratar de uma região com atividade agrícola intensiva pode-se supor que estes resultados são decorrentes da utilização de fertilizantes ricos nesses metais. Resultados semelhantes em estudos realizados em Mato Grosso foram encontrados por Miranda (2009) e Valadão (2010).

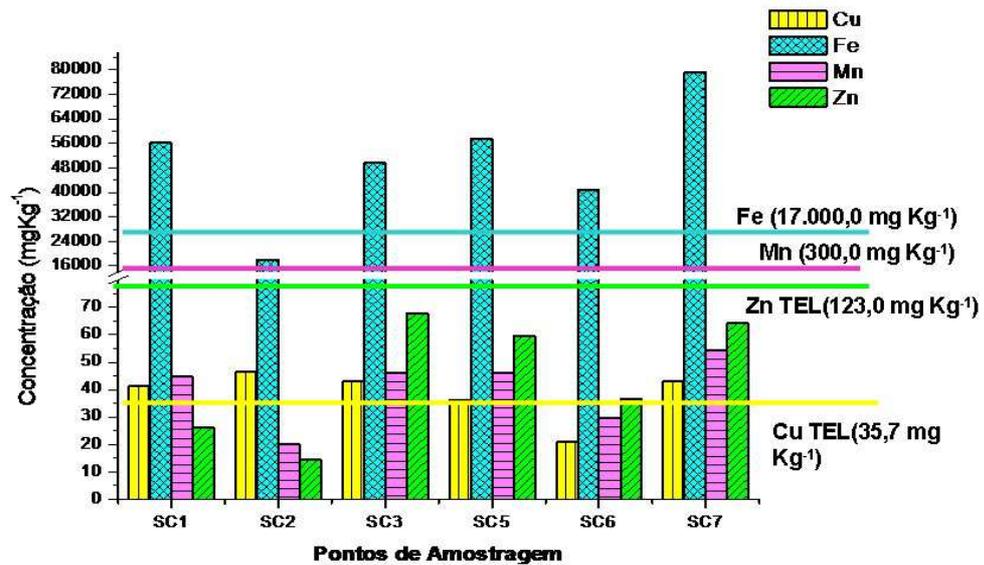


Figura 9 – Distribuição de Cu, Fe, Mn, Zn nos sedimentos carreados (SC) e os valores limites, no período de outubro de 2009 a setembro de 2010.

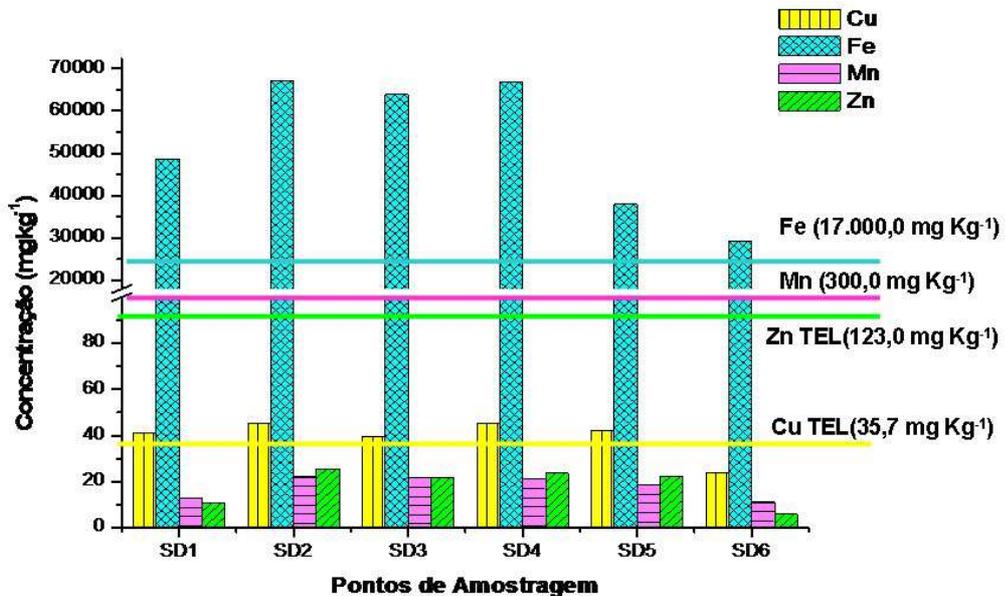


Figura 10 – Distribuição de Cu, Fe, Mn, Zn nos sedimentos de fundo (SD) e os valores limites, no período de outubro de 2009 a setembro de 2010.

A distribuição espacial dos metais nos sedimentos de fundo da represa está representada na Figura 11. Como neste estudo a represa foi dividida em quatro zonas: entrada da represa (ER; ponto SD2), meio da represa (MR; ponto SD3), saída da represa (SR; ponto SD4) e vertedouro da represa (VR; ponto SD5), observou-se que todas tiveram predominância de sedimentos argilosos e teores de MO elevados, conforme a Tabela 12. Para o ponto SD5 verificou-se que os teores de

metais diminuíram. Por ser um ponto que representa o vertedouro da represa e próximo ao aporte dos agroquímicos, pode ter ocorrido alterações nas características físicas e químicas (pH, CTC, teores de argila, MO) na interface água/sedimento, influenciando na mobilização dos metais para a água (MURRAY, 1987; CAPPUYNS e SWENNEN, 2005).

Rangel (2008) registrou uma distribuição similar em sedimentos de fundo de uma represa na região da mineradora de Mirai/MG para os mesmos metais, em $\mu\text{g g}^{-1}$, correspondendo a início/represa: Fe(400); Cu (47); Mn (174,3) e Zn (70); meio/represa: Fe(1600); Cu (74); Mn (404) e Zn (120); vertedouro/represa: Fe(900); Cu (24); Mn (181,4) e Zn (66).

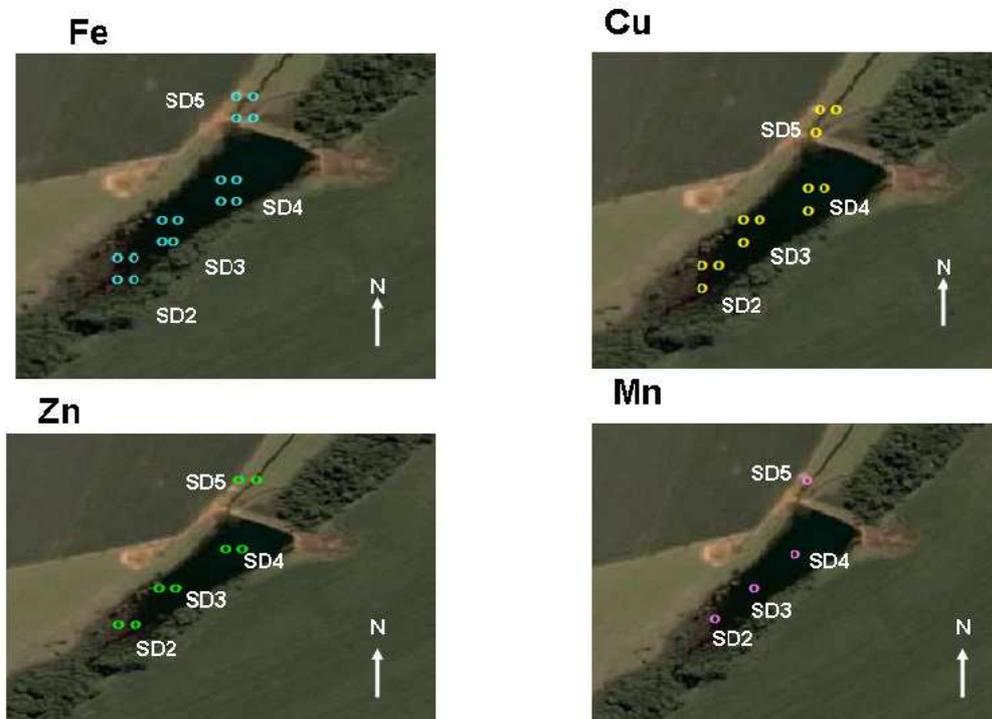


Figura 11 – Distribuição espacial de Cu, Fe, Mn, Zn nos sedimentos de fundo (SD) da represa no período de outubro de 2009 a setembro de 2010.

Para estudar as relações entre a granulometria, pH, CTCpH7 e os metais e destes entre si, foram realizadas análises de correlação de Pearson ($p < 0,05$) tanto por ambiente (SC e SD), quanto por estação (chuva e seca) nos dois ambientes, conforme o ANEXO A.

Na análise dos sedimentos por ambientes, que compreende outubro de 2009 a setembro de 2010, pode-se constatar diferenças entre os resultados das correlações para SC e SD.

Os valores das correlações para os sedimentos carregados (SC) foram significativos para CTC (TpH7) e silte (fração < 63 μm), estando estes correlacionados positivamente com MO e fração argila. O metal Fe interagiu positivamente com fração silte e o Mn, e este com o Cu.

Quanto aos sedimentos de fundo (SD) tiveram correlação significativa entre argila e metais, exceto com Fe. A relação encontrada entre metais e o teor de argila também tem sido citada em outros estudos (SOUZA et al., 1996; LAVADO et al., 1998). O teor de Zn nas amostras apresentou correlação altamente positiva com todos os metais e a fração silte. Em área de Cerrado o solo apresenta pouca concentração natural de Zn, sendo corroborado por Lopes (1984) para essa região, que encontrou deficiência de Zn em 95% das amostras analisadas, e por outros autores como Marques et al. (2004), Vendrame et al. (2007) e Pierangeli et al. (2009), que em estudos mais recentes encontraram valores de Zn baixo. Dessa forma, pode-se supor que na área estudada ocorreu a aplicação com maior frequência de fertilizantes ricos neste metal. Os metais e a fração areia relacionaram-se inversamente.

Ao realizar-se a análise de correlação de Pearson em função das estações chuva e seca nos SC e SD evidenciou-se diferenças para ambos os ambientes. Devido ao tamanho das amostras (N) dos SC ser muito baixo, entre 1 a 6, não pode afirmar, se teve ou não significância, os resultados obtidos, porém possibilita dar uma noção do comportamento dos metais em relação aos outros parâmetros.

Nas estações: chuva/2009 e seca/2010 não evidenciou-se correlações para os SC. Para chuva/2010 constatou-se correlações negativas entre areia com pH e Cu com a areia. Este metal elevou a concentração, com aumento do pH e da elevação dos teores de Mn.

Quando comparadas as inter-relações ocorridas nas estações chuvosas analisadas para os sedimentos de fundo (SD) verifica-se uma maior correlação nas chuvas/2009, tendo uma relação inversa entre a fração areia, com os teores de argila e metais e correlações positivas entre os metais. Para as chuvas/2010, a relação do Mn é positiva para argila e negativa para areia. O elemento Fe interagiu forte e positivamente com o metal Zn. A estação: seca/10 não apresentou correlação em função do tamanho da amostra (N) ser igual a 1.

No geral, as correlações dos metais nos ambientes (SC e SD) estão em função da CTC, fração (silte e argila) e MO e podem confirmar as concentrações encontradas (Figuras 9, 10 e 11). A incorporação dos metais em sedimentos pode ocorrer através de processos de adsorção e complexação, apresentando grande capacidade de acumulação em sedimentos de granulometria fina (silte e argila) e teor elevado de matéria orgânica (LORING; RANTALA, 1992; LACERDA; MARINS, 2006). A textura também pode ser utilizada para ser fazer inferência sobre diversas características do solo, tais como: capacidade de troca catiônica (CTC,) comportamento em relação ao manejo de aração e gradagem, infiltração e retenção de água, porosidade e estágio de intemperismo (LEPSCH, 2002).

As significativas correlações do Fe e Mn com os metais Cu e Zn, tanto nas análises por ambiente (SC e SD), quanto nos períodos de chuvas sugerem os óxidos/ hidróxidos de (Fe – Mn) e matéria orgânica, como principais suportes geoquímicos desses metais no ambiente. Em ecossistemas aquáticos esta ocorrência é muito comum (BIDONE e SILVA-FILHO, 1988; EL BILALI et al., 2002).

Para avaliar as afinidades dos ambientes (SC e SD), realizou-se a análise de agrupamento, onde foi possível observar a formação de quatro grupos com alta afinidade e mais próximas entre si (Tabelas 12 e 13). Para interpretação do dendrograma, considerou-se um valor entre 0,50 e 0,75 como altura do corte (Figura 12). As delimitações foram estabelecidas com base na análise visual do dendrograma, na qual foram avaliados os pontos de alta mudança de nível (CRUZ e REGAZZI, 2001; MANLY, 2008). Carvalho et al. (2011), no intuito de estudarem, a estrutura dos dados relativos a um conjunto de variáveis do solo (Fe, Al, Ti, Mn, carbono orgânico, argila, silte, CTC) e seu uso na formação de grupos similares, em áreas de Latossolos derivados da Formação Barreiras-Recôncavo Baiano, encontraram sete grupos de amostras mais próximas entre si, considerando um valor de vinte e oito como altura de corte. Os respectivos autores constataram, através dos grupos, as similaridades entre eles devido às características dos solos. O que foi também registrado neste estudo e abaixo elencados.

Este tipo de análise informa que os sedimentos pertinentes a um grupo específico não difere entre si, mas difere quando comparado com outro grupo. Importante ressaltar, que o SC3 ficou fora dos grupos por não apresentar todos os dados (Figura 12).

O grupo 1 formado pelo SD1, SC1, SC5, SD2, SD4 e SD3, apresentou maior representatividade dos sedimentos. É caracterizado pelos elevados teores de argila e concentrações de Fe e Cu mais uniformes, em relação Zn e Mn.

O grupo 2 formado pelo SC7 revelou um contraste bastante interessante: maiores concentrações de argila, CTC, MO e Fe. Este ponto está situado próximo à lavoura (Figura 5). Pode-se inferir, então, que além do teor elevado de Fe, contido naturalmente no sedimento, as adubações contribuíram para o aumento considerável do respectivo metal nos sedimentos carreados. Como esses sedimentos foram coletados em períodos de precipitação observou-se fragilidade do ambiente. Devido à ação das chuvas, aliado às atividades agrícolas, há a perda do solo removendo a matéria orgânica, os nutrientes e as frações finas presentes causando prejuízos financeiros e ambientais (BERTOL et al., 2007; MIRANDA, 2009).

