

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS -
PPGCAM

**QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE SINOP SOB
DIFERENTES CENÁRIOS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

Francisco Moacir Pinheiro Garcia

Sinop , Mato Grosso

Abril , 2015

FRANCISCO MOACIR PINHEIRO GARCIA

**QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE SINOP SOB
DIFERENTES CENÁRIOS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

Orientador: Kelte Resende Arantes

Co-orientadoras: Roselene Maria Schneider

Projeto apresentado ao PPGCAM
como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em
Ciências Ambientais.

Sinop , Mato Grosso

Abril, 2015

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

P654q Pinheiro Garcia, Francisco Moacir.
Qualidade da água subterrânea no município de Sinop sob
diferentes cenários de uso e ocupação do solo / Francisco Moacir
Pinheiro Garcia. -- 2015
42 f. ; 30 cm.

Orientador: Kelte Resende Arantes.

Co-orientadora: Roselene Maria Schneider.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso,
Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Programa de
Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Sinop, 2015.

Inclui bibliografia.

1. Contaminação. 2. Metais pesados. 3. Lençol freático. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP – CUS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS NATURAIS HUMANAS E SOCIAIS - ICNHS
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS



FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO : “Qualidade da água subterrânea no município de Sinop, sob diferentes cenários de uso e ocupação do solo”.

AUTOR : Mestrando(a) Francisco Moacir Pinheiro Garcia

Francisco Moacir Pinheiro Garcia

Dissertação defendida e aprovada em 27 /02 /2015

Composição da Banca Examinadora:

- 1 -Dr. Kelte Resende Arantes (Presidente da Banca / Orientador);
- 2 -Dra. Roselene Maria Schineider (Examinador Interno/ UFMT);
- 3 -Dr.Tadeu Miranda de Queiroz (Examinador Externo/ UNEMAT).

Presidente Banca / Orientador: Dr. Kelte Resende Arantes

Instituição - UFMT / Campus de Sinop

Coorientadora: Dra. Roselene Maria Schineider

Instituição - UFMT / Campus de Sinop

Examinador Externo: Dr. Tadeu Miranda de Queiroz

Instituição - UNEMAT / Campus de Barra do Bugres

SINOP, 27 / 02 / 2015

Sinopse:

Estudou-se a contaminação de metais pesados como bário, cobre, chumbo, ferro, manganês, e zinco nas águas subterrâneas no município de Sinop – MT. A coleta das amostras foram realizadas no período seco, em setembro de 2013 e período de chuvoso, em abril de 2014.

Palavras chaves:

Contaminação, metais pesados, lençol freático

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela força na condução deste trabalho.

Agradeço ao professor Kelte Resende Arantes, por aceitar me orientar, pelos ensinamentos repassados, pela paciência e confiança depositada em mim.

Agradeço a professora Roselene Maria Schneider, por aceitar ser minha co-orientadora, por todo o conhecimento dedicação e apoio na logísticas nas coletas, preparação e análises das amostras.

Agradeço a professora, Sayonara, estando desde o início na organização da metodologia a ser trabalhada para atingir os objetivos do trabalho.

Agradeço a minha colega e amiga mestra Grasiene Andrietti, pelo apoio nas coletas.

Agradeço ao Professor Ednaldo pela assessoria das Análises Estatísticas na elaboração dos dados.

Agradeço a minha mãe, mulher guerreira exemplo de amor carinho e dedicação aos filhos, pena hoje ela não estar entre nós, para dividir comigo esse momento tão especial.

Às minhas irmãs, cunhados, pai e sobrinhos pelo apoio e incentivo, mesmo à distância.

Aos amigos Professores: Onã, Fabiano, Breda, Maria Rissato, Rudy, Guilherme, Ludmila, Adriana, Fernanda Salles, Carla, Carlos Vieira, Neide Tarsila, Larissa, Leila, Ana Lúcia, Rafael e Cornélio Zolin.

Às bolsistas do laboratório Daiane, Jéssica, Juciane e Marcos, pelo auxílio na preparação das análises.

Aos Técnicos de Laboratório Franciane, Denise, Francisco, Everton, Glaucia pelo auxílio, sempre disponível para contribuir na condução dos trabalhos e em especial a Técnica de laboratório Luciana pelo análises das amostras e Ducilene pelo apoio.

Aos colegas do PPGCAM pela troca de experiências e conhecimentos, Rafael A. Menon, Tatiana C. Dias, Débora L. Pereira, Janaina Osten, Josiane A. Godoy, Tamara Zamandei, Airton Lima, Fabiane, Lúcia, Talita Pedrosa pelo apoio e incentivo.

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade da água subterrânea de Sinop de acordo com o uso, ocupação do solo e estações climáticas, quanto a presença dos metais pesados: bário, cobre, chumbo, ferro, manganês e zinco, comparando-os com os limites estabelecidos pela Resolução de nº 396 do CONAMA e a Portaria do Ministério da Saúde – MS, nº 2914. As amostras de água foram coletadas em dois momentos: no período seco em setembro de 2013, e no período chuvoso em março de 2014. A seleção dos pontos de amostragem se deu com base no histórico de uso e ocupação do solo, definindo-se cinco setores e em cada setor 3 pontos. Os setores foram definidos como: setor rural (1), Setor industrial (2), setor central (3), setor residencial sul (4) e setor residencial norte (5). As coletas, transporte, preservação, preparação e análises das amostras estabelecidas, no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995). As concentrações de metal foram realizadas por aparelho de espectrometria de absorção atômica. O delineamento experimental utilizado, foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial. 5 x 2 x 3, com 3 repetições. Quando obtidas diferenças significativas, os dados foram submetidos ao teste de médias de Scott-Knott. Para o auxílio das análises estatísticas, foi utilizado software SISVAR, versão 5.1. Os metais cobre, manganês e zinco apresentaram as maiores concentrações no período chuvoso, as concentrações de chumbo ferro e bário foram maiores no período seco. Dos metais pesquisados apenas o chumbo e o ferro apresentaram concentrações acima do estabelecido pela Resolução de nº 396 do CONAMA e a Portaria do Ministério da Saúde – MS, nº 2914. Com relação ao uso e ocupação, os setores: Rural e Residencial sul, exigem maior atenção. Acredita-se que os valores acima da legislação estão relacionados as emissões antropogênicas. A indústria e o comércio não contribuem de forma significativa com a contaminação das águas subterrâneas da cidade de Sinop. Portanto, para consumir a água subterrânea de Sinop tem que realizar tratamento da água pela utilização de carvão ativo ou outro material adsorvente para remover os metais.

Contaminação, metais pesados, lençol freático

ABSTRACT

The research aimed to evaluate the quality of groundwater from Sinop city, Mato Grosso state, according to the use, land use and climate stations, for the presence of heavy metals: barium, copper, lead, iron, manganese and zinc, comparing them with limits established by CONAMA Resolution number 396 of 2008 and the Ordinance the Ministry of Health - MS, number 2914. Water samples were collected in two stages: in the dry season in September of 2013, and during the rainy season in March of 2014. The selection of the sampling sites was made based on the history of use and occupation of land by setting up five sectors and each sector 3 points. The sectors were defined as rural sector (1), industrial sector (2), central sector (3), southern residential sector (4) and north residential sector (5). The collection, transportation, preservation, preparation and analysis of was set in the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995). Metal concentrations were carried out by atomic absorption spectrometry apparatus. The experimental design was completely randomized (DIC), in a factorial design. $5 \times 2 \times 3$, with 3 replications. When obtained significant differences, the data were submitted to the test averages Scott-Knott. To statistical analyzes, was used SISVAR software, version 5.1. The metals copper, manganese and zinc had the highest concentrations in the rainy season, the concentrations of lead and barium iron were higher in the dry season. Metals only surveyed lead and iron had concentrations above established by CONAMA Resolution number 396 and the Ordinance of the Ministry of Health - MS, number 2914. Regarding the use and occupation, the sectors: Rural and Southern Residential, require greater attention. It is believed that the above values of legislation are related anthropogenic emissions. Industry and trade do not contribute significantly to the contamination of groundwater from the city of Sinop. Therefore, to consume the groundwater has to perform Sinop water treatment by using activated charcoal or other adsorbent material to remove metals.

Keywords

Contamination, heavy metals, water table.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO.....	10
2- MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1- Caracterização da área de estudo.....	15
2.2- Amostragem.....	18
2.3- Coleta, Transporte e Preservação das amostras.....	20
2.4- Métodos Analíticos para quantificação da concentração de Metais.....	20
2.5- Análises estatísticas.....	21
3.- RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	21
3.1- pH – Potencial Hidrogeniônico.....	22
3.2- Bário.....	23
3.3- Chumbo.....	26
3.4- Cobre	29
3.5- Ferro.....	31
3.6- Manganês.....	33
3.7- Zinco.....	35
4- CONCLUSÕES.....	37
5 - SUGESTÕES.....	37
6- REFERÊNCIAS	38
 ANEXO A – NORMAS DA REVISTA DE AGUAS	
SUBTERRÂNEAS.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Apresenta os valores médios de pH nas amostras por setor	14
Tabela 2 - Concentração média de Ba total nas amostras por setor ($\mu\text{g.L}^{-1}$).....	16
Tabela 3 - Concentração média de Pb^+ total nas amostras por setor ($\mu\text{g.L}^{-1}$).....	18
Tabela 4 - Concentração média de Cu total nas amostras por setor ($\mu\text{g.L}^{-1}$).....	20
Tabela 5 - Concentração média de Fe^+ total nas amostras por setor ($\mu\text{g.L}^{-1}$).....	23
Tabela 6 - Concentração média de Mn total nas amostras por setor ($\mu\text{g.L}^{-1}$).....	24
Tabela 7 - Concentração média de Zn total nas amostras por setor ($\mu\text{g.L}^{-1}$).....	26

1-INTRODUÇÃO

A lei 9.433 (1997), instituiu a Política nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SNGRH. Um dos instrumentos da Política Nacional, é o Planos de Recursos Hídricos. Os planos devem fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento desses recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Seguindo as orientações da Política Nacional de Recursos Hídricos, em 05 de novembro de 1997 foi sancionada, em Mato Grosso, a lei estadual 6945 que cria a Política Estadual de Recursos Hídricos, a qual contempla em seu artigo 7º, inciso V, os programas de gestão de águas subterrâneas, compreendendo a pesquisa, o planejamento e o monitoramento(MATO GROSSO, 1997).

O Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH foi lançado em 2006, dando continuidade ao seu projeto, em 2009 foi criado o Programa Nacional de Águas Subterrâneas – PNAS. O PNAS possui um subprograma de estudos e projetos das águas subterrâneas em escala local e tem como objetivo, ampliar o conhecimento hidrogeológico dos aquíferos localizados em centros urbanos, onde a água subterrânea possui relevante contribuição para o abastecimento público (BRASIL, 2006).

A lei de nº 9.433 (1997), em seu artigo 1º , define-se água como um bem de domínio público, sendo um recurso natural limitado e dotado de valor econômico, que em situação de escassez, o uso prioritário é para o consumo humano e a dessedentação de animais (BRASIL, 1997).

A Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008, dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.

A Portaria do Ministério da Saúde – MS, nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 dispõe sobre o padrão de potabilidade e os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2011).

A Resolução CONAMA nº 396, define um aquífero como um corpo hidrológico, que tem a capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carregamento de materiais rochosos. A quantidade de água subterrânea que se produz em uma região, depende das características do aquífero e da frequência de recarga (Brasil, 2008).

Pelo fato dos aquíferos serem recarregados pelas águas das chuvas, a qualidade das águas subterrâneas reflete as características do solo da região onde fica armazenada. Estas características podem ser observadas na concentração de alguns elementos, tóxicos ou não, em níveis que estão relacionados com fatores antrópicos e naturais. Alguns elementos com os metais pesados podem ter origem natural ou antrópica e podem ser danosos à saúde.

A denominação metal pesado é geralmente usada para descrever o grupo de metais tóxicos, que inclui mercúrio, chumbo e cádmio. É uma classificação apenas descritiva, referindo-se aos metais que tem atração por estruturas de tecidos biológicos e eliminação lenta. Todas as formas de vida podem ser afetadas por presença de metais, sendo que alguns são benéficos e outros maléfico dependendo da dose e da forma química em que se encontram(OLGA, 2014).

O bário ocorre naturalmente na maioria das águas superficiais e sua concentração depende do teor de bário lixiviado das rochas, podendo estar presente nas águas subterrâneas. Emissões antropogênicas podem ocorrer com a queima de combustíveis fósseis. A toxicidade do bário é produzida pelo cátion livre

sendo os compostos muito solúveis mais tóxicos que os insolúveis, como o sulfato de bário. A principal via de exposição da população ao bário é a ingestão de água e alimentos. Quando essa ingestão ocorre em altas quantidades pode causar alterações no ritmo cardíaco, paralisia, e levar a óbito caso não haja tratamento (CETESB, 2014).

O chumbo está presente na água devido às descargas de efluentes das industriais de acumuladores (baterias), bem como o uso indevido de tintas, tubulações e acessórios à base de chumbo, provocando um envenenamento crônico denominado saturnismo, gerando alterações no sistema nervoso central, com consequências bastante sérias. A toxicidade por chumbo, quando aguda, é caracterizada pela sede intensa, sabor metálico, inflamação gastrointestinal, vômitos e diarreias (CETESB, 2009).

O cobre ocorre geralmente em águas naturais em concentrações inferiores a $20 \mu\text{g.L}^{-1}$. Em pequenas quantidades é até benéfico ao organismo humano, catalisando a assimilação do ferro e seu aproveitamento na síntese da hemoglobina do sangue humano, o que facilita a cura de anemias. Entretanto, quando em concentrações elevadas é prejudicial à saúde e confere sabor às águas (AZEVEDO, 2003).

As fontes de cobre para o meio ambiente incluem principalmente corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir de usos agrícolas e precipitação atmosférica de fontes industriais. As principais fontes industriais incluem indústrias de mineração, fundição e refinação (CETESB, 2012a).

O ferro aparece principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução do minério pelo gás carbônico da água, conforme a reação: $\text{Fe} + \text{CO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{FeCO}_3$. O carbonato ferroso é solúvel, por isso frequentemente o ferro é encontrado em águas de poços com elevada concentração. Além das formas naturais, o ferro presente em águas pode também ser proveniente da presença de despejos industriais desse metal, além de problemas estéticos na água, pode ainda provocar malefícios à saúde, tais como: cirrose, tumores hepáticos, diabetes *mellitus* e insuficiência cardíaca (CETESB, 2009).

O Mn inorgânico (retirado de rochas) é usado na fabricação de ligas metálicas, especialmente aços, pilhas, palitos de fósforo, vidros, fogos de artifício, na indústria química, de couro, de têxtil e como fertilizante. As formas orgânicas são usadas em fungicidas, inibidores de fumaça, entre outros. Na água, o manganês ocorre nas formas dissolvida e suspensa, que variam conforme potencial hidrogeniônico (pH) e potencial redox. A água subterrânea anaeróbia frequentemente contém níveis elevados de manganês dissolvido. Em rios, o Mn é transportado adsorvido a partículas suspensas dos sedimentos (CETESB, 2012c).

A concentração de zinco em água superficial geralmente é menor que $10 \mu\text{g.L}^{-1}$, na água subterrânea de 10 a $40 \mu\text{g.L}^{-1}$. O teor de zinco na água de torneira pode ser elevado devido a dissolução do metal dos acessórios e tubulações. As fontes antropogênicas são: mineração, produção de zinco, produção de ferro e aço, corrosão de estruturas galvanizadas, combustão de carvão e outros combustíveis, eliminação e incineração de resíduos e uso de fertilizantes e agrotóxicos contendo zinco. A ingestão de altas doses pode provocar cólicas estomacais, náuseas e vômitos. A ingestão de altas doses por vários meses pode causar anemia, dano ao pâncreas e diminuição *High Density Lipoproteins*, HDL colesterol (CETESB, 2012d).

No Brasil, 39% dos municípios são abastecidos somente por águas subterrâneas, 14% utilizam abastecimento misto (águas subterrâneas e superficiais) e 47% utilizam somente águas superficiais. Na região Centro-Oeste, apenas o Distrito Federal não utiliza água subterrânea para o seu consumo. No estado de Goiás, 56% do consumo é atendido por água subterrânea, no Mato Grosso do Sul (MS), este valor chega a 62% e no estado de Mato Grosso 58 dos 141 municípios utilizam somente águas subterrâneas no sistema de abastecimento público (ANA, 2010).

A cidade de Sinop, situada no centro norte de Mato Grosso, possui um sistema de abastecimento público que capta água dos aquíferos Utariti e Salto das Nuvens para atender 100% de todas as demandas de água da cidade (RIBEIRO, 2009).

As culturas agrícolas estão inseridas no entorno da zona urbana de Sinop, com intensa utilização de agrotóxicos e fertilizantes. Também tem-se muitas madeireiras cuja a serragem que sobra ao final do processo de beneficiamento da madeira é disposta a céu aberto no pátio destas madeireiras e o chorume proveniente do seu processo de decomposição fica em contato com o solo. O lixo de Sinop também é uma importante fonte de contaminação das águas subterrâneas. A decomposição do lixo orgânico gera o chorume, que pode infiltrar, percolar e lixiviar para as águas subterrâneas (MARQUES *et al.*, 2012).

Frente a isso, este trabalho objetivou avaliar a qualidade da água subterrânea de Sinop de acordo com o uso, ocupação do solo e estações climáticas, quanto a presença dos metais pesados: bário, cobre, chumbo, ferro, manganês e zinco, comparando-os com os limites estabelecidos pela Resolução de nº 396 do

CONAMA (CONAMA, 2008) e a Portaria do Ministério da Saúde – MS, nº 2914 (BRASIL, 2011).

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – CATACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Sinop tem seu nome derivado das iniciais da empresa responsável pela execução do projeto rural do município, a Sociedade Imobiliária Noroeste do Paraná. O município está localizado na região centro norte do estado de Mato Grosso, às margens da rodovia BR 163 – Cuiabá – Santarém, a uma distância de 500 km de Cuiabá, capital do estado, e 300 km da divisa com o estado do Pará (SANTOS 2014).

A economia do município é caracterizada pela atividade da indústria, comércio, agricultura e pecuária, sendo que a indústria madeireira foi a primeira a se instalar na região. A primeira casa comercial instalada em Sinop foi no ano de 1973. Em 2014, a cidade já possuía 5.728 empresas comerciais, entre atacadistas e varejistas de pequeno, médio e grande porte. O setor agrícola do município iniciou suas atividades nos anos de 1972 e 1973 com a plantação de lavouras cafeeiras. Em razão de problemas de fertilidade do solo, foram substituídas por lavouras de milho, guaraná e de pimenta do reino. Atualmente os principais produtos agrícolas cultivados no município são: soja, milho, arroz e algodão. A implantação de fazendas de grande porte destinadas a pecuária tornou esta atividade também importante para o desenvolvimento do município (SANTOS, 2014).

