

**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

GABRIELA GIUSMIN

**AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE METAIS EM ÁGUA DO RIO
BENTO GOMES NO PANTANAL DE POCONÉ - MT**

Cuiabá/MT

2016



**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

GABRIELA GIUSMIN

**AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE METAIS EM ÁGUA DO RIO
BENTO GOMES NO PANTANAL DE 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, orientado pelo Profº Me. James Moraes de Moura.

Cuiabá – MT

Agosto/2016

FICHA CATALOGRÁFICA

G538a

Giusmin, Gabriela.

Avaliação da disponibilidade de metais em água do rio Bento Gomes no Pantanal de Poconé – MT. / Gabriela Giusmin._ Cuiabá, 2016.
41 f.

Orientador: Prof. Ms. James Moraes de Moura

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)_. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Campus Cuiabá – Bela Vista. Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental.

1. Metais pesados – TCC. 2. Qualidade da água – TCC. 3. Contaminação – TCC. I. Moura, James Moraes de. II. Título.

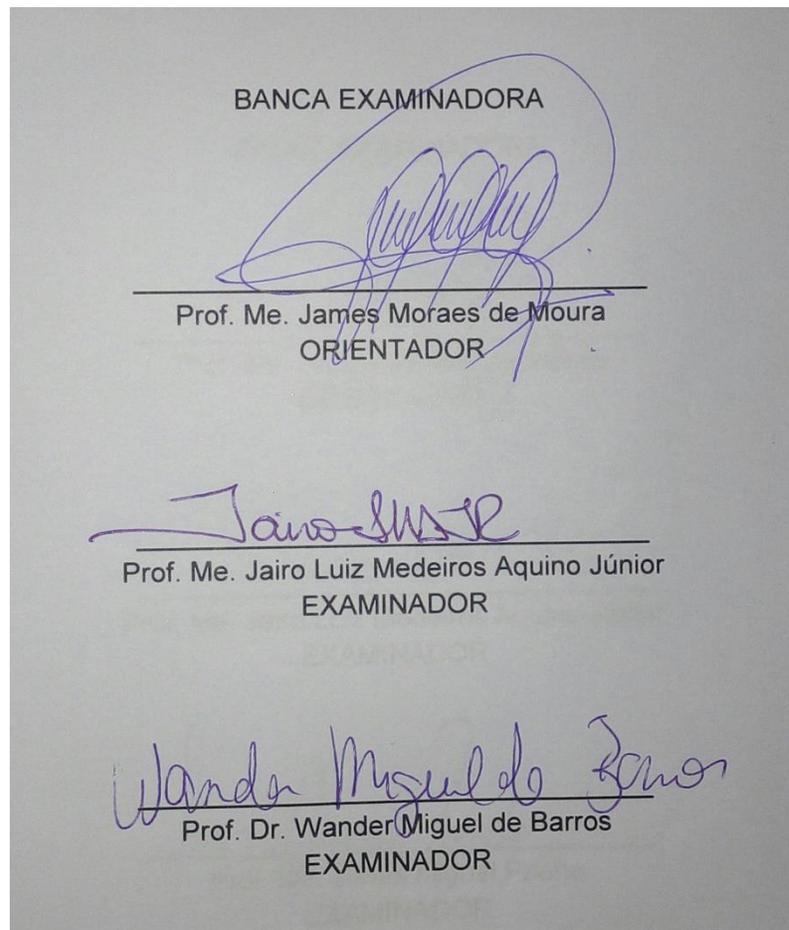
IFMT CAMPUS CUIABÁ BELA VISTA CDU 628.19(817.2)
CDD 628.1.98172

GABRIELA GIUSMIN

AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE METAIS EM ÁGUAS DO RIO BENTO GOMES NO PANTANAL DE 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: _____



Cuiabá – MT

Agosto/2016

DEDICATÓRIA

A Deus, por sua constante presença, amor e cuidado em todos os momentos da minha existência.

Ao meu esposo Wellygton Wagner da Silva Dejavitte pelo companheirismo. Obrigada por me ajudar a enfrentar os momentos de dificuldades.

A minha filha, Maria Luísa Giusmin Dejavitte, minha fonte de coragem e razão do meu viver.

Aos meus pais, Antônio Davi Giusmin e Geni Renner Giusmin, pelo amor, carinho e apoio incondicional.

Aos meus irmãos, Felipe Giusmin e Daniel Giusmin, meus príncipes.

A minha prima Camili Dall Pai, pela amizade e incentivo de sempre.

AGRADECIMENTOS

As amizades conquistadas durante o curso, especialmente as colegas, Fernanda Mendes Amorim, Maria Teresa Campos Carvalho e Thais Oliveira Alves.

Ao corpo docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Campus Cuiabá - Bela Vista, pela oportunidade de compartilhar de seus conhecimentos, em especial, ao meu orientador Prof. Me. James Moraes de Moura.

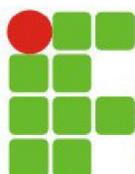
Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização desse trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área de coleta contendo os pontos amostrais A a G no Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.....	25
Figura 2 – Processos envolvidos no espectrômetro de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES).....	27
Figura 3 – Concentração de Al^{+3} nas amostras nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.....	29
Figura 4 – Concentração de Pb^{+2} nas amostras nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.	30
Figura 5 – Concentração de Co^{+2} nas amostras nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.	31
Figura 6 – Concentração de Cr^{+2} nas amostras nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.	32
Figura 7 – Concentração de Mo nas amostras nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.	33
Figura 8 – Concentração de Ni^{+2} nas amostras nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.	34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Características dos metais em estudo.....	12
1.1.1. Alumínio (Al^{+3}).....	12
1.1.2. Chumbo (Pb^{+2}).....	13
1.1.3. Cobalto (Co^{+2}).....	14
1.1.4. Cromo (Cr^{+2}).....	15
1.1.5. Molibdênio (Mo).....	16
1.1.6. Níquel (Ni^{+2}).....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1. Estudos de metais pesados no Brasil no âmbito ambiental.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. Área de estudo.....	22
3.2. Legislação em estudo.....	23
3.3. Procedimento de coleta.....	23
3.4. Coleta de amostras de água.....	26
3.5. Determinação dos elementos por emissão atômica.....	26
3.6. ICP-OES.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1. Alumínio (Al^{+3}).....	29
4.2. Chumbo (Pb^{+2}).....	29
4.3. Cobalto (Co^{+2}).....	31
4.4. Cromo (Cr^{+2}).....	32
4.5. Molibdênio (Mo).....	33
4.6. Níquel (Ni^{+2}).....	34
5. CONCLUSÕES.....	36
6. REFERÊNCIAS.....	37



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Mato Grosso
Campus Cuiabá - Bela Vista

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE METAIS EM ÁGUAS DO RIO BENTO GOMES NO PANTANAL DE POCONÉ - MT

GIUSMIN, Gabriela ¹

MOURA, James Moraes de²

RESUMO

O Pantanal é uma das áreas do planeta com grande riqueza em biodiversidade, e isso é devido a vários fatores como o regime de inundação, tipos de solos e diferentes *habitats*, os quais possibilitam a essa região uma grande variedade de vegetais e heterogeneidade da paisagem e uma riquíssima biota terrestre e aquática. Desta forma, este trabalho objetiva-se a determinar a disponibilidade de metais em águas superficiais do Rio Bento Gomes em Poconé - MT, com o intuito de quantificar o nível de acréscimos dessas espécies na região. As amostras de água foram coletadas no ano de 2013 e realizadas em quatro campanhas diurnas em pontos amostrais de A a G, que perfilam o corpo d'água do rio. Elas foram 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. Os elementos analisados foram: Al⁺³, Pb⁺², Co⁺², Cr⁺², Mo e Ni⁺²; suas concentrações foram obtidas por leitura em ICP-OES. Para análise, foram

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

2 Professor orientador do IFMT *Campus* Cuiabá – Bela Vista; Mestre Em Agricultura Tropical – FAMEV /UFMT; Doutorando em Química Ambiental – UNESP *campus* Araraquara.

comparadas de acordo com a legislação do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA 20/86, Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – USEPA e Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Os resultados evidenciam a degradação da qualidade da água em alguns pontos amostrados, com elevadas concentrações dos íons metálicos Al^{+3} , Pb^{+2} e Ni^{+2} , os dois últimos, em período de seca. E os encontrados em concentrações menores, enquadrados nos valores limites das legislações foram Co^{+2} e Cr^{+2} . As concentrações dos metais analisados refletem além da forte influência da atividade de mineração, do desmatamento, e do uso de fertilizantes a interferência da urbanização e industrialização na área estudada.