O grupo 2 formado pelo SC7 revelou um contraste bastante interessante: maiores concentrações de argila, CTC, MO e Fe. Este ponto está situado próximo à lavoura. Pode-se inferir, então, que além do teor elevado de Fe, contido naturalmente no sedimento, as adubações contribuíram para o aumento considerável do respectivo metal nos sedimentos carreados. Como esses sedimentos foram coletados em períodos de precipitação observou-se fragilidade do ambiente. Devido à ação das chuvas, aliado às atividades agrícolas, há a perda do solo removendo a matéria orgânica, os nutrientes e as frações finas presentes causando prejuízos financeiros e ambientais (BERTOL et al., 2007; MIRANDA, 2009).

O grupo 3 foi formado pelo SD5, SC6 e SD6 evidenciou valores de CTC mais baixos em comparação aos outros grupos e teores intermediários para a maioria dos metais pesquisados.

O grupo 4 formado pelo SC2 caracterizou-se pelo forte contraste na textura do sedimento: apresentou maiores teores de areia em comparação aos outros grupos, conseqüentemente baixo valor para MO e Fe (Tabela 11).

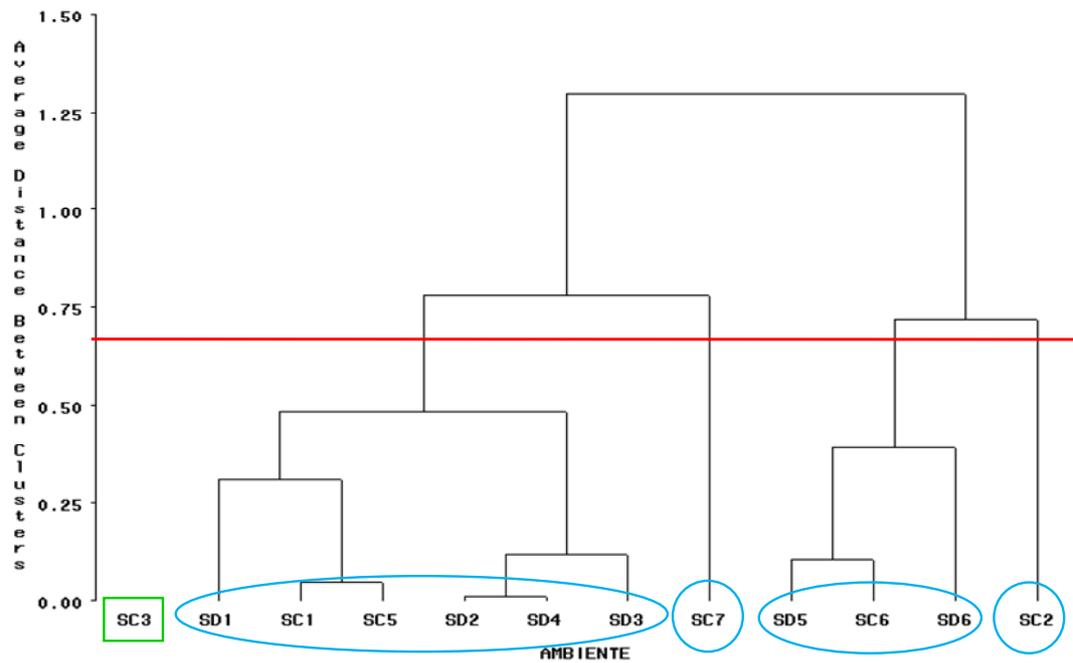


Figura 12 – Dendrograma dos dados relativos aos ambientes: sedimentos carreados (SC) e sedimentos de fundo (SD).

4.2 Análises de nutrientes presentes na água da microbacia

Nas Tabelas 13, 14 e 15 estão apresentados os resultados das análises descritivas, referentes aos nutrientes presentes nas amostras de água de escoamento (AE), água superficial (AS), água de poço artesiano (AP) e água de piezômetro (P) da microbacia do rio São Lourenço, no período de outubro de 2009 a setembro de 2010.

Tabela 13 – Estatística descritiva das análises de nutrientes das amostras de Água de escoamento (AE); (n=31); PL – Próximo/Lavoura; PR – Próximo/Represa

| AMBIENTE | LOCAL | Fluoreto | Cloreto | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Potássio |
|---------------------------------|-------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| -----mg L ⁻¹ ----- | | | | | | | | |
| AE1 | PL | 0,23 | 9,01 | 0,03 | 7,48 | 0,42 | 2,76 | 9,96 |
| AE2 | PL | 0,14 | 3,91 | 0,12 | 11,06 | 1,25 | 0,90 | 5,78 |
| AE3 | PR | 0,03 | 1,91 | 0,15 | 3,89 | 0,18 | 0,42 | 0,96 |
| AE4 | PR | 0,12 | 2,66 | 0,04 | 0,51 | 2,11 | 1,37 | 4,85 |
| AE5 | PR | 0,14 | 2,07 | 0,07 | 0,35 | 0,88 | 1,00 | 1,86 |
| AE6 | PR | 0,17 | 1,08 | 0,04 | 0,00 | 0,03 | 1,60 | 3,24 |
| Média Aritmética | | 0,14 | 3,44 | 0,08 | 3,88 | 0,81 | 1,34 | 4,44 |
| Desvio Padrão | | 0,06 | 2,89 | 0,05 | 4,55 | 0,78 | 0,80 | 3,24 |
| Mínimo | | 0,03 | 1,08 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,42 | 0,96 |
| Máximo | | 0,23 | 9,01 | 0,15 | 11,06 | 2,11 | 2,76 | 9,96 |
| Coefficiente de Variação | | 47% | 84% | 64% | 117% | 96% | 60% | 73% |

Tabela 14 – Estatística descritiva das análises das análises de nutrientes das amostras de água superficial (AS) ; (n=67); NM – Nascente/Mata; ER – da/Represa; MR – Meio/Represa; SR - Saída/Represa; VR - Vertedouro/Represa; CM - Córrego/Mata

| AMBIENTE | LOCAL | Fluoreto | Cloreto | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Potássio |
|---------------------------------|-------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| -----mg L ⁻¹ ----- | | | | | | | | |
| AS1 | NM | 0,00 | 0,38 | 0,09 | 0,13 | 0,04 | 0,06 | 0,06 |
| AS2 | ER | 0,00 | 0,37 | 0,11 | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,05 |
| AS3 | MR | 0,00 | 0,25 | 0,10 | 0,06 | 0,29 | 0,06 | 0,07 |
| AS4 | SR | 0,00 | 0,39 | 0,09 | 0,03 | 0,28 | 0,09 | 0,07 |
| AS5 | VR | 0,00 | 0,36 | 0,07 | 0,03 | 0,01 | 0,09 | 0,08 |
| AS6 | CM | 0,00 | 0,56 | 0,09 | 0,22 | 0,06 | 0,06 | 0,11 |
| Média Aritmética | | 0,00 | 0,39 | 0,09 | 0,09 | 0,12 | 0,07 | 0,07 |
| Desvio Padrão | | 0,00 | 0,10 | 0,01 | 0,07 | 0,13 | 0,02 | 0,02 |
| Mínimo | | 0,00 | 0,25 | 0,07 | 0,03 | 0,01 | 0,06 | 0,05 |
| Máximo | | 0,00 | 0,56 | 0,11 | 0,22 | 0,29 | 0,09 | 0,11 |
| Coefficiente de Variação | | - | 26% | 16% | 84% | 107% | 21% | 30% |

Tabela 15 – Estatística descritiva das análises de nutrientes das amostras de Água de poço (AP) e Piezômetros (P); (n=56); S – Sede; M – Mata; AR – Área de Reflorestamento

| AMBIENTE | LOCAL | Fluoreto | Cloreto | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Potássio |
|---------------------------------|-------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| -----mg L ⁻¹ ----- | | | | | | | | |
| AP | S | 0,06 | 0,87 | 0,05 | 1,47 | 0,02 | 0,05 | 1,65 |
| P1 | M | 0,01 | 0,69 | 0,07 | 0,49 | 0,07 | 0,28 | 0,26 |
| P2 | M | 0,00 | 0,64 | 0,07 | 0,64 | 0,11 | 0,36 | 0,56 |
| P3 | M | 0,00 | 0,64 | 0,08 | 2,08 | 0,01 | 0,21 | 0,61 |
| P4 | AR | 0,06 | 0,56 | 0,11 | 0,25 | 0,04 | 0,28 | 0,30 |
| P5 | AR | 0,05 | 0,50 | 0,13 | 0,29 | 0,06 | 0,21 | 0,16 |
| Média Aritmética | | 0,03 | 0,65 | 0,09 | 0,87 | 0,05 | 0,23 | 0,59 |
| Desvio Padrão | | 0,03 | 0,13 | 0,03 | 0,74 | 0,04 | 0,10 | 0,55 |
| Mínimo | | 0,00 | 0,50 | 0,05 | 0,25 | 0,01 | 0,05 | 0,16 |
| Máximo | | 0,06 | 0,87 | 0,13 | 2,08 | 0,11 | 0,36 | 1,65 |
| Coefficiente de Variação | | 96% | 20% | 35% | 85% | 70% | 45% | 92% |

Os valores estatísticos médios das variáveis químicas dos pontos amostrados apresentaram medidas distintas, evidenciando as diferenças nas concentrações de nutrientes na água. Em todos os ambientes estudados (AE, AS e AP/P) a variabilidade dos dados, de acordo com Warrick e Nielsen (1980) foram classificados em médios ($12 < CV < 62\%$) e altos ($CV > 62\%$).

A preocupação quanto à contaminação de corpos hídricos pelas atividades agrícolas têm sido alvo de pesquisadores em Mato Grosso (SALOMÃO, et al., 2007; WEBER et al., 2009), entre outros. As partículas de solos enriquecidos de nutrientes

e insumos agrícolas são arrastadas pela água durante o escoamento superficial trazendo diversas consequências negativas ao ambiente e à saúde do ser humano.

Para avaliar o grau de contaminação das águas, as concentrações encontradas para a água de escoamento (AE) e água superficial (AS) foram comparados com os valores orientadores brasileiros estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e Portaria 518/2004/MS, de acordo com as Tabelas 5 e 7, respectivamente. A Resolução CONAMA 396/2008, conforme Tabela 6 foi utilizada para a comparação dos valores obtidos em águas subterrâneas (AP/P) da microbacia. As Resoluções e a Portaria acima citadas não faz referência ao parâmetro potássio, adotando-se como referência o valor máximo permitido (VMP) igual 20 mg L^{-1} , segundo a Organização Mundial de Saúde (1985).

De modo geral, os teores de nutrientes, para a água de escoamento (AE), água superficial (AS) e água subterrâneas (AP/P) ficaram abaixo dos valores máximos permitidos (VMP) da Resolução CONAMA 357/2005, da Portaria 518/2004, da Resolução CONAMA 396/2008 e OMS (1985), com exceção do ponto AE2 cuja concentração média de nitrato esteve acima do VMP (10 mg L^{-1}), de acordo com a Tabela 14. Miranda (2009), em estudo realizado no município Campo Verde – MT, encontrou concentrações de NO_3^- em amostras de águas escoadas nos sistemas de plantios convencional-PC e cultivo mínimo-CM acima, também, dos VMP da Resolução CONAMA 357/2005 e Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. De acordo com Bakhsh, Kanwar e Karlen (2005), muitos estudos têm demonstrado um aumento da contaminação dos corpos de água com nitrato devido à aplicação de fertilizantes nitrogenados propiciando acúmulo desse íon, tanto na superfície, como subsuperfície do sedimento, deslocando-se para os aquíferos, elevando seus valores acima do permitido pela legislação (GARG; JHA; KAR, 2005).

A distribuição espacial dos nutrientes (F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} e K^+) nas águas de escoamento (AE) está representada na Figura 13. Com base no mapa (Figura 4) compreende-se em: AE1 (próximo à lavoura), AE2 (próximo à lavoura), AE3 (próximo à represa), AE4 (próximo à represa), AE5 (próximo à represa) e AE6 (próximo à represa). As concentrações variaram de forma diferenciada para os respectivos pontos. No ponto AE1 ($\text{K}^+ > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{PO}_4^{3-} > \text{F}^- > \text{NO}_2^-$); AE2 ($\text{NO}_3^- > \text{K}^+ > \text{Cl}^- > \text{PO}_4^{3-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{F}^- > \text{NO}_2^-$); AE3 ($\text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{K}^+ > \text{SO}_4^{2-} > \text{PO}_4^{3-} > \text{NO}_2^- > \text{F}^-$); AE4 ($\text{K}^+ > \text{Cl}^- > \text{PO}_4^{3-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{F}^- > \text{NO}_2^-$); AE5 ($\text{Cl}^- > \text{K}^+ > \text{SO}_4^{2-} > \text{PO}_4^{3-} > \text{NO}_3^- > \text{F}^- > \text{NO}_2^-$) e AE6 ($\text{K}^+ > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{F}^- > \text{NO}_2^- > \text{PO}_4^{3-}$).

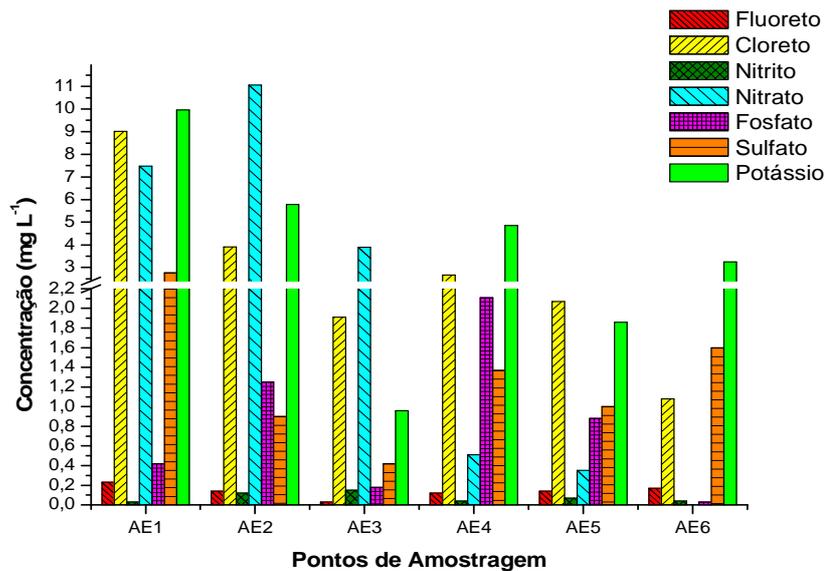


Figura 13 – Distribuição dos nutrientes (F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} e K^+) nas Águas de Escoamento (AE) no período de outubro de 2009 a setembro de 2010.