O solo da região é bem drenado a excessivamente drenado, bastante permeável, muito poroso, com textura variável. São solos ácidos a muito ácidos,

com baixa saturação de bases. Suas principais limitações são acidez elevada e a baixa fertilidade (EMPRABA, 2006).

Geograficamente o município é limitado pelos paralelos 12°00' e 11°00' de Latitude Sul e pelos meridianos 56°00' e 55°00' de Longitude Oeste. Segundo o Instituto de Geografia e Estatísticas (IBGE), o município possui uma área territorial de 3.942,231km², apresentando uma densidade demográfica de 28,69 hab.km². Em 2014 a estimativa da população era 126.817 habitantes (IBGE, 2014).

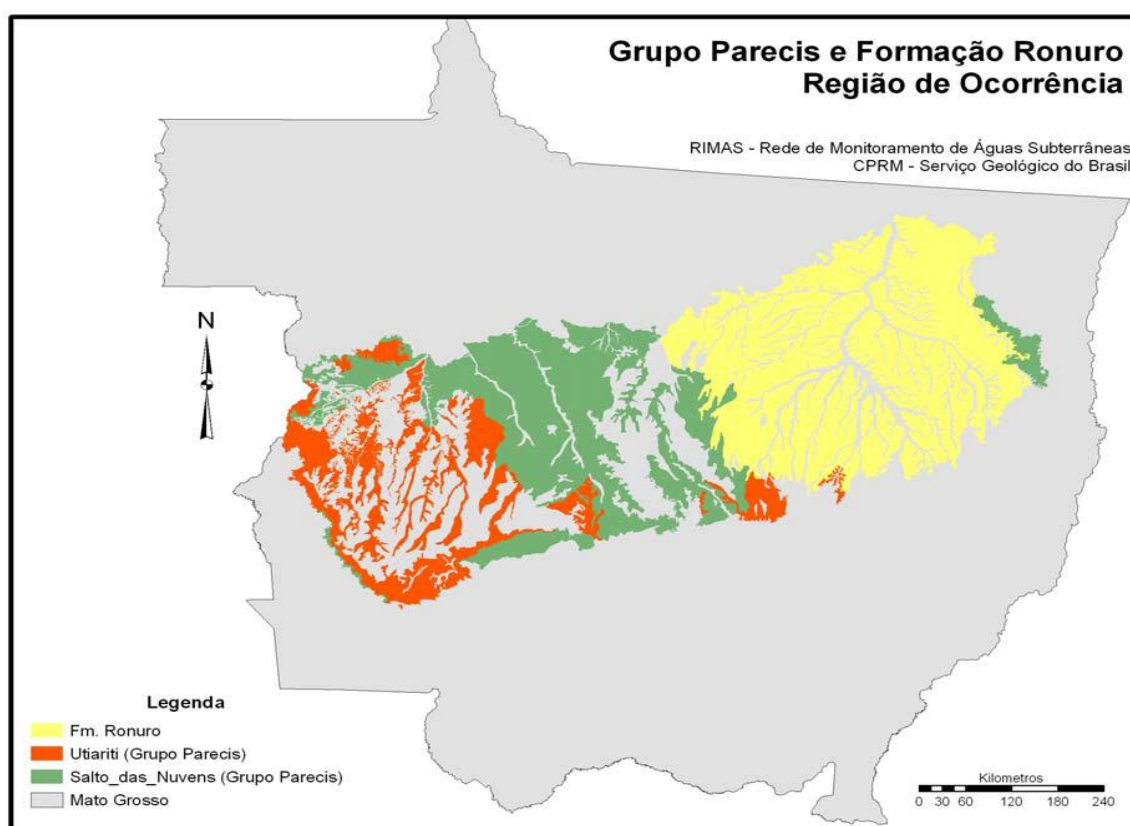
Na Figura 1 apresenta o mapa de localização da área de estudo e a Figura 2 a região de ocorrência do Grupo Parecis e Formação Ronuro.



Figura 1 – Mapa de Localização da área de estudo

O clima da cidade de Sinop foi descrito por Souza et al.,(2013), como sendo do tipo Aw de Koppen-Geiger. Esse tipo de clima é caracterizado como tropical, quente e úmido, com duas estações bem definidas: uma chuvosa (período de outubro a abril) e outra seca (período de maio a setembro).

A região de Sinop está localizada na porção leste do Planalto dos Parecis. O Planalto dos Parecis é uma extensa unidade geomorfológica que ocorre de forma contínua na porção central do estado de Mato Grosso, que apresenta uma predominância de solo do tipo Latossolos Vermelho Amarelo distróficos, os quais são profundos a muito profundos, com teores de Fe_2O_3 , entre 7% a 11% (Embrapa, 2006).



Fonte: CPRM 2012

Figura 2 – Região de ocorrência do Grupo parecis e Formação Ronuro.

2.2 AMOSTRAGEM

As amostras foram coletadas em dois momentos distintos, com uma coleta no período seco (setembro de 2013) e outra coleta no período chuvoso (março 2014). Para a seleção dos pontos de amostragem, levou-se em consideração o histórico de uso e ocupação do solo, definindo-se cinco setores distintos.

Os setores foram definidos como setor rural (1), Setor industrial (2), setor central (3), setor residencial sul (4) e setor residencial norte (5).

01 – Setor Rural – composto por 03 poços, com profundidade mínima de 30m e máxima de 60 metros, distribuídos na área rural de Sinop, com uso e ocupação do solo, dado por plantações agrícolas de soja, milho e algodão,

02 – Setor Industrial - composto por 03 poços, com profundidade mínima de 32 m e máxima de 45 metros, o uso e ocupação dessa região é por indústrias madeireiras, tornearias, oficinas mecânicas, estádio de futebol e as margens da BR 163.

03 – Setor Central, composto por 03 poços, com profundidade mínima de 20m e máxima de 30 metros, o uso e ocupação dessa área é comercial, praças, postos de gasolina, igrejas, hospitais, lavador de carro, área com 100% de asfaltamento.

04- Setor Residencial Sul composto por 03 poços, com profundidade mínima de 18m e máxima de 40 metros, possui área residencial e comercial, praças e cemitério, (região com asfaltamento de 80%).

05- Setor Residencial norte, composto por 03 poços, com profundidade mínima de 9.5m e máxima de 30 metros, é uma região que inclui os bairros mais antigos da cidade, com alto índice populacional, presença de terrenos sem proteção com acúmulo de lixo, valas e lavador de carro, região com grandes quantidades de ruas sem asfaltamento.

2.3 –COLETA , TRANSPORTE E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS

As coletas, transporte e preservação das amostras foram realizados segundo a metodologia preconizada pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995). O parâmetro pH, foi determinado *in situ*, no momento da coleta. A análise foi executada com auxílio de uma sonda multiparâmetros da marca Horiba, modelo U22. A sonda foi calibrada imediatamente antes do uso em todas as campanhas de coleta.

Após as coletas, as amostras foram armazenadas em frascos de vidro, preservadas com ácido nítrico (HNO_3) e conduzidas ao Laboratório de tratamento de resíduos e águas da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), *campus* Sinop, respeitando-se as especificações de estabilidade dos analitos. De cada poço era coletado 1 litro de água.

2.4 - MÉTODO ANALÍTICO PARA QUANTIFICAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS.

Após a chegada no laboratório, de tratamento de resíduos e águas da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), *campus* Sinop, as amostras foram armazenadas entre 2°C e 8°C em geladeira. A preparação das amostras para a quantificação de metais deu-se pelo método de digestão ácida a quente. Foram colocados 245 mL de amostra acrescida de 5 ml de ácido nítrico foi aquecida em sistema e refluxo ate volume de 50 mL. Para a quantificação das concentrações de metais, utilizou-se um espectrofotômetro de absorção atômica. As curvas de calibração do equipamento foram construídas pela utilização de padrões rastreados pelo National Institute of Standards and Technology (NIST).

2.5- ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O trabalho foi realizado em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em esquema fatorial 5 x 2, com 3 repetições e quando apresentados diferenças significativas os dados foram submetidos ao teste de médias de Scott-Knott. Para o auxílio das análises estatísticas, foi utilizado software SISVAR, versão 5.1 (FERREIRA, 2010).

3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

A qualidade da água subterrânea no município de sinop, foi avaliada de acordo com o uso e ocupação do solo e quanto a presença de metais pesados como bário, chumbo, cobre, ferro, manganês e zinco, comparando os valores encontrados com os limites estabelecidos pela resolução de nº 396 do CONAMA (2008) e pela Portaria 2914 do Ministério da Saúde (2011).

No período em que foram realizadas as coletas, na estação pluviométrica da UFMT – Sinop foram registrado precipitações de 1.083,43 mm de set a dez/2013 e de 957,85mm de janeiro a abril de 2014, totalizando 2041,28 mm.

3.1– POTENCIAL HIDROGENIÔNICO(pH)

Os valores médios de pH nas amostras por setor nos dois períodos avaliados são apresentadas na Tabela - 1

Tabela 1 – Valores médios de pH nas amostras por setor, nos dois períodos avaliados.