Palavras-chave: Metais pesados. Qualidade da água. Contaminação.

ABSTRACT

The Pantanal is one of the areas of the world with great wealth in biodiversity, and this is due to several factors such as the flooding regime, soil types and different habitats, which enable the region a wide variety of vegetables and variety of the landscape and a rich terrestrial and aquatic biota. Thus, this work has as an objective to determine the availability of metals in surface waters of the Rio Bento Gomes in Poconé - MT, in order to quantify the level additions of these species in the region. Water samples were collected in 2013 and performed in four daytime campaigns sample points A to G, profiling the body of the river. They were stored in accordance with the requirements demanded by *Standard Methods for the Examinations of water and wastewater (APHA 1985)*, and reported rates for the Analysis Laboratory Water and Waste Physical Chemistry - LAFQAR Department of Sanitary and Environmental Engineering - DESA / UFMT - Campus Cuiabá for physical-chemical analysis of water and Environmental Chemistry Laboratory - LQA at UNESP - Campus Sorocaba for analysis of metal ions in the water. The elements were analyzed: Al^{+3} , Pb^{+2} , Co^{+2} , Cr^{+2} , Mo e Ni^{+2} ; their concentrations were obtained by reading on ICP-OES. For analysis, were compared in accordance with the rules of the National Environment Council - CONAMA 20/86, the US Environmental Protection Agency - USEPA and Environmental Company of the

State of São Paulo - CETESB. The results show the degradation of water quality in some sampling points, with high concentrations of metal ions Al^{+3} , Pb^{+2} and Ni^{+2} , the last two in the dry season. And those found in lower concentrations, framed in the limits of the laws were Co^{+2} and Cr^{+2} . The concentrations of the analyzed metals reflect addition to the strong influence of mining activities, deforestation, and the use of fertilizers interference of urbanization and industrialization in the study area.

Keywords: Heavy metals. Water quality. Contamination.

1 INTRODUÇÃO

O Pantanal é uma das áreas do planeta com grande riqueza em biodiversidade, e isso é devido a vários fatores como o regime de inundação, tipos de solos e diferentes *habitats*, os quais possibilitam a essa região uma grande variedade de vegetais e heterogeneidade da paisagem e uma riquíssima biota terrestre e aquática.

Entretanto, por estar localizado em uma planície, sofre influências marcantes das atividades antrópicas no planalto que o circunda, principalmente de atividades agrícolas que demandam grande quantidade de fertilizantes.

O aporte de espécies metálicas provenientes de áreas agrícolas e urbanas que circundam o Pantanal; um dos ambientes mais ricos em biodiversidade do planeta, designado pela UNESCO como Patrimônio Natural da Humanidade; pode, ao longo prazo, causar danos irremediáveis a esse ambiente.

Assim, a análise dos níveis de metais pesados na área de estudo, parte da investigação das alterações do uso e ocupação do solo, que vêm se intensificando desde a década de 80, com a expansão das atividades garimpeiras, agropecuárias e crescimento urbano na.

Desta forma, este trabalho objetiva-se a determinar os estoques e as disponibilidades de metais em águas superficiais do Rio Bento Gomes em Poconé, Pantanal Matogrossense, com o intuito de quantificar o nível de acréscimos dessas espécies decorrente das atividades agrícolas e urbanas na região, a fim de fornecer informações importantes nas ações necessárias para atenuar os impactos das ações antrópicas, podendo futuramente subsidiar novos estudos em locais de contaminação.

1.1 Características dos metais em estudo

1.1.1. Alumínio (Al^{+3})

Um dos elementos mais abundantes da Terra, correspondendo a aproximadamente 8% de sua massa. Na natureza o Al^{+3} pode ser encontrado sob várias formas, sempre combinado com outros elementos devido sua elevada

reatividade. Não é um elemento essencial ao corpo humano, sua importância reside no efeito tóxico e acumulativo. No homem, sua toxicidade está reconhecidamente associada às várias complicações clínicas, podendo causar várias doenças ou efeitos adversos (SILVA et al., 2012). De acordo com os estudos realizados por Luck (2003) esse metal é um microcontaminante ambiental de origem natural ou da atividade humana o qual o organismo desenvolveu habilidades para reconhecer e impedir que ele participe de reações tóxicas, quando em pequena proporção.

O Al^{+3} é liberado ao ambiente principalmente por processos naturais, porém vários fatores influenciam sua mobilidade e subsequente transporte no ambiente. O metal entra na atmosfera como material particulado oriundo de erosão natural do solo, mineração ou atividade agrícola, gases vulcânicos e combustão de carvão (CETESB, 2012).

O Al^{+3} pode ocorrer na água em diferentes formas e sua concentração depende de fatores físicos, químicos e geológicos. As concentrações do Al^{+3} dissolvido em águas com pH próximo a neutro geralmente estão entre 0,001 e 0,05 mg/L, mas aumentam para 0,5 mg/L em águas mais ácidas ou ricas em matéria orgânica, podendo chegar a valores acima de 90 mg/L em águas extremamente acidificadas afetadas por drenagem ácida de mineração (CETESB, 2012).

Se a estratificação e conseqüente anaerobiose não for muito forte, o teor de Al^{+3} diminui no corpo de água como um todo, à medida que se distancia a estação das chuvas. O aumento da concentração de Al^{+3} está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez. Outro aspecto da química do Al^{+3} é sua dissolução no solo para neutralizar a entrada de ácidos com as chuvas ácidas. Nesta forma, ele é extremamente tóxico à vegetação e pode ser escoado para os corpos d'água (CETESB, 2012).

1.1.2. Chumbo (Pb^{+2})

O Pb^{+2} é liberado ao ambiente por atividade antropogênica, principalmente emissão de fundições e fábricas de baterias. A concentração de Pb^{+2} em solo geralmente é baixa, porém maior nas camadas superficiais devido a precipitação

atmosférica. A contaminação da água ocorre principalmente por efluentes industriais, sobretudo de siderúrgicas.

A presença do metal na água ocorre por deposição atmosférica ou lixiviação do solo. As doses letais para peixes variam de 0,1 a 0,4 mg/L, embora alguns resistam até 10 mg/L em condições experimentais. O padrão de potabilidade para o Pb^{+2} estabelecido pela Portaria 518/04 é de 0,01 mg/L.

Embora alguns processos naturais, como emissões vulcânicas e intemperismo químico, liberem Pb^{+2} no ambiente, a ação antropogênica é a maior responsável pela sua liberação, sendo as mais comuns, as atividades de mineração, indústrias metalúrgicas, adubos na agricultura e queima de combustíveis fósseis (PAOLIELLO; CHASIN, 2001).

Vários fatores como pH, composição mineralógica, matéria orgânica, substâncias coloidais, oxi-hidróxidos e concentrações do elemento influenciam seu transporte e disponibilidade (PAOLIELLI; CHASIN, 2001).

Pode-se afirmar que quanto maior a quantidade de matéria orgânica (maiores doses do resíduo), maior a retenção dos metais nas camadas superficiais do solo, reduzindo a mobilidade de tais elementos no perfil do solo. De acordo com Adriano (1986), essa característica contribui para que haja diferenciação nos teores de metais em profundidade, como também tem sido observado em outros trabalhos (OLIVEIRA, 2008; OLIVEIRA; MATTIAZZO, 2001; AMARAL SOBRINHO et al. 1998).

A disponibilidade do Pb^{+2} é altamente regulada pelo pH, sendo a prática da calagem um fator de diminuição da absorção do Pb^{+2} (DAVIES, 1995; BERTON, 1992).

1.1.3. Cobalto (Co^{+2})

O Co^{+2} é encontrado naturalmente em rochas, solos, águas, plantas e animais em quantidades-traço. As fontes naturais de emissão do composto para a atmosfera são vulcões e incêndios florestais. As fontes antropogênicas incluem queima de combustíveis fósseis, uso de biossólidos e fertilizantes fosfatados, mineração e fundição de minérios contendo cobalto e processos industriais que utilizam compostos de Co^{+2} .

