



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA**  
**CAMPUS DE JI-PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**



**INGRID ALEXANDRINA VERONEZ MARTINS**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM ÁREA DE INFLUÊNCIA DO LIXÃO INATIVO NO BAIRRO BOA ESPERANÇA (JI-PARANÁ/RO).**

Ji-Paraná,

2011

**INGRID ALEXANDRINA VERONEZ MARTINS**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM ÁREA DE INFLUÊNCIA DO LIXÃO INATIVO NO BAIRRO BOA ESPERANÇA (JI-PARANÁ/RO).**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Elisabete Lourdes do Nascimento

Co-orientadora: Ana Lúcia Dernadin da Rosa

Ji-Paraná,

2011

Martins, Ingrid Alexandrina Veronez

M386        Avaliação da qualidade da água subterrânea em área de  
2011        influência do lixão inativo do bairro Boa Esperança (Ji-Paraná/RO) /  
Ingrid Alexandrina Veronez Martins ; orientadora, Elisabete Lourdes do  
Nascimento. -- Ji-Paraná, 2011

66 f. : 30cm

Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Ambiental. –  
Universidade Federal de Rondônia, 2011

Inclui referências

1. Abastecimento de água - Rondônia. 2. Qualidade da água -  
Avaliação. 3. Água - Contaminação. 4. Água - Poluição.  
I. Nascimento, Elisabete Lourdes do. II. Universidade Federal de  
Rondônia. III. Título

CDU 628.1(811.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA  
CAMPUS DE JI-PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



**TÍTULO:** AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO LIXÃO INATIVO DO BAIRRO BOA ESPERANÇA NO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ/RO.

**AUTOR:** INGRID ALEXANDRINA VERONEZ MARTINS

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e aprovado pelo Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná, 2011.

---

Alex Mota Santos  
Fundação Universidade Federal de Rondônia

---

Igor Georgios Fotopoulos  
Fundação Universidade Federal de Rondônia

---

Elisabete Lourdes do Nascimento  
Fundação Universidade Federal de Rondônia

Ji-Paraná, 31 de outubro de 2011.

À minha família e a todas as pessoas  
que sempre torceram por mim.

## *Planeta Água*

Água que nasce na fonte  
Serena do mundo  
E que abre um  
Profundo grotão  
Água que faz inocente  
Riacho e deságua  
Na corrente do ribeirão...  
Águas escuras dos rios  
Que levam  
A fertilidade ao sertão  
Águas que banham aldeias  
E matam a sede da população...  
Águas que caem das pedras  
No véu das cascatas  
Ronco de trovão  
E depois dormem tranqüilas  
No leito dos lagos  
No leito dos lagos...  
Água dos igarapés  
Onde lara, a mãe d'água  
É misteriosa canção  
Água que o sol evapora  
Pro céu vai embora  
Virar nuvens de algodão...  
Gotas de água da chuva  
Alegre arco-íris  
Sobre a plantação  
Gotas de água da chuva  
Tão tristes, são lágrimas  
Na inundação...  
Águas que movem moinhos  
São as mesmas águas  
Que encharcam o chão  
E sempre voltam humildes  
Pro fundo da terra  
Pro fundo da terra  
Terra! Planeta Água...

Guilherme Arantes.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me permitido chegar até aqui. A meus pais Magali Aparecida Veronez e Benedito Martins por estarem sempre ao meu lado, me apoiando e suprimindo minhas necessidades financeiras.

À minha orientadora Prof<sup>o</sup> Elisabete Lourdes Nascimento pela atenção dedicada a meu trabalho, pela orientação e ajuda constante e pela disponibilidade de estar indo a campo comigo.

Aos professores Alex Mota Santos e Ana Lucia Dernadin da Rosa que nos acompanharam durante os trabalhos de campo, em especial ao prof<sup>o</sup> Alex que se fez presente me auxiliando em muitas etapas para elaboração deste.

A todos os meus professores de graduação por terem feito de mim capaz, pois sem os seus ensinamentos eu jamais teria chegado até aqui.

Agradeço ao Departamento de Engenharia Ambiental pelo auxílio nas pesquisas.

A todos os meus amigos por estarem ao meu lado, sem os quais muito deste trabalho não poderia ter sido realizado em especial, Marcos Leandro, Sandra Francener, Ronei Silva, Luana de Oliveira, Juliana Miyachi, Monica Cerqueira e Carina Stre Holanda.

Enfim a todos aqueles que contribuíram direto e indiretamente para a conclusão deste estudo o meu humilde agradecimento.