Setores	Períodos		MIP
	Seco- 1	Chuvoso -2	
Setor Rural	4,42 b A	4.32 b A	4.37 b
Setor Industrial	4.22 b A	4.61 a A	4.41 b
Setor Central	4.91 b A	4.91 a A	4.90 a
Setor Res. Sul	4.69 a A	4.90 a A	4.80 a
Setor Res. Norte	4.47 a A	4.21 b A	4.34 b
MIS	4.54 A	4.59 A	

1 – Médias seguidas da mesma letra minúscula nas coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

2 – Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas , não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

3- MIP –Média Independente de Períodos

4- MIS- Média Independente de Setores.

Os resultados experimentais nos permitem concluir que independente dos períodos de coleta considerados os setores Central e Sul apresentaram valores de pH superiores aos demais.

Quando se comparou os períodos independentemente de setores, os mesmos não apresentaram diferenças significativas entre si.

Quando se compara os setores dentro cada período de coleta, observa-se que há diferenças significativas entre eles, tanto no período seco quanto no chuvoso.

Quando se compara os períodos de coleta dentro de cada setor, eles não apresentaram diferenças significativas.

Nos poços estudados, os resultados de valores de pH encontrados indicaram uma água ácida, cujos valores teve uma variação de 4,54 no período seco e 4,59 no período chuvoso. Conforme a portaria nº 2914 do ano de 2011, do Ministério da Saúde (Brasil, 2011), o pH das águas subterrâneas para consumo humano deve estar entre pH de 6,0 e 9,0, portanto o pH das águas subterrâneas de Sinop estão em desconformidade com a legislação.

3.2 – Bário (Ba)

Os valores das concentrações médias de Bário total nas amostras por setor, são apresentadas na Tabela - 2

Tabela 2 - Concentração média de Ba total nas amostras por setor em cada período ($\mu\text{g.L}^{-1}$).

Setores	Períodos		MIP
	Seco- 1	Chuvoso -2	
Setor Rural	45,00 a A	20,00 a B	32,50 a
Setor Industrial	46,67 a A	17,92 a B	32,50 a
Setor Central	56,67 a A	27,50 a B	42,08 a
Setor Res. Sul	27,92 b A	21,25 a A	24,60 b
Setor Res. Norte	31,67 b A	12,92 a B	22,30 b
MIS	41,58	19,92	

1 – Médias seguidas da mesma letra minúscula nas coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

2 – Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

3- MIP –Média Independente de Períodos

4- MIS- Média Independente de Setores.

5- Valores de Ba de acordo com a Resolução nº 396 do CONAMA(2008) = $700 \mu\text{g.L}^{-1}$

6- Valores de Ba de acordo com a Portaria do MS Nº2914(2011) = $700 \mu\text{g.L}^{-1}$

Pela Tabela 2 pode-se observar que independentemente dos períodos de coletas considerados, os setores Sul e Norte apresentaram concentrações de bário inferiores aos demais. Quando se comparou os períodos independentemente de

setores, os mesmos apresentaram diferenças significativas entre si, tendo o período chuvoso menor concentração de bário. Acredita-se que essa diferença esteja relacionada com a recarga do aquífero, o que contribui para a diluição do ba, levando a pensar que a fonte poluidora esta relacionada ao uso e ocupação do solo.

Quando se compara os setores dentro de cada período de coleta observa-se que há diferenças, apenas no período seco, sendo que nos setores residenciais Norte e sul verificam-se níveis inferiores de bário em relação aos demais. Isso nos leva a pensar que a presença de bário nas águas subterrâneas, não esta relacionada as atividades antropogênicas, podendo estar relacionada ao tipo de rochas da região.

Em relação aos períodos de coleta dentro de cada setor todos apresentaram diferenças, com exceção do Residencial Sul.

De acordo com a COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO CETESB (2014), o bário ocorre naturalmente na maioria das águas superficiais e sua concentração depende do teor de bário lixiviado das rochas, transportando o metal até as águas subterrâneas, também a contribuição antropogênica com a queima de combustíveis fósseis e descarte de efluentes.

Essas informações corroboram com os resultados encontrados, pois os setores que apresentaram as maiores concentrações têm essas características. O setor central que apresentou maior valor tem bastante movimentação de veículos, o Setor Industrial além de ter a presença de resíduos, tem a BR 163 que passa nessa região; e o setor rural pode ter influência do intemperismo, além dos maquinários agrícolas que utilizam combustíveis.

Estudando o elemento Ba em águas subterrâneas em São Paulo Crespi (2013), em São Paulo por Crespi (2013), relacionou as concentrações coma

profundidade . Foram encontrados os seguintes valores de concentração de Ba: na área rasa $0,9 \text{ mg.L}^{-1}$, na área intermediária de $0,3$ a $2,2 \text{ mg.L}^{-1}$ e na área profunda $0,9 \text{ mg L}^{-1}$, levando a autora concluir que a presença de bário nesse aquífero estava relacionado às rochas ricas em cimentação carbonática.

A autora também encontrou sulfato nessa pesquisa, levando a própria concluir que a presença de sulfato nas águas subterrâneas, está controlando a disponibilidade do Ba, levando a redução do teor do metal nas águas rasas.

Dias et al.,(2007), realizaram o monitoramento em sete aquíferos de São Paulo, 03 deles apresentaram concentrações de Ba acima do especificado pela legislação .

Silva et al.,(2003), realizaram estudo em águas subterrâneas na cidade de Feira de Santana no estado da Bahia e encontraram valores de bário acima dos limites estabelecidos pela legislação vigente. As autoras sugerem futuras pesquisas para descobrir a fonte geradora dessa contaminação.

A Resolução nº 396 do CONAMA (2008), estabelece um limite máximo de cobre de 700 µg.L^{-1} de água subterrânea para consumo humano, sendo assim é possível verificar que em todos os setores estudados os níveis de Ba foram inferiores ao definido pela da Resolução

3.3 – CHUMBO (Pb)

Os valores das concentrações médias de chumbo total nas amostras por setor e período são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Concentração média de Pb total nas amostras por setor em cada período ($\mu\text{g.L}^{-1}$).

Setores	Períodos		MIP
	Seco- 1	Chuvoso -2	
Setor Rural	17,92 a A	8,33 a B	13,13 a
Setor Industrial	14,58 a A	5,83 a B	10,21 b
Setor Central	13,33 a A	4,33 a B	8,83 b
Setor Res. Sul	14,58 a A	11,25 a A	12,92 a
Setor Res. Norte	17,92 a A	7,92 a B	12,92 a
MIS	15,67	7,53	

1 – Médias seguidas da mesma letra minúscula nas coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

2 – Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

3- MIP –Média Independente de Períodos

4- MIS- Média Independente de Setores.

5- Valores de Pb de acordo com a Resolução nº 396 do CONAMA(2008) = $10 \mu\text{g.L}^{-1}$

6- Valores de Pb de acordo com a Portaria do MS Nº2914(2011) = $10 \mu\text{g.L}^{-1}$

Independentemente dos períodos de coleta considerados, os setores Industrial e Central apresentaram concentrações de chumbo inferiores aos demais. Isso significa que em geral as atividades da indústria e o comércio da cidade não tem gerado contaminação por chumbo

Quando se comparou os períodos independentemente de setores, os mesmos apresentaram diferenças entre si, tendo o período chuvoso menor concentração de chumbo.

Quando se compara os setores dentro cada período de coleta, observa-se que não houve diferenças entre eles, porém, quando se compara os períodos de coleta dentro de cada setor, apenas o setor Residencial Sul não apresentou

diferenças entre períodos. Mesmo não apresentando diferença estatísticas entre períodos no setor Residencial Sul, verifica-se que houve uma diminuição da concentração no período chuvoso. Mesmo com essa diluição, os valores de Pb encontrados ultrapassaram o limite estabelecido pela legislação. Esse fato pode estar acontecendo devido a essa região, apresentar um grande potencial para contaminação das águas subterrâneas, como hospitais e o cemitério. O cemitério apresenta um risco em potencial para contaminar essa região, por estar localizado próximo a uma área de nascente, que no período chuvoso acontece a recarga do aquífero elevando o nível do lençol freático próximo a superfície causando alagamento e o risco de lixiviação de metais pesados provenientes dos adereços, tintas e vernizes dos caixões.

A Resolução nº 396 do CONAMA (2008) e a Resolução de nº 2914 do Ministério da Saúde estabelecem limite máximo de chumbo de $10 \mu\text{g.L}^{-1}$ de Pb na água para consumo humano. Sendo assim é possível verificar que em todos os setores estudados esse limite foi superado no período seco e apenas o residencial Sul apresentou superioridade desse índice no período chuvoso.

Boldrin e Cutrim (2014) realizaram um estudo avaliando os impactos potenciais de contaminação das águas subterrâneas de Sinop e concluíram que os seguintes fatores são considerados riscos potenciais para contaminação por metais pesados: efluentes industriais, drenagem urbana contaminada, o lixão, a disposição incorreta de materiais eletrônicos como pilhas e baterias, as culturas agrícolas e o cemitério. O setor Residencial Sul apresenta essas características que podem ser responsáveis por essa elevada concentração de chumbo.

Em estudo realizado em águas subterrâneas por Fortunato (2012), em 4 poços profundos no litoral de Santos em um antigo lixão, foram encontrados

valores que ultrapassaram até 200 vezes o valor estabelecido pela resolução nº 396 do CONAMA. A autora sugere que essa contaminação pode estar relacionada aos resíduos descartado, na área os quais teriam sido lixiviados para as águas subterrâneas. A pesquisadora também fez uma relação da concentração de chumbo com o potencial hidrogeniônico (pH) e observou que quanto menor o pH, ou seja, mais ácida a água, maior o valor da concentração de chumbo encontrada no ponto. Essa relação também pode ter influenciado os valores de Pb encontrados neste trabalho, visto que os valores de pH, também foram baixos.