Realizando-se a comparação numérica das médias encontradas, pela estatística descritiva, dos pontos AE1, AE2, AE3 e AE4, situados no lado esquerdo da represa (Figura 14), percebe-se que houve um decréscimo, de uma forma geral, da concentração dos nutrientes (Tabela 13), de acordo com o fluxo de água e sedimento que chegava em direção a represa. Para essa comparação não foi possível fazer o teste t de comparação de médias não paramétricas, devido à quantidade de amostras ser muito pequeno.



Figura 14 – Faixa de vegetação entre os pontos AE1, AE2, AE3 e AE4, no lado esquerdo da represa, Município de Campo Verde/MT

Sendo assim, comparando-se o ponto AE1 (próximo à lavoura) ao ponto AE3 (próximo à represa) obteve-se variação para: F^- (0,23 a 0,03 $mg L^{-1}$); Cl^- (9,01 à 1,91 $mg L^{-1}$); NO_2^- (0,03 à 0,15 $mg L^{-1}$); NO_3^- (7,48 à 3,89 $mg L^{-1}$); PO_4^{3-} (0,42 à 0,18 $mg L^{-1}$); SO_4^{2-} (2,76 à 0,42 $mg L^{-1}$) e K^+ (9,96 à 0,96 $mg L^{-1}$).

Comparando-se o ponto AE2 (próximo à lavoura) ao ponto AE4 (próximo à represa), constatou-se variação para: F^- (0,14 a 0,12 $mg L^{-1}$); Cl^- (3,91 à 2,66 $mg L^{-1}$); NO_2^- (0,12 à 0,04 $mg L^{-1}$); NO_3^- (11,06 à 0,51 $mg L^{-1}$); PO_4^{3-} (1,25 à 2,11 $mg L^{-1}$); SO_4^{2-} (0,90 à 1,37 $mg L^{-1}$) e K^+ (5,78 à 4,85 $mg L^{-1}$). Os íons fosfato e sulfato, nesses pontos aumentaram.

Esse decréscimo das concentrações de nutrientes em AE, no lado esquerdo da represa pode estar em função do plano de recuperação da área, através do plantio de mudas que iniciou-se no fim do ano de 2009. A faixa de vegetação, veio então a contribuir na diminuição da quantidade de nutrientes e sedimentos carregados, na direção da represa. Comparativamente, em estudo realizado por Bratieres et al. (2008), os resultados demonstraram claramente a importância da vegetação na remoção de nutrientes, por meio das plantas que atuaram como biofiltros, sendo relatados, também, por Hatt et al. (2007) e Henderson et al. (2007a, b). Na verdade, a vegetação pode contribuir eficientemente, como biofiltros tanto diretamente, através da absorção pelas plantas e manutenção da porosidade do solo, bem como indiretamente, por exemplo, através de influência sobre as comunidades microbianas do solo (READ et al., 2008). Corroborando os respectivos autores, Leite et. al. (2009) ressalta, que a presença das plantas aumenta a umidade do solo, aumentando a taxa de infiltração de água no solo, reduzindo o volume de escoamento superficial e erodibilidade do solo.

Os teores de nutrientes, para as águas superficiais (AS) ficaram abaixo dos valores máximos permitidos (VMP) da Resolução CONAMA 357/2005, da Portaria 518/2004, conforme Tabela 14, e OMS (1985), não havendo restrição de uso.

A distribuição espacial dos nutrientes (F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} e K^+) nas águas superficiais (AS) está representada na Figura 15. Com base no mapa (Figura 4) compreende-se em: AS1 (nascente/mata), AS2 (entrada/represa), AS3 (meio/represa), AS4 (saída/represa), AS5 (vertedouro/represa) e AS6 (córrego/mata). As concentrações médias dos nutrientes estão distribuídas, no amplo aspecto, de forma semelhante. O íon Cl^- encontrou-se em maior concentração na maioria dos pontos de água, com exceção do ponto AS3, sendo a maior

concentração do íon PO_4^{3-} . Não foram encontrados teores do íon F^- nos pontos amostrados para águas superficiais.

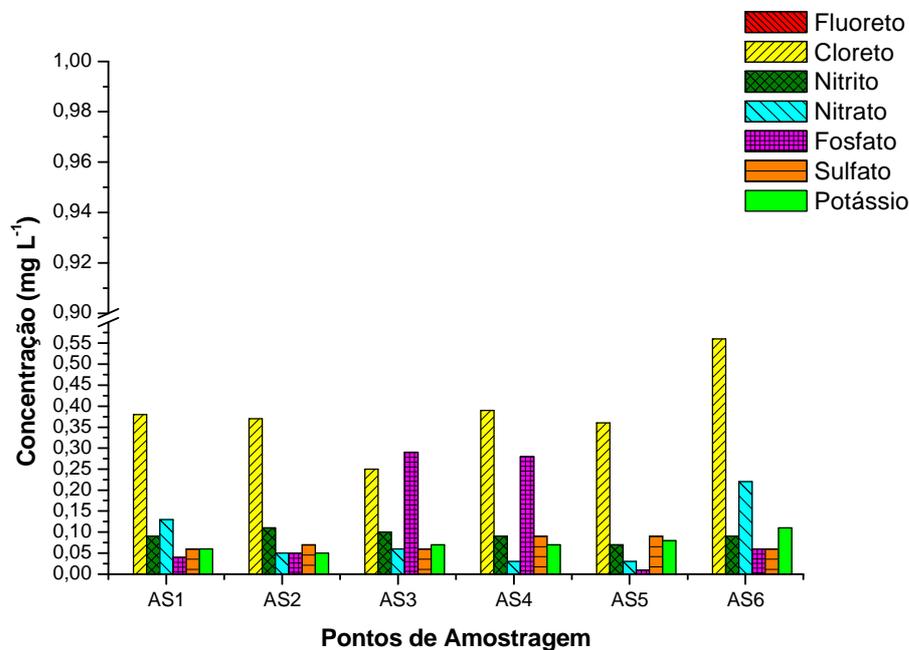


Figura 15 – Distribuição dos nutrientes (F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} e K^+) nas Águas Superficiais (AS) no período de outubro de 2009 a setembro de 2010.

As concentrações de nutrientes, para as águas subterrâneas (AP/P) ficaram abaixo dos valores máximos permitidos (VMP) da Resolução CONAMA 357/2005 e da Portaria 518/2004, conforme Tabela 15, não havendo restrição de uso, segundo Ayres e Westcot (1991).

A distribuição espacial dos nutrientes (F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} e K^+) nas águas subterrâneas (AP/P) está representada na Figura 16. Com base no mapa (Figura 4) compreende-se em: AP (poço artesiano/sede), P1 (poço de monitoramento/mata), P2 (poço de monitoramento/mata), P3 (poço de monitoramento/mata), P4 (poço de monitoramento/área reflorestamento) e P5 (poço de monitoramento/área reflorestamento). As concentrações variaram de forma diferenciada para os respectivos pontos. No ponto AP ($\text{K}^+ > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{F}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_2^- > \text{PO}_4^{3-}$); P1 ($\text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{K}^+ > \text{NO}_2^- > \text{PO}_4^{3-} > \text{F}^-$); P2 ($\text{Cl}^- = \text{NO}_3^- > \text{K}^+ > \text{SO}_4^{2-} > \text{PO}_4^{3-} > \text{NO}_2^-$); P3 ($> \text{Cl}^- > \text{K}^+ > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_2^- > \text{PO}_4^{3-}$); P4 ($\text{Cl}^- > \text{K}^+ > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{NO}_2^- > \text{F}^- > \text{PO}_4^{3-}$) e P5 ($\text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{K}^+ > \text{NO}_2^- > \text{PO}_4^{3-} > \text{F}^-$).

No geral, as concentrações mais elevadas foram do íon NO_3^- no ponto P3 e dos íons K^+ e NO_3^- no ponto AP, sendo que o cátion potássio teve teores

consideráveis na maioria dos pontos, desconsiderando o P5, com menor valor. De acordo com Ayres e Westcot (1991), teores de potássio entre 0 e 78 mg L⁻¹ são normais para irrigação. Para consumo humano o VMP segundo a OMS (1985) é de 20 mg L⁻¹, valores não superados no presente estudo. Não foram encontrados teores do íon F⁻ nos pontos amostrados nos pontos P2 e P3.

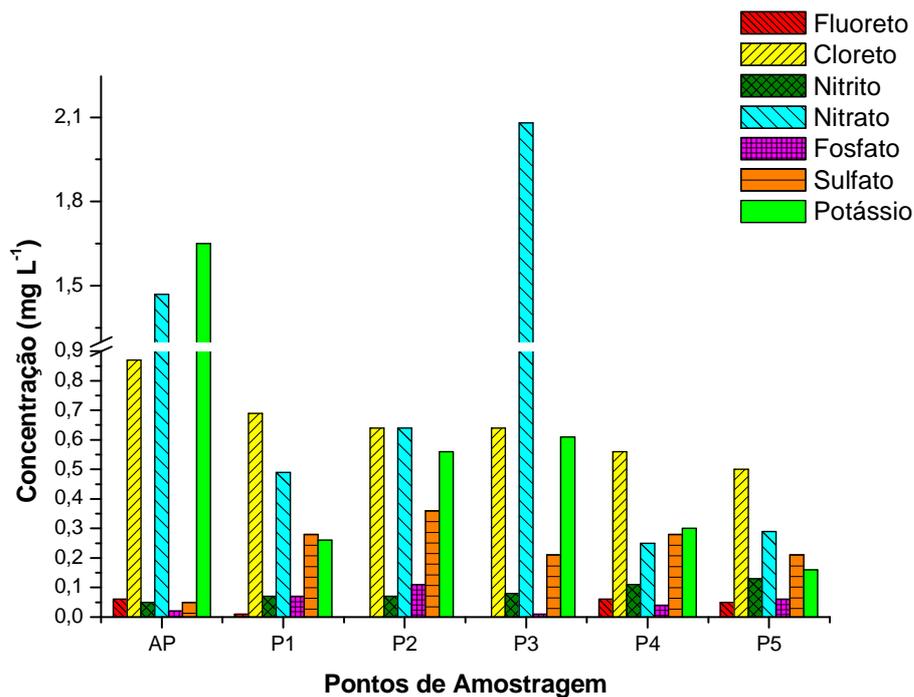


Figura 16 – Distribuição dos nutrientes (F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻ e K⁺) nas Águas Subterrâneas (AP – Água de Poço; P – Piezômetros)) no período de outubro de 2009 a setembro de 2010.

Em suma, os íons K⁺, NO₃⁻ e Cl⁻ foram os nutrientes com maiores valores encontrados em AE. Para a AS registrou-se teores mais acrescidos de Cl⁻ e nenhuma concentração de F⁻. Para AP/P constatou-se maiores concentrações de NO₃⁻, Cl⁻ e K⁺. Provavelmente, os teores de nutrientes nos três ambientes foram influenciados pela distribuição irregular das precipitações (Figura 3), na região, concomitante aos períodos de adubações (Tabela 8) e as características físicas e químicas do sedimento, maiores teores de argila, pH ácido, baixa CTC e elevada concentração de MO (Tabelas 11 e 12) levando à perda, significativa, desses nutrientes por lixiviação e percolação para as águas subterrâneas.

Os elevados teores do íon K⁺, em água de escoamento, podem ser decorrentes, também, aos valores ácidos de pH nos sedimentos carreados.

Resultados similares foram reportados por Miao, DeLaune e Jugsujinda (2006), que evidenciaram um aumento significativo nas concentrações deste íon, em presença de sedimentos com pH ácido no Lago Cataouatche, no delta do Rio Mississipe.

As concentrações elevadas do Cl^- , na microbacia estudada, sugerem a sua alta mobilidade (SANTOS et al., 2006) em águas. Esses teores encontrados corroboram com as adubações, feitas com KCl, realizadas na área. Como observado, as perdas elevadas de K^+ no sedimento, implicou na liberação do ânion cloreto para o ambiente aquático (AE, AS e AP/P), destacando sua capacidade em percolar para os níveis freáticos.

O nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) presentes nos ecossistemas aquáticos é representado por três espécies principais: amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Em ambientes aquáticos o nitrato é a forma mais estável e mais abundante (ESTEVES, 1998). As elevadas concentrações, principalmente em AE pode ser atribuída a adubação nitrogenada que é realizada superficialmente, juntamente com a mineralização dos resíduos orgânicos, confirmado em estudo realizado por Guadagnin et al. (2005), que analisou perdas de solo, água e nitrogênio em diferentes sistemas de manejo. Os autores citados relataram elevada perda desse nutriente no sedimento, em plantio convencional.

No processo de transformação do nitrogênio, o nitrito é uma espécie intermediária entre o íon amônio e o nitrato. Geralmente instável, o nitrito é oxidado a nitrato ou reduzido a amônio, dependendo das condições de oxidação e redução do ambiente (SPIRO; STIGLIANI, 2008), sugerindo os baixos valores encontrados para o NO_2^- , no presente estudo. Resultados similares foram encontrados por Miranda (2009) em análise da perda de nutrientes em águas escoadas.

As baixas concentrações de F^- nos ambientes estudados podem ser explicadas pela sua pouca ocorrência, nos solos, principalmente em solos intemperizados ou ácidos, devido à formação de complexos estáveis com o Al (AMARAL, 1997). De acordo com Adriano (1986) o aporte do íon F^- , em áreas agrícolas, se dá pela aplicação de fertilizantes (adubos fosfatados), e gesso agrícola (como impureza), em pequenas concentrações. Amaral (1997), avaliando o efeito do flúor, no alumínio e fósforo, em um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO observou baixas concentrações do íon fluoreto, similares ao presente estudo, assim como relatado por Miranda (2009).

Para estudar as relações entre os nutrientes (F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} e K^+) e corroborar os resultados acima mencionados foram realizadas análises de correlação de Pearson ($p < 0,05$) tanto por ambiente (AE, AS e AP/P), quanto por estação (chuva e seca) nos três ambientes, conforme o ANEXO B.

Na análise das águas por ambientes, que compreende outubro de 2009 a setembro de 2010, pôde-se constatar diferenças entre os resultados das correlações para AE, AS e AP/P.

Os valores das correlações em AE foram significativos para os íons K^+ e NO_3^- . O íon K^+ interagiu positivamente com SO_4^{2-} e este com o Cl^- . Quanto às águas superficiais (AS) a correlação significativa entre os íons Cl^- e NO_2^- , para os demais nutrientes não apresentaram correlação. Para as águas subterrâneas (AP/P) evidenciou-se relação do íon K^+ com os ânions Cl^- e NO_3^- , nas águas amostradas do poço artesiano (AP), e NO_3^- para as água dos piezômetros (P).

