

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO

CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA

DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

LAISSA SORAYA FIAMETTI DE GUIMARÃES

**AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS E MATÉRIA ORGÂNICA EM ÁGUA E
SEDIMENTO DO RIO BENTO GOMES EM POCONÉ – MT**

**Cuiabá - MT
2015**



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO
CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA
DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

LAISSA SORAYA FIAMETTI DE GUIMARÃES

**AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS E MATÉRIA ORGÂNICA EM ÁGUA E
SEDIMENTO DO RIO BENTO GOMES EM POCONÉ – MT**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - Campus Cuiabá - Bela Vista para obtenção de título de “Tecnóloga em Gestão Ambiental”, orientada pelo Prof. Dr. James Moraes de Moura.

Cuiabá – MT
Julho/2015

LAISSA SORAYA FIAMETTI DE GUIMARÃES

**AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS E MATÉRIA ORGÂNICA EM
ÁGUA E SEDIMENTO DO RIO BENTO GOMES EM POCONÉ – MT**

Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia em Gestão Ambiental, submetido à Banca Examinadora composta pelos Professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso Campus Cuiabá Bela Vista como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduado.

Aprovado em: 02 de Julho de 2015.

James Moraes de Moura

Professor Orientador – IFMT Cuiabá – Bela Vista

Rozilaine Aparecida Pelegrine Gomes de Faria

Professora Convidada – IFMT Cuiabá – Bela Vista

Jairo Luiz Medeiros Aquino Júnior

Professor Convidado – IFMT Cuiabá – Bela Vista

**Cuiabá – MT
Julho/2015**

Divisão de Serviços Técnicos. Catalogação da Publicação na Fonte. IFMT Campus Cuiabá
Bela Vista
Biblioteca Francisco de Aquino Bezerra

G963a

Guimarães, Laissa Soraya Fiametti de.

Atributos químicos e matéria orgânica em água e sedimento do rio
Bento Gomes em Poconé - MT / Laissa Soraya Fiametti de Guimarães. _
Cuiabá, 2015.

55f.

Orientador: Prof. Dr. James Moraes de Moura

TCC (Graduação em Gestão Ambiental). Instituto Federal de
Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso.

1. Avaliação de impactos ambientais – TCC. 2. Solo – TCC. 3.
Variável química - TCC. 4. Pantanal matogrossense - TCC. I. Moura,
James Moraes de. II. Título.

IFMT CAMPUS CUIABÁ BELA VISTA

CDU 504.(817.2)
CDD 363.731.98172

Dedicado à minha família,

*À minha nona Joana Madolozzo Fiametti
(in memorian),*

*E à minha irmã Loyse, que esteve comigo
em todos os momentos.*

“Os rios são nossos irmãos, eles nos saciam a sede. Levam as nossas canoas e alimentam nossas crianças. Se vendermos nossa terra a vós, deveis vos lembrar e ensinar a vossas crianças que os rios são nossos irmãos, nossos irmãos também, e deveis a partir de então dispensar aos rios a mesma espécie de afeição que dispensais a um irmão” (SETTI et al., 2001).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área de coleta nos pontos amostrais no Rio Bento Gomes.....	25
Figura 2 – Processos envolvidos no ICP OES.....	29
Figura 3 – Concentração de alumínio em água superficial.....	31
Figura 4 – Concentração de alumínio em sedimento.....	32
Figura 5 – Concentração de cálcio em água superficial.....	33
Figura 6 – Concentração de cálcio em sedimento.....	34
Figura 7 – Concentração de cobre em água superficial.....	35
Figura 8 – Concentração de cobre em sedimento.....	36
Figura 9 – Concentração de ferro em água superficial.....	37
Figura 10 – Concentração de ferro em sedimento.....	38
Figura 11 – Concentração de magnésio em água superficial.....	39
Figura 12 – Concentração de magnésio em sedimento.....	40
Figura 13 – Concentração de manganês em água superficial.....	41
Figura 14 – Concentração de manganês em sedimento.....	42
Figura 15 – Concentração de potássio em água superficial.....	43
Figura 16 – Concentração de potássio em sedimento.....	44
Figura 17 – Concentração de sódio em água superficial.....	45
Figura 18 – Concentração de sódio em sedimento.....	46
Figura 19 – Concentração de matéria orgânica em água superficial.....	47
Figura 20 – Concentração de matéria orgânica em sedimento.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação para sedimentos dos Grandes Lagos.....	20
Tabela 2 – Localização dos pontos amostrais no rio Bento Gomes.....	22
Tabela 3 – Unidades e métodos para os parâmetros em sedimento.....	24
Tabela 4 – Parâmetros instrumentais do ICP – OES.....	27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Pantanal Matogrossense.....	11
1.2 Estudos Limnológicos.....	14
1.3 Legislações em estudo.....	18
2. METODOLOGIA.....	22
2.1. Área de Estudo.....	22
2.2 Procedimentos de coleta.....	24
2.3 Coleta de amostras de água e sedimento.....	26
2.4 Procedimento laboratorial.....	26
2.4.1 Digestão de sedimento.....	27
2.5 Determinação dos elementos por emissão atômica.....	28
2.5.1 ICP- OES.....	28
2.5.2 Determinação de Matéria Orgânica.....	30
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
3.1 Alumínio.....	30
3.2 Cálcio.....	32
3.3 Cobre.....	34
3.4 Ferro.....	36
3.5 Magnésio.....	38
3.6 Manganês.....	40
3.7 Potássio.....	42
3.8 Sódio.....	44
3.9 Matéria Orgânica.....	46
4. CONCLUSÃO.....	48
5. REFERÊNCIAS.....	50
6. ANEXO.....	54



CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS E MATÉRIA ORGÂNICA EM ÁGUA E SEDIMENTO DO RIO BENTO GOMES EM POCONÉ – MT

GUIMARÃES, Laissa Soraya Fiametti de ¹

MOURA, James Moraes de ²

RESUMO

O Pantanal Mato-grossense situa-se na depressão do Alto Paraguai, e em território brasileiro cobre uma área de aproximadamente 140.000 Km², na Bacia do Rio Paraguai. Este estudo teve como objetivo obter valores dos íons metálicos de Alumínio, Cálcio, Cobre, Ferro, Magnésio, Manganês, Potássio, Sódio e, também, Matéria Orgânica nos períodos de seca e cheia em água e sedimentos do Rio Bento Gomes (Poconé-MT), ao norte do Pantanal de Mato Grosso, para a compreensão adequada da dinâmica hídrica, uma vez que recebe interferências humanas de diversas origens. Foram coletadas amostras de água e sedimento, realizadas em 4 campanhas diurnas em pontos amostrais de A a G, que perfilam o corpo d'água do Rio Bento Gomes, armazenadas de acordo com os requisitos exigidos pelo *Standart Methods for the Examinations of water and wastewater* (APHA 1985), e encaminhadas alíquotas para o Laboratório de Análise Físico-Química de Água e Resíduos – LAFQAR do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA/UFMT Campus Cuiabá pra análises físico-químicas da água e Laboratório de Química Ambiental – LQA na UNESP Campus Sorocaba para análise de íons metálicos presentes na água. As análises de água foram comparadas de acordo com a legislação Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 e a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde. Para sedimento, os valores da amostragem foram comparados com o parâmetro desenvolvido pela *Environmental Protection Agency of United States of America* (EPA 1973), e apresentaram-se abaixo do nível mínimo de poluição considerado pela diretriz. Os íons metálicos que apresentaram valores acima do estipulado pelas legislações estabelecidas foram Al⁺³ e Cu⁺², ambos em período de cheia. E os encontrados abaixo das legislações foram, Fe⁺², Mn⁺² e Na⁺¹. Os maiores valores obtidos em período de seca, para água e sedimento, foram os íons Ca⁺², Mg⁺² e Na⁺¹. O único íon que apresentou concentração em período de cheia maior que seca foi Fe⁺². A concentração de íons de K⁺ é significativamente maior

¹ Graduanda do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental – IFMT Campus Bela Vista.

² Professor orientador do IFMT Campus Cuiabá – Bela Vista; Doutorado em Química Ambiental – UNESP Sorocaba.

em sedimento. Os níveis de Matéria Orgânica em água possui variação de sazonalidade iguais, com exceção do ponto E que possui o pico em cheia. No sedimento, os pontos D, E e F apresentaram altas concentrações dos íons estudados tanto na seca quanto na cheia.

Palavras-chave: Avaliação de impactos ambientais, solo, variável química, pantanal matogrossense.

ABSTRACT

The Mato Grosso Pantanal is located in the Alto Paraguai depression, in Brazil, and covers an area of approximately 140,000 km², in the Paraguay River Basin. This study aimed to obtain metal ions values of aluminum, calcium, copper, iron, magnesium, manganese, potassium, sodium, as well as organic matter and sediments in both dry and flooding periods of the Bento Gomes river for the proper understanding of fluid dynamics as it receives human interference from diverse origins - the river is located in the city of Poconé, north of the Mato Grosso Pantanal. Water and sediment samples were collected, in daylight, in four occasions, and in sampling points A to G that profile the water body of Bento Gomes river. The samples were stored following the requirements of the Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater (APHA, 1985). Aliquots were sent to the Water and Waste Physicochemical Analysis Laboratory (LAFQAR), in the Department of Sanitary and Environmental Engineering (DESA/UFMT) for water physicochemical analysis; for the metal ions analysis, aliquots were sent to the Laboratory of Environmental Chemistry (LQA) at UNESP Campus Sorocaba. The water analysis were compared in accordance with the National Environmental Council (CONAMA) legislation nº 357/2005 and ordinance nº 2914/2011 of the Health Ministry. For sediment, the sampling values were compared with the parameter developed by the Environmental Protection Agency of United States of America (EPA 1973), and were below the minimum pollution level considered by the guideline. Metal ions that presented values above those stipulated by the established laws were Al⁺³ e Cu⁺² - both in the flooding period - and values below the legislation were for Fe⁺², Mn⁺² e Na⁺¹. The only ion that showed higher concentration in the flooding period was Fe⁺². The concentration of K⁺ ions is significantly higher in sediments. The levels of organic matter in the water have similar seasonal variations, except for point E, which showed a peak during the flood. In sediment, points D, E and F showed high concentration of the studied ions both in the dry and flooding periods.

Keywords: Environmental impact assessment, soil, chemical variable, pantanal matogrossense.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial à manutenção e qualidade da vida dos seres humanos, pois está presente e muitas vezes é indispensável em diversos processos e atividades que o homem desenvolve. A água é inquestionavelmente um dos bens mais preciosos e frágeis no planeta, devido, além de ser utilizada para o abastecimento humano e para inúmeras outras finalidades, estar disponível em menor quantidade ao homem e possuir diversas e intensas degradações ambientais (SETTI, 2001).

O gerenciamento dos recursos hídricos deve utilizar efetivamente das ferramentas existentes e fomentar a criação de novas tecnologias, mais modernas e eficazes, para cada vez mais aprimorar a proteção das águas e garantir a manutenção da vida (SETTI, 2001).

Os problemas de qualidade de água ocorrem pela interação entre os componentes de dentro e fora do sistema hídrico. Assim sendo, condições socioeconômicas da comunidade vizinha, posição geográfica do corpo hídrico, geomorfometria da bacia, dentre outros fatores, são aspectos que devem ser considerados concomitantemente (STRADKRABA et al., 2000).

O monitoramento qualitativo das águas passa fundamentalmente pelo conhecimento das cargas poluentes afluentes, geradas nas bacias hidrográficas contribuintes, e que se traduzem basicamente como as pressões exercidas pelas diferentes atividades socioeconômicas que existem no território sobre os recursos hídricos (BOLLMANN et al., 2005).

1.1 Pantanal Matogrossense

A planície pantaneira situa-se na depressão do Alto Paraguai, delimitado a oeste pela Cordilheira dos Andes e a leste pelo Planalto Central Brasileiro. Em território brasileiro cobre uma área de aproximadamente 140.000 Km², nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, ocorrendo também em partes do Paraguai e da Bolívia (FERNANDES et al., 2010).

A planície se estende por aproximadamente 250 km na direção leste-oeste e 450 km na norte-sul. Apesar de serem observados alguns afloramentos rochosos dentro da planície, sua altitude varia de 60 a 150 m, com média de 100 m. O clima é fortemente sazonal, com temperatura média anual em torno de 25°C, sendo que nos meses de setembro a dezembro as temperaturas máximas absolutas ultrapassam 40°C (FERNANDES et al., 2010).

O Pantanal é caracterizado por um ciclo anual de inundação que varia de intensidade no decorrer dos anos, havendo alternância de anos muito chuvosos ou anos relativamente secos. As diferenças locais do regime hidrológico, somadas às variações da topografia e do solo, proporcionam um mosaico de áreas raramente, permanentemente ou periodicamente alagadas, bem como áreas que permanecem livres de inundação. Todo ano, contudo, boa parte dos ambientes terrestres transforma-se em ambientes aquáticos. O grau de inundação varia de 11.000 a 110.000 km², com média de 53.000 km² (HAMILTON et al., 1996).

O rio Paraguai é o principal responsável pela drenagem da planície pantaneira. Sua nascente encontra-se no planalto dos Parecis, na região de Diamantino, Mato Grosso, e seus principais afluentes são os rios Jauru, Cuiabá, São Lourenço, Piquiri, Taquari, Negro, Miranda e Apa. A inundação do Pantanal ocorre tanto devido a chuvas locais, mas principalmente devido às águas que extravasam do leito de seus rios. Devido à baixa declividade da planície, que possui desnível topográfico variando entre 30 a 50 cm por quilômetro no sentido leste-oeste e 3 a 15 cm por quilômetro no sentido norte-sul, a inundação não ocorre de maneira simultânea em todo o Pantanal. É comum, por exemplo, um atraso de aproximadamente três a quatro meses entre o pico da cheia no norte e o pico da cheia no sul do Pantanal (FERNANDES et al., 2010).

Deste modo, enquanto a estação seca vigora na porção norte, o nível das águas atinge seu maior pico na porção sul. Isto ocorre, pois, as chuvas que ocorrem nas cabeceiras do rio Paraguai são as principais responsáveis pela inundação da planície e suas águas escorrem lentamente no sentido norte-sul (FERNANDES et al., 2010).

O regime de inundações a que o Pantanal está submetido é tido como o seu fator ecológico fundamental, determinando os principais processos bióticos e abióticos da planície, bem como as composições específicas das unidades de paisagem. A alternância entre cheia e seca em um curto período de tempo permite uma rápida ciclagem de nutrientes, o que torna os ambientes altamente produtivos e explicam,

em parte, a grande concentração e abundância de organismos como peixes e aves aquáticas (FERNANDES et al., 2010).

Anualmente vastas extensões da superfície do pantanal submetidas a processos de degradação ambiental, ocasionando, desta forma, alterações significativas. As modificações das fisionomias naturais estão relacionadas com a constante expansão agrícola e pecuária. Por estar localizado em uma faixa de contato e de grande interação entre ecossistemas terrestres e aquáticos, é considerado um espaço de tensão ecológica e de grande importância socioeconômica (PEREIRA et al., 2012).

Nos últimos 40 anos, as intensas atividades na região do planalto, em geral, não têm respeitado a legislação que obriga a manter conservadas as áreas de proteção permanente, como as matas ciliares e as áreas de nascentes, bem como as áreas de reserva legal (CALHEIROS et al., 2006).