Em outro estudo realizado em Maringá, no estado do Paraná, por Berezuk e Gaspareto (2002), de 10 poços analisados, 09 apresentaram teores de chumbo até 4 vezes acima do limite permitido pela Resolução n.º 396 do CONAMA(2008). Segundo os autores, o teor elevado de chumbo pode estar relacionado a produtos manufaturados ou a resíduos sólidos e solúveis provenientes das industriais, bem como à atividades comerciais que utilizam chumbo em seus produtos. Podem também estar relacionadas com o uso excessivo de agrotóxicos das áreas agrícolas existentes no entorno do perímetro urbano.

Em um monitoramento realizado pela CETESB no período de 2004 a 2006, na capital São Paulo foi verificado que o parâmetro Pb, superou o padrão de potabilidade em aproximadamente 0,6% das amostras. Segundo a publicação não foi verificada correlação entre a ocorrência de chumbo e as características dos aquíferos monitorados, nem tão pouco com a região do estado, não sendo possível identificar possíveis fontes de chumbo na água subterrânea (CETESB, 2008).

O chumbo ao entrar no organismo não sofre metabolização, sendo complexado por macromoléculas, diretamente absorvido, distribuído para o sangue, tecidos moles e ossos, apresentando meia vida de 37, 40 dias e 27 anos

respectivamente, sendo excretado principalmente pela urina (75 – 80%) e, em menor grau pelas fezes (15%) (MOREIRA, 2004).

Golin (2007), pesquisou a remoção de Pb em meios líquidos com carvão ativado e concluiu que o procedimento só é eficiente em $\text{pH} > 5$. Todos os poços pesquisados nesse estudo apresentaram $\text{pH} < 5$. A remoção de Pb das águas subterrâneas é um processo razoavelmente fácil, mas não é barato, pois há necessidade da utilização de adsorventes específicos, como carvão e zeólitos (GOLIN, 2007).

3.4 -COBRE (Cu)

Os valores das concentrações médias de Cu total nas amostras por setor e períodos são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Concentração média de Cu total nas amostras por setor em cada período ($\mu\text{g.L}^{-1}$).

Setores	Períodos		MIP
	Seco- 1	Chuvoso -2	
Setor Rural	1,53 b B	4,60 a A	3,07
Setor Industrial	3,57 a B	2,50 b B	3,03
Setor Central	2,11 b B	2,59 b B	2,35
Setor Res. Sul	3,29 a B	2,67 b B	2,98
Setor Res. Norte	1,15 b B	2,09 b B	1,62
MIS	2,33 A	2,90 A	

1 – Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

2 – Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

3- MIP –Média Independente de Períodos

4- MIS- Média Independente de Setores.

5- Valores de Cu de acordo com a Resolução nº 396 do CONAMA(2008) = $2000 \mu\text{g.L}^{-1}$

6- Valores de Cu de acordo com a Portaria do MS Nº2914(2011) = $2000 \mu\text{g.L}^{-1}$

Os resultados experimentais nos permitem inferir que independentemente dos períodos de coleta considerados, não houveram diferenças entre os setores quanto a concentração de cobre. Quando se comparou os períodos

independentemente de setores, também não ocorreram diferenças, porém quando se compara os setores dentro cada período de coleta, observa-se que houveram diferenças entre eles tanto no período seco quanto no chuvoso.

Quando se compara os períodos de coleta dentro de cada setor, apenas o Setor rural apresentou diferença entre as concentrações, sendo que no período seco a concentração de cobre foi inferior e que no período chuvoso houve um aumento da concentração de cobre em 3 vezes o valor encontrado no período seco. O setor rural está localizado em uma região, onde o uso e ocupação do solo é por plantações agrícolas de soja, milho e algodão. O cultivo agrícola pode contaminar as águas subterrâneas por usos de agrotóxicos, tendo em vista que no período chuvoso é período de intensa aplicação de produtos químicos a base de cobre,

isso pode contribuir na lixiviação do cobre para as águas subterrâneas. Com base nessas informações pode-se dizer que o setor rural pode estar sendo contaminado pela lixiviação de elementos das atividades agrícolas no período chuvoso.

No período seco os setores industrial e residencial sul apresentaram as maiores concentrações de cobre. O setor Industrial tem seu uso e ocupação do solo por indústrias madeireiras. De acordo com CETESB (2012a), compostos de Cu são usados para preservação da madeira. Na usinagem das madeiras é produzida serragem, que fica exposta ao ar livre em pátios, essa exposição favorece a decomposição dos resíduos e formação do chorume, podendo lixiviar e contaminar as águas subterrâneas.

Dias e colaboradores (2007), realizaram o monitoramento em sete aquíferos de São Paulo, todos os aquíferos apresentaram valores de cobre abaixo do estabelecido pela legislação.

Em estudo realizado por Silva et al.,(2003) em águas subterrâneas de Feira de Santana no estado da Bahia, foram encontrados valores de cobre acima dos limites estabelecido pela legislação. A autora não relacionou as causas dessa alteração, sugerindo estudos para descobrir fontes geradoras dessa contaminação.

A Resolução nº 396 do CONAMA (2008), estabelece um limite máximo de cobre de 2000 $\mu\text{g.L}^{-1}$ de água subterrânea para consumo humano, sendo assim é possível verificar que em todos os setores estudados os níveis de cobre foram inferiores ao definido pela Resolução, não sendo fonte de preocupação em termos de qualidade da água.

3.5 – FERRO (Fe)

Os valores das concentrações médias de Ferro total nas amostras por setor e períodos são apresentadas na Tabela 5

Tabela 5 - Concentração média de Fe total nas amostras por setor, em cada período ($\mu\text{g.L}^{-1}$).

Setores	Períodos		MIP
	Seco- 1	Chuvoso -2	
Setor Rural	332,50 a A	368,75 a A	350,63 a
Setor Industrial	545,83 a A	327,08 a A	436,46 a
Setor Central	450,00 a A	284,58 a A	367,29 a
Setor Res. Sul	441,25 a A	590,83 a A	516,04 a
Setor Res. Norte	130,42 a A	242,08 a A	186,25 a
MIS	380,00 A	362,67 A	

1 – Médias seguidas da mesma letra minúscula nas coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

2 – Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas , não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

3- MIP –Média Independente de Períodos

4- MIS- Média Independente de Setores.

5- Valores de Fe de acordo com a Resolução nº 396 do CONAMA(2008) = 300 $\mu\text{g.L}^{-1}$

6- Valores de Fe de acordo com a Portaria do MS Nº2914(2011) = 300 $\mu\text{g.L}^{-1}$

Pela Tabela 5 é possível verificar que não houve diferenças estatísticas entre os setores, entre os períodos, entre os setores dentro de cada período e entre os períodos dentro de cada setor, porém, o setor Residencial Norte, foi o único que apresentou as médias abaixo dos valores recomendados pela Resolução nº 396 do CONAMA de 2008 nos dois períodos, que é de $300 \mu\text{g.L}^{-1}$. O setor Central apresentou valores abaixo da resolução, apenas no período da chuva. Os altos valores de concentração encontrados podem estar relacionados ao material de origem dos solos (rochas).

Em estudo realizado por Menezes (2009), no estado do Rio de Janeiro com águas superficiais e subterrâneas nas proximidades da bacia hidrográfica do Rio São Domingos (BHRSD) indicaram que os valores da concentração de ferro nas águas dos poços profundos em 30% das amostras avaliadas ultrapassaram o valor de referência da Resolução nº 396 do CONAMA, de 2008. Segundo o autor as concentrações de ferro podem estar relacionadas à ocorrência de ferrobactérias ou mesmo à corrosão do revestimento ou filtro do poço. Os resíduos agrícolas também são importantes fontes de ferro para as águas da BHRSD, por ser o ferro constituinte de diversos agrotóxicos.

Em monitoramento realizado pela CETESB (2008), no período 2004-2006 identificou-se que 9% das análises realizadas apresentaram resultados acima do padrão de potabilidade estabelecido pelo Ministério da Saúde. Essas alterações da qualidade da água ocorreram em todos os aquíferos entretanto, em alguns houve maiores concentrações que em outros (CETESB, 2008).

Terrell (2007), no estado de São Paulo, pesquisou a qualidade das águas subterrâneas de 30 poços em área de mineração, 03 deles, apresentaram valores de ferro acima do estabelecido pela legislação. O autor relaciona essas alterações

aos baixos valores do pH que foram de 4,9 a 6,98. Nos poços que apresentaram valores de pH acima de 7,00 as concentrações de ferro apresentaram valores dentro da faixa em relação a legislação.

3.6 – MANGANÊS (Mn)

Os valores das concentrações médias do Mn total nas amostras por setor e períodos são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6- Concentração média de Mn total nas amostras por setor e por período ($\mu\text{g.L}^{-1}$).

Setores	Períodos		MIP
	Seco- 1	Chuvoso -2	
Setor Rural	1,27 b A	2,35 a A	1,81 b
Setor Industrial	1,99 b A	1,77 a A	1,88 b
Setor Central	1,50 b A	2,53 a A	2,02 b
Setor Res. Sul	3,28 a A	3,47 a A	3,37 a
Setor Res. Norte	1,52 b B	2,98 a A	2,25 b
MIS	1,91 B	2,62 A	

1 – Médias seguidas da mesma letra minúscula nas coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

2 – Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas , não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

3- MIP –Média Independente de Períodos

4- MIS- Média Independente de Setores.