O Co^{+2} liberado para a atmosfera é depositado no solo e água superficial por deposição seca e úmida. No solo, o metal geralmente apresenta baixa mobilidade e forte adsorção, porém a adsorção aumenta em solos ácidos.

1.1.4. Cromo (Cr^{+2})

O Cr^{+2} , é um metal essencial como elemento traço para os seres vivos, sendo usado na siderurgia para o endurecimento do aço, fabricação de aço inoxidável e diversas ligas; na cromagem galvânica eletrolítica; na coloração de vidros sendo responsável pela coloração verde das esmeraldas e vermelha dos rubis; como catalisador; como agente oxidante na forma de dicromato de potássio; no curtimento de couros; na anodização de Al^{+3} . O amarelo de Cr^{+2} , um importante pigmento, é constituído de cromato de Pb^{+2} ; compostos de Cr^{+2} são usados como mordentes na indústria têxtil; a indústria de refratários usa a cromita para a fabricação de fôrmas e tijolos refratários, uma vez que ela tem um alto ponto de fusão, expansão térmica moderada e uma estrutura cristalina estável (WINTER, 2002).

A toxicidade do Cr^{+2} , em relação à vida aquática, varia largamente com a espécie, temperatura, pH, valência, OD e efeitos sinérgicos e antagônicos. De maneira geral, o estado de oxidação depende da forma como o Cr^{+2} é lançado e das condições ambientais do corpo receptor, mas, em condições normais de pH e OD, há predomínio da forma hexavalente, mais tóxica para os peixes.

Segundo a EPA (1998a) as principais fontes de Cr^{+2} para as águas superficiais são as enxurradas, a deposição vinda do ar e a liberação pelos resíduos municipais e industriais.

O limite permitido em águas para consumo humano é 0,05 mg/L para Cr total. Segundo (CETESB, 1994), este valor está de acordo com os padrões de potabilidade brasileiro (Portaria 36, do Ministério da Saúde - MS, de 19/01/90), da Organização Mundial de Saúde - OMS, da Comunidade Econômica Européia, Canadá, EUA e Alemanha.

Segundo a OMS (WHO, 1988), o Cr^{+2} é ubíquo na natureza, sendo encontrado de $0,1\text{g}/\text{m}^3$ no ar a $4\text{g}/\text{kg}$ nos solos e que 70% de todo o Cr^{+2} liberado no ambiente é de origem antropogênica.

1.1.5. Molibdênio (Mo)

O Mo é um metal de transição duro, branco prateado, tendo seu principal uso na metalurgia, onde é um importante agente de endurecimento, rigidez e resistência a altas temperaturas de ligas de aço. É usado como eletrodos para fornos elétricos para vidro; tem aplicações em energia nuclear; na fabricação de partes de mísseis e de aviões e como catalisador na indústria petroquímica. É um elemento traço essencial para o metabolismo, sendo necessário, aparentemente, para todas as espécies; desempenha papel fundamental no mecanismo de fixação de nitrogênio e é cofator de várias enzimas (WINTER, 2002; MERCK, 2002).

A EPA (1992) descreve o Mo como um elemento essencial à dieta, sendo constituinte de várias enzimas como a xantina oxidase, sulfito oxidase e aldeído oxidase e são necessárias ingestões de $15\text{-}40\ \mu\text{g}/\text{dia}$, $25\text{-}50\ \mu\text{g}/\text{dia}$ e $75\text{-}250\ \mu\text{g}/\text{dia}$ para bebês, crianças e adultos, respectivamente.

A OMS (WHO, 1998a) estabelece uma concentração máxima de $0,07\ \text{mg}/\text{L}$ para as águas de abastecimento.

O Mo presente na maioria dos solos mundiais é estimado entre $0,1\ \text{mg}/\text{kg}$ a $40\ \text{mg}/\text{kg}$ (BERROW; REAVES, 1984). O comportamento geoquímico do Mo é altamente dependente dos valores de pH e, como em outros micronutrientes, esses valores sofrem acréscimos quando encontram-se associados a solos ácidos. O Mo possui forte tendência a acumular em solo rico em matéria orgânica e em alguns casos podendo ser adsorvido por argilas, óxidos de alumínio e hidróxidos de ferro (LANDON, 1996).

1.1.6. Níquel (Ni^{+2})

O Ni^{+2} é um elemento essencial como traço para várias espécies. A sua principal aplicação é na siderurgia das ligas de aço, principalmente para a fabricação de aço

inoxidável. Tem uso na fabricação de moedas, baterias, cofres de segurança, na coloração verde a vidros e na técnica galvânica de niquelagem para a proteção e embelezamento de superfícies de outros metais. Quando finamente dividido é empregado como catalisador na hidrogenação de óleos vegetais, e é usado na técnica para dessalinização de água do mar (WINTER, 2002). É ubíquo, como traço, nas águas, nos solos, no ar e na biosfera (WHO, 1991b). A sua forma mais volátil e tóxica é o níquel-carbonílico (WINTER, 2002), a qual afeta os pulmões e os rins (EPA, 2001b), um líquido volátil, insolúvel na água, mas que é instável no ar, sendo transformada em óxido de níquel, que é carcinogênico (WHO, 1991b).

Segundo a OMS (WHO, 1991b), são os compostos do Ni^{+2} presentes no ar que oferecem os maiores riscos para a saúde das pessoas, principalmente nos ambientes de trabalho. As suas principais fontes de emissão para a atmosfera são as combustões de carvões e óleos para a geração de energia e vapor, seguindo-se as incinerações de lixo e de lodo de esgotos, a produção de ligas de aço, a galvanoplastia e outras fontes, como a produção de cimento. No ar poluído predominam o sulfato, os óxidos e os sulfetos de Ni^{+2} e em menor escala a forma metálica. Existem evidências conclusivas de que o sulfato, os sulfetos e os óxidos de Ni^{+2} são carcinogênicos para humanos, produzindo cânceres de nariz e pulmões (IARC, 1997). O Ni^{+2} está presente no ar principalmente associado ao material particulado e o transporte do ar para os solos e para as águas depende do tamanho das partículas e das condições atmosféricas.

As principais fontes antrópicas do Ni^{+2} são a queima de combustíveis fósseis, processos de mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas e indústrias de eletrodeposição (CETESP, 2001). O pH do solo é o principal responsável pela biodisponibilidade do Ni^{+2} . Em $\text{pH} < 6,5$ a maioria dos compostos de Ni^{+2} são solúveis, e em $\text{pH} > 6,7$ o metal existe predominantemente na forma insolúveis como hidróxido de Ni^{+2} (SUNDERMAN, 1988; KABATA; PENDIAS, 2001).

2. REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com Olson (1998), o Pantanal é de “grande significância global, vulnerável e com altíssima prioridade para a conservação em escala regional”, entretanto, áreas de planalto que circunda o Pantanal e a planície pantaneira vem sofrendo intensa atividade antrópica.

Dentre as atividades antrópicas, as que estão associadas à agricultura e aos aglomerados urbanos merecem destaque. Dentre esses, o uso intensivo de fertilizantes fosfatados em áreas agrícolas e o lançamento de efluentes não tratados nos rios são as principais ações antrópicas que acarreta o grande aporte de espécies metálicas, e nutrientes, como o fósforo, que em excesso desencadeia processo de eutrofização dos corpos d'água (ROCHA et al., 2009).

A presença de espécies metálicas em concentrações elevadas pode levar à poluição dos recursos hídricos. Os metais representam um grupo especial de contaminantes, pois, não são degradados química ou biologicamente de forma natural (ROCHA; ROSA, 2003).

A eutrofização provoca inúmeras mudanças dentro de um ecossistema aquático, por isso merece atenção especial no intuito de prevê-la e evitá-la, principalmente em ambientes de grande riqueza em biodiversidade como o Pantanal. Tanto em relação aos metais como ao fósforo, o sedimento constitui um compartimento de importância na avaliação da intensidade e formas de impactos a que os ecossistemas aquáticos estão ou estiveram submetidos (FORSTNER, 1989). Estudos recentes também têm mostrado que somente determinar as concentrações totais das espécies não é suficiente. Metais podem estar fortemente ligados a complexantes orgânicos naturais ou adsorvidos em fase particulada, notadamente nos sedimentos.