O Pantanal está sendo, então, contaminado contínua e gradativamente. Caso as boas práticas agrícolas não sejam amplamente adotadas em toda a parte alta da Bacia do Alto Paraguai, bem como nos arrozais nas áreas de inundação (várzea) da planície, essa situação só tende a se agravar (CALHEIROS et al., 2006).

Baseado na heterogeneidade de paisagens e na intensidade e duração da inundação, Adámoli (1982) classificou o Pantanal em 11 sub-regiões. O norte do Pantanal (as sub-regiões do Estado de Mato Grosso) é formado pelas sub-regiões do Pantanal de Poconé, Cáceres e Barão do Melgaço. A sub-região do Pantanal de Poconé cobre 11% do Pantanal Brasileiro, com uma área de 17.945 Km². É caracterizada por períodos de inundação entre dezembro e maio e de seca entre junho e novembro, com a estação chuvosa se estendendo de outubro a abril (FERNANDES et al., 2010).

Assim como ocorre nas diferentes sub-regiões do Pantanal, na região de Poconé há uma ampla variedade de habitats e, dentro de uma distância de poucas dezenas de metros, pode mudar o tipo de vegetação. A vegetação da região é influenciada por diversos fatores, como o tipo de solo, o stress pelo fogo, a intensidade de pastejo pelo gado, a limpeza manual ou mecanizada de áreas para pecuária e a amplitude e a duração da inundação. Áreas de cerrado predominam na região, ocorrendo também habitats florestais e campos limpos, além de habitats aquáticos (FERNANDES et al., 2010).

1.2 Estudos Limnológicos

Estudos limnológicos (estudos das características físicas, químicas e biológicas dos sistemas de água doce) visam obter uma compreensão abrangente do funcionamento e da forma de organização de cada ambiente aquático sob estudo, descrevendo sua dinâmica e as inter-relações com a biota, para, em última instância, embasar ações de manejo (CALHEIROS; FERREIRA, 1996).

O uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam estas de origens antrópicas ou naturais (TOLEDO; NICOLELLA, 2002).

A qualidade das águas e sedimentos de uma bacia hidrográfica está relacionada com propriedades químicas dos solos, drenagem de águas superficiais, processos de percolação, águas de irrigação e de centros urbanos, bem como por aerossóis marinhos, processos estes que interferem na diversidade e concentrações dos íons presentes (PROCHNOW; PROCHNOW, 2009).

Sedimentos são reservatórios de elementos biodisponíveis que ficam retidos nos minerais por processos de adsorção, precipitação, oclusão e incorporação (AHLF; FÖRSTNER, 2001). Devido a isso, os sedimentos ficam facilmente retidos nos ambientes aquáticos, podendo causar profunda poluição.

Os estudos de sedimentos podem fornecer informações sobre as condições ecológico-ambientais de uma bacia hidrográfica, relacionadas à presença de contaminantes que entram no sistema fluvial por diferentes caminhos, através dos meios rural e urbano, por meio de fontes diretas ou difusas (SILVA et al., 2013).

Os sedimentos possuem a capacidade de estocar e imobilizar elementos tóxicos, e por isso são considerados como “armadilhas geoquímicas”, pois os efeitos diretos da poluição podem não se manifestar imediatamente. Vários fatores ambientais, tais como: mineralógicos, geológicos, hidrológicos e bióticos irão influenciar na capacidade de estocagem dos sedimentos ou na biodisponibilidade dos elementos estocados, gerando uma mobilização dos elementos químicos no ambiente, principalmente durante os períodos de inundação (FÖRSTNER, 2003).

O sedimento de fundo frequentemente pode ser associado ao trofismo do meio aquático, visto que a concentração da maioria dos elementos químicos é significativamente maior neste compartimento, com possibilidade de liberação ao meio líquido. Também é onde ocorre a maioria das reações físico-químicas e biológicas

com relação à ciclagem de nutrientes e ao fluxo de energia. Como consequência, suas características refletem os principais impactos que o sistema foi submetido, registros da evolução histórica em função da maneira e intensidade de como aconteceram, assim como também o nível de contaminação (BOLLMANN et al., 2005).

O sedimento possui uma grande capacidade de retenção de metais pesados, porém, se essa capacidade for ultrapassada, os metais em disponibilidade podem penetrar na cadeia alimentar dos organismos vivos, podendo resultar em efeitos catastróficos para a biota. Os organismos bênticos são considerados o nível trófico mais prejudicado pelas altas concentrações de metais no sedimento, na medida em que este compartimento representa o depósito final do material particulado existente nos ecossistemas aquáticos (LAWS, 1993).

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas (VON SPERLING, 1996).

Os efeitos ecológicos dos metais pesados nestes ambientes estão relacionados com a possibilidade destes elementos apresentarem ampla distribuição tanto na fase líquida quanto na fase sólida dos corpos hídricos. Diferentemente dos compostos orgânicos, que podem ser degradados reduzindo sua biodisponibilidade e toxicidade, os metais são persistentes nos ecossistemas aquáticos, apenas redistribuindo-se entre os diferentes compartimentos do ecossistema: sedimentos, partículas em suspensão, fitoplâncton, zooplâncton, organismos bentônicos, peixes, etc. (BOLLMANN et al., 2005).

O manganês (Mn^{+2}) especialmente é um metal essencial nos sistemas aquáticos (FLORENCE, 1982), tem o potencial de desempenhar um importante processo na ciclagem dos metais traços, que prontamente se ligam formando compostos insolúveis com o Mn^{+2} oxidado (MURRAY, 1975). Por isso, existe um considerável interesse no comportamento do Mn^{+2} em ecossistemas aquáticos. A química do Mn^{+2} é dominada pelas transições redox entre a forma relativamente solúvel do Mn^{+2} e a forma oxidada mais insolúvel. Como consequência, mais atenção foi direcionada para o comportamento deste metal, através dos limites redox em lagos e sedimentos (DAVIDSON et al., 1982).

O ferro (Fe^{+2}), apesar de não se constituir em um tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários. Também traz o problema do

desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. Por estes motivos, o Fe^{+2} constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ na Portaria nº 2914 de 2011 do Ministério da Saúde (CETESB, 2009).

O potássio está presente nas rochas, na estrutura de muitos minerais, tais como os feldspatos potássicos e micas, e nos solos associado às argilas. Seu principal uso é na composição de fertilizantes, mas também é utilizado na produção de diversos sais comerciais, na indústria de vidros, em fármacos e em munições. O potássio regula, junto com o sódio, o equilíbrio da água nos organismos. São citadas concentrações de 5.000 a 34.000 mg.L^{-1} de potássio em massa seca, em plantas. O K^{+1} está presente em solos em teores que variam de $0,02\%$ a $0,20\%$ e, em águas, sua concentração pode ficar entre $0,5$ e $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ (PROCHNOW; PROCHNOW, 2009).

As alterações antrópicas das concentrações ambientais de íons K^{+1} podem ocorrer por diversos mecanismos. A retirada da cobertura original do solo proporciona a lixiviação deste elemento e sua vazão para o meio aquático. A utilização de fertilizantes agrícolas e de sais minerais como suplementos alimentares para animais de campo pode igualmente contribuir nestas alterações, na forma de introdução direta (PROCHNOW; PROCHNOW, 2009).

O sódio, no ambiente, é extremamente abundante em forma de sais, principalmente na forma de cloreto nas águas oceânicas. Através do movimento das ondas forma aerossóis marinhos que, por evaporação da água, introduzem o cloreto de sódio na atmosfera, onde é elevado por correntes ascendentes e distribuído a áreas continentais, quando não ocorrem barreiras naturais para as correntes aéreas provenientes da costa (PROCHNOW; PROCHNOW, 2009).

O alumínio e seus sais são usados no tratamento da água, como aditivo alimentar, na fabricação de latas, telhas, papel alumínio, na indústria farmacêutica etc. Íons de Al^{+3} pode atingir a atmosfera como material particulado por meio da suspensão de poeiras dos solos e também da combustão do carvão. Na água, o metal pode ocorrer em diferentes formas e é influenciado pelo pH, temperatura e presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. A solubilidade é baixa em pH entre $5,5$ e $6,0$ (CETESB, 2009).

As fontes de cobre para o meio ambiente incluem minas de cobre ou de outros metais, corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de cobre estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir do uso agrícola do cobre e precipitação atmosférica de fontes industriais. O cobre ocorre naturalmente em todas as plantas e animais e é um nutriente essencial em baixas doses. Estudos indicam que uma concentração de 20 mg.L^{-1} de Cu^{+2} ou um teor total de 100 mg.L^{-1} por dia na água é capaz de produzir intoxicações no homem (CETESB,2009).

O teor de cálcio da água pode ser utilizado para caracteriza-la quanto ao grau de dureza (ESTEVES, 1998). A concentração de cátions multimetálicos em solução frequentemente associados à dureza são os cátions bivalentes Ca^{2+} e Mg^{2+} . Em condições de supersaturação, esses cátions reagem com ânions na água, formando precipitados (VON SPERLING, 1996).

A matéria orgânica ocorrente no meio natural pode ser extraída por diferentes procedimentos, revelando, assim, sua origem e natureza química. A matéria extraída por solventes orgânicos, tais como benzeno, éter comum, clorofórmio, constitui o betume, ficando o querogênio como resíduo; a matéria extraída por álcalis é representada por ácidos húmicos e ácidos fúlvicos, precipitando os húmicos pela adição de ácido e permanecendo como resíduo da extração por álcalis a humina (FÖRSTNER; WITTMANN, 1983).

Os solos são resultantes do intemperismo químico de minerais de silicato formadores de rochas. Por isso são os minerais resultantes do intemperismo químico os componentes predominantes do solo. Além desses componentes inorgânicos, são constituintes do solo a água e a matéria orgânica (STEVENSON, 1982; SPOSITO, 1989; O'NEILL, 1993).

A matéria orgânica presente em diferentes tipos de solo apresenta-se sob variadas concentrações. Em seu texto sobre "*Environmental Chemistry*", descrevendo o intemperismo químico e formação de solo, O'Neill (1993) mostra representação diagramática de um perfil de solo, cujo horizonte "O" pode apresentar percentuais de matéria orgânica até acima de 35% (DIAS; LIMA, 2004).

A lixiviação de solos pelas chuvas e as conseqüentes águas de rolamento superficial fluem para os cursos d'água, transportando a matéria orgânica, que aparece sob as formas dissolvida e particulada (DIAS; LIMA, 2004).

A camada recente de sedimento, geralmente com maior concentração de matéria orgânica é a que está em contato direto com a coluna d'água, corresponde à parte do sedimento biologicamente mais ativa. Possui, pelo alto teor de matéria orgânica, maior densidade de organismos bentônicos e grande atividade microbiana. O sedimento atua como portador de outros poluentes (SAMPAIO, 2003).

1.3 Legislações em estudo

A presença de íons metálicos no ambiente aquático em concentrações elevadas causa a mortalidade de peixes e comunidades bentônica, perifítica, planctônica, nectônica e seres fotossintetizantes. As quantidades elevadas de matéria orgânica não degradada (de origem autóctone) gerada na bacia de drenagem, juntamente com os metais pesados, dentre muitos outros agentes de caráter perturbativo ao equilíbrio natural, causam uma intensa alteração na vida aquática (SAMPAIO, 2003).

A ação química dos metais pesados tem despertado grande interesse ambiental. Isto se deve, em parte, ao fato de não possuírem caráter de biodegradabilidade, o que determina que permaneçam em ciclos biogeoquímicos globais nos quais as águas naturais são seus principais meios de condução, podendo-se acumular na biota aquática em níveis significativamente elevados (SAMPAIO, 2003).

Os sedimentos depositados nos corpos d'água não é somente o maior poluente da água por peso e volume, mas também o grande transportador de pesticidas, resíduos orgânicos, nutrientes e organismos patogênicos, que quando em excesso provocam alterações nos ecossistemas aquáticos, reduzindo a qualidade da água (SAMPAIO, 2003).

Em ambientes onde a coluna d'água possui pouca profundidade, a taxa de intercâmbio de espécies solúveis pode até dobrar pela ação dos ventos, que provocam a ressuspensão dos sedimentos. Os metais, em depósitos de sedimentos recentes, geralmente são divididos em duas categorias de acordo com a sua origem predominante: litogênico e antropológico, ou seja, referida simplesmente como geoquímica e os oriundos de atividades humanas, respectivamente (SAMPAIO, 2003).

Além dos requisitos de qualidade, que traduzem de uma forma generalizada e conceitual a qualidade desejada para a água, há a necessidade de se estabelecer também padrões de qualidade, embasada por um suporte legal. Os padrões devem ser cumpridos, por força da legislação, pelas entidades envolvidas com a água a ser utilizada (VON SPERLING, 1996).

Foram usadas duas legislações de classificação de água e sedimento neste trabalho.

Por possuir usos múltiplos, a água deve satisfazer critérios de qualidade em função de seus usos preponderantes. A resolução normativa nº 357 do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas, em treze classes, segundo a sua utilização, definindo os parâmetros de qualidade a serem atendidos para cada classe (FIGUEIREDO et al., 2010).

O Capítulo I desta resolução adota as seguintes definições, que serão usadas para futura análise deste estudo:

- I. Águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5%;
- II. Ambiente lântico: ambiente que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado;
- III. Ambiente lótico: ambiente relativo às águas continentais moventes;
- IV. Classificação: qualificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade) atuais e futuros.

As águas doces são classificadas em: Classe Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4. Os rios do Estado de Mato Grosso ainda não foram enquadrados nas classes proposta por essa resolução e desta forma, de acordo com o artigo 42 da referida resolução, enquanto não forem feitos os enquadramentos, as águas doces serão consideradas de classe 2 (FIGUEIREDO et al., 2010).

As águas da Classe 2 são destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; à aquicultura e à atividade de pesca (FIGUEIREDO et al., 2010).

Os padrões de potabilidade estão diretamente associados à qualidade da água fornecida para o consumidor, e a Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Tabela 1 – Parâmetros usados de acordo com as legislações para analisar as amostras.

Parâmetro	Portaria nº 2914*	CONAMA nº 357*
Alumínio	0,2	0,2
Cálcio**	500	-
Cobre	2,0	0,013
Ferro	-	5,0
Magnésio**	500	-
Manganês	0,1	0,5
Potássio	-	-
Sódio	200	-

*Valores expressos em mg.L⁻¹; **Parâmetro usado para dureza em água.

Entende-se por poluição das águas a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos (VON SPERLING, 1996).

Na medida em que as concentrações de metais-traços em sistemas hídricos são extremamente variáveis, tanto em escala global como em escala local, além de determinações analíticas (PEREIRA FILHO, 1995).

Nos ambientes aquáticos, os sedimentos constituem uma fase mineralógica com partículas de tamanhos, formas e composição química distintas. Esses materiais, em sua maioria, são depositados nos rios, nos lagos ou no fundo dos oceanos ao longo dos anos. Processos biogeoquímicos, tais como reações de precipitação e transformações biológicas, controlam o acúmulo e a redistribuição de espécies como fitoplâncton, algas e peixes na biota aquática, caracterizando o sedimento como uma parte integrante do sistema natural (SAMPAIO, 2003).

Os metais são essenciais aos organismos em pequenas quantidades, mas, quando em excesso, desencadeiam diversos problemas. Uma vez que atingem o corpo d'água, esses metais depositam-se nos sedimentos e sofrem processos complexos de adsorção, que ainda são desconhecidos, especialmente em ambientes tropicais (SAMPAIO, 2003).