5- Valores de Mn de acordo com a Resolução nº 396 do CONAMA(2008) = $100 \mu\text{g.L}^{-1}$

6- Valores de Mn de acordo com a Portaria do MS Nº2914(2011) = $100 \mu\text{g.L}^{-1}$

Observa-se que na Tabela 6 que independentemente dos períodos de coleta considerados, o setor Residencial Sul apresentou concentrações de manganês superior aos demais. Quando se comparou os períodos independentemente de setores, os mesmos apresentaram diferenças significativas entre si, tendo o período chuvoso maior concentração de manganês. Esse fato pode estar relacionado a condutividade hidráulica na região do cemitério, que foi classificada de moderada

rápida a muito rápida por Lussi et al.(2012), quando eles pesquisaram o risco de contaminação das águas subterrâneas em Sinop.

Quando se compara os setores dentro de cada período de coleta, observa-se que houve diferenças entre eles, somente no período seco, tendo no setor Residencial Sul maior concentração de manganês. Essa alteração pode estar relacionada à atividades cemiteriais, devido aos acessórios dos caixões. O Mn inorgânico(retirado de rochas) é usado na fabricação de ligas metálicas, especialmente aços, em pilhas, palitos de fósforo, vidros, fogos de artifício, na indústria química, de couro e têxtil, e como fertilizante(Martins, 2003).

Em pesquisa realizada por Migliorini (1994) no Cemitério de Vila Formosa no Estado de São Paulo verificou-se que os valores de manganês, estavam acima dos limites permitidos para consumo humano. Segundo o mesmo autor, essa alteração provavelmente foi originária das tintas e vernizes desprendidos dos caixões.

Menezes et al.,(2009) realizaram um estudo nas águas de poços profundos próximo a Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos no Rio de Janeiro (BHRSD) e encontrou valores de manganês, acima dos limites estabelecidos pela legislação em 38,46% das análises. Segundo os autores o alto teor de manganês nas águas profundas pode ter relação com a composição das rochas da região, já que o Mn é encontrado em minerais existentes na área (granada, biotita e hornblenda), ou devido aos resíduos de fertilizantes ou fungicidas utilizados nas proximidades da BHRSD.

Terrell (2007) pesquisou a qualidade das águas subterrâneas de 30 poços em área de mineração e em 15 deles, observou valores de manganês acima do estabelecido pela legislação. O autor relaciona esses elevados valores ao fato dos poços estarem próximos a área de mineração de caulim.

Quando se compara os períodos de coleta dentro de cada setor, apenas no setor Residencial Norte apresentou diferenças significativas entre eles. A resolução 396 do CONAMA estabelece um limite máximo de manganês de $100 \mu\text{g.L}^{-1}$ na água subterrânea para consumo humano, sendo assim é possível verificar que em todos os setores estudados os níveis de manganês foram inferiores ao da resolução, não sendo um elemento contaminante que deva ser fonte de preocupação para a população e Sinop.

3.7- ZINCO (Zn)

Os valores das concentrações médias de Zinco total nas amostras por setor, e períodos são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Concentração média de Zn total nas amostras por setor em cada período ($\mu\text{g.L}^{-1}$).

Setores	Períodos		MIP
	Seco- 1	Chuvoso -2	
Setor Rural	19,96 a B	55,30 a A	37,63 a
Setor Industrial	18,01 a A	25,20 b A	21,60 a
Setor Central	5,24 a B	30,07 b A	17,67 a
Setor Res. Sul	12,79 a B	42,46 a A	27,62 a
Setor Res. Norte	20,89 a A	24,21 b A	22,54 a
MIS	15,38 B	35,45 A	

1 – Médias seguidas da mesma letra minúscula nas coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

2 – Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

3- MIP –Média Independente de Períodos

4- MIS- Média Independente de Setores.

5- Valores de Zn de acordo com a Resolução nº 396 do CONAMA(2008) = $5000 \mu\text{g.L}^{-1}$

6- Valores de Zn de acordo com a Portaria do MS Nº2914(2011) = $5000 \mu\text{g.L}^{-1}$

Analisando a Tabela 7, independentemente dos períodos de coleta considerados não houveram diferenças significativas entre os setores, quanto à concentração de zinco.

Diferenças significativas ocorreram quando se comparou os períodos independentemente de setores, isso pode ter acontecido devido a uma possível lixiviação.

Quando se compara os setores dentro de cada período de coleta, observa-se que houve diferença entre eles, apenas no período chuvoso. Os setores que apresentaram maiores valores foram o setor rural e o setor residencial sul. Essa alteração pode estar relacionada as atividades da agricultura e do cemitério.

Em pesquisa realizada pela Fundação Nacional de Saúde, Brasil (2007) em 02 cemitério na cidade de Cuiabá, estado de Mato Grosso, relacionando período seco e chuvoso, foi encontrado valores de Zn dos poços em média de $0,020 \text{ mg.L}^{-1}$. No período chuvoso as concentrações foram maiores mas não ultrapassaram os valores permitidos pela legislação vigente, corroborando com o comportamento observado neste estudo onde a concentração de Zn foi maior no período chuvoso.

Segundo Olga et al., (2014) em solos acidificados, o metal como o Zn, pode ser lixiviado para as águas subterrâneas, tornando-se móvel em pH ácido.

Quando se compara os períodos de coleta dentro de cada setor, apenas o setor Industrial e o residencial Norte não apresentaram diferenças significativas.

Terrell (2007) pesquisou no estado de São Paulo a qualidade das águas subterrâneas de 30 poços em área de mineração de Caulim, em 02 deles, houve a identificação de valores de zinco acima do estabelecido pela legislação. A autora relaciona essas alterações a disposição de rejeitos de mineração nas proximidades dos poços.

A resolução nº 396 do CONAMA (Brasil, 2008) estabelece um limite máximo de zinco de $5000 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ em água subterrânea para consumo humano, sendo assim é possível verificar que em todos os setores estudados, para ambos os períodos os níveis de zinco foram inferiores ao da resolução.

O Zn em concentrações superiores ao seu Valor Máximo Permitido - VMP pode apresentar um aspecto benéfico para a saúde, principalmente para a população idosa ou população que apresente níveis de ingestão de Zn deficitário. O maior problema relacionado ao Zn, em água para consumo humano, é o fato de

metal se associar à outros metais pesados mais tóxicos, como o Cádmio e o Chumbo. Outro Problema relacionado ao excesso de Zn é a influencia negativamente na biodisponibilidade do cobre, o qual tem um papel importante no metabolismo do ferro, componente essencial para a formação da hemoglobina (SEGURA-MUÑOZ et al, 2003).

4 – CONCLUSÕES

Com relação ao uso e ocupação, os setores: Rural e Residencial sul, exigem maior atenção. Acredita-se que os valores acima da legislação estão relacionados as emissões antropogênicas. A indústria e o comércio não contribuem de forma significativa com a contaminação das águas subterrâneas da cidade de Sinop.

Em termos de valores de pH, a água de Sinop não deve ser consumida sem uma correção de pH, pois os valores encontram-se fora da faixa estabelecida para consumo humano, além disso as águas subterrâneas, em todos os setores, no período seco também não devem serem consumidas pela população sem tratamento prévio, devido às concentrações de Pb e Fe estarem acima dos Valores máximos Permitidos – VMP da Portaria 2914 do ministério da Saúde (2011). No período chuvoso, apenas as águas do residencial sul necessitariam de tratamento em relação ao Pb.

As águas analisadas, não apresentaram valores acima do VMP da Portaria 2914 do Ministério da saúde (2011), para os demais metais analisados.

Portanto, verifica-se que o consumo da água subterrânea de Sinop é segura se houver um tratamento dessa água por meio de correção do valor de pH e pela utilização de carvão ativo ou outro material adsorvente para remover os metais.

5 - SUGESTÕES

Para uso da água subterrânea de Sinop é necessário fazer a remoção do chumbo através de uma estação de tratamento, com carvão ativado e quanto ao ferro fazer aeração em pH apropriado seguido de filtração em meio granular que pode garantir a qualidade desejada.

As covas do cemitério municipal de Sinop estão a 1,20 m de profundidade. A distância entre o nível inferior das covas e o aquífero freático, dentro da área do cemitério é de 1,85m. Esta distância está em desacordo com a Resolução de nº 335 do CONAMA (2003), que estabelece o nível inferior dos jazigos esteja a 10m acima do nível freático (LUSSI, 2012).

Quanto ao cemitério, sugere-se que a prefeitura modifique a infraestrutura dos jazigos verticalizando e impermeabilizando as covas com dispositivo de coleta para tratamento do chorume evitando assim a contaminação do lençol freático dessa região.

6 - REFERÊNCIAS

ANA – Agencia Nacional de Águas. (2010). “Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional.” Brasília: ANA: Engecorps/Cobrape.

APHA. American Public Health Association. Standart Methods for the Examination for Water and Wastewater. 21th ed. Washington D.C. 2005.

AZEVEDO, F.A.; CHASUM, A.A.M. (eds). Metais: **Gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu Editora, 2003.

BEREZUK. A.G ; GASPARETTO.N.V.L ; OCORRÊNCIA DE CHUMBO E ZINCO NA ÁGUA SUBTERRÂNEA DE MARINGÁ-PR. **XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. São Paulo 2002.

BOLDRIN.M.T.N e CUTRIM. A.O. Avaliação de impactos potenciais nas águas subterrâneas urbanas de sinop (mt) usando a matriz de leopold. **Revista Geociências, V 33, n 1 p 89-105, UNESP – São Paulo 2014.**

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Cemitérios como fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas**. Região de Cuiabá e Várzea Grande – MT – Brasília: Funasa, 2007.