Vários fatores podem influenciar na liberação das espécies ligadas ao sedimento para o ambiente aquático, como as fontes que originaram o sedimento e o elemento, a temperatura, o pH, o potencial redox, presença de óxidos de ferro e manganês e de outros compostos redutores, além do revolvimento das partículas sedimentadas (SONDERGAARD et al., 2003; LAKE, 2007).

Segundo Thorton (1990) *apud* Leite (1998), os sedimentos depositados nos corpos d'água não são somente os maiores poluente da água por peso e volume, mas também os grandes transportadores de pesticidas, resíduos orgânicos, nutrientes e organismos patogênicos, que quando em excesso provocam alterações nos ecossistemas aquáticos, reduzindo a qualidade da água.

2.1. Estudos de metais pesados no Brasil no âmbito ambiental

Os primeiros estudos datam da década de 80. Segundo Silva et al. (2006), pesquisadores da Universidade Federal da Bahia estabeleceram uma base de estudos de avaliação de contaminação de crianças e adultos por Pb^{+2} , e Cd^{+2} em Santo Amaro da Purificação (Bahia), resultante da exposição a rejeitos de metalurgia de minério de Pb^{+2} , armazenados no solo, que contaminaram o lençol freático.

No estado do Paraná, em Adrianópolis, também foi estudada a contaminação por Pb^{+2} , associada à metalurgia (CUNHA, 2003), presente nos sedimentos do Rio Ribeira. Tomazelli (2003) analisou as concentrações de Pb^{+2} , Cd^{+2} e Hg^{+2} da água, do sedimento de fundo, dos peixes e bivalves em seis bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. Os maiores valores de Pb^{+2} e Cd^{+2} foram encontrados nas bacias dos Rios Piracicaba e Mogi-Guaçu.

Rietzler et al. (2001) estudaram os tributários da represa da Pampulha, onde foram verificados altos níveis de contaminação para Pb^{+2} e Cd^{+2} e outros metais acima do permitido pela legislação brasileira. Baggio (2008) encontrou altas concentrações, acima do permitido pela legislação ambiental, de Cd^{+2} e Cr^{+2} nos médio e baixo cursos, reafirmando a influência da agricultura nos níveis de metais dos sedimentos e água na Sub-bacia do Rio do Formoso.

Ribeiro (2007) avaliou a influência da indústria metalúrgica e têxtil nos teores de metais nas águas do Rio São Francisco, em Pirapora, e encontrou contaminação para Cu^{+2} , Cd^{+2} , Ni^{+2} e Pb^{+2} a jusante do lançamento do efluente industrial.

Os metais podem ser acumulados em lagos e rios, por meio dos sedimentos, entretanto, mudanças nas condições ambientais, tais como temperatura e regime hídrico, podem alterar a biodisponibilidade, o carreamento de partículas de solo e sua

deposição nos corpos d'água, aumentando a turbidez da água e o assoreamento da calha, alterando a concentração de íons e a condutividade elétrica, repercutindo de forma significativa no teor de oxigênio dissolvido, e no pH da água, afetando os organismos autótrofos (PAYNE, 1986).

No solo podem ser divididos em duas categorias: litogênicos (quando são provenientes de fontes geológicas, como resíduos de rocha ou liberados pelo intemperismo) e antropogênicos (quando são adicionados ao solo pela atividade humana, como mineração, aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes) (ALLOWAY, 1995).

Um dos aspectos mais graves da contaminação com metais pesados é a sua amplificação biológica nas cadeias tróficas. No ecossistema aquático, os metais estão distribuídos em quatro reservatórios abióticos: o material suspenso, o sedimento, as águas superficiais e as águas intersticiais (SALOMONDS; FÖRSTNER, 1984; ESTEVES, 1998).

A biodisponibilidade dos elementos químicos para os organismos animais e vegetais e indiretamente para o homem é condicionada pela composição química das águas e solos. Análises comparadas de metais em água, sedimentos de rios e tecidos biológicos mostraram que a assimilação e a acumulação por plantas e animais podem variar de um ambiente para outro (CORTECCI, 2003).

Considerando ainda o trabalho de (CORTECCI 2003), com relação aos fatores químicos da biodisponibilidade, o autor enfatiza que os cátions, como Al^{+3} , Cd , Pb^{+2} , e Hg são mais encontrados em águas básicas, enquanto que nos solos a biodisponibilidade varia inversamente com a variação do pH. O pH ácido favorece a manutenção em solução de íons, facilmente absorvíveis pelos organismos. Ao contrário dos cátions, os metais em forma aniônica são mais disponíveis em meios básicos. As formas físicas e químicas dos elementos, sejam nas águas, nos sedimentos ou nos solos, dependem de uma série de fatores ambientais, como o pH, as condições de redox, a tipologia e a disponibilidade de agentes complexantes, além de atuação dos processos biogeoquímicos.

Licht (2001) considera que a distribuição dos elementos químicos no planeta está condicionada aos processos geoquímicos de migração, dispersão e redistribuição dos

elementos, seja tanto no ambiente profundo quanto no superficial. Ressalta ainda que a abundância dos elementos em cada litotipo varia conforme sua composição mineralógica, da mesma forma que a disponibilidade dos elementos no ambiente afetado pelo intemperismo depende do tipo e das características de resistência dos minerais constituintes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. 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 Semiaplana 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.

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 Hg^{+2} , 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).

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 et al., 2011).

3.2. Legislação em Estudo

Para realizar o controle da poluição das águas dos rios, utilizam-se os padrões de qualidade, que definem os limites de concentração a que cada substância presente na água deve obedecer.

Na tabela 1 estão apresentados os padrões de qualidade para os metais monitorados segundo a Resolução CONAMA 20/86, USEPA e CETESB.

Quadro 1– Parâmetros ambientais e limites de concentração para seus padrões de qualidade.

Parâmetros	Conama 20/86 (mg/L)	USEPA (mg/L)	CETESB (mg/L)
Alumínio (Al^{+3})	0,1	0,05 a 0,2	NE
Chumbo (Pb^{+2})	0,03	0,0	NE
Cobalto (Co^{+2})	0,2	NE	NE
Cromo (Cr^{+2})	NE	0,1	0,05
Molibdênio (Mo)	NE	NE	NE
Níquel (Ni^{+2})	0,025	NE	NE

3.3. Procedimentos de coleta

Foram realizadas quatro campanhas diurnas, sem registro de chuvas em véspera de coleta, em dois períodos sazonais. 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).

Quadro 2 – 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 Piuval	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 jusante da Baía Piuval	16°25'25,7"	56°36'20,9"	118
G	Rio Bento Gomes - Ponte Transpantaneira	16°25'32,3"	56°40'12,7"	117