Metais são considerados nutrientes indispensáveis às plantas e seres vivos, desde que em baixas concentrações. Vários íons metálicos são essenciais ao bom funcionamento dos organismos vivos, e outros como Na^{+1} , Ca^{+2} , K^{+1} , Mn^{+2} , Fe^{+2} , Co^{+2} , Mo^{+2} , Cu^{+2} e Zn^{+2} têm importância fundamental para o homem. Estudos relativos à toxicidade dos metais pesados indicam que, em baixas concentrações, podem ocorrer situações que levam à deficiência nutricional. Porém, a suplementação adequada resulta em ótimas condições para o organismo, ao passo que o excesso resulta em efeitos tóxicos ou, até mesmo letais. Assim, alguns metais e seus compostos são considerados essenciais para os organismos vivos, outros são inertes (uma vez que não se acumulam no corpo) e, ainda, há os que são considerados tóxicos (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 pela EPA (*Environmental Protection Agency of United States of America*), em 1977. Esta diretriz incluiu sete parâmetros, e se 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), baseados na concentração total dos contaminantes no sedimento. Essa diretriz, desenvolvida para orientar a disposição do material dragado, em 1995, era considerada como provisória até que guias mais cientificamente elaboradas fossem desenvolvidas (SAMPAIO, 2003). Baseado nas concentrações, os sedimentos são classificados como não poluídos, moderadamente poluídos e muito poluído.

A tabela 2 apresenta uma diretriz para classificação dos elementos apresentados neste estudo em sedimentos na enseada dos Grandes Lagos (EUA).

Tabela 2 – Diretriz para classificação de poluição para sedimentos das enseadas dos Grandes Lagos (EUA) (concentração em mg.kg^{-1}).

Elemento	Não Poluídos (menor do que)	Moderadamente Poluído	Muito Poluído (maior do que)
Cu	25	25-50	50
Fe	17000	17000-25000	25000
Mn	300	300-500	500

Hg

1

1

Fonte: Adaptado da EPA (1977) *apud* Sampaio (2003).

Como dito anteriormente, a bacia do Rio Bento Gomes em Poconé tem sido alvo de estudos de impacto ambiental causados pela atividade mineradora na região, e a análise de água e sedimento de pontos amostrais ao longo do corpo hídrico pode expressar como está atualmente os níveis de poluição e contaminação do rio.

No presente estudo, torna-se então essencial a avaliação de variáveis ambientais, para a compreensão adequada da dinâmica hídrica, uma vez que recebe interferências humanas de diversas origens, como a matéria orgânica. O conhecimento da dinâmica da matéria orgânica influenciada pelo pulso de inundação é primordial na manutenção do ecossistema, pois de forma similar a muitos ecossistemas terrestres é da matéria orgânica decomposta que vai depender, em grande parte, a produção vegetal (BERNARDI, 2004).

2. METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

O município de Poconé – MT situa-se distante 100 km da capital do estado, Cuiabá, na região do alto rio Paraguai, borda setentrional do Pantanal mato-grossense.

Adotou-se como objeto de estudo a sub-bacia do Rio Bento Gomes, tendo como principais afluentes os córregos Guarandi, Formiga e Piraputanga, compreendida por uma área de aproximadamente 1770 km² (PEREIRA FILHO, 1995).

O município de Poconé apresenta basicamente duas subunidades geomorfológicas, que se encontram representadas pela Elevação Semi-Aplainada do Grupo Cuiabá, também conhecida como Baixada Cuiabana, borda do Pantanal mato-grossense, e pela depressão quaternária da planície pantaneira, e o clima ocorre de domínio de clima tropical quente semiúmido, sendo que a frequência de temperaturas elevadas constitui a característica dominante, com temperaturas superiores a 38°C no verão. No inverso, 4 a 5 meses secos (maio a setembro) correspondem ao período

onde as temperaturas médias diárias oscilam em torno de 20°C. A precipitação média anual gira em torno de 1700 mm (PEREIRA FILHO, 1995).

O município de Poconé integra o Pantanal mato-grossense, caracterizado como uma extensa área alagável de aproximadamente 140.000 km² (PEREIRA FILHO, 1995; FERNANDES et al., 2010), em território brasileiro, que compreende os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, na Bacia do Alto Paraguai (BAP) um dos maiores conjuntos de áreas úmidas mundiais (TOCANTINS et al., 2011).

A região do município de Poconé, caracterizada pela intensa prática do garimpo, propiciou com o passar dos anos, uma intensa poluição dos rios que adentram o Pantanal, como mostram Lacerda et al. (1991), que ainda destacam a questão da contaminação por mercúrio, na região chamada por eles de peripantaneira.

Neste Município outras atividades econômicas são desenvolvidas além da pecuária, como a pesca profissional-artesanal, amadora e de subsistência, o turismo de pesca associado à pesca amadora e formas de turismo relacionados com a natureza (TOCANTINS, 2011).

A presença de ouro laterítico formando depósitos de pepitas na baixada cuiabana deu origem, ainda no século XVIII, à exploração mineral por bandeirantes. A descoberta das minas de Beripoconé em 1777, estabelecendo futuramente a cidade de Poconé, é um dos exemplos do trabalho dos pioneiros na lavra do ouro mato-grossense (VEIGA, 1991).

A garimpagem de ouro, com uso intensivo de mercúrio, estabelecida no início dos anos 80 na bacia do rio Paraguai, principalmente no município de Poconé, apresenta elevado potencial de contaminação do sedimento e biota aquática da planície do Pantanal (VIEIRA, 1995), e pode causar também assoreamentos de drenagens (PEREIRA FILHO, 1995).

2.2 Procedimentos de coleta

Foram realizadas 4 campanhas diurnas, sem registro de chuvas em véspera de coleta, em dois períodos sazonais (**cheia**: janeiro e fevereiro de 2013; e **seca**: agosto e setembro de 2013). As campanhas ocorreram entre 7h a 11h30 em 07 (sete) pontos amostrais que perfilam o corpo d'água Rio Bento Gomes deste a MT-060 até a Rodovia transpantaneira (Km 11).

Tabela 3 – Localização dos pontos amostrais ao longo do Rio Bento Gomes em Poconé – MT.

Pontos Amostrais	Localização	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
A	Rio Bento Gomes - MT 060	16°18'10,5"	56°32'25,8"	126
B	Foz do Rio Piranema no Rio Bento Gomes	16°59'55,6"	56°28'45,1"	134
C	Rio Bento Gomes - Ponte Porto Cercado	16°18'54,1"	56°32'39,6"	130
D	A montante da Baía Pival	16°22'36,3"	56°34'27,8"	122
E	Centro da Baía Piuval	16°24'15,3"	56°35'19,6"	120
F	A juzante da Baía Piuval	16°25'25,7"	56°36'20,9"	118
G	Rio Bento Gomes - Ponte Transpantaneira (* chuva)	16°25'32,3"	56°40'12,7"	117

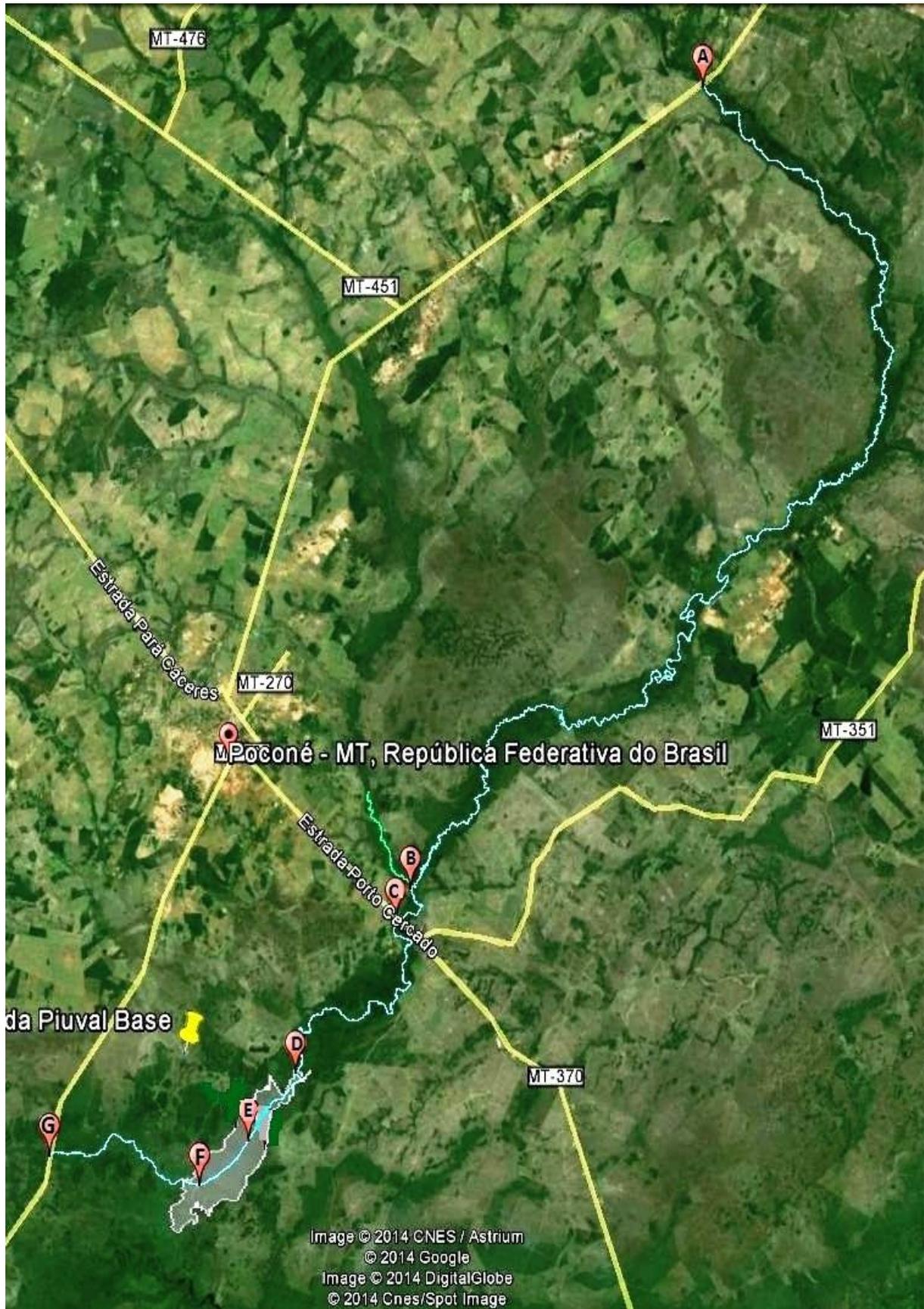


Figura 1 – Área de coleta contendo os pontos amostrais A a G no Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

2.3 Coleta de amostras de água e sedimento

As amostras para as análises da água foram obtidas em triplicata na camada sub-superficial da coluna d'água (na zona limnética), em frascos com tampa rosqueável e com capacidade para 1000 mL, devidamente preparados em laboratório e enxaguados com a própria água do local (3 banhos), sendo depois mergulhados verticalmente à profundidade de aproximadamente 30cm da superfície, conforme BRANCO (1978) e SOUZA (1997).

Após as coletas, as amostras foram mantidas em caixas térmicas refrigeradas e transportadas até os laboratórios específicos para processamento analítico. As coletas e preservação das amostras seguiram as recomendações do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA – 1985), sendo encaminhadas alíquotas das replicatas para os seguintes locais: Laboratório de Análise Físico-Química de Água e Resíduos – LAFQAR do Departamento de Engenharia Sanitária – DESA/UFMT Campus Cuiabá para análises físico-químicas da água; e Laboratório de Química Ambiental – LQA na UNESP Campus Sorocaba para análise de metais presentes na água.

Também foi coletada uma amostra simples de sedimento para cada parcela, na profundidade de 0 a 20 cm, utilizando amostrador volumétrico de Kopeck, segundo Couto et al. (2006) para análise química do solo. Para o sedimento, coletou-se triplicatas de aproximadamente 1kg de amostra (3 pontos) mista para cada ponto de coleta, com auxílio das quais serão acondicionadas em sacos de plástico. Em seguida, serão levadas para o laboratório de Microbiologia do Solo e Geral no IFMT Campus Cuiabá Bela Vista, e armazenadas em câmara fria ($\pm 16^{\circ}\text{C}$).

2.4 Procedimento laboratorial

Os atributos químicos dos solos foram determinados seguindo a metodologia recomendada pela Embrapa (1997), analisando 09 indicadores por tratamento de acordo com a tabela 04, a seguir:

Tabela 4 – Unidades, método e método analítico para os parâmetros em sedimento.

Parâmetros	Unid1ades	Método	Método Analítico
Magnésio (Mg)	mg.kg-1	ICP-OES	Extraído com solução de KCl a pH=7
Potássio (K)	mg.kg-1	ICP-OES	Extrator Mehlich-1 (em solução de HCl 0,05N +H ₂ SO ₄ 0,025N)
Sódio (Na)	mg.kg-1	ICP-OES	APHA 1985
Cobre (Cu)	mg.kg-1	ICP-OES	APHA 1986
Ferro total (Fe)	mg.kg-1	ICP-OES	APHA 1987
Manganês (Mn)	mg.kg-1	ICP-OES	APHA 1988
Alumínio (Al)	mg.kg-1	ICP-OES	Extraído com solução de KCl a pH=7
Cálcio (Ca)	mg.kg-1	ICP-OES	Extraído com solução de KCl a pH=7
Matéria Orgânica em O ₂ (MO)	mg.kg-1	Volumetria	Oxidação com Bicromato de Potássio e determinação colorimétrica

Os indicadores biológicos serão relacionados aos parâmetros de química e física de solo bem como ao rendimento das culturas anuais/pastagens, refletindo a preocupação de evitar reducionismos e procurando correlacionar o funcionamento biológico do solo às suas propriedades químicas e físicas e ao desempenho e uso do solo e água local.

2.4.1 Digestão de sedimento

As amostras de sedimento foram secas em estufas, com temperatura inferior a 50°C. Após a secagem, foram submetidas a peneiramento, sendo que somente a fração menor que 0,074mm (200 mesh) era reservada para análise química, segundo o método proposto por Gonçalves e Paiva (1995). Em tubo de ensaio longo, com dedo frio para evitar a perda de amostra por evaporação, foi adicionada uma alíquota de até 0,5 g da amostra (dependendo da massa total obtida), 7 ml de ácido clorídrico - HCl (concentrado) e 3 ml de ácido nítrico - HNO₃ (concentrado). A mistura foi aquecida em bloco digestor a 80°C por 30 minutos, depois, por mais uma hora a 120°C. Após o aquecimento, deixava-se a solução esfriar e acrescentava-se à mesma mais 10 mL de água deionizada e, em seguida, procedia-se às leituras.

2.5 Determinação dos elementos por emissão atômica

As análises foram realizadas utilizando-se um espectrômetro de emissão ótica (ICP OES) modelo Optima™ 2000 DV, da PerkinElmer. Este equipamento realiza medições sequenciais sendo que o plasma possui vista axial e radial. O aparelho é equipado com monocromador composto de dois dispositivos de dispersão, o prisma Litrow e a grade Echelle. Após a dispersão as radiações são direcionadas para o detector que é do tipo CCD (dispositivo de carga acoplada). O nebulizador utilizado foi do tipo GemCone® acoplado a uma câmara de nebulização de duplo passo Scott.