Ao realizar-se a análise de correlação de Pearson em função das estações chuva e seca em águas de escoamento (AE), superficial (AS) e subterrânea (AP/P) constataram-se algumas diferenças nos respectivos ambientes. Cabe ressaltar que devido ao tamanho das amostras (N) pertinente aos ambientes: AP, nos períodos: chuva/2009, chuva/2010 e seca/2010; e AE, período: seca/2010 serem muito baixo, entre 1 a 6, não se pode afirmar, com significância, os resultados obtidos.

Na estação: chuva/2009 não evidenciou-se correlação entre os nutrientes para as águas subterrâneas (AP/P), porém apresentou relação forte e positiva entre os íons K^+ e Cl^- , em águas de escoamento (AE) e relação positiva do íon K^+ com ânion NO_3^- , nas águas superficiais (AS). Para chuva/2010 a não correlação entre os nutrientes foi observada nas águas superficiais (AS) e piezômetros (P). Nesse período o ânion NO_3^- interagiu forte e positivamente com o ânion NO_2^- nas águas de escoamento (AE). Para o poço artesiano (AP) verificou-se correlação entre o íon PO_4^{3-} e o NO_2^- . Na estação seca/2010 constatou-se uma maior correlação entre os íons: K^+ e NO_3^- , em águas subterrâneas (AP/P), e também entre os íons Cl^- , com K^+ e NO_2^- , em águas superficiais (AS). Em água de escoamento (AE) o cátion K^+ interagiu positivamente com os íons Cl^- e SO_4^{2-} .

As correlações significativas entre o K^+ , Cl^- , NO_3^- e PO_4^{3-} nos ambientes estudados, sugerem fortemente o uso dos fertilizantes agrícolas na região. As perdas desses nutrientes pela ação das chuvas foram evidenciadas nas correlações positivas. Dessa forma, os nutrientes, vêm sendo lixiviados dos sedimentos, pela

erosão hídrica. Esses resultados concordam com os observados por Toledo e Niconella (2002) que, avaliando o índice de qualidade de água em microbacia sob diferentes usos, verificaram influências das áreas agrícolas na contribuição com sedimentos. As áreas agricultadas sem o devido manejo conservacionista tornam-se grandes fontes potenciais de sedimentos, fato este já observado por Gomes et al. (2007) em cultivo de milho localizado na área de recarga de duas nascentes; além disso, Bertol et al. (2004), afirmaram que o preparo convencional do solo por arações e gradagens é caracterizado pela quase completa ausência de cobertura, baixa rugosidade superficial e maior quantidade de partículas prontamente disponíveis para o transporte, pelo escoamento superficial, além da maior susceptibilidade do solo à erosão em sulcos.

A partir da análise de agrupamento visando avaliar as afinidades dos ambientes (AE, AS e AP/P) (Tabelas 13, 14 e 15), foi possível observar a formação de seis grupos. Para interpretação do dendrograma, considerou-se um valor abaixo de 0,5 como altura de corte (Figura 17). As delimitações foram estabelecidas com base na análise visual do dendrograma, na qual foram avaliados os pontos de alta mudança de nível (CRUZ; REGAZZI, 2001; MANLY, 2008).

O grupo 1 foi formado pelo AS1, AS2, AS5, AS3, AS4, AS6, P4, P5, P1, P2, AP e P3 foi o mais representativo pelas afinidades. Caracterizou-se pelas concentrações relativamente baixas de nutrientes e com poucas alterações pela correlação de Pearson.

O grupo 2 formado pelo AE5 e AE6 apresentou, em média, características semelhantes por se localizarem próximos à represa, porém com alterações mais significativas pela correlação de Pearson.

O grupo 3 foi formado pelo AE3; grupo 4 formado pelo AE4; grupo 5 formado pelo AE1 e o grupo 6 formado pelo AE2. Constatou-se para estes grupos diferenças nas concentrações médias de nutrientes, devido à localização de seus pontos de coleta, influenciados pelos eventos de chuvas não regulares e as adubações na região. As correlações foram positivas para K^+ , Cl^- e NO_3^- .

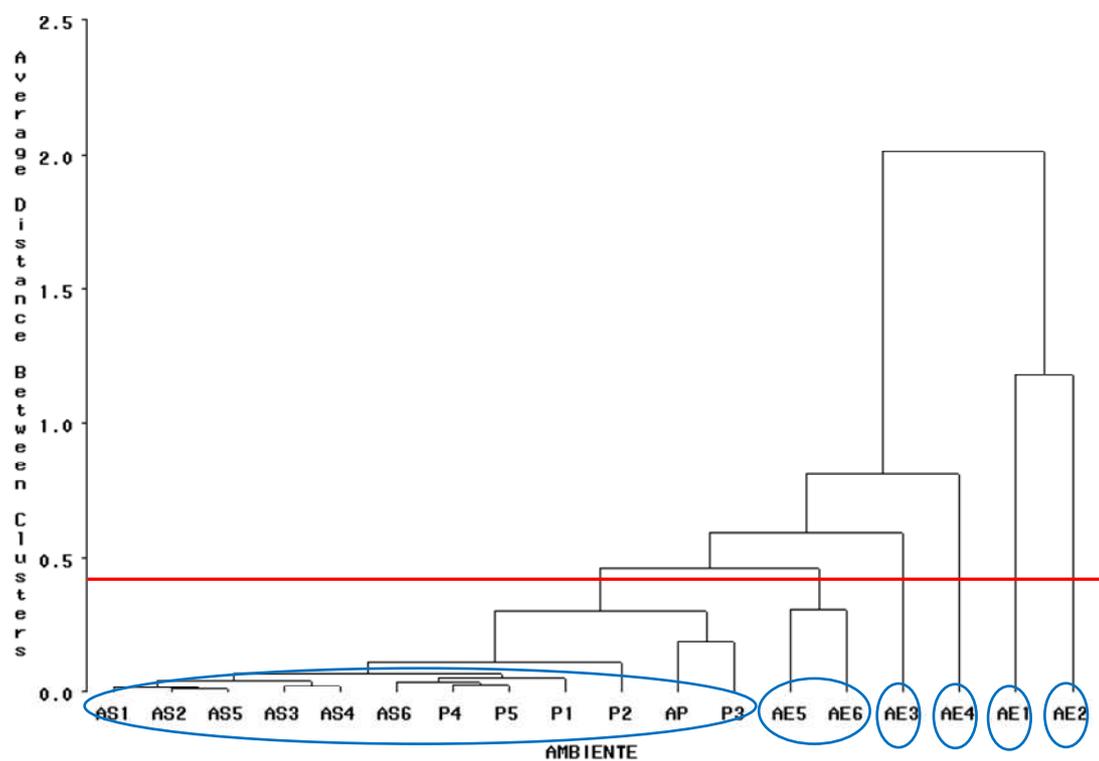


Figura 17 – Dendrograma dos dados relativos aos ambientes: águas de escoamento (AE), águas de superfície (AS) e águas subterrâneas (AP/P).

5 CONCLUSÕES

Os teores de metais (Fe, Cu, Zn e Mn) nos sedimentos carregados (SC) e de fundo (SD), de forma geral, foram considerados permissíveis, segundo as Legislações, com exceção do Fe, o qual pode estar associado à contribuição natural do solo da região.

As concentrações dos nutrientes (F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} e K^+), presentes nas águas da microbacia, no geral, não ultrapassaram os valores máximos permitidos pela Legislação.

A faixa da vegetação foi eficiente quanto à minimização do carreamento de nutrientes (cátions e ânions) na solução para os corpos d'água.

Pelas intensas atividades agrícolas, sem o manejo adequado as concentrações dos metais tenderão aumentarem devido sua capacidade acumulativa no sedimento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C. A.; ABREU, M.F.; BERTON, R.S. *Análise química de solo para metais pesados*. In: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. (Org). *Tópicos em Ciência do Solo*. 1 ed. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 2, p. 645-692, 2002.
- ADAMS, W.J. *Aquatic toxicology testing methods*. In: HOFFMAN, D.J.; RATTNER, B.A.; BURTON JR., G.A.; CAIRNS JR., J. **Handbook of ecotoxicology**. Boca Raton: Lewis Publ., p. 25-46, 1995.
- ADRIANO, D. C. *Trace elements in the terrestrial environment*. New York. Springer Verlag, p. 533, 1986.
- AMARAL, F. C. S. *Efeito do flúor sobre o alumínio e o fósforo em um Podzólico Vermelho- Amarelo e sua acumulação em algumas espécies vegetais*. 1997.127 f. **Tese (Doutorado)**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. SP, 1997.
- AMINI RANJBAR, GH. *Heavy metal concentration in surficial sediments from Anzali Wetland, Iran*. **Water, Air and Soil Pollut.**, v. 104, p. 305 – 312, 1998.
- ANTUNES, M.; DILLON, D.B.; CRESPO, J.S.; GIOVANELA, M. *Avaliação dos parâmetros físicoquímicos e do teor de metais em amostras de sedimento de uma microbacia gaúcha*. **Geochimica Brasiliensis**, v. 22(3), p. 178-188, 2008.
- ARAÚJO, G.C.; ZEILHOFER, P.; DEUS, B.V. *Análise exploratória da relação uso da terra-qualidade de água na Bacia do Rio São Lourenço*. **II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife/PE, p. 001-004, 2010.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. *A qualidade da água na agricultura*. Trad. GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F., DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB, p. 218. (Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1), 1991.
- BAKSH, A.; KANWAR, R. S.; KARLEN, D. L. *Effects of liquid swine manure applications on NO₃-N leaching losses to subsurface drainage water from loamy soils in Iowa*. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.109, p. 118-128, 2005.
- BARRELLA, W., PETRERE JR., M., SMITH, W. S. e MONTAG, L. F. A.. *As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes*. In.: **Matas ciliares: Conservação e recuperação** (RODRIGUES, R.R. e FILHO, H. F. L. Filho, eds.). Editora Universidade de São Paulo. São Paulo, p.187-207, 2000.
- BERTOL, I.; LEITE, D.; GUADAGNIN, J. C.; RITTER, S. R. *Erosão hídrica em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada*. **II - Perdas de nutrientes e carbono orgânico**. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, 2004.

BERTOL, I. ; GUADAGNIN, J. C; CASSOL, P. C; AMARAL A. J; BARBOSA F. T. *Perdas de Fósforo e Potássio por erosão hídrica em um Inceptisol sob chuva natural. Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.485-494, 2004.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; SCHICK, J.; GUADAGNIN, J. C.; AMARAL, A. J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, 2007.

BIDONE, E.D.; SILVA-FILHO, E.V. *Mineralogical control of heavy metal behavior in coastal environments: copper in Ribeira Bay, Rio de Janeiro, Brasil*. In: SEELIGER, U.; LACERDA, L.D.; PATCHNEELAM, S.R. (Eds.). **Metals in coastal environments of Latin America**, Heidelberg, p. 215-221, 1988.

BÖHLKE, J. K. *Groundwater recharge and agricultural contamination. Hydrogeology Journal*, v. 10, n. 1, p. 153-179, 2002.

BRASIL. *Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº 420 de 28 de dezembro de 2009. Diário Oficial da União*, Brasília, 30 de dezembro de 2009. Nº DOU 249, p. 81-84.

BRASIL. *Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União*, Brasília, 18 de março de 2005. Seção 1, p. 58.

BRASIL. *Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Diário Oficial da União*, Brasília, 26 de março de 2004. Seção 1, p. 266.

BRASIL. *Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº 396 de 03 de abril de 2008. Diário Oficial da União*, Brasília, 27 de abril de 2008. Nº DOU 066, p. 66-68.

BRATIERES, K.; FLETCHER, T.D.; DELETIC, A.; ZINGER, Y. *Nutrient and sediment removal by stormwater biofilters: A large-scale design optimisation study. Water Research*. v. 42, p. 3930-3940, 2008.

CAPPUYNS, V.; SWENNEN, R. *Kinetics of element release during combined oxidation and pH leaching of anoxic river sediments. Appl. Geochem.* v. 20, n. 6, p. 1169-1179, 2005.

CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B. *Hidrologia*. p. 117, 2006. Disponível em: <http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap2-CH.pdf> Acesso em: 26/06/2010.

CARVALHO, S.R.L.; VILAS BOAS, G.S.; FADIGAS, F.S. *Análise da estrutura de dados e agrupamento de variáveis de solo relacionadas com a concentração de alguns metais pesados*. Cadernos de Geociências. Universidade Federal da Bahia, Bahia v. 8, n. 1, p. 9, 2011.

CASARA, K. P. Dinâmica ambiental de pesticidas em área de nascente degradada do rio São Lourenço, Mato Grosso. 2011. 97 f. **Dissertação (Mestrado em**

Recursos Hídricos) – Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. *Tabela valores orientadores para solo e água subterrânea no estado de São Paulo*. São Paulo: CETESB, p. 4, 2005. (Decisão de Diretoria nº 195-2005).

COOPER, M. *Degradação e Recuperação de Solos*. 2008. 32 p. Apostila. Departamento de Ciência do Solo. ESALQ/USP. Piracicaba, 2008.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV, p. 390, 2001.

DÍAZ-ESPEJO, A.; SERRANO, L.; TOJA, J. *Changes in sediment phosphate composition of seasonal ponds during filling*. **Hydrobiologia**, v. 329, p. 21-28, 1999.

DONINI, J.V.S. *Características Químicas de um Latossolo Vermelho Amarelo sob aplicação de cama de frango em complemento à adubação mineral*. 2011. 40 f. **Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical)** – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

DORES, E. F. G. C.; MONNERAT, R. G.; VECCHIATO, A. B. *Algodão e proteção ambiental*. In.: **Algodão: Pesquisas e resultados para o campo**. 1 ed. CUIABÁ: FACUAL, v. 2, cap. 15, p. 359-388, 2006.

EL BILALI, L.; RASMUSSEN, P.E.; HALL, G.E.M.; FORTIN, D. *Role of sediment composition in trace metal distribution in lake sediments*. **Applied Geochemistry**. v. 16, p. 1171-1181, 2002.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de solos. *Manual de métodos de análises de solo*. 2ª Ed. Ver. Atual. Rio de Janeiro, SNLCS, p. 212, 1997.

EMBRAPA. *Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto nos Cerrados*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, n.46, p. 22., 2003.

EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solo*. 2ª Edição. Rio de Janeiro, RJ, EMBRAPA Solos, p. 306, 2006.

ESTEVES, F. de A. *Fundamentos de Limnologia*. 2 ed. Interciência, p. 575, 1998.

FARIAS, M.S.S. *Monitoramento da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo*. 2006. 152 f. **Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)** – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2006.

FAUSTINO, J. *Manejo de Cuencas Hidrográficas, Planificación y Gestión*. Turrialba: **CATIE**, p. 90, 1996.

FONSECA, A.; BRAGA, E.S.; EICHLER, B.B. *Distribuição espacial dos nutrientes inorgânicos dissolvidos e da biomassa fitoplanctônica no sistema pelágico da Lagoa*

da Conceição, Santa Catarina, Brasil. **Atlântica**, Rio Grande, v.24, n. 2, p. 69-83, 2002.

FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G. T. W. *Metal pollution in the aquatic environment*. 2ª ed. Berlin, Springer Verlag, 1983.

FÖRSTNER, U. *Metal speciation – general concepts and applications*. **Internacional Journal of Environment Analytical Chemistry**, London, v. 51, p. 5-23, 1993.

GARG, K. K.; JHA, M. K.; KAR, S. *Field investigation of water movement and nitrate transport under Perched water table conditions – SW*. **Soil and Water – Biosystems Engineering**, Kharagpur, v.92, n. 1, p. 69-84, 2005.

GOMES, N. M.; FARIA, M. A. de; SILVA, A. M. da; MELLO, C. R. de; VIOLA, M. R. *Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.4, p.427-435, 2007.

GONÇALVES, C. S. *Caracterização de sedimentos e de contaminantes numa microbacia hidrográfica antropizada*. 2007. 106 f. **Tese (Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo)** - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007.

GRASSI, M.T. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*. 2001. <http://qnesc.sbg.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf> Acesso em: 27/06/2011.

GUADAGNIN, J. C.; BERTOL. I.; CASSOL, P. C. & AMARAL, A. J. *Perdas de solo, água e nitrogênio em diferentes sistemas de manejo*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 277-286, 2005.

HAKANSON, L. *An Ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach*. **Water Research**, v.14, p.975-1001, 1980

HATT, B.E.; DELETIC, A.; FLETCHER, T.D. *Stormwater reuse: designing biofiltration systems for reliable treatment*. **Water Science and Technology**, v. 55, n. 4, p. 201–209, 2007.

HENDERSON, C.; GREENWAY, M.; PHILLIPS, I. *Removal of dissolved nitrogen, phosphorus and carbon from stormwater by biofiltration mesocosms*. **Water Science and Technology**. v. 55, n. 4, p. 183–191, 2007a.

HENDERSON, C.; GREENWAY, M.; PHILLIPS, I. *Sorption behaviour of nutrients in loamy-sand bioretention media subject to different conditions (vegetation, enrichment and incubation time)*. In: Paper presented at the Conference on Rainwater and Urban Design, Sydney, Australia, 21–23 August, 2007b.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. *Applied multivariate statistical analysis*. 4th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, p. 815, 1999.

LACERDA, L. D.; MARINS, R. V. *Geoquímica de sedimentos e o monitoramento de metais na plataforma continental nordeste oriental do Brasil*. **Geochimica Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 123-135, 2006.

LAVADO, R.S.; RODRÍGUEZ, M.B.; SCHEINER, J.D. *Heavy metals in soils of Argentina: comparison between urban and agricultural soils*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.29, n.11-14, p.1913-1917, 1998.

LEONARDO, H.C.L. *Indicadores de qualidade de solo e água para avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do rio Passo Cue, Região Oeste do Estado do Paraná*. 2003. 121f. **Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais)** – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

LEPSCH, I.F. *Formação e conservação dos solos*. Ed. Oficina de Textos. 178 p., 2002.

LEITE, M. H. S.; COUTO E. G.; AMORIM, R. S. S.; COSTA, E. L.; MARASCHIN, L. *Perdas de solo e nutrientes num Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico Típico, com diferentes sistemas de preparo e sob chuva natural*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p. 689-699, 2009.

LIMA, M.C.; GIACOMELLI, M.B.O.; STÜPP, V.; ROBERGE, F.D.; BARRERA, P.B. *Especiação de cobre e chumbo em sedimento do Rio Tubarão (SC) pelo Método Tessier*. **Química Nova**, v. 24(6), p. 734-742, 2001.

LIMA, E. A. R. *Avaliação geoquímica da ocorrência de metais pesados nos sedimentos pelíticos da Plataforma Continental do Amazonas*. 2003. 114f. **Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica)** - Universidade Federal do Pará, Belém, 2003.

LORING, D. H.; RANTALA, R.T.T. *Manual for geochemical analyses of marine-sediments and suspended particulate matter*. **Earth Science Rev.** v. 32, p. 83-235, 1992.

LOPES, A. S. *Solos Sob Cerrado – Características, Propriedades e Manejo*. Instituto da Potassa e Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, p. 162, 1983.

LOPES, A.S. *Solos sob “Cerrado”: Características, propriedades e manejo*. 2 ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 162 p., 1984.

LOPES, A.S.; SILVA, M.C.; GUILHERME, L.R.G. *Acidez do solo e calagem*. Boletim Técnico nº 1. 3 ed. ANDA, p.14, 1991.

LOVEJOY, S.B.; LEE, J.G.; RANDHIR, T.O.; ENGEL, B.A. *Research needs for water quality management in the 21st century: a spatial decision support system*. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 52, n. 1, p. 19-23, 1997.

- MALAVOLTA, E. *Fertilizantes e seu impacto ambiental: metais pesados, mitos, mistificação e fatos*. Ed. **Produquímica**. São Paulo. 153 p., 1994.
- MANAHAN, S.E. *Environmental Science and Technology*. **Lewis Publishers**. New York. 1997.
- MANLY, B. J. F. *Métodos estatísticos multivariados: uma introdução*. Porto Alegre: **Bookman**, p. 229, 2008.
- MARQUES, J. J. G. S. M.; CURI, N.; SCHULZE, D. G. *Trace elements in Cerrado Soils*. In: ALVARES, V. U.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V. & COSTA, L.M. C. **Tópicos em Ciência do Solo**, SBCS, v. 2, p. 103-142, 2002.
- MARQUES, J.J.; SCHULZE, D.G.; CURI, N.; MERTZMAN, S.A. *Trace element geochemistry in Brazilian Cerrado soils*. **Geoderma**, Amsterdam, v. 121, n. 1-2, p. 31-43, 2004.
- MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S.; MARQUES, J. G. S. M. *Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES)*. **R. Bras. Ci. Solo**. v. 27, 2003.
- MARTINS, F. B.; ROCHA, J. S. M. da.; ROBAINA, A. D.; KURTZ, S. M. de J. M.; GARCIA, M. S.; SANTOS, A. H. de O.; DILL, P. R. J.; NOAL, T. N. *Zoneamento ambiental da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS) (estudo de caso)*. **Centro de Estudos em Recursos Naturais Renováveis**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 315-322, jul./set. 2005. Disponível em <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/viewFile/90/85> > Acesso em: 14 de junho de 2011.
- MELLO, E.L. *Erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo sob chuva simulada*. 2002. 88 f. **Dissertação (Mestrado)** - UDESC/CCA, Lages, 2002.
- MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H.; REICHERT, J. M.; SANTOS, D. R. *Identificação e implicações para a conservação do solo das fontes de sedimentos em bacias hidrográficas*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1637-1646, 2007.
- MIAO, S.; DeLAUNE, R.D.; JUGSUJINDA, A. *Influence of sediment redox conditions on release/solubility of metals and nutrientes in a Louisiana Mississippi River deltaic plain freshwater lake*. **Science of the Total Environment**, v. 371, p. 334-343, 2006.
- MIRANDA, S.O. *Dinâmica de nutrientes e de metais pesados num latossolo vermelho-amarelo em dois sistemas de manejo*. 2009, 84f. **Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos)** – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2009.
- MOSCA, A.A.O. *Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental de manejo de florestas plantadas*. 2003. 96f. **Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais)** – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MOZETO, A.A. *Coleta de sedimentos de ambientes aquáticos continentais, extração de águas intersticiais e determinação granulométrica*. In: Mozeto, A.A. et al. (eds.) Métodos de coleta, análises físico-químicas e ensaios biológicos e ecotoxicológicos de sedimentos de água doce. **Cubo**, p. 25-36, 2006.

MUDROCH, A., AZCUE, J.M. *Manual of Aquatic Sediment Sampling*, **Lewis Publishers**, 1995.

MURRAY, J.W. *Mechanism controlling the distribution of trace elements in oceans and lakes*. In: Hites R.A., Eisenreich S.J., editors. Source and fates of aquatic pollutants, **American Chemistry Society**, p.153-84, 1987.

OLIVEIRA, L.F.C. de; MARTINEZ, M.A.; PRUSKI, F.F. *Rotina computacional para a determinação da velocidade de sedimentação das partículas do solo em suspensão no escoamento superficial*. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.126-136, 2005.

ORGANIZATION MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). *Guias para la calidad del agua potable*. Genebra. 2ª ed. V.1, 1999.

PIERANGELI, M.A.P.; EGUCHI, E.S.; RUPPIN, R.F.; COSTA, R.B.F.; VIEIRA, D.F. *Teores de As, Pb, Cd e Hg e fertilidade de solos da região do Vale do Alto Guaporé, sudoeste do estado de Mato Grosso*. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 1, p. 61-70, 2009.

PINHEIRO, C.H.R; SÍGOLO, J.B. *Metais pesados e a dinâmica lacustre no parque ecológico do Tietê – Centro de Lazer Engenheiro Goulart – RMSP*. Universidade de São Paulo. Geologia. Série Científica, **Revista do Instituto de Geociências – USP**. v.6, n.1, p. 29-39. 2006.

POACH, M.E.; FAULKNER, S.P. *Soil phosphorus characteristics of created and natural wetlands in the Atchafalaya Delta, L.A*. **Estuarine Coastal Shelf S.**, v. 46, p. 195-203, 1998.

PONTES, C.A.A.; SCHRAMM, F.R. *Bioética da proteção e papel do Estado: problemas morais no acesso desigual à água potável*. **Cadernos de Saúde Pública**. Rio de Janeiro. v. 20, n. 5, p. 1319-1327, 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO VERDE. Disponível em: <<http://www.campoverde.mt.gov.br/>>. Acesso em: 25 nov. 2010.

QUAGLIANO, J.V. e VALLARINO, L.M. *Química*. 3 ed. **Guanabara Koogan S.A.**, 855 p, 1973.

RANGEL, T.P. *Determinação de metais em sedimentos de fundo na região da mineradora de Mirai/MG e na bacia inferior do rio Paraíba do Sul/RJ*. 2008. 61f. **Monografia (Ciências Biológicas)** – Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2008.

READ, J.; WEVILL, T.; FLETCHER, T.D.; DELETIC, A. *Variation among plant species in pollutant removal from stormwater in biofiltration systems*. **Water Research**. v. 42, n. (4–5), p. 893–902, 2008.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3ª Ed. São Paulo. **Editora ESCRITURAS**, 748 p., 2006.

RESENDE, M.; CURI, N.; RESENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. *Pedologia base para distinção de ambientes*. 4ª ed. Viçosa. **Editora NEPUT**. 338 p., 2002.

ROCHA, J.C.; ROSA, A.H.; CARDOSO, A.A. *Introdução à química ambiental*. 2ª ed. **Bookman Editora**. 256 p. Brasil, 2009.

RUBIO, B.; NOMBELA, M.A.; VILAS, F. *Geochemistry of major and trace elements in sediments of the Ria de Vigo (NW Spain): an assessment of metal pollution*. **Marine Pollution Bulletin**, London, v. 40, n. 11, p. 968-980, 2000.

SAMPAIO, A.C.S. *Metais pesados na água e sedimentos dos Rios da Bacia do Alto Paraguai*. 2003. 76f. **Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos)** – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2003.

SALOMONS, W.; FÖRSTNER, U. *Trace metal analysis on polluted sediments*. Part II: Evaluation of environmental impact. **Environ. Technol. Lett.**, p. 506-517, 1980.

SALOMÃO, F. X. T.; VECCHIATO, A. B.; WEBER, O. L. S.; DORES, E. F. G.; SPADOTTO, C. A.; PINTO, C. A. *Estudo do comportamento físico-hídrico de solos da região sudeste de mato grosso visando a proteção dos recursos hídricos*. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste, 2007, Cuiabá. I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste – **Anais**. CDROM, p. 1-10, 2007.

SANTOS, I.R.; BAISCH, P.; LIMA, G.T.N.P.; SILVA-FILHO, E.V. *Metais pesados em sedimentos superficiais da Lagoa Mirim, fronteira Brasil-Uruguai*. **Geochimica Brasiliensis**, v. 17(1), p. 037-047, 2003.

SANTOS, G. C. G. *Comportamento de B, Zn, Cu, Mn e Pb em solo contaminado sob cultivo de plantas e adição de fontes de matéria orgânica como amenizantes do efeito tóxico*. 2005. 153f. **Tese (Doutorado)** - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.

SANTOS, L. V.; POLIVANOV, H.; ALAMINO, R. C. J.; SILVA, V. H. G. *Adsorção de Cloreto e Potássio em Solos Tropicais*. **Anuário do Instituto de Geociências** – UFRJ, v. 29, 2006.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BALBINOT Jr., A.A.; BATISTELA, O. *Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: II. Perdas de nutrientes e carbono orgânico*. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 24, p. 437-447, 2000.

SCHOER, J. U.; NAGEL, U.; EGGERSGLUESS, D.; FÖRSTNER, U. *Metal contents in sediments from the Elbe, Weser, and Ems estuaries and from the German Bight (Southeastern North Sea)*. **Mitteilungen aus dem Geologisch-Palaontologischen Institute der Universität Hamburg** – Hamburg, v. 52, 1982.

SEGANFREDO, M. L.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 21, p. 287-291, 1997.

SHARPLEY, A.N.; FOY, B.H.; WITHERS, P.J.A. *Practical and innovative measures for the control of agricultural phosphorus losses to water: an overview*. **Journal of Environmental Quality**, v. 29, n. 1, p. 1-9, 2000.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. *Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas*. São Carlos: **RIMA**. 138 p., 2003.

SOUZA, M.L.P.; ANDREOLI, C.V.; AMARAL, M.B. *Levantamento preliminar dos teores de metais pesados em alguns solos do Paraná*. **Revista Sanare**, Curitiba, v.5, n.5, p. 68-75, 1996.