BRASIL. CONAMA .Conselho Nacional de Meio Ambiente , Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília, DF, 2008.

BRASIL. **Lei nº 9433 de 08 de janeiro de 1997**. Institui a política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Atenção à saúde dos trabalhadores expostos ao chumbo metálico / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. – Brasília : Editora do Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Portaria n.3.214 , de 08 de junho de 1978. Lei n.º 6.514, de 22 de dezembro de 1977, Art. 1º - Aprovar as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho.

BRASIL. PORTARIA Nº 2914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011 do Ministério da saúde, Dispõe sobre os procedimentos de controle da qualidade da água para consumo e seu padrão de potabilidade.2011.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**. Serie Relatórios, 2009. 45 p.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **FIT- Ficha de Intoxicação Toxicológica de Bário** - Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental , agosto 2014.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **FIT- Ficha de Intoxicação Toxicológica de Cobre** - Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental , janeiro de 2012a.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **FIT- Ficha de Intoxicação Toxicológica de Chumbo** - Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental , janeiro de 2012b.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **FIT- Ficha de Intoxicação Toxicológica de Manganês** - Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental , novembro de 2012c.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **FIT- Ficha de Intoxicação Toxicológica de Zinco** - Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental , julho 2012d.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo Relatório de Qualidade de Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo, 2008.

Dias.C.L et al. O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – RESULTADOS 2004-2006 “**XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**”2007

CRESPI. A.M - Aplicação de isótopos de estrôncio, oxigênio e hidrogênio como traçadores de anomalias hidrogeoquímicas de bário no sistema Aquífero Bauru no Município Gália (SP)**Dissertação de mestrado**.Instituto de Geociência da USP – São Paulo,2013.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS, Cultivo do Arroz de Terras Altas no Estado de Mato Grosso, Embrapa arroz e feijão, versão eletrônica setembro de 2006.

ESPINDULA, C. J. **Caracterização bacteriológica e físico-química das águas do aquífero freático do cemitério da Várzea - Recife**. 2004. 131f. Dissertação (Mestrado em Geociências)- Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

FERREIRA, D. F. SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

FORTUNATO, J. M. et al. Caracterização da contaminação por metais pesados em área de mangüezal, Município de Santos (SP). **Rev. Inst. Geol. [online]**. 2012, vol.33, n.1, pp. 57-69. ISSN 0100-929X.

GOLIN, D. M., Remoção de chumbo de meios líquidos através de Adsorção utilizando carvão ativado de origem Vegetal e resíduos vegetais. **Dissertação de mestrado** Departamento de Engenharia Hidráulica, Universidade Federal do Paraná. Curitiba – Pr 2007.

IBGE -INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- Cidade Sinop - Mato Grosso - População estimada para 2014.

LUSSI, C., et al., XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 23 a 26 de outubro de 2012 - LOCAL: Bonito – MS

MARQUES A. K.; et al Avaliação do perigo à contaminação do aquífero freático na região da Vila São Cristóvão em Sinop/MT. In: **Anais do XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, Bonito/MS, Out, 2012.

MIGLIORINI, R. B. Cemitérios como fonte de poluição em aquíferos. Estudo do cemitério Vila Formosa na Bacia Sedimentar de São Paulo. 1994. 74f. **Dissertação (Mestrado)**- Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MOREIRA, F. R. ; MOREIRA, J. C. A cinética do chumbo no organismo humano e sua importância para a saúde. **Ciência e Saúde Coletiva**, [S. l.], v. 1, p. 167-181, 2004.

MARTINS I. Manganês. In: Azevedo F.A, Chasin A.A.M, organizadores. Metais: **gerenciamento de toxicidade**. São Paulo: Editora Atheneu; 2003, 265p
MATO GROSSO. Lei Ordinária n.º 6945, de 05 de novembro de 1997 .

MENEZES, Juliana M. et al. Qualidade da água e sua relação espacial com as fontes de contaminação antrópicas e naturais: bacia hidrográfica do rio São Domingos - RJ. **Eng. Agríc. [online]**. 2009, vol.29, n.4, pp. 687-698.

RIBEIRO, D. B. de S. Avaliação hidrogeológica na cidade de Sinop/MT. Cuiabá, 2009.
Monografia (Graduação em Geologia) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra,
 Universidade Federal de Mato Grosso.

OLGA, Seizi et al. **Fundamentos de toxicologia** 4ª edição, São Pulo Editora Atheneu, 2014,
 685 p.

Ribeiro, J.A.S (2001) Cobre In : balanço Mineral Brasileiro 2001.

SANTOS, F.E.Luiz, **Atlas Histórico e Geográfico de Sinop**, 1ª edição, Sinop – MT, Editora
 Gráfica Print Industria e Editora Ltda, 2014, 196 p.

SEGURA-MUÑOZ, S.I; TAKAYANAGHI, A.M.M; LOPES, T.M; TREVILATO, T.M.B;
 HERING, S. Estudo do efeito neurotóxico da exposição ocupacional ao mercúrio, ao chumbo
 e ao manganês utilizando como ferramenta metodológica a Revisão Sistemática de
 Literatura. **O mundo da Saúde**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 48 out./ dez. 2003.

SIAGAS. *Sistema de Informações de Águas Subterrâneas*. BRASIL: Companhia de Pesquisa
 em Recursos Minerais – CPRM.. Serviço Geológico do Brasil. dados atualizados em 2010.

SILVA.R.C.A ., et al. Contaminação da água do manancial subterrâneo por metais pesados,
 em áreas urbanas de Feira de Santana/bahia/Brasil. **22º Congresso Brasileiro de
 Engenharia Sanitária e Ambiental**. - Joinville - Santa Catarina 2003.

Souza .A. P. et al., Sazonalidade e estimativas da umidade de equilíbrio de madeiras
 amazônicas em Sinop, Estado do Mato Grosso. Sci. For., **Piracicaba**, v. **41**, n. **100**, p. 457-
 468, dez. 2013.

TERRELL, Deborah. Avaliação da qualidade da água subterrânea em área de mineração de
 caulim: impactos e perspectivas de remediação, município de Mogi das Cruzes, SP. 2007.
Tese de Doutorado. INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS.

ANEXO
Anexo A
Normas da Revista de Águas Subterrâneas

REVISTA DE AGUAS SUBTERRÂNEAS

Site:

<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/about/submissions#authorGuidelines>

Submissões Online

Já possui um login/senha de acesso à revista Águas Subterrâneas?

[Acesso](#)

Não tem login/senha?

[Acesse a página de cadastro](#)

O cadastro no sistema e posterior acesso, por meio de login e senha, são obrigatórios para a submissão de trabalhos, bem como para acompanhar o processo editorial em curso.

Diretrizes para Autores

Cadastro

Entrar na página da revista: <http://aguassubterraneas.abas.org/>

Clicar em “CADASTRO” e preencher o formulário. Não esquecer de ativar as caixas de “LEITOR” e “AUTOR”

Submissão

1. Entrar na página da revista: <http://aguassubterraneas.abas.org/> e clicar em “PÁGINA DO USUÁRIO”
2. Clicar em “AUTOR”
3. Na página “SUBMISSÕES ATIVAS”, clicar em “Clique aqui para iniciar o processo de Submissão” (final da página) ou em “NOVA SUBMISSÃO” (coluna à direita).
4. Na página seguinte: “PASSO 1. INICIAR SUBMISSÃO”, ativar a caixa “DECLARAÇÃO DE DIREITO AUTORA” e escolher a seção apropriada para a submissão (= “ARTIGOS”).
5. Clicar em “SALVAR E CONTINUAR”
6. Na página seguinte: “PASSO 2. METADADOS DA SUBMISSÃO (INDEXAÇÃO)”, incluir os nomes dos autores e seus respectivos e-mails.
7. Complete o resto do formulário com os dados do artigo: Título, resumo, abstract, indexação e agência de fomento.
8. Clicar em “SALVAR E CONTINUAR”
9. Na página seguinte: “PASSO 3. TRANSFERÊNCIA DO MANUSCRITO”, leia os itens 1 a 5 e, principalmente, o texto vinculado ao link “Assegurando uma Avaliação Cega segura”

10. Para transferir o arquivo, clicar em “PROCURAR”. Na janela “PROCURAR ARQUIVO” selecionar o arquivo e clicar em “ABRIR”. O nome do arquivo aparecerá ao lado do botão Browse. Clicar em “TRANSFERIR”.
11. Sob o título “DOCUMENTO DE SUBMISSÃO”, aparecerão os dados do arquivo. Por exemplo:
Nome do documento: 9588-29437-1-SM.doc
Nome original do Documento: Drumond.doc
Tamanho do Documento: 19KB
Data de transferência: 2007/10/19 11:48 AM
12. Conferir os dados e clicar em “SALVAR E CONTINUAR”
13. Na página seguinte: “PASSO 4. TRANSFERÊNCIA DE DOCUMENTOS SUPLEMENTARES”, repetir os passos do item “TRANSFERÊNCIA DE ARQUIVOS”, caso tenha algum documento suplementar a ser enviado.
14. Clicar em “SALVAR E CONTINUAR”
15. Na página seguinte: “PASSO 5. CONFIRMAÇÃO DA SUBMISSÃO”. Conferir os dados informados em “RESUMO DE DOCUMENTOS” e clicar em “CONCLUIR SUBMISSÃO”

Visualização do Andamento da Submissão

1. O autor poderá acompanhar o andamento da avaliação. Para isso, basta acessar o sistema, localizar o nome do artigo submetido e clicar no link da coluna “SITUAÇÃO”, por exemplo: “Em fila para Avaliação”
2. Os arquivos com os comentários dos revisores estarão disponíveis para leitura ou para baixar no computador, em “POR PARES”. Basta clicar no nome do “DOCUMENTO TRANSFERIDO”, que surgirá a opção para abrir ou baixar o arquivo.