A concentração dos metais foi determinada por emissão atômica com plasma indutivamente acoplado em ICP-OES (Agilent-720) equipado com um nebulizador “seaspray”. As condições instrumentais utilizadas na quantificação dos elementos foram potência de radiofrequência de 1,10kW, fluxo de argônio do plasma de 15,0 L/min e pressão do nebulizador de 200 kPA. Os elementos estudados e suas linhas espectrais foram os seguintes: Al (394,401 nm), Ca (396,847 nm), Cu (327,395 nm), Fe (238,204 nm), Mg (279,553 nm), Mn (257,610 nm), K (404,721 nm), Na (589,592 nm) partindo-se de triplicatas do branco da curva de calibração.

As linhas espectrais escolhidas são baseadas em estudos anteriores já realizados para estes elementos no ICP-OES 54. Os parâmetros instrumentais utilizados são apresentados na Tabela 5 (vide anexo I), sendo que alguns deles foram otimizados (vazão do gás de nebulização, vazão do gás auxiliar e potência de radiofrequência) e, outros selecionados conforme recomendação do fabricante.

2.5.1 ICP- OES

As técnicas de ICP-OES e ICP-MS têm uma ampla escala de uso, pois são técnicas multielementares, sensíveis, precisas, exatas e rápidas. Suas aplicações variam, sendo utilizadas para diferentes tipos de amostras (águas, solo, sedimento, lodos, esgotos de origem industrial ou doméstica, geológicas, biológicas), e, em diferentes áreas, como pode ser observado na Figura 2.

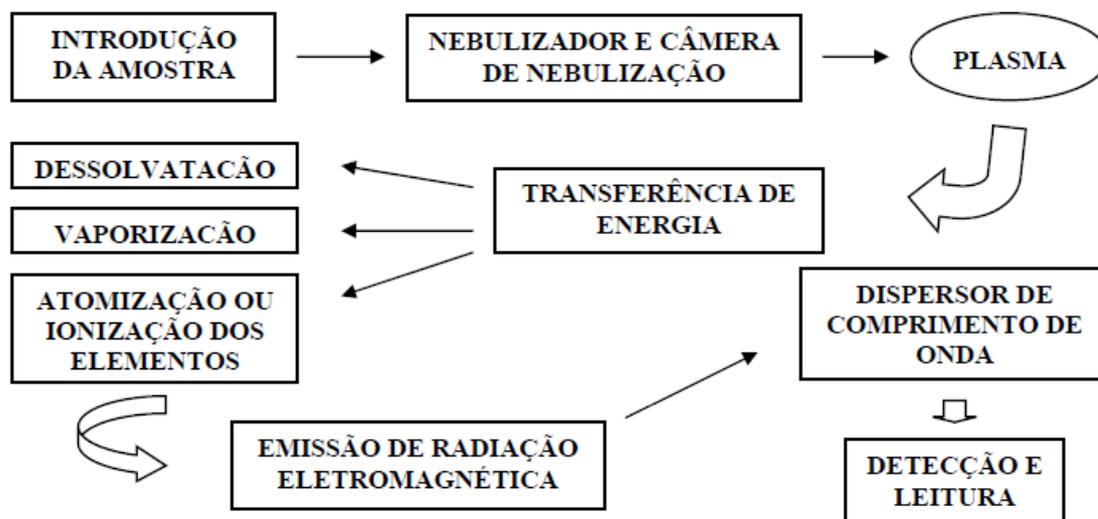


Figura 2 - Processos envolvidos no espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES).

Na técnica de ICP OES, a amostra é normalmente introduzida como uma solução, sendo nebulizada na forma de um fino aerossol que é, posteriormente, transportado para o centro do plasma onde, rapidamente, sofre dessolvatação, vaporização em nível molecular e dissociação em átomos, sendo alguns deles ionizados, tornando-se excitados no plasma para emitir radiação eletromagnética (luz) (FERRARINI, 2007).

Esta emissão de radiação aparece, principalmente, na faixa espectral do visível e ultravioleta ocorrendo como linhas discretas, sendo separadas de acordo com seus comprimentos de ondas por um difrator óptico e, posteriormente, sendo então utilizadas para identificação e quantificação dos elementos específicos 55. A Figura 2 mostra um esquema dos processos envolvidos no ICP OES, desde a introdução da amostra até sua detecção e leitura (FERRARINI, 2007).

Por esta técnica, elementos podem ser determinados em amostras na forma líquida ou sólida. Entretanto, a nebulização de suspensões no plasma requer um tamanho de partícula $< 10 \mu\text{m}$ e uma distribuição de tamanho de partícula extremamente estreita, para que as propriedades de transporte da suspensão sejam similares ao de uma solução, permitindo a calibração com soluções aquosas.⁵⁶ Além disso, é necessário o uso de nebulizadores especiais, do tipo Babington ou V-groove, que são tolerantes a um alto teor de sólidos dissolvidos ⁵⁴ ou, então, devem ser utilizadas as técnicas acopladas que permitem a introdução de suspensões (FERRARINI, 2007).

Deste modo, a extração ácida assistida por ultra-som é um método de preparo de amostra bastante atraente para análises de rotina por ICP OES pois, uma vez que a suspensão é centrifugada, possibilita que a análise seja feita no sobrenadante, permitindo a introdução direta da amostra no equipamento. Com isso, a análise torna-se rápida, simples e a calibração pode ser feita utilizando soluções de calibração aquosas (FERRARINI, 2007).

2.5.2 Determinação de Matéria Orgânica

A determinação do teor de matéria orgânica em sedimento foi realizada pelo método de WALKLEY e BLACK (1934), que se baseia na oxidação da matéria orgânica contida na amostra por dicromato de potássio, em meio sulfúrico (KUNO, 2003).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Alumínio

O Al^{+3} , pertencente a família 3A da tabela periódica dos elementos químicos, é nitidamente metálico, sendo o terceiro metal em abundância na crosta terrestre (SAMPAIO, 2003).

Ocorre em minerais rochas e argilas. A sua vasta distribuição está ligada ao fato de o Al^{+3} estar presente em quase todas as águas naturais, sob a forma de sais solúveis, colóides ou componentes insolúveis. Porém, o Al^{+3} encontrado nas águas doces possui solubilidade extremamente baixa. Muitas vezes tem nestes casos a forma de $Al(OH)_3$. O alumínio se torna solúvel para condições de pH menor do que 4,2 e maior do que 8, sendo esses valores geralmente, não usuais, nas drenagens superficiais (GOULART, 2008).

As concentrações mínimas e máximas de Al^{+3} em água no período de cheia são $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ e $2,5 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente. O nível de Al^{+3} em cheia mantém-se abaixo do valor de $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$ em todos os pontos amostrais, isso deve ocorrer devido

ao fato da vazão do rio ser maior neste período, perdurando assim, a concentração relativamente constante. Os maiores valores de Al^{+3} (pontos amostrais A e F) ocorrem em período de cheia, ou seja, em alta turbidez.

O período de seca apresenta concentrações diferentes nos pontos amostrais, como se observa no ponto C, posto que valores altos de matéria orgânica na água.

Apesar de haver atividade mineradora ao longo da bacia do rio estudado, as concentrações deste metal apresentam extremamente baixas, mas não de acordo com a legislação vigente, CONAMA nº 357, que delimita o máximo permitido em rios brasileiros em $0,200\text{ mg.L}^{-1}$ e os valores indicados na figura 3 são maiores que o permitido.

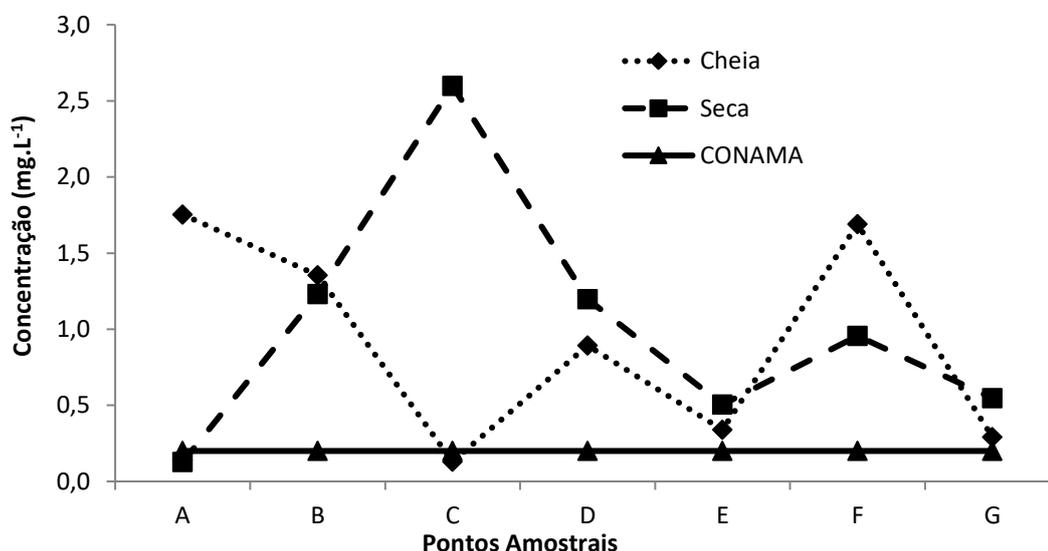


Figura 3 – Concentração de Al^{+3} (mg.L^{-1}) em água nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

A mobilidade ambiental do Al^{+3} é muito baixa, e é considerado um elemento essencial para certos organismos (RIBEIRO, 2006).

Concentrações de Al^{+3} apresentadas em ambos os períodos são de mínimo $58,1\text{ mg.kg}^{-1}$ e máximo $881,7\text{ mg.kg}^{-1}$ (figura 4). Logo se identifica o comportamento similar nos pontos amostrais estudados e em ambos os períodos. Como exemplo o ponto E, que, apesar de em cheia, ele apresenta um valor de 500 mg.kg^{-1} , em seca o valor é de quase 900 mg.kg^{-1} , considerados alto para sedimento em rio.

Esse elevado nível de concentração desse metal se deve ao fato de que sedimentos em geral, são materiais particulados que se acumulam no fundo de rios,

agregando assim metais em sua composição. Não há uma legislação brasileira que possa considerar um máximo ou mínimo permitido para este metal em sedimentos.

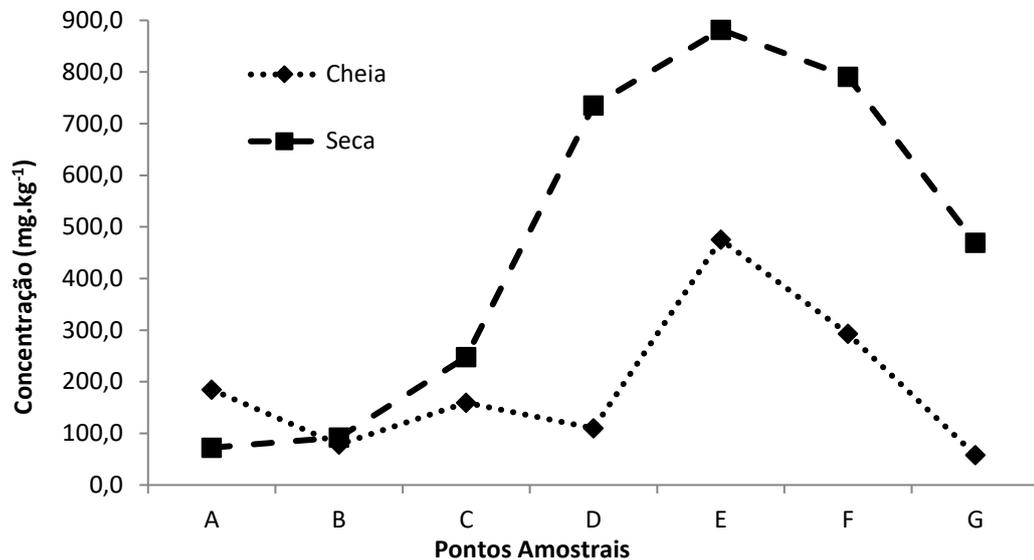


Figura 4 – Concentração de Al^{3+} (mg.kg^{-1}) em sedimento nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

3.2 Cálcio

O Ca^{+2} é um elemento principal da crosta terrestre, sendo um metal alcalino-terroso, e é essencial para a maioria dos organismos, sendo um dos principais nutrientes. (RIBEIRO, 2006).

Os elementos do grupo 2, do qual faz parte o Ca^{+2} , têm todos dois elétrons nos orbitais mais externos, exibem muitas semelhanças entre si e uma variação gradual nas propriedades à medida que o tamanho do átomo aumenta. Em seu uso, o Ca^{+2} é aproveitado principalmente na forma livre, por sua grande reatividade com oxigênio (SAMPAIO, 2003).

Os níveis de Ca^{+2} apresentados em água para os períodos de seca e cheia é mínimo de $6,4 \text{ mg.L}^{-1}$ e máximo de $14,7 \text{ mg.L}^{-1}$ (figura 5).

A concentração de Ca^{+2} em água no período de cheia se mantém constante em todos os pontos amostrais, isso se dá pelo aumento da vazão do rio neste período. Concentração no período de seca apresenta valores diferentes para cada ponto amostral, mostrando valores entre $8,0 \text{ mg.L}^{-1}$ até $16,0 \text{ mg.L}^{-1}$. A Portaria 2914/2011 que dispõe sobre padrão de potabilidade da água, apresenta um máximo permitido

somente para dureza (500 mg.L^{-1}), e a dureza é dada pela concentração total de Ca^{+2} e de Mg^{+2} , expressa na forma de carbonato de cálcio, embora também causem dureza os bicarbonatos, cloretos, sulfatos, nitratos e silicatos (FIGUEIREDO et al, 2010).

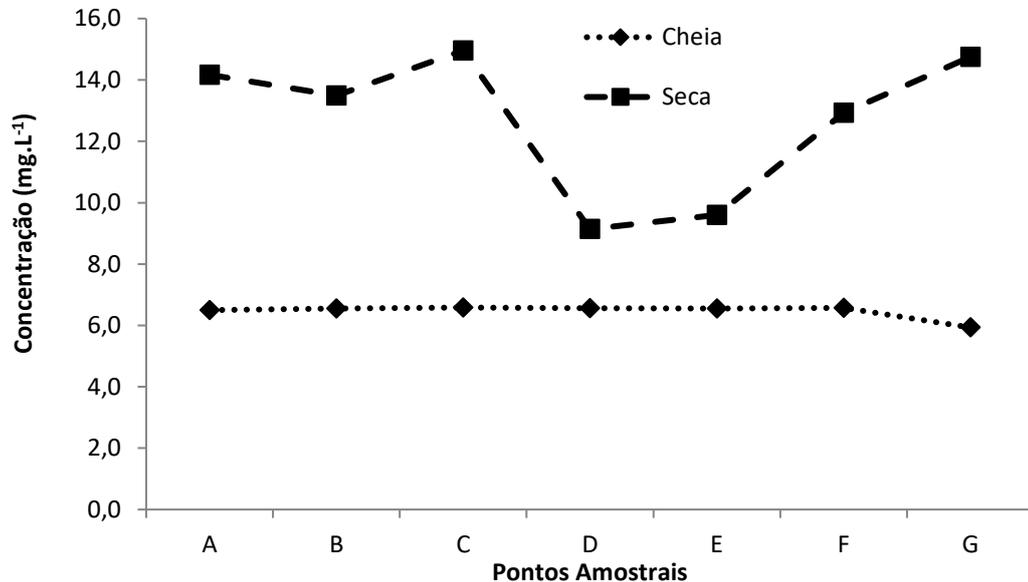


Figura 5 – Concentração de Ca^{+2} (mg.L^{-1}) em água nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

A mobilidade do Ca^{+2} é muito elevada. As suas principais barreiras geoquímicas são devidas à sua incorporação em matéria orgânica, à sua adsorção e à diminuição do pH (RIBEIRO, 2006).