SPIRO, T.G. e STIGLIANI, M. *Química ambiental*. 2 ed. Londres: Pearson / **Prentice Hall (Grupo Pearson)**, 334 p., 2008.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. *21th American Public Health Association/American Water Works Association/Water Pollution Control Federation*, Washington, USA, 2005.

TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. **Boletim Técnico**, 5. 2ª ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da UFRGS. 174 p, 1995.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. *O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local*. **Revista UNIARA**, n.20, p.137-155, 2007.

TOLEDO, L. G. de; NICONELLA, G. *Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano*. **Scientia Agricola**. v.59, n.1, p.181-186, 2002.

TROBAJO R.; QUINTANA X.D.; MORENO-AMICH R. *Model of alternative predominance of phytoplankton-periphytonmacrophytes in lentic waters of Mediterranean coastal wetlands*. **Arch. Hydrobiol.** v. 154, p. 19-40, 2002.

TUREKIAN, K. e WEDEPOHL, K.H. *Distribution of the elements in some major units of the earth's crust*. **Geological Society of America, Bulletin**, v. 72, p. 175-192, 1961.

VALADÃO, F. C. A. *Análise multivariada na avaliação da fertilidade de solos de Mato Grosso*. 2010. 60f. **Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical)** – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

VALENTIN, J. L. *Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Rio de Janeiro: **Interciência**, 2000.

VENDRAME, P.R.S.; BRITO, O.R.; QUANTIN, C.; BECQUER, T. *Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens na Região do Cerrado*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 859-864, 2007.

VICINI, L. *Análise multivariada da teoria a prática*. 2005. 215f. **Monografia (Especialização)** – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2005.

VINK, R; BEHERENDT, H. SALOMONS, W. *Development of the heavy metal pollution trends in several European Rivers: an analysis of point and diffuse sources*. **Wat. Sci.Tech.**, v. 39 (12), p. 215-223, 1999.

WALLING, D. E. *Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems*. **Science of the Total Environment**. v. 344, p 159-184, 2005.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. *Spatial variability of some physical properties of the soil*. In: HILLEL, D. (Ed). **Applications of soil physics**. New York: Academic Press. p. 319-344, 1980.

WEBER, O.L.S.; MARTINS, E.L.; DORES, F.G.C.; CURADO, L.D.A. *Sorção do inseticida tiametoxam nas frações orgânica e mineral de um Latossolo Amarelo*. **Química Nova**, v. 32, n. 9, p. 2259-2262, 2009.

ZAMBETTA, P. M. A. *Espécies químicas inorgânicas (Al, As, Cd, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb e Sn) no sedimento e nos sólidos em suspensão do rio Corumbataí, SP*. 2006. 73 f. **Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas)** – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

ZANÃO JR., L.A.; LANA, R.M.Q.; GUIMARÃES, E.C. *Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidade em um Latossolo Vermelho sob semeadura direta*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1000-1007, 2007.

ANEXOS

ANEXO A

ANÁLISE DE SEDIMENTOS

1) ANÁLISE POR AMBIENTE

1.1) SEDIMENTO CARREADO (SC)

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|----|----------|---------------|-----------|----------|----------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Argila | 12 | 440,57 | 233,60 | 5287,00 | 0,00 | 763,20 |
| Silte | 12 | 47,78 | 43,75 | 573,30 | 0,00 | 160,00 |
| Areia | 12 | 345,00 | 215,14 | 4140,00 | 0,00 | 557,90 |
| pH | 12 | 5,87 | 0,58 | 70,48 | 4,67 | 6,75 |
| TpH7 | 12 | 4,20 | 4,31 | 50,50 | 0,00 | 13,87 |
| MO | 12 | 239,85 | 320,74 | 2878,00 | 100,74 | 1250,00 |
| Cu | 12 | 32,57 | 13,65 | 390,89 | 0,00 | 46,39 |
| Fe | 12 | 48133,00 | 17697,00 | 577600,00 | 17600,00 | 79200,00 |
| Mn | 12 | 37,48 | 15,42 | 449,80 | 0,00 | 54,71 |
| Zn | 12 | 41,79 | 25,45 | 501,45 | 0,00 | 85,11 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 12 | | | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|-------|------|-------------|------|-------------|-------------|------|------|
| | Argila | Silte | Areia | pH | TpH7 | MO | Cu | Fe | Mn | Zn |
| Argila | 1,00 | | | | | | | | | |
| Silte | 0,78 | 1,00 | | | | | | | | |
| Areia | 0,35 | -0,12 | 1,00 | | | | | | | |
| pH | -0,15 | 0,28 | -0,63 | 1,00 | | | | | | |
| TpH7 | 0,77 | 0,96 | -0,21 | 0,26 | 1,00 | | | | | |
| MO | 0,34 | 0,80 | -0,40 | 0,33 | 0,72 | 1,00 | | | | |
| Cu | 0,47 | 0,43 | 0,09 | 0,22 | 0,51 | 0,22 | 1,00 | | | |
| Fe | 0,59 | 0,79 | -0,11 | 0,59 | 0,70 | 0,55 | 0,51 | 1,00 | | |
| Mn | 0,55 | 0,64 | 0,06 | 0,50 | 0,60 | 0,33 | 0,72 | 0,88 | 1,00 | |
| Zn | 0,27 | 0,41 | -0,11 | 0,29 | 0,36 | 0,22 | 0,31 | 0,50 | 0,60 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

1.2) SEDIMENTO DE FUNDO (SD)

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|----|----------|---------------|------------|----------|-----------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Argila | 70 | 538,75 | 240,17 | 37713,00 | 0,00 | 863,20 |
| Silte | 70 | 72,94 | 63,66 | 5106,00 | 0,00 | 260,00 |
| Areia | 70 | 316,88 | 227,77 | 22182,00 | 0,00 | 931,20 |
| pH | 70 | 5,25 | 0,80 | 367,84 | 4,20 | 6,86 |
| TpH7 | 70 | 6,22 | 3,93 | 435,37 | 0,00 | 13,39 |
| MO | 70 | 215,66 | 235,24 | 15096,00 | 13,79 | 1811,00 |
| [Cu] | 70 | 39,40 | 12,34 | 2758,00 | 8,59 | 65,29 |
| [Fe] | 70 | 52558,00 | 23454,00 | 3679040,00 | 10800,00 | 106560,00 |
| [Mn] | 70 | 18,00 | 6,41 | 1260,00 | 3,33 | 32,35 |
| [Zn] | 70 | 18,32 | 10,49 | 1282,00 | 0,00 | 40,73 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 70 | | | | | | | | | | |
|---|--------------|--------------|--------------|-------------|-------|------|-------------|-------------|-------------|------|
| | Argila | Silte | Areia | pH | TpH7 | MO | Cu | Fe | Mn | Zn |
| Argila | 1,00 | | | | | | | | | |
| Silte | 0,42 | 1,00 | | | | | | | | |
| Areia | -0,45 | -0,31 | 1,00 | | | | | | | |
| pH | -0,11 | -0,28 | 0,01 | 1,00 | | | | | | |
| TpH7 | 0,40 | 0,06 | 0,07 | 0,39 | 1,00 | | | | | |
| MO | 0,06 | -0,01 | -0,07 | 0,01 | 0,02 | 1,00 | | | | |
| Cu | 0,47 | 0,20 | -0,57 | -0,07 | -0,08 | 0,14 | 1,00 | | | |
| Fe | 0,44 | 0,37 | -0,36 | -0,05 | 0,25 | 0,05 | 0,42 | 1,00 | | |
| Mn | 0,50 | 0,32 | -0,45 | -0,13 | 0,26 | 0,06 | 0,51 | 0,42 | 1,00 | |
| Zn | 0,53 | 0,49 | -0,62 | -0,22 | 0,14 | 0,06 | 0,69 | 0,59 | 0,77 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

2) ANÁLISE POR ESTAÇÃO E AMBIENTE

2.1) CHUVA 2009/SEDIMENTO CARREADO (SC)

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|---|----------|---------------|-----------|----------|----------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Argila | 5 | 482,80 | 59,83 | 2414,00 | 388,80 | 548,80 |
| Silte | 5 | 38,66 | 11,92 | 193,30 | 20,00 | 53,300 |
| Areia | 5 | 478,54 | 56,89 | 2393,00 | 411,20 | 557,90 |
| pH | 5 | 5,67 | 0,67 | 28,37 | 4,67 | 6,34 |
| TpH7 | 5 | 3,27 | 0,74 | 16,36 | 2,41 | 4,20 |
| MO | 5 | 150,15 | 39,32 | 750,75 | 110,93 | 200,60 |
| Cu | 5 | 36,25 | 9,61 | 181,27 | 24,05 | 46,39 |
| Fe | 5 | 44960,00 | 15941,00 | 224800,00 | 18000,00 | 58000,00 |
| Mn | 5 | 36,39 | 11,63 | 181,97 | 19,98 | 50,43 |
| Zn | 5 | 27,35 | 10,49 | 136,75 | 14,43 | 43,69 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 5 | | | | | | | | | | |
|--|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|------|------|------|
| | Argila | Silte | Areia | pH | TpH7 | MO | Cu | Fe | Mn | Zn |
| Argila | 1,00 | | | | | | | | | |
| Silte | -0,34 | 1,00 | | | | | | | | |
| Areia | -0,98 | 0,15 | 1,00 | | | | | | | |
| pH | -0,11 | 0,91 | -0,08 | 1,00 | | | | | | |
| TpH7 | -0,85 | 0,22 | 0,84 | 0,09 | 1,00 | | | | | |
| MO | -0,57 | 0,72 | 0,45 | 0,65 | 0,76 | 1,00 | | | | |
| Cu | -0,43 | -0,25 | 0,51 | -0,05 | 0,51 | 0,14 | 1,00 | | | |
| Fe | -0,03 | 0,94 | -0,17 | 0,94 | -0,11 | 0,50 | -0,35 | 1,00 | | |
| Mn | -0,35 | 0,93 | 0,18 | 0,90 | 0,43 | 0,90 | -0,08 | 0,83 | 1,00 | |
| Zn | 0,32 | 0,45 | -0,43 | 0,30 | -0,63 | -0,22 | -0,84 | 0,61 | 0,16 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

2.2) CHUVA 2009/SEDIMENTO DE FUNDO

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|----|----------|---------------|-----------|----------|----------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Argila | 17 | 614,68 | 184,63 | 10450,00 | 208,80 | 848,80 |
| Silte | 17 | 96,47 | 76,23 | 1640,00 | 20,00 | 260,00 |
| Areia | 17 | 288,85 | 221,01 | 4910,00 | 11,20 | 751,20 |
| pH | 17 | 4,38 | 0,18 | 74,54 | 4,20 | 4,88 |
| TpH7 | 17 | 4,536 | 0,91 | 77,12 | 2,76 | 5,86 |
| MO | 17 | 264,98 | 403,62 | 4505,00 | 56,92 | 1811,00 |
| Cu | 17 | 41,13 | 13,39 | 699,29 | 17,18 | 61,86 |
| Fe | 17 | 55064,00 | 25773,00 | 936080,00 | 10800,00 | 99600,00 |
| Mn | 17 | 19,45 | 6,63 | 330,65 | 6,18 | 27,59 |
| Zn | 17 | 22,26 | 12,30 | 378,50 | 0,00 | 37,77 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 17 | | | | | | | | | | |
|---|--------------|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------------|-------------|-------------|------|
| | Argila | Silte | Areia | pH | TpH7 | MO | Cu | Fe | Mn | Zn |
| Argila | 1,00 | | | | | | | | | |
| Silte | 0,32 | 1,00 | | | | | | | | |
| Areia | -0,95 | -0,61 | 1,00 | | | | | | | |
| pH | -0,31 | -0,22 | 0,33 | 1,00 | | | | | | |
| TpH7 | -0,03 | 0,23 | -0,05 | -0,51 | 1,00 | | | | | |
| MO | -0,15 | -0,08 | 0,15 | 0,01 | -0,04 | 1,00 | | | | |
| Cu | 0,62 | 0,28 | -0,61 | -0,36 | 0,29 | 0,035 | 1,00 | | | |
| Fe | 0,58 | 0,48 | -0,65 | -0,57 | 0,45 | -0,06 | 0,77 | 1,00 | | |
| Mn | 0,62 | 0,40 | -0,65 | -0,32 | 0,31 | -0,08 | 0,92 | 0,77 | 1,00 | |
| Zn | 0,61 | 0,42 | -0,66 | -0,37 | 0,40 | -0,07 | 0,89 | 0,86 | 0,94 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

2.3) CHUVA 2010/SEDIMENTO CARREADO

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|---|----------|---------------|-----------|----------|----------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Argila | 6 | 478,80 | 273,56 | 2873,00 | 0,00 | 763,20 |
| Silte | 6 | 63,33 | 57,15 | 380,00 | 0,00 | 160,00 |
| Areia | 6 | 291,20 | 232,66 | 1747,00 | 0,00 | 531,20 |
| pH | 6 | 6,02 | 0,57 | 36,10 | 5,42 | 6,75 |
| TpH7 | 6 | 5,69 | 5,78 | 34,14 | 0,00 | 13,87 |
| MO | 6 | 317,87 | 457,88 | 1907,00 | 100,74 | 1250,00 |
| Cu | 6 | 34,94 | 10,18 | 209,62 | 24,05 | 46,39 |
| Fe | 6 | 55867,00 | 14744,00 | 335200,00 | 37200,00 | 79200,00 |
| Mn | 6 | 44,64 | 8,44 | 267,83 | 35,20 | 54,71 |
| Zn | 6 | 60,78 | 18,60 | 364,70 | 28,57 | 85,11 |

| | Argila | Silte | Areia | pH | TpH7 | MO | Cu | Fe | Mn | Zn |
|--------|-------------|-------------|--------------|-------------|------|------|-------------|-------------|------|------|
| Argila | 1,00 | | | | | | | | | |
| Silte | 0,84 | 1,00 | | | | | | | | |
| Areia | 0,12 | -0,28 | 1,00 | | | | | | | |
| pH | -0,18 | 0,22 | -0,95 | 1,00 | | | | | | |
| TpH7 | 0,85 | 0,97 | -0,39 | 0,34 | 1,00 | | | | | |
| MO | 0,45 | 0,85 | -0,43 | 0,35 | 0,73 | 1,00 | | | | |
| Cu | 0,14 | 0,46 | -0,95 | 0,93 | 0,60 | 0,45 | 1,00 | | | |
| Fe | 0,62 | 0,87 | -0,57 | 0,51 | 0,89 | 0,81 | 0,71 | 1,00 | | |
| Mn | 0,43 | 0,70 | -0,83 | 0,78 | 0,81 | 0,61 | 0,95 | 0,88 | 1,00 | |
| Zn | -0,12 | 0,06 | -0,20 | 0,26 | 0,07 | 0,10 | 0,15 | -0,22 | 0,05 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