## RESUMO

A água subterrânea tem sido considerada importante fonte alternativa de abastecimento, principalmente em regiões com escassez de água superficial ou em locais que não são atendidos pelos sistemas de tratamento de água. Em função da facilidade de instalação e da manutenção com custos mais baratos, as águas subterrâneas tornaram-se recurso utilizado para diversas finalidades. Entretanto, com o crescimento populacional e o desenvolvimento industrial nos últimos anos, a qualidade das águas subterrâneas vem sendo comprometida, principalmente pela disposição inadequada dos esgotos domésticos, industriais e pela disposição irregular dos resíduos sólidos urbanos no solo. Diante disto, este estudo objetivou analisar os parâmetros físicos, microbiológicos e a composição química da água subterrânea do bairro Boa Esperança que se desenvolveu em torno do antigo lixão municipal de Ji-paraná. Foram coletadas as amostras de 20 poços nos meses de maio e agosto de 2011. De acordo com os resultados obtidos, constatou-se, a presença de *Escherichia coli* e coliformes totais acima dos índices estabelecido pela Resolução CONAMA 396/2008. O aquífero apresentou águas levemente ácidas com a variação do pH entre 4,37 e 5,66 em todos os poços. Quanto aos metais pesados, foram detectados em todos os pontos concentrações de Fe, Pb, Zn, Cu, Mn, Cr, Co e Ni. Os resultados são preocupantes para as concentrações encontradas de Fe e Pb que em alguns pontos estão acima do valor máximo permitido pela legislação vigente. A alta concentração de metais pesados pode ser resultado da contaminação do aquífero pelo chorume do antigo lixão, desativado, existente no bairro. Entre os outros parâmetros físico-químicos e os microbiológicos investigados, os resultados apresentados indicaram que a água subterrânea nos diversos parâmetros analisados encontrava-se em desacordo com os padrões estabelecidos pela legislação vigente em alguns pontos. Logo os resultados encontrados para nitrato e nitrito e fósforo total ainda que abaixo do valor máximo permitido para água de consumo humano indicam, na grande maioria dos casos, valores típicos de contaminação provenientes de efluentes domésticos, o que pode ser correlacionado devido a existência de fossas negras em todas as residências no bairro. Diante o exposto, recomenda-se que haja o monitoramento contínuo sobre a qualidade da água subterrânea do bairro Boa Esperança devido às concentrações de metais pesados, estes merecem cuidados expressivos, diante dos prejuízos que acarretam a saúde humana em longo prazo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água subterrânea, lixão, contaminação, problemas de saúde pública.



## **ABSTRACT**

The groundwater has been considered an alternative source of supply, especially in regions with scarcity of surface water or places that are not served by water treatment system. Due to the facility of installation and the cheaper costs of maintenance, the groundwater became a resource used for several proposes. However, with the population growth and industrial development in recent years, the groundwater quality has been degraded, mainly by improper disposal of domestic sewage, industrial sewage, and the irregular disposal of municipal solid waste. Given this, this study aimed to analyze the physical and microbiological characteristics, and chemical compositions of the groundwater from the Boa Esperança neighborhood that developed around the old landfill of Ji-Paraná. Samples were collected from 20 wells in the months of May and August 2011. According to the given results, it was found the presence of *Escherichia coli* and total coliforms above the rates established by CONAMA Resolution 396/2008. The aquifer had presented slightly acidic water with pH variation between 4,37 and 5,66 in all wells. The heavy metals were detected in all the wells with concentrations of Fe, Pb, Zn, Cu, Mn, Co, Cr e Ni. The results are troubling for the Fe and Pb concentrations found in some points are above the maximum permitted. The high concentration of heavy metal is the result of contamination of the aquifer by leachate from the old landfill, disable, existing in the neighborhood. Among the other physico-chemical and microbiological parameters investigated, the results indicated that groundwater, in some wells, was at odds with the standards established by law. Thus, the results for nitrate and total phosphorus, even below the maximum allowed for drinking water, indicate, in most cases, typical values of contamination from domestic wastewater. It can be correlated with the existence of cesspools in all residences of the neighborhood. Given the above, it is recommended that there be continuous monitoring of the groundwater quality of the neighborhood Boa Esperança because of the concentrations of heavy metals. They deserve significant care due to the damage they cause for the human health, in the long term.

**KEY-WORDS:** Fountain underground dump, pollution, public health problems

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização do município de Ji-Paraná e bairro Boa Esperança. ....	30
Figura 2 - Concentração de Nitrato e Nitrito nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011, e valor estabelecido pela resolução CONAMA 396 de 2008.....	46
Figura 3 - Concentração de Nitrato e Nitrito nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de agosto de 2011, e valor estabelecido pela resolução CONAMA 396 de 2008. ...	46
Figura 4 - Concentração de ferro total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011. ....	50
Figura 5 - Concentração de ferro total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011. ....	51
Figura 6 – Concentração de manganês total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011.....	52
Figura 7- Concentração de manganês total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de agosto de 2011.....	53
Figura 8 - Concentração de cobre ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011. ....	54
Figura 9- Concentração de cobre ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011. ....	55
Figura 10 - Concentração de cobalto total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de agosto de 2011. ....	56
Figura 11 - Concentração de cobalto total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de agosto de 2011. ....	57
Figura 12 - Concentração de níquel total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011. ....	58
Figura 13 - Concentração de níquel total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de de 2011. ....	59
Figura 14 - Concentração de Chumbo ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011. ....	60
Figura 15 - Concentração de Chumbo ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011. ....	60
Figura 16 - Concentração de Zinco Total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011. ....	62
Figura 17 - Concentração de Zinco Total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011. ....	63
Figura 18 - Concentração de Cromo Total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011.....	64