O comportamento das concentrações de sedimento (em mg.kg^{-1}) são semelhantes (figura 6). A menor concentração apresentada é de $3,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ em cheia, e a maior é de aproximadamente $10,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ em seca, o que pode indicar um acúmulo devido ao período em que foi feita a coleta.

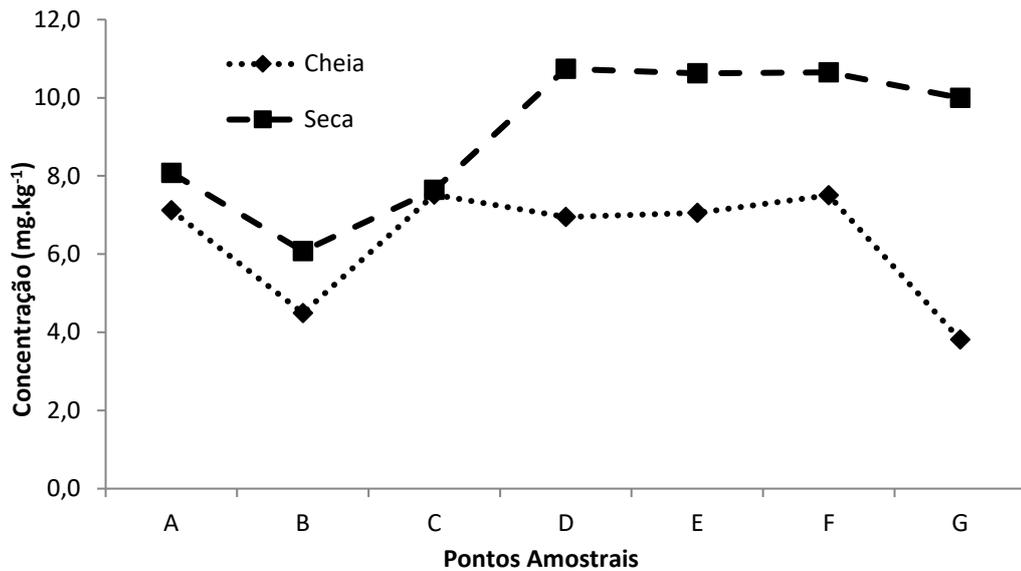


Figura 6 – Concentração de Ca^{+2} (mg.kg^{-1}) em sedimento nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

3.3 Cobre

O Cu^{+2} é um elemento vestigial da crosta terrestre, sendo um metal de transição. É um metal maleável, dúctil e muito resistente à corrosão, sendo o segundo metal com mais alta condutividade térmica e elétrica logo a seguir à prata (RIBEIRO, 2006).

O Cu^{+2} ocorre naturalmente em todas as plantas e animais e é um nutriente essencial em baixas doses. Estudos indicam que uma concentração de $20,0 \text{ mg.L}^{-1}$ de Cu^{+2} ou um teor total de $100,0 \text{ mg.L}^{-1}$ por dia na água é capaz de produzir intoxicações no homem, com lesões no fígado. Concentrações acima de $2,5 \text{ mg.L}^{-1}$ transmitem sabor amargo à água, acima de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ produzem coloração em louças e sanitários (CETESB, 2009).

Níveis de Cu^{+2} em água são apresentados em mínimo de 0 mg.L^{-1} e máximo de $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$ (figura 7), em ambos os períodos de seca e cheia.

A concentração nos pontos amostrais para cheia estão abaixo de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$, indicando assim valores maiores que o permitido pela legislação vigente, CONAMA 357, que é de $0,0130 \text{ mg.L}^{-1}$. Valores para Cu^{+2} em período de cheia não foram registrados durante a análise das amostras.

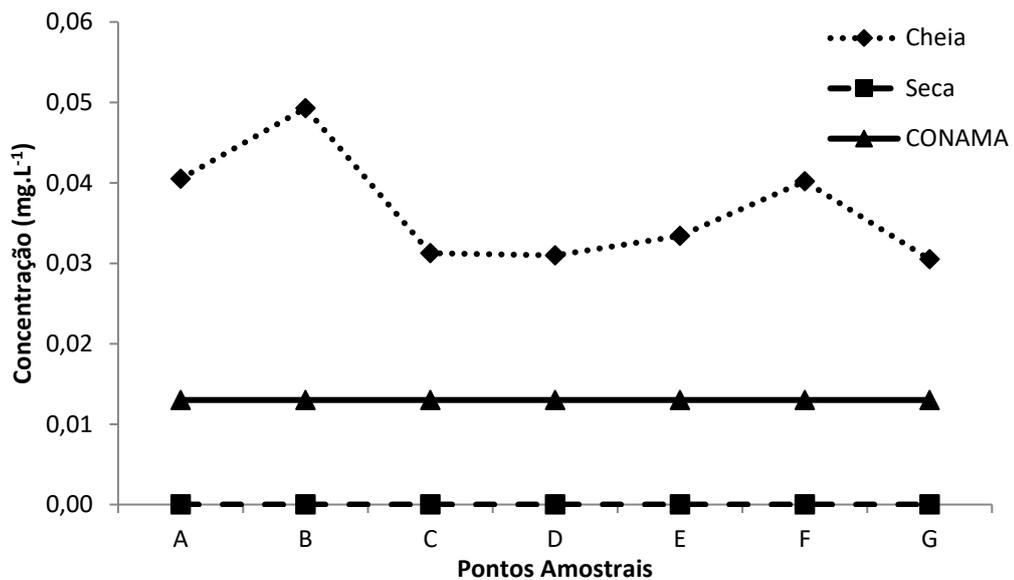


Figura 7 – Concentração de Cu^{+2} (mg.L^{-1}) em água nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

Geralmente o cobre é um elemento com pouca mobilidade nos solos, no entanto, os solos ácidos com baixo teor em matéria orgânica podem ser uma exceção. A sua mobilidade é muito dependente do carbono orgânico, sendo particularmente estável a pH entre 5 e 6. As principais barreiras geoquímicas deste elemento são a presença de sulfetos, o aumento de pH e a adsorção (RIBEIRO, 2006).

Valores exibidos de mínimo e máximo para Cu^{+2} é de $0,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ e $1,4 \text{ mg.kg}^{-1}$, respectivamente (figura 8). O comportamento da concentração em cheia e seca é similar, exceto que em seca os valores são maiores, observando-se um pico no ponto amostral E (aproximadamente $1,5 \text{ mg.kg}^{-1}$). Não há uma legislação brasileira que delimita o máximo permitido de Cu^{+2} em sedimento, mas a EPA (1977) incluiu uma diretriz para este elemento, estabelecendo valores numéricos como classificação de poluído ou não. Os valores apresentados na figura 7 são muito abaixo dos delimitados pela EPA, sendo classificado como não poluído.

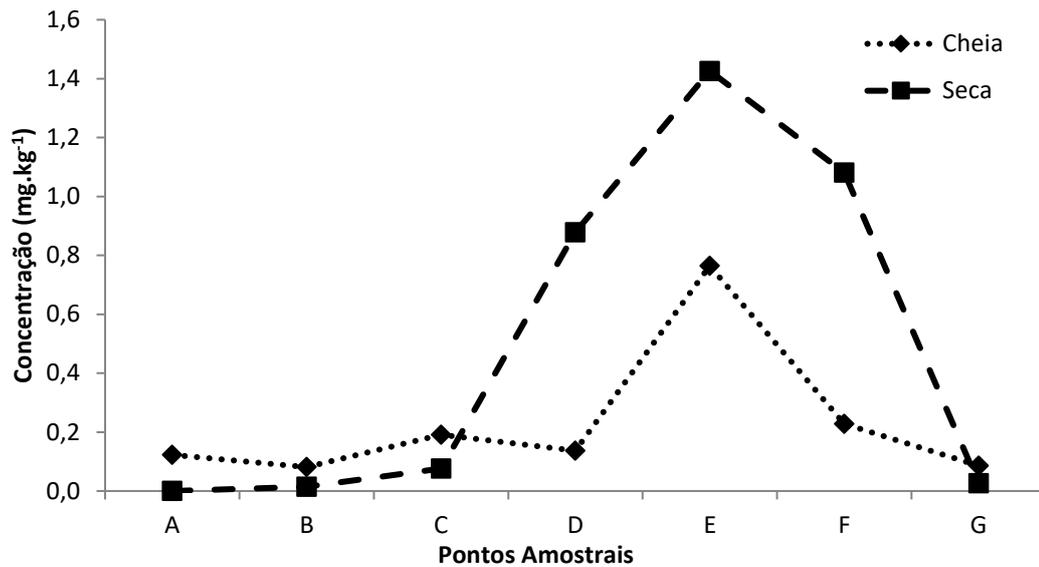


Figura 8 – Concentração de Cu^{2+} (mg.kg^{-1}) em sedimento nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

3.4 Ferro

O ferro é um dos elementos principais da crosta terrestre. É o segundo íon metálico mais abundante a seguir ao Al^{+3} , sendo o quarto em abundância na crosta terrestre. Pela análise da composição dos meteoritos que atingem a Terra podemos também constatar que o Fe^{+3} é um íon muito abundante no restante sistema solar. Este elemento tem propriedades magnéticas, é maleável, dúctil e apresenta na forma elementar uma cor prateada (RIBEIRO, 2006).

É um elemento metálico que ocorre em águas naturais, oriundo da dissolução de compostos ferrosos de solos arenosos, terrenos de aluvião ou pântanos. Embora muitos dos sais férricos e ferrosos sejam altamente solúveis em água, os íons ferrosos, em águas superficiais, são oxidados a condições férricas e formam hidróxidos insolúveis. Estes precipitados apresentam-se na forma de gel ou flocos, podendo, quando suspensos na água, exercer efeitos nocivos sobre peixes e outras vidas aquáticas (SAMPAIO, 2006).

O Fe^{+3} é um constituinte indesejável em suprimentos de água potável, pois afeta as propriedades organolépticas e causa manchas nas roupas, sendo os limites permissíveis baseados não em considerações fisiológicas, mas de estética e sabor. As águas ferruginosas permitem o desenvolvimento das chamadas ferro-bactérias, as

quais, desde o início do seu desenvolvimento, até a morte, transmitem à água odores fétidos e cores avermelhadas, verde escuro ou negra (SAMPAIO, 2006).

A concentração de Fe^{+3} em mínimos e máximos para os períodos de seca e cheia são de $0,0 \text{ mg.L}^{-1}$ e $2,4 \text{ mg.L}^{-1}$ em água (figura 9). Os níveis de Fe^{+3} retratam comportamentos parecidos ao longo da bacia do rio Bento Gomes nos pontos amostrais, contudo no período de cheia mostram-se com maiores concentrações maiores que o período de seca. Nas águas superficiais, o valores de Fe^{+3} aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens (CETESB, 2009). Já estes níveis apresentados estão abaixo do máximo permitido pelo CONAMA 357 ($5,0 \text{ mg.L}^{-1}$).

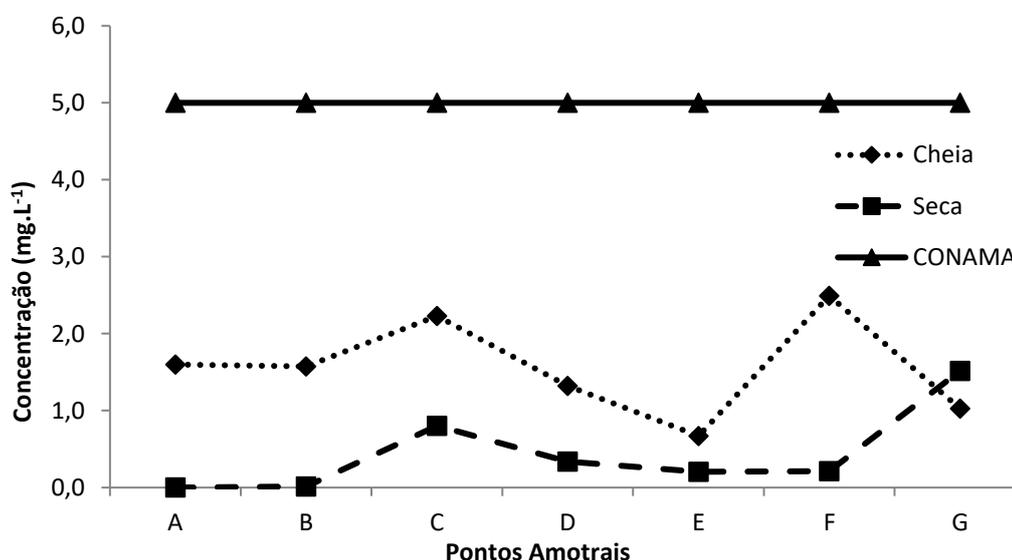


Figura 9 – Concentração de Fe^{+3} (mg.L^{-1}) em água nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

A mobilidade do ferro é muito baixa sob condições de oxidação e baixa em ambiente ácido, neutro a alcalino e redutor. As principais barreiras geoquímicas deste elemento são a oxidação; o aumento de pH; a precipitação sob a forma de óxidos, hidróxidos ou oxihidróxidos de ferro, co-precipitando muitos outros metais (RIBEIRO, 2006).

O Fe^{+3} também é um íon metálico essencial para todos os organismos, apresentando-se tóxico quando usado em doses elevadas. O problema da carência de Fe^{+3} está bastante generalizado, especialmente, em áreas com solos ricos em

Ca^{+2} . A disponibilidade deste elemento nos solos depende do pH, do teor em fosfatos e do teor noutros metais (RIBEIRO, 2006).

O comportamento das concentrações apresenta-se maiores no período de seca (258,0 mg.kg^{-1}) do que no período de cheia (79,0 mg.kg^{-1}), figura 10, mas divergem nos pontos amostrais C e F, onde acontecem picos de maiores concentrações deste elemento em sedimento. Este nível de concentração de íon Fe^{+3} em sedimento deve ter uma ligação direta com a atividade mineradora ocorrida na região da bacia do rio Bento Gomes.