2.4) CHUVA 2010/SEDIMENTO DE FUNDO

| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
|-----------|----|----------|---------------|-----------|----------|-----------|
| Argila | 17 | 536,56 | 194,59 | 9122,00 | 48,80 | 803,20 |
| Silte | 17 | 76,66 | 70,33 | 1303,00 | 20,00 | 230,00 |
| Areia | 17 | 386,77 | 216,26 | 6575,00 | 76,80 | 931,20 |
| pH | 17 | 4,97 | 0,87 | 84,54 | 4,20 | 6,86 |
| TpH7 | 17 | 5,46 | 3,78 | 92,82 | 0,00 | 12,99 |
| MO | 17 | 239,25 | 226,90 | 4067,00 | 13,79 | 924,45 |
| Cu | 17 | 40,73 | 9,60 | 692,44 | 18,90 | 51,55 |
| Fe | 17 | 46927,00 | 23356,00 | 797760,00 | 11600,00 | 106560,00 |
| Mn | 17 | 19,28 | 7,38 | 327,79 | 3,33 | 32,35 |
| Zn | 17 | 17,97 | 10,55 | 305,48 | 0,30 | 40,73 |

| | Argila | Silte | Areia | pH | TpH7 | MO | Cu | Fe | Mn | Zn |
|--------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------|------|------|-------------|-------------|------|
| Argila | 1,00 | | | | | | | | | |
| Silte | 0,14 | 1,00 | | | | | | | | |
| Areia | -0,95 | -0,46 | 1,00 | | | | | | | |
| pH | 0,17 | -0,24 | -0,07 | 1,00 | | | | | | |
| TpH7 | 0,23 | -0,31 | -0,11 | 0,69 | 1,00 | | | | | |
| MO | 0,36 | -0,03 | -0,31 | 0,45 | 0,60 | 1,00 | | | | |
| Cu | 0,25 | 0,26 | -0,31 | 0,01 | -0,16 | 0,16 | 1,00 | | | |
| Fe | 0,40 | 0,73 | -0,60 | -0,24 | -0,11 | 0,19 | 0,42 | 1,00 | | |
| Mn | 0,67 | 0,17 | -0,66 | 0,00 | 0,22 | 0,43 | 0,44 | 0,57 | 1,00 | |
| Zn | 0,51 | 0,67 | -0,67 | -0,19 | -0,02 | 0,17 | 0,54 | 0,91 | 0,66 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

2.5) SECA 2010/SEDIMENTO CARREADO

* Não houve correlação para esta estação

2.6) SECA 2010/SEDIMENTO DE FUNDO

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|----|----------|---------------|------------|----------|----------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Argila | 36 | 503,93 | 277,08 | 18141,00 | 0,00 | 863,20 |
| Silte | 36 | 60,07 | 51,23 | 2163,00 | 0,00 | 180,00 |
| Areia | 36 | 297,11 | 235,40 | 10696,00 | 0,00 | 816,80 |
| pH | 36 | 5,80 | 0,44 | 208,76 | 4,37 | 6,66 |
| TpH7 | 36 | 7,37 | 4,53 | 265,43 | 0,00 | 13,39 |
| MO | 36 | 181,23 | 91,75 | 6524,00 | 38,96 | 473,62 |
| Cu | 36 | 37,95 | 13,10 | 1366,00 | 8,59 | 65,29 |
| Fe | 36 | 54033,00 | 22599,00 | 1945200,00 | 16000,00 | 98000,00 |
| Mn | 36 | 16,70 | 5,70 | 601,32 | 4,76 | 25,69 |
| Zn | 36 | 16,61 | 9,29 | 598,08 | 0,95 | 32,18 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 36 | | | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|--------------|-------|-------------|-------|-------------|------|-------------|------|
| | Argila | Silte | Areia | pH | TpH7 | MO | Cu | Fe | Mn | Zn |
| Argila | 1,00 | | | | | | | | | |
| Silte | 0,50 | 1,00 | | | | | | | | |
| Areia | -0,18 | -0,09 | 1,00 | | | | | | | |
| pH | 0,02 | -0,10 | 0,12 | 1,00 | | | | | | |
| TpH7 | 0,61 | 0,41 | 0,18 | -0,03 | 1,00 | | | | | |
| MO | 0,05 | 0,03 | -0,32 | 0,12 | -0,25 | 1,00 | | | | |
| Cu | 0,48 | 0,09 | -0,68 | 0,14 | -0,06 | 0,38 | 1,00 | | | |
| Fe | 0,45 | 0,11 | -0,08 | 0,12 | 0,41 | 0,22 | 0,26 | 1,00 | | |
| Mn | 0,40 | 0,30 | -0,32 | 0,13 | 0,52 | -0,26 | 0,32 | 0,18 | 1,00 | |
| Zn | 0,51 | 0,35 | -0,63 | 0,02 | 0,34 | 0,12 | 0,65 | 0,26 | 0,73 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

ANEXO B

ANÁLISE DE ÁGUAS

1) ANÁLISE POR AMBIENTE

1.1) ÁGUA DE ESCOAMENTO (AE)

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|----|-------|---------------|--------|--------|--------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Fluoreto | 31 | 0,13 | 0,15 | 4,03 | 0,00 | 0,49 |
| Cloreto | 31 | 3,49 | 5,10 | 108,14 | 0,00 | 26,25 |
| Nitrito | 31 | 0,09 | 0,13 | 2,72 | 0,00 | 0,56 |
| Nitrato | 31 | 4,36 | 10,60 | 135,16 | 0,00 | 46,24 |
| Fosfato | 31 | 0,80 | 1,66 | 24,72 | 0,00 | 7,45 |
| Sulfato | 31 | 1,24 | 1,57 | 38,46 | 0,00 | 5,50 |
| Potássio | 31 | 4,24 | 7,27 | 131,44 | 0,00 | 33,32 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 31 | | | | | | | |
|---|----------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|----------|
| | Fluoreto | Cloreto | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Potássio |
| Fluoreto | 1,00 | | | | | | |
| Cloreto | -0,18 | 1,00 | | | | | |
| Nitrito | -0,19 | 0,05 | 1,00 | | | | |
| Nitrato | -0,33 | 0,43 | 0,27 | 1,00 | | | |
| Fosfato | -0,34 | 0,14 | 0,08 | 0,36 | 1,00 | | |
| Sulfato | -0,12 | 0,61 | -0,17 | 0,38 | 0,25 | 1,00 | |
| Potássio | -0,18 | 0,27 | -0,27 | 0,66 | 0,16 | 0,51 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

1.2) ÁGUA DE POÇO (AP)

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|----|-------|---------------|-------|--------|--------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Fluoreto | 10 | 0,07 | 0,14 | 0,65 | 0,00 | 0,36 |
| Cloreto | 10 | 0,87 | 0,53 | 8,73 | 0,00 | 1,70 |
| Nitrito | 10 | 0,05 | 0,06 | 0,52 | 0,00 | 0,16 |
| Nitrato | 10 | 1,47 | 1,87 | 14,66 | 0,00 | 5,00 |
| Fosfato | 10 | 0,02 | 0,03 | 0,20 | 0,00 | 0,09 |
| Sulfato | 10 | 0,05 | 0,04 | 0,54 | 0,00 | 0,15 |
| Potássio | 10 | 1,65 | 1,51 | 16,46 | 0,00 | 4,31 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 31 | | | | | | | |
|---|----------|-------------|---------|-------------|---------|---------|----------|
| | Fluoreto | Cloreto | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Potássio |
| Fluoreto | 1,00 | | | | | | |
| Cloreto | -0,13 | 1,00 | | | | | |
| Nitrito | -0,31 | 0,06 | 1,00 | | | | |
| Nitrato | -0,34 | 0,74 | -0,06 | 1,00 | | | |
| Fosfato | -0,31 | 0,29 | 0,38 | 0,08 | 1,00 | | |
| Sulfato | -0,12 | 0,71 | 0,12 | 0,67 | 0,61 | 1,00 | |
| Potássio | -0,14 | 0,88 | 0,06 | 0,85 | 0,14 | 0,65 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

1.3) ÁGUA SUPERFICIAL (AS)

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|----|-------|---------------|-------|--------|--------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Fluoreto | 67 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cloreto | 67 | 0,39 | 0,35 | 26,01 | 0,03 | 1,18 |
| Nitrito | 67 | 0,09 | 0,07 | 6,09 | 0,00 | 0,31 |
| Nitrato | 67 | 0,09 | 0,11 | 5,88 | 0,00 | 0,40 |
| Fosfato | 67 | 0,12 | 0,47 | 8,05 | 0,00 | 2,93 |
| Sulfato | 67 | 0,07 | 0,07 | 4,90 | 0,04 | 0,46 |
| Potássio | 67 | 0,08 | 0,07 | 5,04 | 0,00 | 0,21 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 67 | | | | | | | |
|---|----------|-------------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | Fluoreto | Cloreto | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Potássio |
| Fluoreto | | | | | | | |
| Cloreto | | 1,00 | | | | | |
| Nitrito | | 0,49 | 1,00 | | | | |
| Nitrato | | 0,08 | -0,05 | 1,00 | | | |
| Fosfato | | 0,18 | 0,09 | -0,04 | 1,00 | | |
| Sulfato | | -0,09 | -0,05 | -0,06 | -0,03 | 1,00 | |
| Potássio | | 0,16 | 0,03 | 0,08 | 0,16 | -0,02 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

1.4) PIEZÔMETRO (P)

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|----|-------|---------------|-------|--------|--------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Fluoreto | 46 | 0,02 | 0,08 | 0,96 | 0,00 | 0,37 |
| Cloreto | 46 | 0,61 | 0,49 | 28,24 | 0,00 | 2,61 |
| Nitrito | 46 | 0,09 | 0,11 | 4,10 | 0,00 | 0,56 |
| Nitrato | 46 | 0,79 | 1,08 | 36,46 | 0,00 | 5,28 |
| Fosfato | 46 | 0,06 | 0,20 | 2,79 | 0,00 | 1,08 |
| Sulfato | 46 | 0,27 | 0,31 | 12,30 | 0,00 | 1,61 |
| Potássio | 46 | 0,39 | 0,42 | 18,05 | 0,00 | 1,87 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 46 | | | | | | | |
|---|----------|---------|---------|-------------|---------|---------|----------|
| | Fluoreto | Cloreto | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Potássio |
| Fluoreto | 1,00 | | | | | | |
| Cloreto | 0,10 | 1,00 | | | | | |
| Nitrito | -0,07 | -0,08 | 1,00 | | | | |
| Nitrato | -0,10 | 0,27 | -0,11 | 1,00 | | | |
| Fosfato | -0,08 | -0,17 | -0,07 | -0,12 | 1,00 | | |
| Sulfato | 0,37 | 0,38 | -0,14 | 0,06 | -0,01 | 1,00 | |
| Potássio | -0,10 | 0,06 | 0,02 | 0,39 | -0,16 | 0,35 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

2) ANÁLISE POR ESTAÇÃO E AMBIENTE

2.1) CHUVA 2009/ÁGUA DE ESCOAMENTO (AE)

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|---|-------|---------------|-------|--------|--------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Fluoreto | 9 | 0,21 | 0,18 | 1,89 | 0,00 | 0,49 |
| Cloreto | 9 | 1,19 | 1,40 | 10,70 | 0,00 | 4,83 |
| Nitrito | 9 | 0,06 | 0,05 | 0,57 | 0,02 | 0,14 |
| Nitrato | 9 | 0,21 | 0,34 | 1,93 | 0,00 | 0,95 |
| Fosfato | 9 | 0,36 | 0,36 | 3,25 | 0,00 | 1,07 |
| Sulfato | 9 | 0,86 | 0,77 | 7,75 | 0,00 | 2,14 |
| Potássio | 9 | 2,49 | 3,52 | 22,42 | 0,00 | 11,66 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 9 | | | | | | | |
|--|----------|-------------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | Fluoreto | Cloreto | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Potássio |
| Fluoreto | 1,00 | | | | | | |
| Cloreto | -0,32 | 1,00 | | | | | |
| Nitrito | 0,47 | -0,21 | 1,00 | | | | |
| Nitrato | 0,32 | -0,16 | 0,31 | 1,00 | | | |
| Fosfato | -0,51 | 0,50 | 0,22 | -0,19 | 1,00 | | |
| Sulfato | -0,11 | 0,64 | 0,55 | 0,14 | 0,66 | 1,00 | |
| Potássio | -0,29 | 0,99 | -0,18 | -0,15 | 0,50 | 0,64 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

2.2) CHUVA 2009/ÁGUA DE POÇO (AP)

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|---|-------|---------------|-------|--------|--------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Fluoreto | 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cloreto | 3 | 0,55 | 0,49 | 1,65 | 0,00 | 0,92 |
| Nitrito | 3 | 0,06 | 0,09 | 0,18 | 0,00 | 0,16 |
| Nitrato | 3 | 0,26 | 0,45 | 0,78 | 0,00 | 0,78 |
| Fosfato | 3 | 0,05 | 0,05 | 0,14 | 0,00 | 0,09 |
| Sulfato | 3 | 0,04 | 0,04 | 0,12 | 0,00 | 0,07 |
| Potássio | 3 | 0,66 | 0,77 | 1,99 | 0,00 | 1,51 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 3 | | | | | | | |
|--|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | Fluoreto | Cloreto | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Potássio |
| Fluoreto | | | | | | | |
| Cloreto | | 1,00 | | | | | |
| Nitrito | | 0,74 | 1,00 | | | | |
| Nitrato | | 0,32 | -0,40 | 1,00 | | | |
| Fosfato | | 0,97 | 0,89 | 0,06 | 1,00 | | |
| Sulfato | | 1,00 | 0,80 | 0,24 | 0,98 | 1,00 | |
| Potássio | | 0,39 | 0,91 | -0,74 | 0,62 | 0,47 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

2.3) CHUVA 2009/ÁGUA SUPERFICIAL (AS)