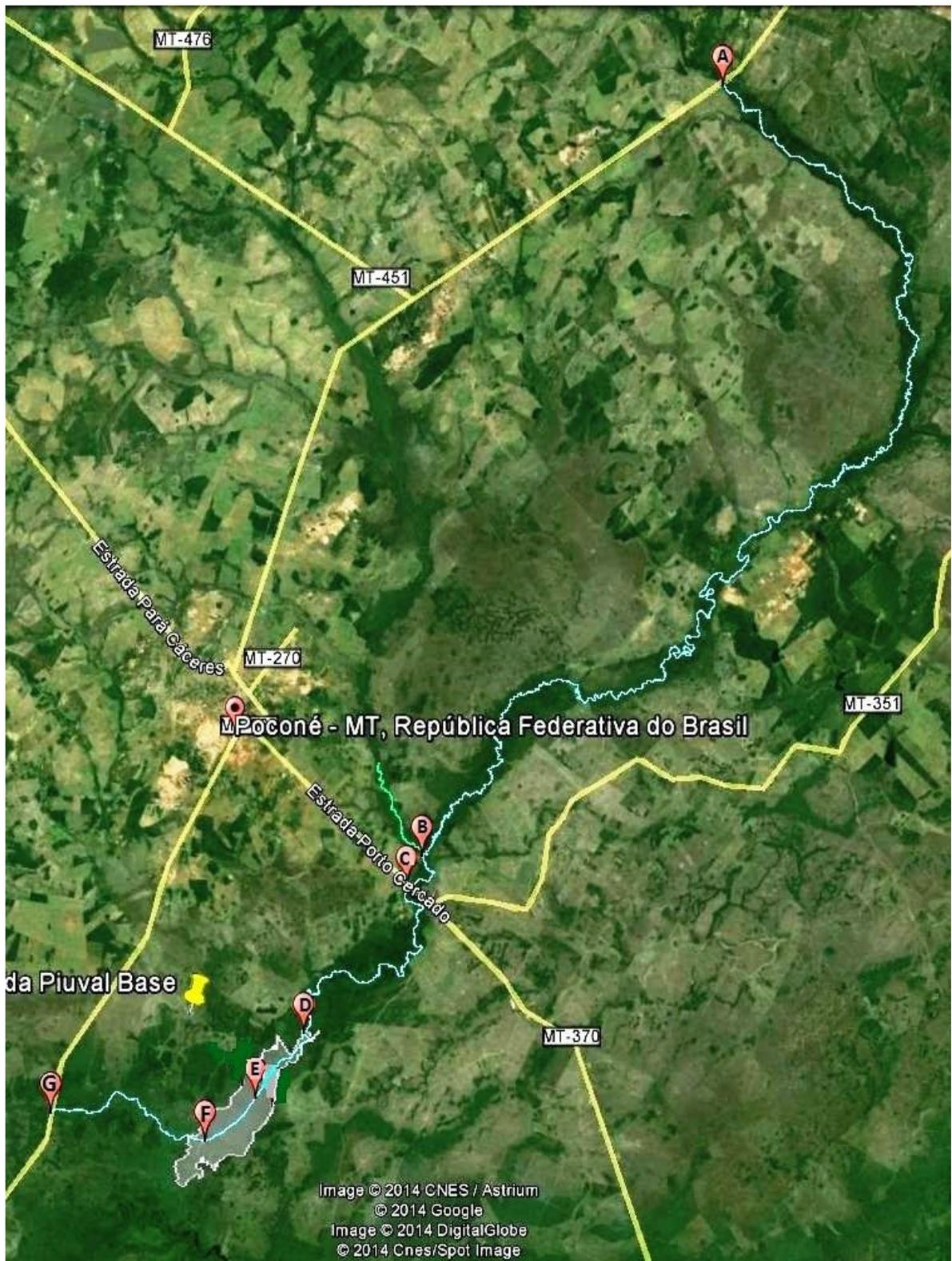


Figura 1 – Área de coleta contendo os pontos amostrais A a G no Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

3.4. Coleta de amostras de água

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.

3.5. 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 câmera 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.

As linhas espectrais escolhidas são baseadas em estudos anteriores já realizados para estes elementos no ICP-OES 54.

3.6. 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.

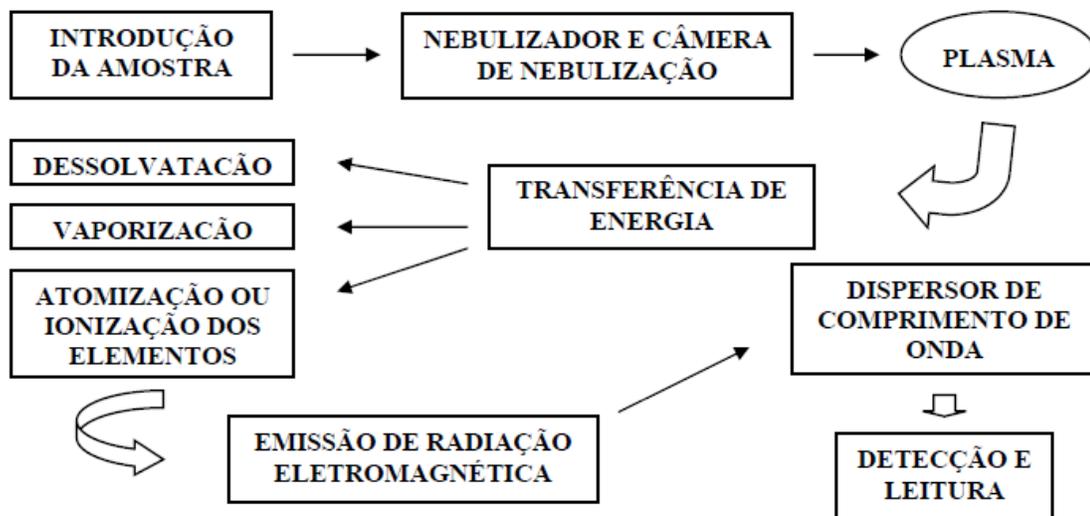


Figura 2 - Processos envolvidos no espectrômetro de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES).

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 ótico 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).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Alumínio (Al^{+3})

O ponto que mais se aproxima dos padrões de qualidade para os metais segundo a Resolução CONAMA 20/86, cujo valor máximo permitido é 0,1 mg/L, é o ponto (A) do período de seca e o ponto (C), período de chuva. Porém ambos estão acima do valor máximo permitido.

Para referência da USEPA os valores de Al^{+3} estão entre 0,05 a 0,2 mg/L para água de beber. Assim, apenas os pontos (A) do período de seca e o ponto (C), período de chuva estão de acordo.

Conforme a figura a seguir, as maiores concentrações de Al^{+3} encontradas foram no ponto (C), para período de seca e (A) para período de chuva.

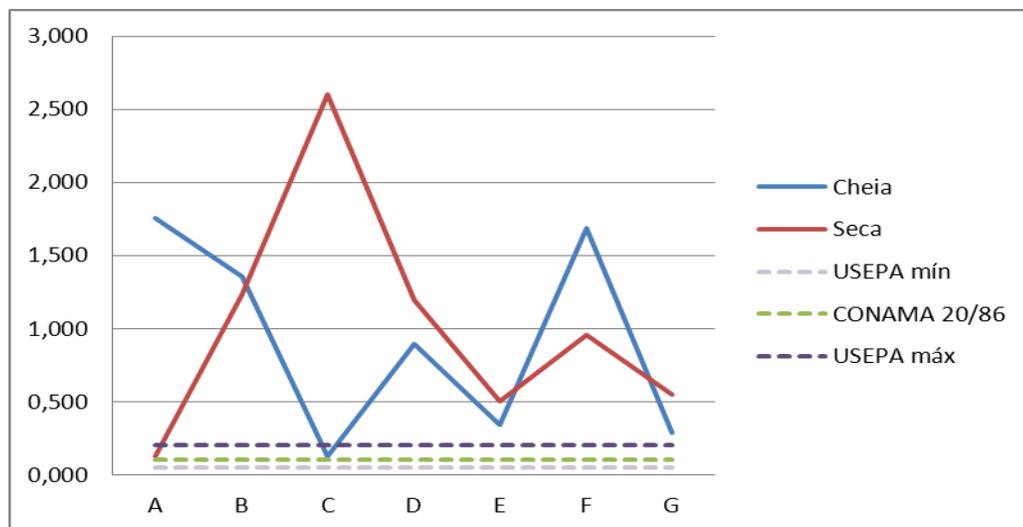


Figura 3 – Concentração de Al^{+3} nas amostras nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

Das amostras estudadas, nenhuma se enquadra na Resolução do CONAMA 20/86. Isso, provavelmente, devido ao pH ácido, abaixo de 6 em quase todas as amostras e também, por ser uma área afetada constantemente pela mineração, e atividades agrícolas.

4.2. Chumbo (Pb^{+2})

A concentração de Pb^{+2} , em águas para classes 1 e 2, segundo Resolução CONAMA 20/86, é de 0,03 mg/L, e para classe 3 é de 0,05 mg/L.

Para USEPA, o valor para água de beber é zero. EPA estabeleceu este nível com base no melhor conhecimento científico disponível, o que mostra que não há nível seguro de exposição ao Pb^{+2} . Apenas os pontos (D) e (F) do período de cheia estão de acordo.

A figura abaixo apresenta valores de concentração de Pb^{+2} nos pontos amostrados.