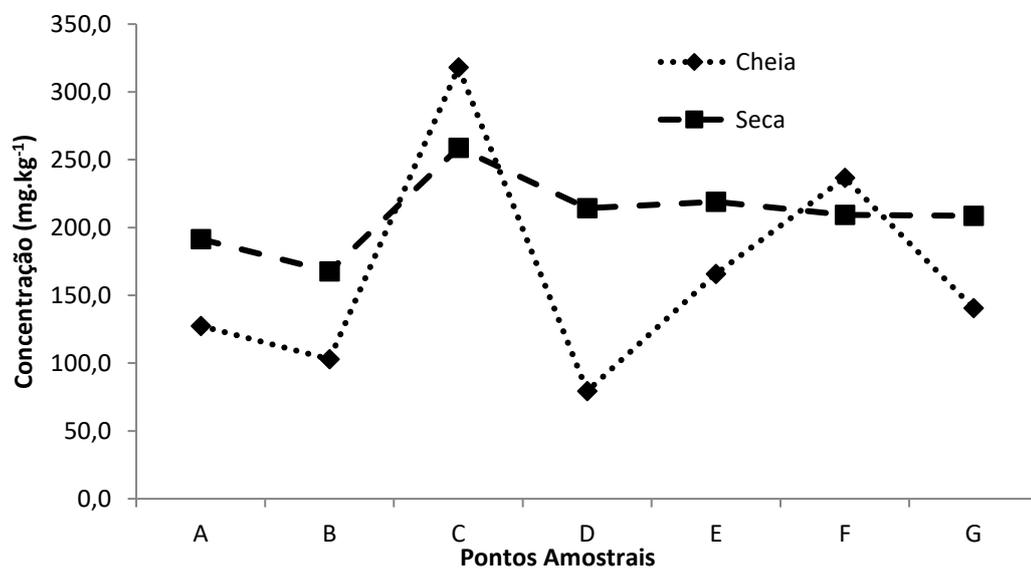


Figura 10 – Concentração de Fe^{+3} (mg.kg^{-1}) em sedimento nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

Como dito anteriormente, não há uma legislação brasileira que estabeleça valores máximos da concentração deste elemento em sedimento, não obstante foi usado um parâmetro da EPA (1977) que classifica este corpo hídrico como não poluído (valores abaixo de 17000 mg.kg^{-1}).

3.5 Magnésio

Semelhante ao Ca^{+2} , o magnésio (Mg^{+2}) é um elemento litófilo importante, aparecendo com 2,1% na crosta terrestre, e, se colocando assim entre os dez elementos mais importantes da crosta, mais especificamente como o oitavo elemento

em ordem de abundância (GOULART, 2008). E tal como acontece com o K^{+2} , o Mg^{+2} aparece nos solos em diversas formas, como minerais primários (silicatos), carbonatos e sulfatos (MALAVOLTA, 1982).

Como o Ca^{+2} , o Mg^{+2} contribui significativamente para a dureza das águas. Sob temperaturas elevadas Mg pode precipitar-se causando incrustações em tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores. A concentração de Mg^{+2} varia geralmente de zero a alguns 100 mg/L, dependendo da fonte e do tratamento da água (GOULART, 2008).

O valor mínimo encontrado de $7,0 \text{ mg.L}^{-1}$ em período de cheia e máxima de aproximadamente $20,0 \text{ mg.L}^{-1}$ em seca (figura 11), portanto os maiores níveis de concentração deste elemento em água é na estação seca. Em nenhuma legislação brasileira usada neste estudo, CONAMA nº 357 e a Portaria nº 2914/2011, não enquadra esse elemento em um máximo permitido em águas superficiais.

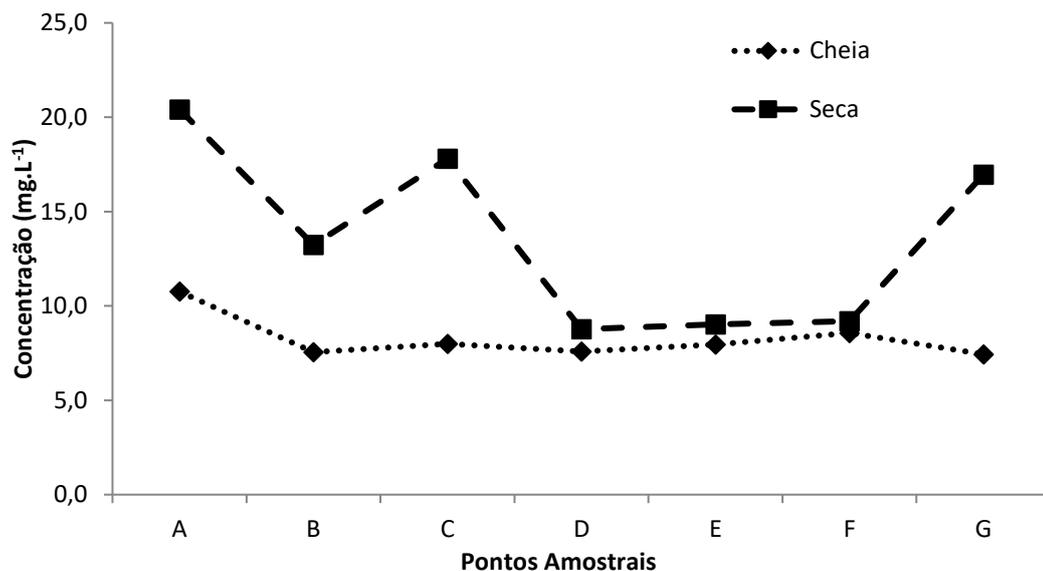


Figura 11 – Concentração de Mg^{+2} (mg.L^{-1}) em água nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

Considera-se como disponível o magnésio da solução do solo e o adsorvido ao complexo de troca do solo. O Mg^{+2} trocável normalmente constitui de 5 a 20% do total da capacidade de troca catiônica: O Ca^{+2} representa em torno de 80% e o K^{+} cerca de 5%. Nos terrenos ácidos das regiões tropicais e subtropicais, entretanto, a participação do Ca^{+2} e a do Mg^{+2} pode ser menor (MALAVOLTA, 1982).

A concentração mínima encontrada é em cheia (2,0 mg.kg⁻¹) e o maior valor encontrado é em seca (figura 12), aproximadamente 36,0 mg.kg⁻¹, predominando assim os maiores valores registrados para Mg⁺² em sedimento no período de seca. Não há uma diretriz que possa ser usada para classificação deste corpo hídrico de acordo com o nível de Mg⁺² em sedimento.

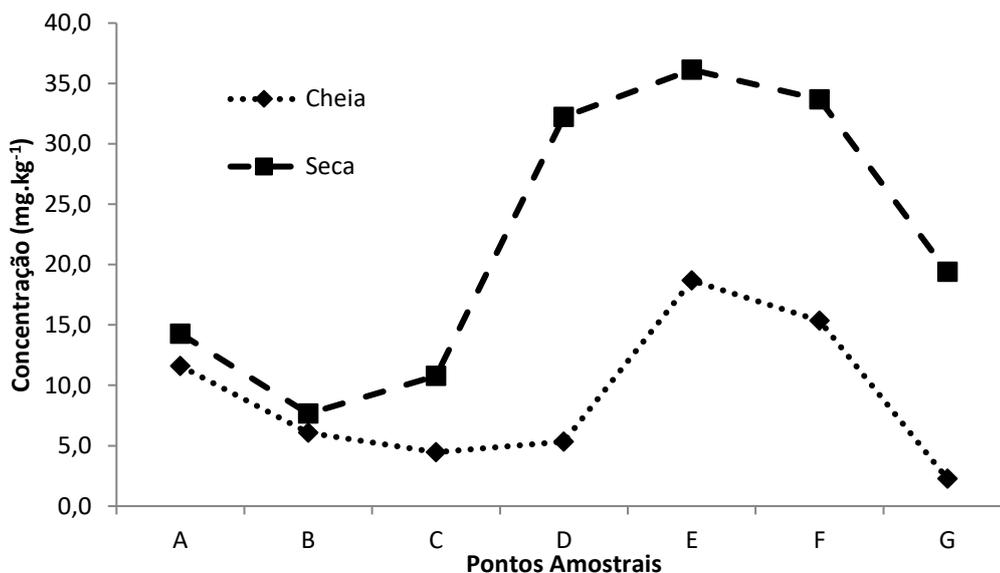


Figura 12 – Concentração de Mg⁺² (mg.kg⁻¹) em sedimento nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

3.6 Manganês

O Mn⁺², como cátion metálico, é semelhante ao Fe⁺³ em seu comportamento químico e é frequentemente encontrado em associação com o Fe⁺². Este elemento existe sob a forma Mn⁺² e é oxidado passando a forma Mn⁺⁴ (SAMPAIO, 2003).

Ocorre naturalmente na água superficial e subterrânea, no entanto, as atividades antropogênicas são também responsáveis pela contaminação da água. Raramente atinge concentrações de 1,0 mg.L⁻¹ em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em quantidades de 0,2 mg.L⁻¹ ou menos. Desenvolve coloração negra na água, podendo se apresentar nos estados de oxidação Mn⁺² (mais solúvel) e Mn⁺⁴ (menos solúvel) (CETESB, 2009).

A figura 13 apresenta os valores de concentração de Mg⁺² encontradas no Rio Bento Gomes, e como exibido os valores variam de no mínimo 0,00 mg.L⁻¹ até 0,045

mg.L⁻¹, em ambos os períodos, embora que a maior pico concentração está na estação seca, mas os maiores valores predominam no período de cheia. Por consequência do carreamento que as chuvas promovem, lavando o solo e levando para dentro do rio.

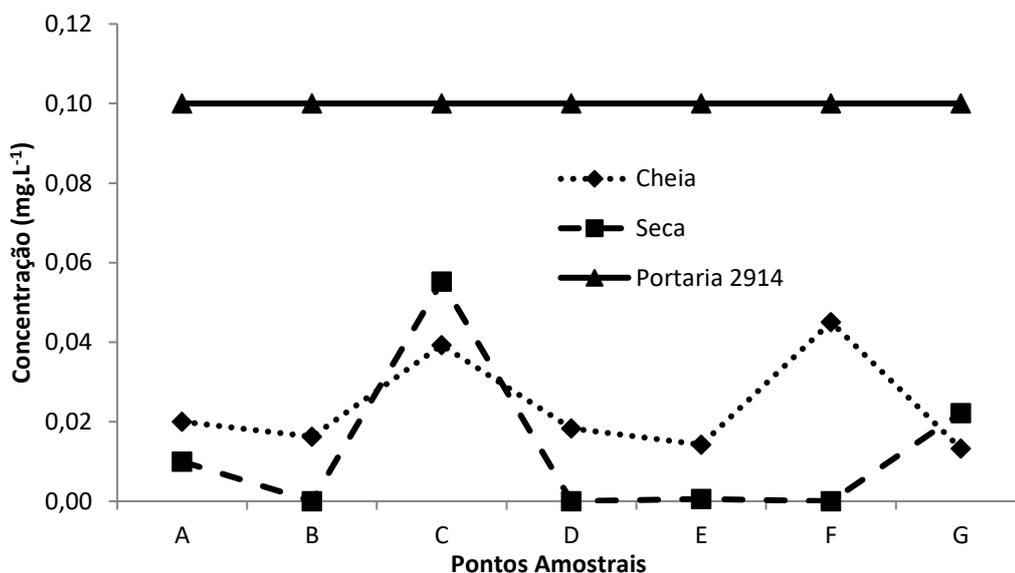


Figura 13 – Concentração de Mn⁺² (mg.L⁻¹) em água nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

E de acordo com a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, os valores exibidos como resultado deste estudo estão abaixo do máximo permitido pela legislação citada.

O Mn⁺² e seus compostos são usados na indústria do aço, ligas metálicas, baterias, vidros, oxidantes para limpeza, fertilizantes, vernizes, suplementos veterinários, entre outros usos (CETESB, 2009). É um elemento essencial para nutrição, tanto de animais, como de seres humanos, tanto sua falta quanto seu excesso, produz efeitos colaterais. O envenenamento por Mn⁺² produz efeitos semelhantes ao da doença de Parkinson, distúrbios psicológicos e falta de coordenação motora (SAMPAIO, 2003).

A concentração do elemento nos períodos de seca e cheia possui um comportamento parecido, embora os maiores níveis se encontrem no período de seca (figura 14). Isso se deve ao fato de que, com as chuvas ocorrendo em menores quantidades, ou escassas como no caso do pantanal neste período, a vazão do rio diminui e assim o acúmulo desse mineral nos sedimentos de fundo aumenta, e

também com a atividade mineradora que ocorre na região ressurgida na década de 1970.

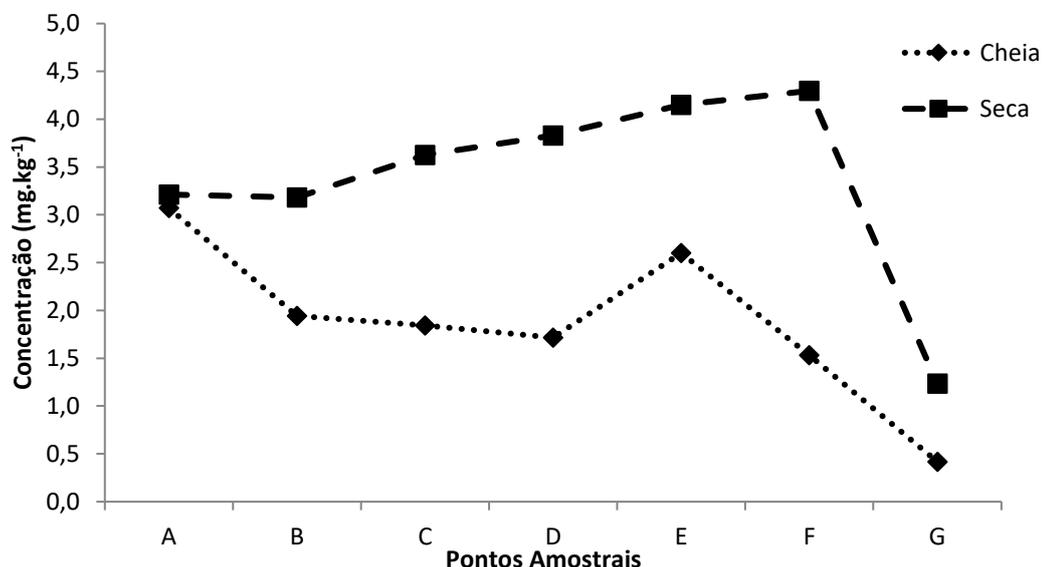


Figura 14 – Concentração de Mn^{2+} ($mg.kg^{-1}$) em sedimento nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

Ainda não há uma legislação brasileira que delimita o máximo ou o mínimo permitido deste metal em sedimentos, então para classificação foi usada uma diretriz exibida pela EPA (1977), que classifica os sedimentos dos Grandes Lagos (EUA) em poluído ou não. De acordo com a tabela 1, a concentração deste elemento classifica o corpo hídrico como não poluído.

3.7 Potássio

Os principais minerais portadores de potássio são os feldspatos de potássio e as micas (ilita, muscovita, biotita, etc.), a liberação do K^+ contido nestes minerais ocorre através da intemperização (MIELNICZUK, 1982). K^+ é encontrado em baixas concentrações nas águas naturais, já que rochas que contenham K^+ são relativamente resistentes às ações do tempo. Entretanto, sais de K^+ são largamente usados na indústria e em fertilizantes para agricultura, entrando nas águas doces através das descargas industriais e de áreas agrícolas (CETESB, 2009).

As concentrações em águas naturais são usualmente menores que 10 mg.L^{-1} . Valores da ordem de grandeza de 100 e 25.000 mg.L^{-1} podem indicar a ocorrência de fontes quentes e salmouras, respectivamente (CETESB, 2009).

A figura 15 apresenta os valores de concentração de K^+ encontradas no Rio Bento Gomes, os níveis variam tanto de período quanto de ponto amostral. A menor concentração encontrada é de $4,0 \text{ mg.L}^{-1}$ e máxima de aproximadamente $19,0 \text{ mg.L}^{-1}$, ambas no período de seca. Os níveis de K^+ no período de cheia se dá devido à vazão do rio que aumenta neste período. Não há uma legislação que enquadra esse elemento em um valor máximo permitido.