Orientações para Preparação do Artigo

O trabalho submetido para avaliação preliminar deverá ser digitado em programa Word for Windows ou compatível, fonte Arial, tamanho 12, espaçamento duplo, em papel A4, margens de 2,5 cm, sem numeração de páginas e ter, no máximo, 30 páginas, já incluindo figuras e tabelas.

IMPORTANTE: O(s) nome(s) do(s) autor(es), sua(s) instituição(ões) e endereço(s) para correspondências não devem constar do texto, a identificação do trabalho será feita pelo preenchimento dos metadados da submissão e pelo número de identificação gerado automaticamente. Referências a publicação(ões) do(s) autor(es) dentro do texto ou na lista de referências devem aparecer somente como "AUTOR", de modo a garantir uma avaliação cega segura.

O **título** do trabalho, com no máximo 140 toques, deverá aparecer na primeira página do trabalho, sem a identificação do(s) autor(es).

Antecedendo o texto serão apresentados dois **resumos** em Português e Inglês. Para trabalhos redigidos em Espanhol, o segundo resumo será em Português e o terceiro em Inglês. O resumo deverá ser redigido em parágrafo único, variando entre 1.000 a 1.500 toques, apresentando de forma breve e objetiva a justificativa do trabalho, os métodos utilizados, os

resultados e as conclusões. Após o resumo, incluir obrigatoriamente uma lista de até cinco palavras-chave que expressem o assunto do trabalho.

O texto deverá ser redigido de forma impessoal, objetiva, clara, precisa e coerente.

O título do trabalho, bem como os das tabelas e figuras deverão ser apresentados no idioma do trabalho e em Inglês. As abreviaturas deverão ser identificadas, por extenso, na primeira vez que aparecem no texto. As unidades das grandezas numéricas deverão obedecer aos padrões do Sistema Internacional de Unidades (SI).

As **tabelas** serão numeradas sequencialmente e inseridas no final do texto. O título deve ser claro e conciso e colocado no topo da tabela. Outras informações relativas à tabela (origem dos dados, observações, etc.), serão colocadas logo abaixo da tabela, com espaçamento simples e fonte de tamanho menor que a do texto principal.

A tabela terá largura equivalente a uma coluna (7,5 cm) ou duas colunas (15 cm).

As **figuras** (mapas, fotos, perfis, esboços, gráficos, diagramas, etc.), devem ser numeradas sequencialmente e inseridas ao final do texto. O título deve ser claro e conciso e colocado na base da figura. Outras informações relativas à figura (legenda, origem dos dados, observações, etc.), serão colocadas logo abaixo da figura, com espaçamento simples e fonte de tamanho menor que a do texto principal.

As figuras devem ser preparadas em preto-e-branco ou em tons de cinza, com tamanho equivalente a uma coluna (7,5 cm) ou duas colunas (15 cm). Caso as figuras excedam os tamanhos mencionados, elas serão reduzidas até ficarem com dimensões adequadas ao formato da página. Para uma boa legibilidade, os símbolos e caracteres de texto das figuras devem ter tamanho mínimo de 1 mm, mesmo após a redução da figura.

Serão aceitas figuras coloridas, desde que os custos de reprodução sejam pagos pelos autores do trabalho. Nesse caso, pede-se aos autores que consultem, antecipadamente, os editores para uma avaliação de custos.

As **citações** mencionadas no texto devem ser indicadas pelo sistema Autor-Data, obedecendo a norma ABNT NBR 10.520 (agosto/2002), ou a que estiver vigente. Abaixo seguem exemplos de citações:

ARTIGOS

- Na sentença: sobrenomes dos autores em letras minúsculas, seguidos pelo ano entre parênteses.

- Artigos até 2 autores: Conforme Anderson e Woessner (1992), o conjunto de equações algébricas resulta...

- Artigos com 3 ou mais autores: Segundo Zalán et al., (1987), a Bacia do Paraná é uma bacia intracratônica desenvolvida...

- Várias obras do mesmo autor: a) do mesmo ano: Custódio (1983a), condiciona os indicadores geoquímicos da temperatura de aquíferos à...Para Custódio (1983b), o uso das fontes termais com fins terapêuticos... b) de anos diferentes: Para Rebouças (1976, 1979, 2002), a importância da água subterrânea pode ser auferida...

- No fim da frase: sobrenomes dos autores em letras maiúsculas, seguidos pelo ano, ambos entre parênteses....proximidades das zonas de ocorrência dessas fontes (ALFARO e WALLACE, 1994).

SIGLAS

- Entidade Coletiva: citar o nome da entidade por extenso, seguida da sigla. Nas subseqüentes,

usar apenas a sigla. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2002)...

OUTROS DOCUMENTOS

- Órgãos Públicos: De acordo com dados apresentados pelo Ministério do Meio Ambiente... (BRASIL, 2004)...políticas da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA (PARANÁ, 2003).

- Leis, decretos, etc.: a) ...de acordo com o Artigo 2º da Lei 9.605 (BRASIL, 1998); b) ...conforme determina o Artigo 1º da Portaria DAAE 717/96 (SÃO PAULO, 1996).

As **referências bibliográficas** citadas no texto deverão ser listadas no final do trabalho, em ordem alfabética, obedecendo à norma ABNT NBR 6023-08 (agosto/2002) ou a que estiver vigente.

LIVROS

CASTANY, G. Prospección y explotación de las aguas subterráneas. Barcelona: Omega, 1975.

PARTES OU CAPÍTULOS DE LIVROS

CUSTÓDIO, E. Principios básicos de química y radioquímica de las aguas subterráneas. In: CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R. Hidrologia subterránea. Barcelona: Omega, 1983a.

PERIÓDICOS

SHUSTER, E. T.; WHITE, W. B. Source areas and climatic effects in carbonate groundwaters determined by saturation indices and carbon dioxide pressures. Water Resources Research. Washington (DC), v. 8, n. 4, p. 1067-1073, 1972.

PUBLICAÇÕES SERIADAS

HEM, J. D. Study and interpretation of the characteristics of natural waters. 2., Geological Survey Water-Supply Paper, Washington (DC), n. 1473, p. 1-334, 1970.

TESES E DISSERTAÇÕES

OLIVEIRA, E. Ethanol flushing of gasoline residuals - microscale and field scale experiments. Waterloo, Ontário, Canadá, 1997. 291 p. Tese (Doutoramento em Hidrogeologia). Universidade de Waterloo.

CONGRESSOS

ANDRÉ, H.; RICHER, C.; DOUILLET, G. Les jaugeages par la méthode de dilution en 1970. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM IN HYDROMETRY, 1970, Koblenz. Proceedings... Koblenz : Unesco/WMO/IAHS, 1970, v. 1, p. 239-250.

RELATÓRIOS

Geologia Ambiental Ltda - GEA. Projeto PROSAM/PEB-07 - Relatório Final. Curitiba: 1998. Companhia de Saneamento do Paraná. Projeto Concluído. Áreas: Fervida e Botiatuva.

LEIS

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518 de 25 de março de 2004. Estabelece normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Diário Oficial da União, Brasília, v. 59, p. 266-270, 26 mar. 2004, Seção 1.

Informações Adicionais

Ao submeter o artigo à Revista Águas Subterráneas, os autores declaram conjuntamente que consentem com a publicação do trabalho, com aceitação das recomendações dos relatores e a confirmação de não publicação em nenhum outro veículo enquanto estiver sendo avaliado pelos membros do Corpo Consultivo da revista.

O trabalho será submetido a pelo menos 3 (três) avaliadores, os quais emitirão pareceres independentes recomendando ou não sua publicação, havendo ou não a necessidade de

revisão do texto. Em caso de trabalho não aceito, será feito um comunicado aos autores informando, sucintamente, o motivo da recusa para publicação.

Após a adaptação do texto às recomendações dos avaliadores e editores, os autores enviarão ao Comitê Editorial uma cópia em meio digital para a análise final do trabalho. Os editores reservam-se o direito de fazer adaptações na forma do texto para manter a uniformidade da revista.

A não observância das normas editoriais implicará na rejeição do trabalho enviado.

Antes da impressão da revista, os editores disponibilizarão no próprio sistema uma prova do trabalho para verificação e correção de possíveis erros de digitação e/ou diagramação. Nesta etapa, não serão admitidas quaisquer alterações no conteúdo do texto. Os autores deverão se manifestar sobre a aceitação da prova no prazo de 5 (cinco) dias. Excedido esse prazo, o artigo será considerado pronto para impressão.

Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

Declaração de Direito Autoral

Direitos Autorais para artigos publicados nesta revista são do autor, com direitos de primeira publicação para a revista. Em virtude de aparecerem nesta revista de acesso público, os artigos são de uso gratuito, com atribuições próprias, em aplicações educacionais e não-comerciais.

Política de Privacidade

Os nomes e endereços de email neste site serão usados exclusivamente para os propósitos da revista, não estando disponíveis para outros fins.

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, São Paulo, Brasil - eISSN 2179-9784

ANEXO B
Resolução 396 de 2008 do CONAMA