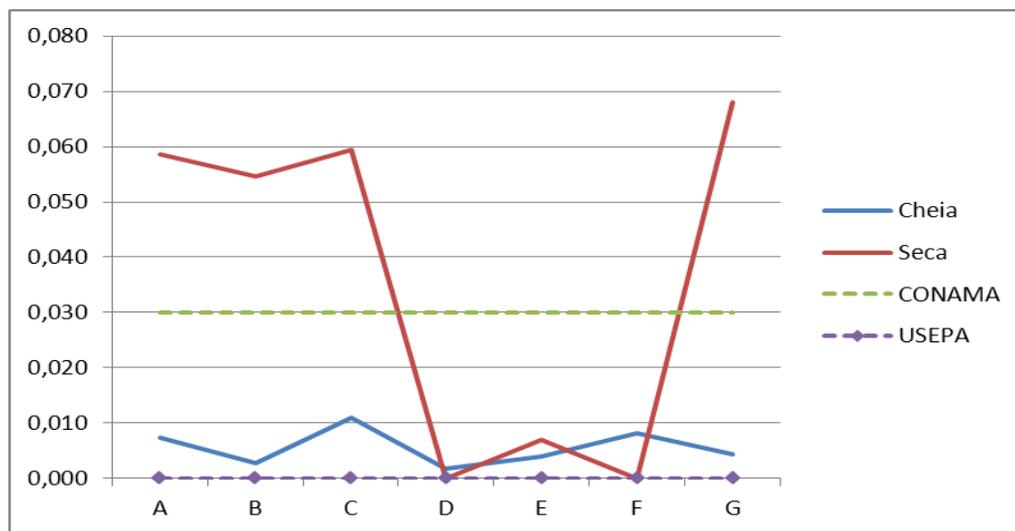


Figura 4 – Concentração de Pb^{+2} nas amostras nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

Em estudos realizados por Anjos (1998), na zona alagadiça da *Plumbum*, observou-se que a absorção do Pb^{+2} pela matéria orgânica e a capacidade de troca catiônica das argilas e matéria orgânica, aliadas ao pH alcalino, favorecem a retenção do Pb^{+2} , enquanto no presente trabalho, mesmo em pH ácido, os níveis de Pb^{+2} , coletadas no período de seca, em alguns pontos, estão acima do VMP pela Resolução do CONAMA 20/86, chegando a obter valores duas vezes maiores. Esses níveis foram alterados provavelmente pelo lançamento de efluentes industriais.

De acordo com (TRIANAFYLLIDOU et al., 2009), o teor de Pb^{+2} no período de seca é influenciado por atividades antropogênicas e pelo transporte do metal através do ar, oriundo de várias fontes, o mesmo pode ser observado nesse trabalho.

4.3. Cobalto (Co⁺²)

A concentração do Co⁺² em águas segundo Resolução CONAMA 20/86, para águas de classes 1, 2 e 3 é de 0,2 mg/L, e em todos os pontos amostrados a concentração do Co⁺² foi menor que 0,030 mg/L, sendo a maiores no ponto (C) para o período de seca e o ponto (D), para o período de chuva. As menores concentrações foram obtidas nos pontos (D) e (F), para período de seca e ponto (B) para o período de chuva. A figura a seguir mostra a concentração de Co⁺² nas amostras estudadas.

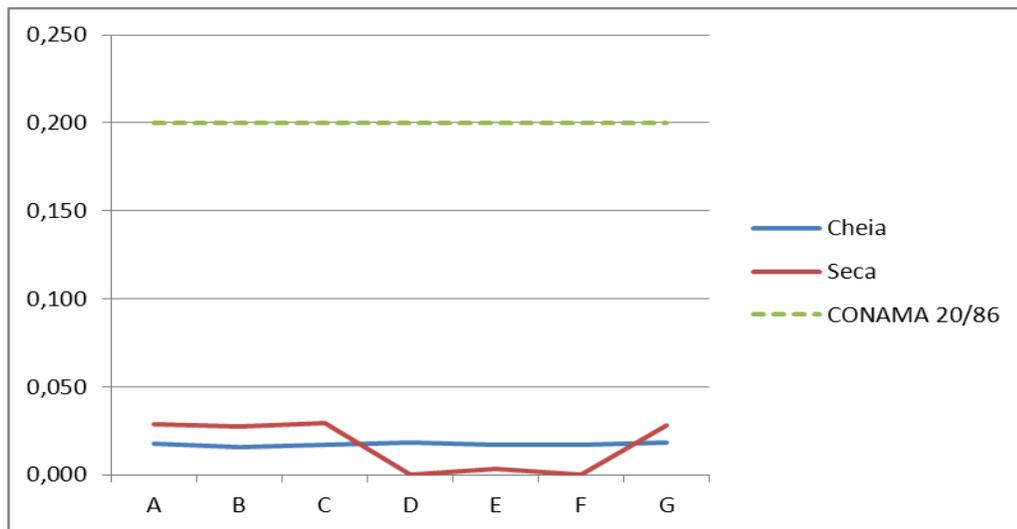


Figura 5 - Concentração de Co⁺² nas amostras nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

Assim, todos os pontos amostrais se enquadram na legislação mencionada. Isso porque a precipitação mineral e a adsorção são dois processos que limitam as concentrações do metal na água.

A máxima concentração segura de Co⁺² na água potável não pode ser estabelecida ou estimada com base nos conhecimentos atuais. A ingestão de 0,1 e 0,25mg ao dia parece não exercer efeito algum adverso, ao passo que simples doses diárias de 25mg, durante uma semana ou mais, afeta o conteúdo de hemoglobina do sangue (EPA, 1972).

4.4. Cromo (Cr^{+2})

Na Resolução CONAMA 20/86, os valores limites para o Cr^{+2} , são referendados como Cr^{+3} e Cr^{+6} , e os valores obtidos nos pontos amostrados, foram realizados em Absorção Atômica, sendo referendados como Cr^{+2} , não podendo ser comparados com a Resolução citada.

Para USEPA, o nível máximo de contaminantes de Cr^{+2} para água de beber é 0,1 mg/L. Portanto, todos os pontos amostrados estão dentro do valor permitido pela USEPA.

Conforme a figura a seguir, observamos que a maior concentração de Cr^{+2} em água foi obtida no ponto (B) para o período de seca, com concentração de Cr^{+2} maior que 0,07 mg/L, e para o período de cheia, a maior concentração foi no ponto (C). Para esse período, os demais pontos não excederam a valores maiores que 0,028 mg/L.

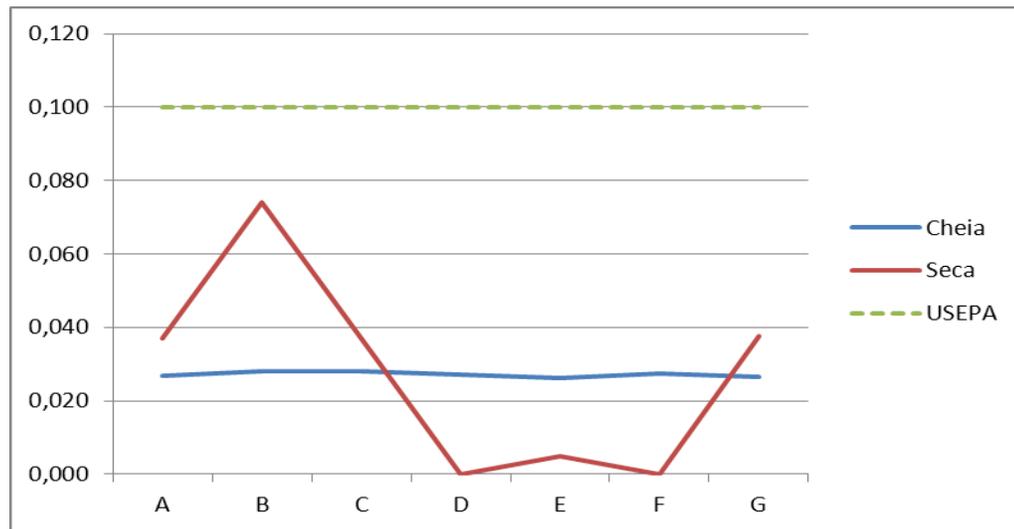


Figura 6 - Concentração de Cr^{+2} nas amostras nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

Kabata-Pendias; Pendias (2001), em seus estudos, menciona que em pH 5,5 o Cr^{+2} é quase totalmente precipitado, sendo seus compostos considerados muito estáveis no solo.