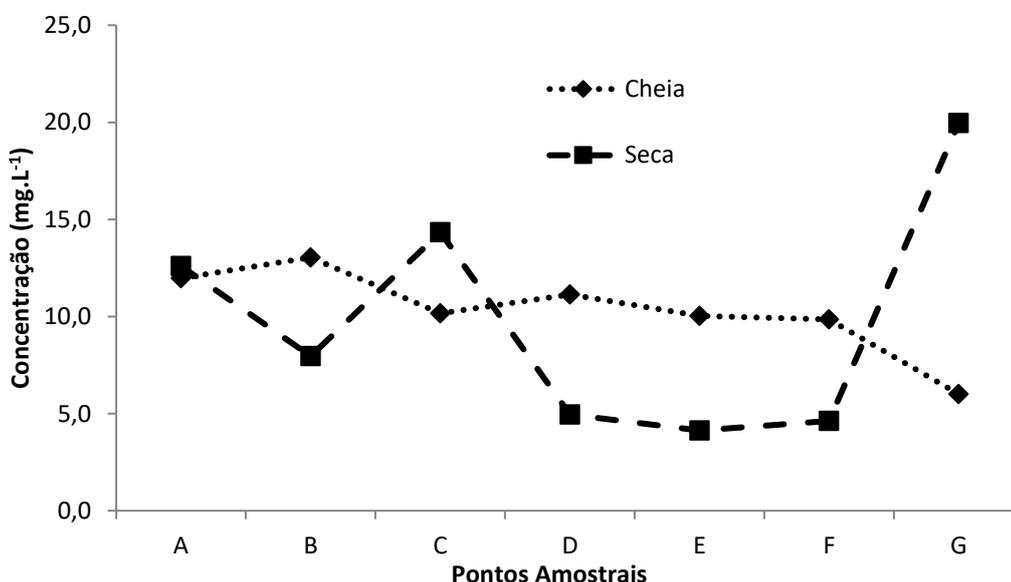


Figura 15 – Concentração de K^+ (mg.L^{-1}) em água nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

O menor nível de K^+ em sedimento registrado pelo estudo é de $12,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ no período de seca, e o máximo encontrado é de aproximadamente $128,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ em cheia (figura 16). O K^+ é usualmente encontrado na forma iônica e os sais são altamente solúveis. Ele é pronto para ser incorporado em estruturas minerais e acumulado pela biota aquática, pois é um elemento nutricional essencial (CETESB, 2009). Não foi encontrada uma legislação que delimita um valor máximo permitido deste elemento em sedimento.

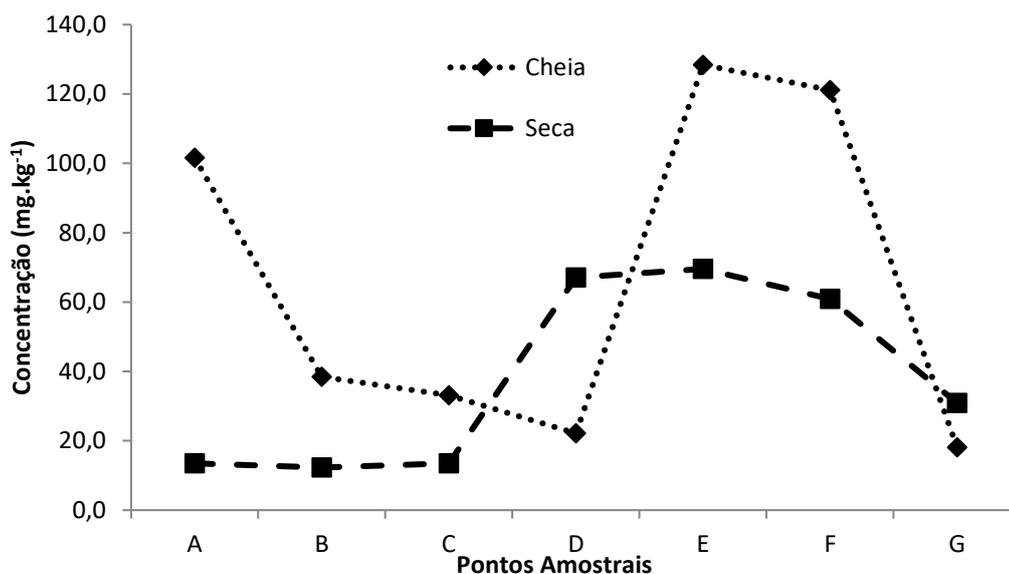


Figura 16 – Concentração de K⁺ (mg.kg⁻¹) em sedimento nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

3.8 Sódio

Todas as águas naturais contêm algum sódio, já que ele é um dos elementos mais abundantes na Terra e seus sais são altamente solúveis em água, encontrando-se na forma iônica (Na⁺), e nas plantas e animais, já que é um elemento ativo para os organismos vivos (CETESB, 2009).

As concentrações de Na⁺ nas águas superficiais variam consideravelmente, dependendo das condições geológicas do local, descargas de efluentes e uso sazonal de sais em rodovias. Valores podem estender-se de 1 mg.L⁻¹ ou menos até 10 mg.L⁻¹ ou mais em salmoura natural. Muitas águas superficiais, incluindo aquelas que recebem efluentes, têm níveis bem abaixo de 50 mg.L⁻¹. Embora a concentração de Na⁺ na água potável geralmente seja menor que 20 mg.L⁻¹, esse valor pode ser excedido em alguns países, porém concentração acima de 200 mg.L⁻¹ pode dar à água um gosto não aceitável (CETESB, 2009).

O valor mínimo apresentado é de 9,0 mg.L⁻¹ em cheia e o máximo exibido é de aproximadamente 31,0 mg.L⁻¹, portanto os maiores níveis se concentram na estação seca (figura 17).

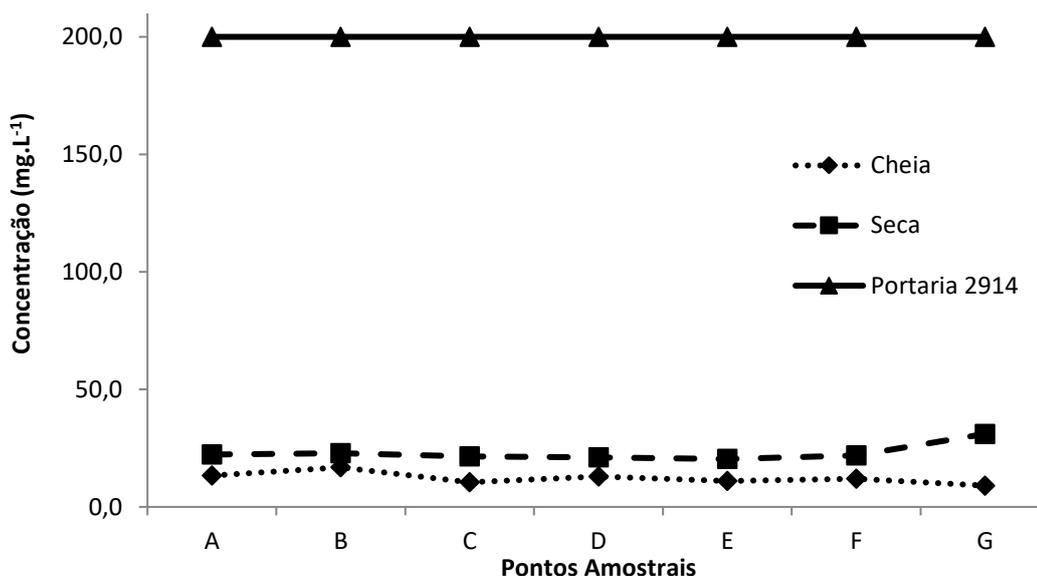


Figura 17 – Concentração de Na⁺ (mg.L⁻¹) em água nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

A Portaria nº 2914/2011 estabeleceu um máximo permitido de 200,0 mg.L⁻¹ e, todos os valores estão abaixo do padrão exigido pela legislação (figura 17).

O Na⁺ é comumente medido onde a água é utilizada para dessedentação de animais ou para agricultura, particularmente na irrigação. Quando o teor de Na⁺ em certos tipos de solo é elevado, sua estrutura pode degradar-se pelo restrito movimento da água, afetando o crescimento das plantas (CETESB, 2009).

Apesar das concentrações de Na⁺ serem diferentes e em nenhum ponto amostral apresentarem o mesmo valor (figura 18), elas possuem um comportamento parecido, exceto que as concentrações de Na⁺ são maiores no período de seca. O valor máximo de sódio em sedimento encontrado por este estudo é de aproximadamente 9,0 mg.kg⁻¹, relativamente baixo considerando o fato que o elemento químico Na é um elemento considerado biodisponível, por se apresentar naturalmente em águas superficiais.

Não há uma legislação que delimite o máximo permitido em sedimento para este elemento.

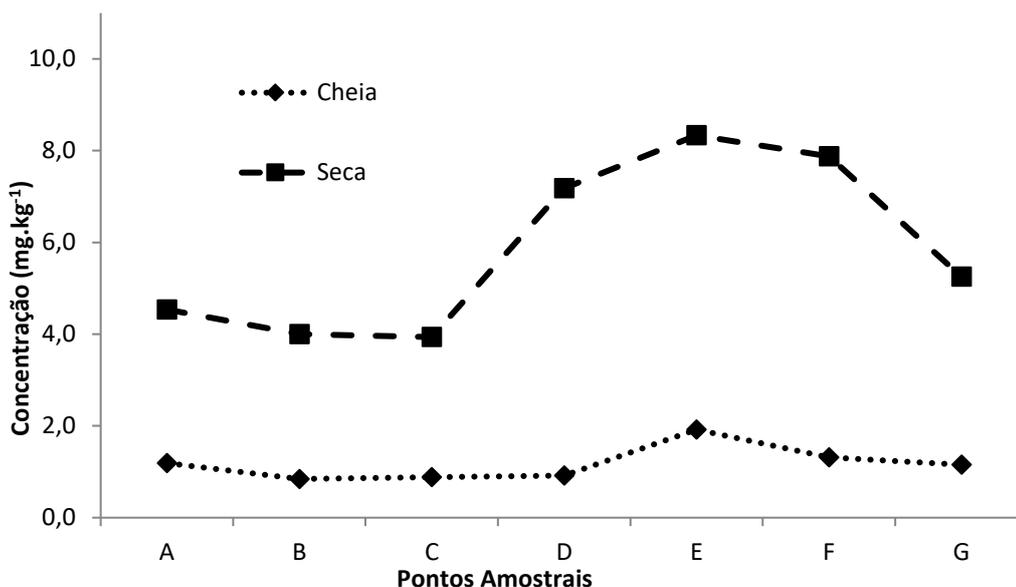


Figura 18 – Concentração de Na⁺ (mg.kg⁻¹) em sedimento nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

3.9 Matéria Orgânica

Matéria orgânica é todo o material de origem vegetal ou animal produzido no próprio ambiente aquático (autóctone) ou introduzido nele por meio de despejos ou carreamento, ou seja, pelo arraste por água de chuva (alóctone) (CETESB, 2006).

A matéria orgânica sofre um processo de decomposição que implica no consumo do oxigênio presente no meio. Esse processo tem sua velocidade acelerada com o aumento da temperatura, isto é, altas concentrações de matéria orgânica, sobretudo em temperaturas acima de 20°C irão acarretar na depleção do oxigênio dissolvido, podendo levar a mortandades maciças (CETESB, 2006).

Com a decomposição da matéria orgânica liberam-se nutrientes para o meio que serão utilizados pelas algas e vegetais superiores para o seu crescimento. Geralmente, em ambientes naturais há baixa concentração de matéria orgânica e escassez de nutrientes, limitando o crescimento das algas (CETESB, 2006).

No período de cheia, o valor mínimo apresentado é de 0,10 mg.L⁻¹ e o máximo de 1,1 mg.L⁻¹, e para o período de seca o mínimo é de 8,9 mg.L⁻¹ e o máximo de 73,4 mg.L⁻¹ (figura 19). Os níveis de matéria orgânica no período de cheia se mostram mais próximos entre si para os pontos apresentados do que os pontos no período de seca.

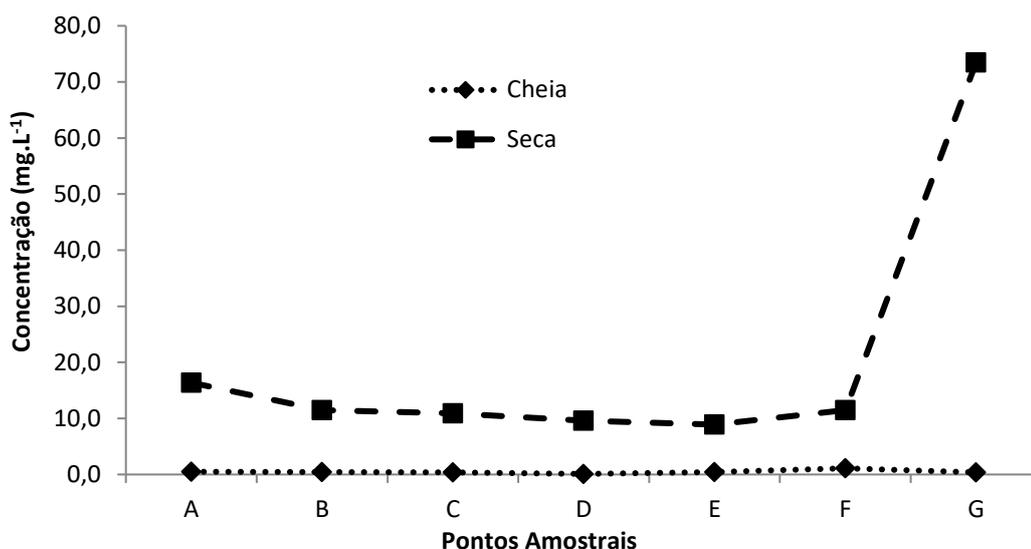


Figura 19 – Concentração de Matéria Orgânica (mg.L⁻¹) em água nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

O Rio Bento Gomes por toda a sua extensão possui um ambiente lótico, este fato pode explicar o comportamento das concentrações de matéria orgânica dentre os pontos A e F. O ponto G, situado próximo à Rodovia Transpantaneira, se apresenta diferente. Isso ocorre, pois o rio vem apresentando um comportamento lótico, e neste ponto a largura do rio tornou-se maior e a sua profundidade diminuiu, aumentando o contato com o sedimento e revolvendo-o, deixando em suspensão, agregando assim o maior valor na concentração de matéria orgânica neste ponto.

O pico de concentração no período de seca no ponto G (73,4mg.L⁻¹) pode ser justificado pelo carregamento de compostos orgânicos, através de percolação de água superficial decorrente da lixiviação da rodovia Transpantaneira, uma vez que, esta rodovia não é pavimentada.

Para os níveis de matéria orgânica em água superficial, não há nenhuma legislação brasileira que delimite este valor, tanto de máximo quanto de mínimo.

A maior parte da matéria orgânica em decomposição encontra-se no fundo dos corpos d'água, no sedimento, onde a concentração de oxigênio torna-se menor, ocasionando a decomposição anaeróbica dessa matéria orgânica. O processo de decomposição anaeróbica gera acidez e gases tóxicos (gás metano e gás sulfídrico, por exemplo), o que torna o ambiente inviável para a sobrevivência da fauna aquática quando ocorre em grande quantidade (CETESB, 2006).