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|----|-------|---------------|-------|--------|--------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Fluoreto | 17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cloreto | 17 | 0,40 | 0,32 | 6,75 | 0,10 | 0,95 |
| Nitrito | 17 | 0,11 | 0,08 | 1,95 | 0,00 | 0,31 |
| Nitrato | 17 | 0,08 | 0,11 | 1,43 | 0,00 | 0,39 |
| Fosfato | 17 | 0,11 | 0,12 | 1,95 | 0,00 | 0,41 |
| Sulfato | 17 | 0,06 | 0,02 | 1,05 | 0,04 | 0,10 |
| Potássio | 17 | 0,06 | 0,06 | 1,05 | 0,00 | 0,14 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 17 | | | | | | | |
|---|----------|---------|---------|--------------|---------|---------|----------|
| | Fluoreto | Cloreto | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Potássio |
| Fluoreto | | | | | | | |
| Cloreto | | 1,00 | | | | | |
| Nitrito | | 0,39 | 1,00 | | | | |
| Nitrato | | -0,34 | -0,31 | 1,00 | | | |
| Fosfato | | 0,11 | -0,17 | 0,20 | 1,00 | | |
| Sulfato | | 0,18 | 0,24 | -0,11 | 0,18 | 1,00 | |
| Potássio | | 0,00 | 0,27 | -0,62 | 0,12 | 0,20 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

2.4) CHUVA 2009/PIEZÔMETRO (P)

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|----|-------|---------------|-------|--------|--------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Fluoreto | 11 | 0,01 | 0,03 | 0,13 | 0,00 | 0,10 |
| Cloreto | 11 | 0,65 | 0,52 | 7,10 | 0,00 | 1,78 |
| Nitrito | 11 | 0,06 | 0,06 | 0,63 | 0,00 | 0,13 |
| Nitrato | 11 | 0,79 | 0,82 | 8,66 | 0,00 | 2,39 |
| Fosfato | 11 | 0,11 | 0,32 | 1,26 | 0,00 | 1,08 |
| Sulfato | 11 | 0,36 | 0,44 | 4,00 | 0,00 | 1,61 |
| Potássio | 11 | 0,41 | 0,56 | 4,52 | 0,00 | 1,65 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 11 | | | | | | | |
|---|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | Fluoreto | Cloreto | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Potássio |
| Fluoreto | 1,00 | | | | | | |
| Cloreto | 0,19 | 1,00 | | | | | |
| Nitrito | -0,16 | 0,73 | 1,00 | | | | |
| Nitrato | 0,17 | 0,13 | 0,12 | 1,00 | | | |
| Fosfato | -0,14 | -0,20 | -0,20 | -0,20 | 1,00 | | |
| Sulfato | 0,24 | 0,41 | 0,42 | 0,02 | -0,02 | 1,00 | |
| Potássio | -0,02 | 0,09 | 0,29 | -0,04 | -0,22 | 0,64 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

2.5) CHUVA 2010/ÁGUA DE ESCOAMENTO (AE)

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|----|-------|---------------|-------|--------|--------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Fluoreto | 16 | 0,13 | 0,13 | 2,14 | 0,00 | 0,41 |
| Cloreto | 16 | 4,24 | 6,44 | 67,91 | 0,58 | 26,25 |
| Nitrito | 16 | 0,11 | 0,18 | 1,81 | 0,00 | 0,56 |
| Nitrato | 16 | 3,54 | 6,97 | 56,64 | 0,00 | 22,15 |
| Fosfato | 16 | 0,73 | 1,94 | 11,74 | 0,00 | 7,45 |
| Sulfato | 16 | 1,41 | 1,73 | 22,57 | 0,15 | 5,20 |
| Potássio | 16 | 2,82 | 3,39 | 45,11 | 0,00 | 9,72 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 16 | | | | | | | |
|---|----------|---------|-------------|---------|---------|---------|----------|
| | Fluoreto | Cloreto | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Potássio |
| Fluoreto | 1,00 | | | | | | |
| Cloreto | -0,07 | 1,00 | | | | | |
| Nitrito | -0,43 | 0,07 | 1,00 | | | | |
| Nitrato | -0,46 | 0,35 | 0,84 | 1,00 | | | |
| Fosfato | -0,34 | 0,08 | 0,13 | 0,14 | 1,00 | | |
| Sulfato | -0,10 | 0,56 | -0,24 | 0,02 | 0,25 | 1,00 | |
| Potássio | 0,28 | -0,23 | -0,44 | -0,42 | -0,30 | 0,12 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

2.6) CHUVA 2010/ÁGUA DE POÇO (AP)

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|---|-------|---------------|-------|--------|--------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Fluoreto | 3 | 0,10 | 0,17 | 0,29 | 0,00 | 0,29 |
| Cloreto | 3 | 1,40 | 0,27 | 4,19 | 1,18 | 1,70 |
| Nitrito | 3 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,03 |
| Nitrato | 3 | 2,86 | 2,49 | 8,57 | 0,12 | 5,00 |
| Fosfato | 3 | 0,02 | 0,03 | 0,06 | 0,00 | 0,06 |
| Sulfato | 3 | 0,08 | 0,06 | 0,24 | 0,04 | 0,15 |
| Potássio | 3 | 3,05 | 1,10 | 9,14 | 2,29 | 4,31 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 3 | | | | | | | |
|--|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| | Fluoreto | Cloreto | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Potássio |
| Fluoreto | 1,00 | | | | | | |
| Cloreto | -0,28 | 1,00 | | | | | |
| Nitrito | -0,50 | 0,97 | 1,00 | | | | |
| Nitrato | -0,95 | 0,56 | 0,74 | 1,00 | | | |
| Fosfato | -0,50 | 0,97 | 1,00 | 0,74 | 1,00 | | |
| Sulfato | -0,57 | 0,95 | 1,00 | 0,80 | 1,00 | 1,00 | |
| Potássio | -0,60 | 0,94 | 0,99 | 0,82 | 0,99 | 1,00 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

2.7) CHUVA 2010/ÁGUA SUPERFICIAL (AS)

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|----|-------|---------------|-------|--------|--------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Fluoreto | 17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cloreto | 17 | 0,32 | 0,25 | 5,48 | 0,13 | 1,16 |
| Nitrito | 17 | 0,07 | 0,07 | 1,23 | 0,00 | 0,17 |
| Nitrato | 17 | 0,08 | 0,12 | 1,39 | 0,00 | 0,40 |
| Fosfato | 17 | 0,00 | 0,02 | 0,07 | 0,00 | 0,07 |
| Sulfato | 17 | 0,08 | 0,10 | 1,37 | 0,04 | 0,45 |
| Potássio | 17 | 0,14 | 0,05 | 2,45 | 0,07 | 0,21 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 17 | | | | | | | |
|---|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | Fluoreto | Cloreto | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Potássio |
| Fluoreto | | | | | | | |
| Cloreto | | 1,00 | | | | | |
| Nitrito | | 0,49 | 1,00 | | | | |
| Nitrato | | -0,06 | 0,04 | 1,00 | | | |
| Fosfato | | -0,17 | -0,26 | -0,18 | 1,00 | | |
| Sulfato | | -0,13 | 0,20 | -0,08 | -0,11 | 1,00 | |
| Potássio | | -0,21 | -0,27 | 0,20 | -0,02 | -0,04 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

2.8) CHUVA 2010/PIEZÔMETRO (P)

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|----|-------|---------------|-------|--------|--------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Fluoreto | 15 | 0,02 | 0,09 | 0,36 | 0,00 | 0,36 |
| Cloreto | 15 | 0,47 | 0,24 | 7,08 | 0,19 | 1,12 |
| Nitrito | 15 | 0,13 | 0,18 | 2,00 | 0,00 | 0,56 |
| Nitrato | 15 | 0,78 | 1,32 | 11,69 | 0,00 | 5,28 |
| Fosfato | 15 | 0,10 | 0,20 | 1,45 | 0,00 | 0,64 |
| Sulfato | 15 | 0,19 | 0,10 | 2,89 | 0,05 | 0,44 |
| Potássio | 15 | 0,57 | 0,51 | 8,54 | 0,21 | 1,87 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 15 | | | | | | | |
|---|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | Fluoreto | Cloreto | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Potássio |
| Fluoreto | 1,00 | | | | | | |
| Cloreto | 0,00 | 1,00 | | | | | |
| Nitrito | -0,04 | -0,40 | 1,00 | | | | |
| Nitrato | -0,12 | 0,04 | -0,21 | 1,00 | | | |
| Fosfato | -0,13 | -0,32 | -0,10 | -0,17 | 1,00 | | |
| Sulfato | 0,02 | 0,15 | -0,56 | 0,17 | -0,06 | 1,00 | |
| Potássio | -0,16 | 0,12 | -0,17 | 0,63 | -0,32 | 0,61 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

2.9) SECA 2010/ÁGUA DE ESCOAMENTO (AE)

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|---|-------|---------------|-------|--------|--------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Fluoreto | 6 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| Cloreto | 6 | 4,92 | 3,81 | 29,53 | 0,32 | 10,96 |
| Nitrito | 6 | 0,06 | 0,04 | 0,35 | 0,00 | 0,10 |
| Nitrato | 6 | 12,76 | 20,26 | 76,59 | 0,00 | 46,24 |
| Fosfato | 6 | 1,62 | 1,98 | 9,73 | 0,00 | 4,23 |
| Sulfato | 6 | 1,36 | 2,14 | 8,14 | 0,08 | 5,50 |
| Potássio | 6 | 10,65 | 14,18 | 63,91 | 0,07 | 33,32 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 6 | | | | | | | |
|--|----------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|----------|
| | Fluoreto | Cloreto | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Potássio |
| Fluoreto | 1,00 | | | | | | |
| Cloreto | -0,28 | 1,00 | | | | | |
| Nitrito | 0,55 | -0,82 | 1,00 | | | | |
| Nitrato | -0,31 | 0,80 | -0,92 | 1,00 | | | |
| Fosfato | -0,40 | 0,04 | -0,36 | 0,51 | 1,00 | | |
| Sulfato | -0,23 | 0,90 | -0,60 | 0,68 | 0,18 | 1,00 | |
| Potássio | -0,24 | 0,95 | -0,80 | 0,89 | 0,30 | 0,94 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

2.10) SECA 2010/ÁGUA DE POÇO (AP)

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|---|-------|---------------|-------|--------|--------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Fluoreto | 4 | 0,09 | 0,18 | 0,36 | 0,00 | 0,36 |
| Cloreto | 4 | 0,72 | 0,47 | 2,89 | 0,28 | 1,37 |
| Nitrito | 4 | 0,08 | 0,05 | 0,31 | 0,03 | 0,13 |
| Nitrato | 4 | 1,33 | 1,66 | 5,31 | 0,38 | 3,81 |
| Fosfato | 4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Sulfato | 4 | 0,05 | 0,01 | 0,18 | 0,04 | 0,05 |
| Potássio | 4 | 1,33 | 1,62 | 5,33 | 0,41 | 3,75 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 4 | | | | | | | |
|--|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | Fluoreto | Cloreto | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Potássio |
| Fluoreto | 1,00 | | | | | | |
| Cloreto | -0,63 | 1,00 | | | | | |
| Nitrito | -0,63 | 0,48 | 1,00 | | | | |
| Nitrato | -0,38 | 0,94 | 0,50 | 1,00 | | | |
| Fosfato | | | | | 1,00 | | |
| Sulfato | 0,58 | 0,25 | -0,17 | 0,53 | | 1,00 | |
| Potássio | -0,38 | 0,94 | 0,50 | 1,00 | | 0,53 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

2.11) SECA 2010/ÁGUA SUPERFICIAL (AS)

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|----|-------|---------------|-------|--------|--------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Fluoreto | 33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cloreto | 33 | 0,42 | 0,41 | 13,78 | 0,03 | 1,18 |
| Nitrito | 33 | 0,09 | 0,05 | 2,91 | 0,00 | 0,17 |
| Nitrato | 33 | 0,09 | 0,11 | 3,06 | 0,00 | 0,39 |
| Fosfato | 33 | 0,18 | 0,67 | 6,03 | 0,00 | 2,93 |
| Sulfato | 33 | 0,08 | 0,07 | 2,48 | 0,04 | 0,46 |
| Potássio | 33 | 0,05 | 0,06 | 1,54 | 0,00 | 0,14 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 33 | | | | | | | |
|---|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | Fluoreto | Cloreto | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Potássio |
| Fluoreto | | | | | | | |
| Cloreto | | 1,00 | | | | | |
| Nitrito | | 0,64 | 1,00 | | | | |
| Nitrato | | 0,29 | 0,08 | 1,00 | | | |
| Fosfato | | 0,20 | 0,17 | -0,08 | 1,00 | | |
| Sulfato | | -0,11 | -0,30 | -0,05 | -0,03 | 1,00 | |
| Potássio | | 0,54 | 0,30 | 0,49 | 0,42 | -0,11 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)

2.12) SECA 2010/PIEZÔMETRO (P)

| Estatística Descritiva | | | | | | |
|------------------------|----|-------|---------------|-------|--------|--------|
| Variáveis | N | Média | Desvio Padrão | Total | Mínimo | Máximo |
| Fluoreto | 20 | 0,02 | 0,08 | 0,47 | 0,00 | 0,37 |
| Cloreto | 20 | 0,70 | 0,60 | 14,06 | 0,09 | 2,61 |
| Nitrito | 20 | 0,07 | 0,05 | 1,47 | 0,00 | 0,13 |
| Nitrato | 20 | 0,81 | 1,06 | 16,11 | 0,04 | 3,74 |
| Fosfato | 20 | 0,00 | 0,01 | 0,08 | 0,00 | 0,04 |
| Sulfato | 20 | 0,27 | 0,32 | 5,41 | 0,07 | 1,24 |
| Potássio | 20 | 0,25 | 0,13 | 4,99 | 0,14 | 0,55 |

| Matriz de Correlação de Pearson, N = 20 | | | | | | | |
|---|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | Fluoreto | Cloreto | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Sulfato | Potássio |
| Fluoreto | 1,00 | | | | | | |
| Cloreto | 0,15 | 1,00 | | | | | |
| Nitrito | -0,26 | -0,06 | 1,00 | | | | |
| Nitrato | -0,13 | 0,47 | 0,05 | 1,00 | | | |
| Fosfato | -0,10 | -0,09 | -0,38 | 0,34 | 1,00 | | |
| Sulfato | 0,70 | 0,36 | -0,34 | 0,09 | -0,03 | 1,00 | |
| Potássio | -0,15 | 0,46 | 0,14 | 0,90 | 0,24 | 0,26 | 1,00 |

Valores em negrito ($p < 0,05$)