Hem (1985) cita que concentrações de Cr^{+2} em águas de rios não contaminados são normalmente menores do que 0,01 mg/L, valores condizentes há pesquisa apenas

em algumas amostras coletadas no período de seca. (DURFOR; BECKER, 1964) reportaram concentrações menores do que 0,00043 mg/L nas águas de abastecimento público e de 0,0058 mg/L nos rios dos E.U.A.

Szikszak (1981), no estudo das Fontes de Águas da Prata (SP), encontrou teores de Cr^{+2} variando de 0,014 a 0,03 mg/L em águas provenientes de rochas vulcânicas, e valores variando de 0,019 a 0,3 mg/L, nas águas provenientes de arenitos.

4.5. Molibdênio

Embora não seja contemplado na Resolução mencionada, o Mo foi identificado e os valores obtidos para o período de seca não chegaram a 0,080 mg/L. E no período de cheia, variaram entre 0,040 mg/L e 0,050 mg/L.

A seguir, valores de Mo obtidos nas amostras em estudo (figura 7).

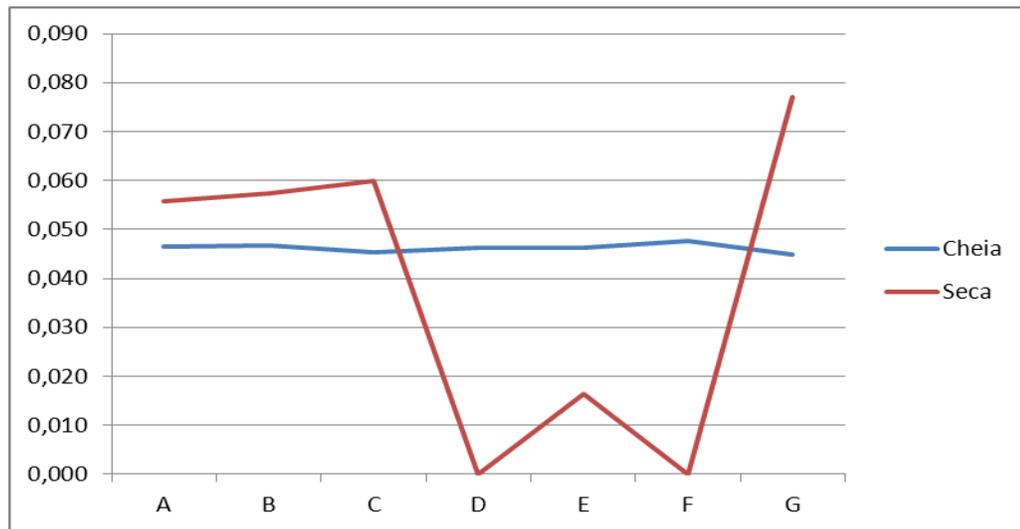


Figura 7 - Concentração de Mo nas amostras nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

Segundo a OMS, a concentração máxima de Mo para as águas de abastecimento não devem ultrapassar 0,07 mg/L. Assim, para o período de cheia, todos os pontos amostrais têm valores menores a esse máximo permitido. Para o período de seca, apenas o ponto (F) ultrapassa esse valor.

Portanto é baixa concentração do Mo nas águas do Rio Bento Gomes. O Mo é essencial para todos os seres vivos e a sua principal forma encontrada na água é a forma hexavalente (Mo^{+6}). Entretanto a bioconcentração do Mo na cadeia alimentar é desprezível (REGOLI et al., 2012).

4.6. Níquel (Ni^{+2})

A concentração de Ni^{+2} em águas, para as classes 1, 2 e 3, tem como limites máximos permitidos de 0,025 mg/L. Portanto, todos os pontos referentes ao período de cheia estão enquadrados nos limites estabelecidos pela Resolução do CONAMA 20/86. Já para o período de seca, apenas os pontos (D), (E) e (F), estão de acordo com a norma mencionada.

A figura 8 apresenta as concentrações de Ni^{+2} em águas nos pontos amostrados.

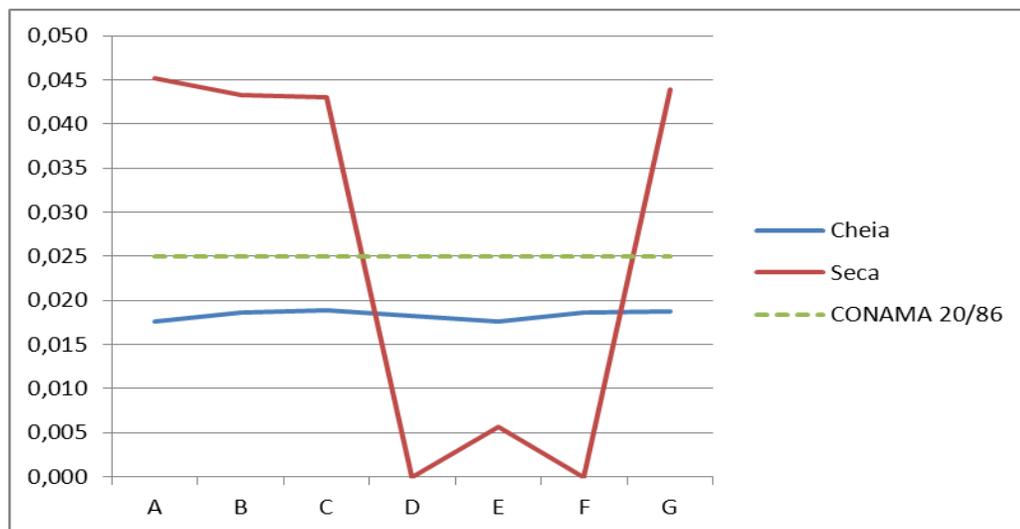


Figura 8 - Concentração de Ni^{+2} nas amostras nos períodos sazonais do Rio Bento Gomes, em Poconé – MT.

Ainda que alguns autores como Costa (2001) e Fracácio (2001) tenham observado relação direta entre maior índice pluviométrico e maior concentração de metais, nos pontos amostrais verificou-se comportamento diferenciado, com as maiores concentrações de metais ocorrendo no período de menor precipitação, advindos de atividades de mineração e ações antrópicas.

Embora, como metal puro, o Ni^{+2} seja insolúvel na água, seus sais são altamente solúveis, podendo estar presentes na água devido a despejos industriais.

Os sais de Ni^{+2} são tóxicos para as plantas em geral. Para a vida aquática, os níveis de toxicidade são variáveis e determinados pelo pH e efeitos sinérgicos de outros metais.

5. CONCLUSÕES

O trabalho mostrou avaliações das concentrações de metais pesados em água superficial do Rio Bento Gomes em Poconé - MT, com influência de ação antrópica, sendo as mais comuns a atividade de mineração, a pecuária, o desmatamento e o uso de fertilizantes; característica que foi observada ao longo do rio e corroborada pelos resultados encontrados, que fornecem dados sobre a qualidade de suas águas, evidenciando a necessidade de proteger esse curso de água.

Em geral, no período de seca obteve-se as maiores concentrações dos metais estudados; e para este mesmo período de todos os pontos amostrados, nos D,E,e F (Montante, centro e jusante da Baía Piuval) foram registrados as menores concentrações dos metais, exceto para Al^{+3} .

O Al^{+3} apresentou concentrações acima das estabelecidas, com níveis maiores no período de seca, provavelmente oriundo da erosão natural do solo, mineração e/ou atividade agrícola.

A presença de elevados valores de Pb^{+2} nas amostras no período de seca ocorrem por ação antropogênica.

As concentrações do Co^{+2} na água foram limitadas provavelmente pela precipitação mineral.

Os valores de Cr^{+2} resultaram do pH ácido, onde ele é quase totalmente precipitado.

É baixa a concentração do Mo nas águas do Rio Bento Gomes.

As maiores concentrações de Ni^{+2} ocorreram no período de menor precipitação, advindos provavelmente de atividades de mineração.

6. REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023:** Informação e Documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ADRIANO, D.C. **Trace elements em the terrestrial environment.** New York: Springer-Verlag, 1986. 533 p.

ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils.** London: Blackie Academic; Professional, 1995. 368 p .

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; VELLOSO, A.C.X.; COSTA, L.M.; OLIVEIRA, C. Mobilidade de metais pesados em solo tratado com resíduo siderúrgico ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, 1998. p.345-353.

ANJOS, J.A.S.A. **Estratégias para remediação de um sítio contaminado por metais pesados - estudo de caso.** São Paulo, 1998. 157p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

BAGGIO, H. **Contribuições naturais e antropogênicas para a concentração e distribuição de metais pesados em água superficial e sedimento de corrente na Bacia do Rio do Formoso, município de Buritizeiro, MG.** 2008. 216 f. Tese (Doutorado em Geologia). Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências.

BERROW, M.L.; REAVES, G.A. Background levels on trace elements in soils. *In: Proc. Of The Int. Conference Environm. Contamination.* CEP Consultants Ltd., Edinburgh, 1984. 333 p.

BERTON, R.S. **Fertilizantes e poluição.** In: Reunião Brasileira de Fertilidade do solo e nutrição de plantas, 20. Piracicaba. Fundação Cargil, 1992. p. 299-313.

CETESB. **Legislação Estadual - Controle da Poluição Ambiental.** 1994. 498 p.

CETESB. **Ficha de informação toxicológica – Níquel e seus compostos.** São Paulo. CETESB/GTS. 2012

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 20, de 18 de junho de 1986.** Publicada no Diário Oficial da União de 30/07/86, Brasília – DF, 1986.

CORTECCI, G. **Geologia e Saúde.** Bologna:Univesitá degli studi di Bologna – Dipartimento di Scienze della Terra e Geológico – Ambientale. Tradução de Wilson Scarpelli. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/media/geosaude.pdf>> Acesso jun de 2016.

CUNHA, F.G. **Contaminação humana e ambiental por chumbo no vale do Ribeira, nos estados de São Paulo e Paraná, Brasil.** Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 2003. 83p. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas, fev. 2003.

DAVIES, B.E. Lead. In: ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils.** New York: John Wiley, 1995. P. 206-220.

EPA. **Water Quality Criteria,** Washington, D.C. 595 p., 1972.

EPA – **Behavior of Metal in Soil** – United States Environmental Protection Agency, Oklahoma, 1992.

EPA - U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Toxicological Review of Trivalent Chromium.** EPA, Washington -DC, USA, 1998a.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de limnologia.** 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

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. 52 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

FORSTNER, U. **Contaminated sediments lectures notes in earth sciences.** V. 21, Springer-Verlag, Berlin, 1989. 157 p.

FRACÁCIO, R. Utilização de bioensaios ecotoxicológicos com Danio rerio (Cypriniformes, Cyprinidae) e análises limnológicas para a avaliação ambiental dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP). 2001. 183 p. Dissertação – (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

HEM, J.D. **Study and interpretation of chemical characteristics of natural water.** 3 ed. Alexandria, United States: Geological Survey – Water – Supply Paper 2254. 1985. 263 p.

IARC - Internacional Agency for Tesearch on Cancer. **Silica Some Silicates Coal Dust and Para-Aramid Fibrils. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans.** Vol.38, Lyon, France. 1997.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soil and plants,** Boca Raton. CRC Press, 2001. 315 p.

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, 1991. 11 p.

LAKE, B. A. et al. Factors contributing to the internal loading of phosphorus from anoxic sediments in six Maine, USA, lakes. **Science of the Total Environment**, St. Louis, v. 373, n. 3, 2007. 534-541 p.

LANDON, JR. **Booker tropical soil manual**. Longman Scientific and technical, Booker Tate Ltd. United Kingdom, 1996.

LEITE, M. A. **Variação espacial e temporal da taxa de sedimentação no reservatório de Salto Grande (Americana – SP) e sua influência sobre as características limnológicas do sistema**. 1998. 170 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.

LICHT, O. A. B. **A geoquímica Multielementar na Gestão Ambiental. Identificação e Caracterização de províncias geoquímicas naturais, alterações antrópicas da paisagem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no estado do Paraná, Brasil**. 2001. 2v. Tese (Doutorado) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LUCK, E.; JENSEN, L. T.; CULOTTA, V. C. The many high ways for intracellular trafficking of metals. **Journal of Biological Inorganic Chemistry**. v. 8, 2003. p. 803-809.

OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E. Mobilidade de metais pesados em um Latossolo Amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**. v.58, 2001. p. 807-812.

OLIVEIRA, L.R. **Metais pesados e atividade enzimática em Latossolos tratados com lodo de esgoto e cultivados com milho**. 2008. 108 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, campus de Jaboticabal, São Paulo.

OLSON, D.; DINERSTEIN, E.; CANEVARI, P.; DAVIDSON, I.; CASTRO, G.; MORISET, V.; ABELL, R.; TOLEDO, E. **Freshwater biodiversity of Latin America and the Caribbean: a conservation assessment**. Biodiversity Support Program, World Wildlife Fund. Washington, D.C. 1998.

PAOLIELLO, M.M.B.; CHASIN, A.A.M. Ecotoxicologia do chumbo e seus compostos. **Cadernos de Referência Ambiental**, v.2. Centro de Recursos Ambientais (BA), 2001. 150 p.

PAYNE, A. I. **The ecology of tropical lakes and rivers**. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 1986, 301 p.

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

REGOLI, L.; VAN TILBORG, W.; HEIJERICK, D.; STUBBLEFIELD, W.; CAREY, S. The bioconcentration and bioaccumulation factors for molybdenum in the aquatic environment from natural environmental concentrations up to the toxicity boundary. **The Science of the Total Environment**. v. 435-436, p. 96-106, 2012.

RIBEIRO, E. V. **Níveis de contaminação por metais pesados em águas superficiais do Rio São Francisco em Pirapora e sua relação com as atividades industriais**. 2007. 101 f. (Monografia) - Pirapora: Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES.

RIETZLER, A. C.; FONSECA, A. L.; LOPES, G. P. Heavy metals in tributaries of Pampulha Reservoir, Minas Gerais. **Brazilian Journal of Biology**. v. 61, n. 3, 2001. p. 363- 370.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H. **Substâncias húmicas aquáticas: interações com espécies metálicas**. São Paulo: Editora UNESP, 2003. 120 p.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução a química ambiental**. 2. Ed., Porto Alegre: Bookman, 2009.

SALOMONS, W.; FORSTERN, U. **Metals in the hydrocycle**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Yokyo, 1984, 349 p.

SILVA, C. R.; FIGUEIREDO B. R.; CAPITANI E. M.; CUNHA F. G. **Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente**. Rio de Janeiro, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2006, p. 6.

SILVA, F. N.; TEIXEIRA, D. D.; PAIVA, O.; ZIOTO, P.; MARCHIORO, S.; SAICK, K. W.; ULIANA, M. P.; LAIGNIER, E. P.; LOOS, R. Riscos relacionados à intoxicação por alumínio. **Infarma**. v.24, n. 1-3, 2012.

SONDERGAARD, M.J.; JENS, P.; JEPPESEN, E. Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes. **Hydrobiologia**, v.506, 2003. p.135-145.

SUNDERMAN JR.; F. W. Acute nickel toxicity in electroplating workers who accidentally ingested a solution of nickel sulfate and nickel chloride. **American Journal of Industrial Medicine**: New York, v. 14, n. 3, 1988. p. 257-266.

SZIKSZAY, M. - 1981 - **Hidrogeoquímica das fontes de Águas da Prata, Estado de São Paulo - Origem, Classificação e Caracterização** – 1981. 193 p. Tese de Livre Docência - IG/USP.

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. 2011, 9 p.

TOMAZELLI, A. C. **Estudo Comparativo das concentrações de cádmio, chumbo e mercúrio em seis bacias hidrográficas do Estado de São Paulo**. 2003. 144 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Departamento de Biologia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, 2003.

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: CETEM/CNPq, 1991. 63 p.

WHO - World Health Organization - WHO Environmental Health Criteria 81 - **Vanadium**. Geneva: WHO, 1988.

WINTER, M. **Elements, The Periodic Table on the Arsenic, Cadmium, Copper, Chromium, Lead, Mercury, Nickel**. 2002.