A concentração de matéria orgânica no rio Bento Gomes em sedimento nos pontos amostrais é apresentada pela figura 19. No período de cheia, o valor mínimo

apresentado é de $7,11 \text{ mg.kg}^{-1}$ e o máximo de $96,2 \text{ mg.kg}^{-1}$, e para o período de seca o mínimo é de $2,8 \text{ mg.L}^{-1}$ e o máximo de $99,2 \text{ mg.L}^{-1}$.

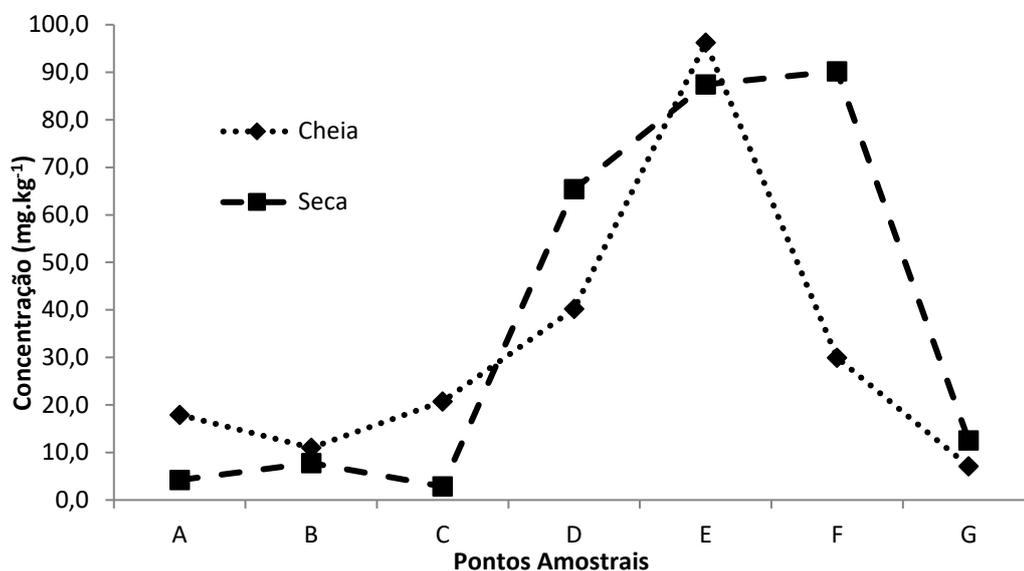


Figura 20 – Concentração de Matéria Orgânica (mg.kg^{-1}) em sedimento nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

Por toda a sua extensão, o rio possui um comportamento lótico, de pouca largura e profundidade considerável. E, ao chegar na baía, a largura do rio aumenta, devido ao fluxo da água a direção do fluxo e depósito do rio assume um comportamento de “rebojo”, sendo carregado os sedimentos para a margem direita do rio, onde foi encontrada maior a concentração de matéria orgânica no sedimento, demonstrado pelo ponto amostral E que está localizado no centro da bacia do Rio Bento Gomes.

O ponto amostral G apresenta níveis muito baixos de matéria orgânica em sedimentos, pois a maior parte do material sedimentado está em suspensão devido ao fato que, neste ponto, o rio apresenta uma menor profundidade.

4. CONCLUSÃO

- Em água, todos os valores apresentados para o íon metálico Al^{+3} estão acima do permitido pela Legislação do CONAMA nº 357/2005 ($0,200 \text{ mg.L}^{-1}$). Nos pontos amostrais de A a G para sedimento é demonstrado maior concentração em seca.

- As maiores concentrações apresentadas para o íon Ca^{+2} estão no período de seca, demonstrando valores constantes no período de cheia (água) e na Baía Piuval (sedimento).
- De acordo com a Diretriz da EPA (1977) os valores de íons metálicos de Cu^{+2} encontrados em sedimento são classificados como não poluídos.
- Os íons metálicos de Fe^{+3} em água se mostram maiores no período de cheia e, para todos os pontos amostrais, estão abaixo do estipulado pela Legislação do CONAMA nº 357/2005 ($5,0 \text{ mg.L}^{-1}$), o mesmo equivale para sedimento sendo classificado como não poluído pela Diretriz da EPA (1977).
- Íons metálicos de Mg^{+2} apresentam os maiores valores no período de seca, tanto em sedimento quanto em água.
- O comportamento do íon metálico de Mn^{+2} é semelhante ao de Fe^{+3} neste estudo, apresentando sua concentração em água maiores no período de cheia, e todos os valores de acordo com a Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011 ($0,100 \text{ mg.L}^{-1}$), e em sedimento, os maiores valores se encontram no período de seca.
- Íons de K^{+} apresentam maiores valores em período de cheia, para sedimento e água.
- Em água e sedimento, os maiores valores de Na^{+} apresentado está no período de seca, e de acordo com a legislação utilizada em estudo (Portaria do MS nº 2914/2011).
- Os valores de Matéria Orgânica em água possuem variação de sazonalidade iguais, com exceção do ponto E que possui o pico em cheia. No sedimento, os pontos D, E e F contém notoriedade de concentração tanto em seca quanto em cheia.

5. REFERÊNCIAS

ADÂMOLI, J. O Pantanal e suas relações fitogeográficas com os cerrados: discussão sobre o conceito de complexo do Pantanal. *In: Anais do 32º Congresso nacional da Sociedade Botânica do Brasil*, Teresina, Universidade Federal do Piauí. 1982.

AHLF, W.; FÖRSTNER, U. Managing Contaminated Sediments. **JSS- Journal of Soils & Sediments**. v.1, n.1, 6p., 2001.

AWWA; APHA; WPCF. **Standard Methods for the Examination os Water ant Wastewater**. 16th edition, Washington, 1985.

BERNARDI, C. J. Dinâmica de deposição e remoção de matéria orgânica no solo superficial de um campo inundável no Pantanal de Mato Grosso, Brasil. Cuiabá – MT: **Proficientia**. v.1, 6p., 2004.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução nº 357 de 18 de março de 2005, 27p.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria nº 2914** de 12 de dezembro de 2011, 38p.

BOLLMANN, H. A.; CARNEIRO, C.; PEGORINI, E. S. Qualidade da Água e Dinâmica de Nutrientes. ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. **Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados**. 1^a ed. Curitiba – PR: Gráfica Capital Ltda, v.10, n.2, 96p., 2005.

CALHEIROS, D. F.; FERREIRA, C. J. A. **Alterações limnológicas no rio Paraguai (“dequada”) e o fenômeno natural de mortandade de peixes no pantanal mato-grossense – MS**. 1^a ed. Corumbá – MS: EMBRAPA-CPAP, v.1. 51 p., 1996.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. Série de Relatórios de qualidade das águas de interiores no Estado de São Paulo, Apêndice A. 44p., 2009.

COUTO, E. G., CHIG, L. A., CUNHA, C. N., LOUREIRO, M. F. **Estudo sobre o impacto do fogo na disponibilidade de nutrientes, no banco de sementes e na biota de solos da RPPNDESC Pantanal**. Rio de Janeiro: SESC, Departamento Nacional, 2006. v.1, 56p.

DAVIDSON, C. M.; THOMAS R. P.; MCVEY S. E.; PERALA R.; LITTLEJOHN D.; URE A. M. Evaluation of a sequential extraction procedure for the speciation of heavy metals in sediments, **Analytica Chimica Acta**, v.291, 9p., 1994.

DIAS, J. C.; LIMA, W. N. Comparação de métodos para a determinação de matéria orgânica em amostras ambientais. **Revista Científica da UFPA**, Belém – PA, v. 4, 2004.

Environmental Protection Agency – EPA. **Soil Screening Guidance: User’s Guide**. Washington, D.C., Office of Solid Waste and Emergency Response. 595 p., 1977.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2^a ed. Rio de Janeiro – RJ: Interciência, 1998. 270 p.

FERNANDES, I. M.; SIGNOR, C. A.; PENHA, J. **Biodiversidade no Pantanal de Poconé**. 1ª ed. Cuiabá – MT: Centro de Pesquisa do Pantanal, 2010. 196p.

FERRARINI, S. F. **Desenvolvimento de metodologia alternativa para a determinação de elementos em nível de traços em amostras de carvão pela técnica de ICP-OES**. 2007. 52f. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2007.

FIGUEIREDO, S. B.; ARAÚJO A. A.; ALMEIDA, A. R.; SAMPAIO, M. S. **Relatório de Monitoramento da Qualidade da Água da Região Hidrográfica do Paraguai – 2007 a 2009**. 1ª ed. Cuiabá – MT: SEMA/MT; SMIA, 2010. 108p.

FLORENCE, T. M. Development of physico-chemical speciation procedures to investigate the toxicity of copper, lead, cadmium and zinc towards aquatic biota. **Analytica Chimica Acta**, v.141, 21p., 1982.

FORSTNER, U. Geochemical techniques on contaminated sediments - river basin view. Part I: Integrated water quality management: river basin approach. **Environment Scienc & Pollutions**. v.10, n.1, 4p., 2003.

FORSTNER, U.; MÜLLER, G. Schwermetalle in Flüssen und Seen als Ausdruck der Umweltverschmutzung. **Berlin: Springer**, 1974. 225p.

FORSTNER, U.; WITTMANN, G.T.W. **Metal pollution in the aquatic environment**. Berlin: Springer, 1979. 486p.

FORSTNER, U.; WITTMANN, G. T. W. **Metal pollution in the aquatic environment**. Berlin : Springer-Verlag, 1983. v.18, 486p.

GOULART, R. M. **Análise da qualidade da água e dos sedimentos do alto do rio Piranga**. 94p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto – MG, 2008.

HAMILTON S. K.; SIPPEL S. J.; MELACK J. M. Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. **Archiv fur Hydrobiologie**, Santa Barbara – CA, 1996. v.137, n.1, 22p., 1996.

KUNO, R. **Avaliação da contaminação por mercúrio em peixes do Alto Pantanal**. 2003. 112f. Dissertação (Mestrado em Epidemiologia) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2003.

LACERDA, L.D.; SALOMONS, W. **Mercúrio na Amazônia: uma bomba relógio química?** 1ª ed. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1992. 78p.

LACERDA, L. D.; PFEIFFER, W. C.; MARINS, R. V.; RODRIGUES, S.; SOUZA, C. M. M. e BASTOS, W. R. Mercury dispersal in water, sediments and aquatic biota of a gold mining tailing deposit drainage in Poconé, Brazil. **Water, Air and Soil Pollution**. v.55, 11p., 1991.

LAWS, E. A. **Aquatic Pollution: An Introductory Text**. 2^a ed. Nova York: John Wiley and Sons, Inc. 1993. 672p.

MALAVOLTA, E. **Boletim Técnico 4 – Potássio, Magnésio e Enxofre nos Solos e Culturas Brasileiras**. 3^a ed. Piracicaba – SP: Monsanto, 1982. 91p.

MIELNICZUK, J. **Boletim Técnico 2 – O Potássio no Solo**. 4^a ed. Piracicaba – SP: Franciscana, 1982. 79p.

MURRAY, J. W. The interaction of metal ions at the manganese dioxide-solution interface. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v.39, 14p., 1975.

O'NEILL, P. **Environmental Chemistry**. London – Uk: Chapman & Hall, 1993. 268p.

PEREIRA, G.; CHÁVEZ, E. S.; SILVA, M. E. S. O estudo das unidades de paisagem do bioma Pantanal. **Ambi-Agua**, Taubaté – SP, v.7, n. 1, 14p., 2012.

PEREIRA FILHO, S. R. **Metais pesados nas sub-bacias hidrográficas de Poconé e Alta Floresta**. 1^a ed. Rio de Janeiro – RJ: CETEM/CNPq, 1995. 54p.

POLUIÇÃO por pesticidas, nutrientes e material em suspensão nos rios formadores do Pantanal Matogrossense. CALHEIROS, D. F.; OLIVEIRA, M. D.; DOLORES, E. F. G. Corumbá – MS: **Embrapa Pantanal**, 2006. 4p.

PROCHNOW, T. R.; PROCHNOW, E. A.; Efeitos antrópicos sobre concentrações de metais alcalinos na região da microbacia do Arroio Araçá, Canoas – RS. **Química Nova**, v.32, n.7, 4p., 2009.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade da água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, Jaguariúna – SP, v.59, n.1, 5p, 2002.

SALOMONS, W.; FORSTNER, U. Metals in the Hydrocycle. **Berlin: Springer-Verlag**, 1984. 349p.

SAMPAIO, A. C. S. **Metais pesados na água e sedimentos dos rios da bacia do Alto Paraguai**. 76p. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais) – Centro de Ciências exatas e tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande – MS. 2003.

SETTI A. A.; LIMA J. E. F. W.; CHAVES A. G. M.; PEREIRA I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2^a ed. Brasília – DF: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2001. 207 p.

SILVA, A. M.; CORINGA, J. E. S.; CORINGA, E. A. O. Índices de qualidade dos sedimentos e de água do rio Bento Gomes – Poconé – MT. In: IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Salvador, Bahia: **IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais**, 2013. 6p.

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. New York: Oxford University Press, 1989. 277p.

STEVENSON, F. J. **Humus Chemistry: genesis, composition, reactions**. New York: Wiley-Interscience, 1982. 443p.

STRADKRABA, M.; TUNDISI, J. G. **Diretrizes para o gerenciamento de lagos - Gerenciamento da qualidade da água de represas**. 1ª ed. v.9. São Carlos – SP, 2000, 280 p.

TOCANTINS, N.; ROSSETTO, O. C.; BORGES, F. R. Abordagem socioeconômica dos pescadores filiados à colônia Z₁₁ município de Poconé, Pantanal de Mato Grosso, Brasil. **Costa Rica: Revista Geográfica de América Central Número especial EGAL**. 9 p., 2011.

VEIGA, M. M.; FERNANDES, F. R. C.; FARID, L. H.; MACHADO, J. E. B.; SILVA, A. O.; LACERDA, L. D.; SILVA, A. P.; SILVA, E. C.; MARINS, R. V.; IMBASSAHY, J. A.; PFEIFFER, W. C.; BASTOS, W. R.; SOUZA, V. P. **Poconé: Um campo de estudos do impacto ambiental do garimpo**. 1ª ed. Rio de Janeiro – RJ: CETEM/CNPq, 1991. 63p.

VIEIRA, L. M., ALHO, C. J. R., FERREIRA, G. A. L., Contaminação por mercúrio em sedimento e em moluscos do Pantanal, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. v.12. 93p., 1995.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª ed. Belo Horizonte – MG: FCO, 1996. v.1, 243P.

6. ANEXO

Anexo 1 – Parâmetros instrumentais do ICP – OES.

Parâmetros instrumentais	ICP OES
Potência de radiofrequência*	1400 W
Vazão do gás principal	15 L min ⁻¹
Vazão do gás auxiliar*	0,2 L min ⁻¹ (Co, Cu, Mn, Ni, V, Zn); 0,3 L min ⁻¹ (As e Pb)
Vazão do gás de nebulização*	(As,Co,Ni,Pb) 0,6 (Mn,V,Zn) 0,7 (Cu) 0,8 L min ⁻¹
Nebulizador	GemCone®
Câmara de nebulização	Scott Ryton
Injetor	Alumina
Processamento do sinal	Área (5 pontos por pico para As, 7 pontos por pico para Co, Cu, Pb, Mn, Ni e Zn e 8 pontos por pico para V)
Resolução	Alta
Tempo de integração	Automático, mínimo 1 s, máximo 2 s
Vazão da amostra	1,5 mL min ⁻¹
Replicatas	2
Correção de fundo	2 pontos

*parâmetros otimizados