Figura 19 - Concentração de Cromo Total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de agosto de 2011. ....	65
Figura 20 – Fonte de água utilizada para o consumo diário pela população pesquisada do bairro Boa Esperança. ....	66
Figura 21 – Formas de tratamento utilizadas antes do consumo da água dos poços no bairro Boa Esperança. ....	67
Figura 22 – Tempo de residência das famílias entrevistadas no bairro Boa Esperança. ....	67
Figura 23 – casos de sintomas apresentados com frequência em membros da família no bairro Boa Esperança. D. EST= Dor de estomago; D. CAB.= Dor de cabeça; VOM.= Vomito; D. REN= Doenças renais; DIF. APREN.= Dificuldade no aprendizado; PERD. MEM.= Perda de memória. ....	68

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites de Detecção da Técnica (LDT) para cada metal pesado analisado na primeira amostragem (Maio de 2011). .....	36
Tabela 2 - Características dos poços amostrados no Bairro Boa Esperança. ....	37
Tabela 3 - Coliformes fecais e totais (UFC/100 mL) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança e valores estabelecidos pela resolução CONAMA n° 396 de 2008. ....	39
Tabela 4 - Características físico-químicas das amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de Maio/2011.....	42
Tabela 5- Características físico-químicas das amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de Agosto/2011.....	43
Tabela 6 - Concentração de fósforo total e dissolvido nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio e agosto de 2011, e valor estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005.....	48

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	14
OBJETIVO GERAL .....	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
1.1 DISPONIBILIDADES DE ÁGUAS .....	17
1.2 USOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	18
1.3 POLUIÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	18
1.4 ATERAÇÕES DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA POR CHORUME E METAIS .....	20
1.5 DANOS A SAÚDE PÚBLICA DEVIDO A CONTAMINAÇÃO POR METAIS PESADOS..	20
1.6 RESÍDUOS PERIGOSOS PRESENTE NO LIXO DOMÉSTICO .....	22
1.7 TOXICOLOGIA DOS METAIS PESADOS .....	23
1.7.1 Ferro .....	23
1.7.2 Chumbo .....	24
1.7.2 Cobre .....	24
1.7.3 Cobalto .....	25
1.7.4 Cromo.....	25
1.7.5 Níquel.....	26
1.7.6 Zinco .....	26
1.7.7 Manganês .....	26
1.8 PARÂMETROS SANITÁRIOS .....	27
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	29
2.2 CLIMA.....	30
2.3 GEOLOGIA E HIDROLOGIA.....	30
2.4 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA.....	31
2.5 COLETA DAS AMOSTRAS .....	32
2.6 MAPEAMENTO DOS PONTOS DE COLETA .....	32
2.7 APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS .....	33
2.8 ANÁLISES DE QUALIDADE DE ÁGUA.....	33

2.9 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS: <i>IN LOCO</i> .....	34
2.9.1 Análises físico-químicas: LABORATÓRIO .....	34
2.10 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA .....	36
3 RESULTADOS E DISCUSÃO .....	37
3.1 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS .....	38
3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA .....	40
3.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH) .....	40
3.2.2 Oxigênio dissolvido .....	40
3.2.3. Condutividade Elétrica .....	41
3.2.4 Temperatura .....	43
3.2.5 Turbidez .....	43
3.3 NITRATO E NITRITO .....	45
3.4 FOSFORO TOTAL .....	47
3.5 METAIS PESADOS NA AGUA (FRAÇÃO TOTAL) .....	48
3.5.1 Ferro (Fe) .....	49
3.5.2 Manganês .....	51
3.5.3 Cobre .....	53
3.5.4 Cobalto .....	55
3.5.5 Níquel .....	57
3.5.6 Chumbo .....	59
3.5.7 Zinco .....	61
3.5.8 Cromo .....	63
3.6 INFORMAÇÕES SOCIAIS, SANITÁRIAS E DE SAÚDE PÚBLICA .....	65
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	69
REFERÊNCIAS .....	71

## INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2007) define saneamento como o controle de fatores que atuam sobre o meio ambiente e que exercem, ou podem exercer, efeitos prejudiciais ao bem-estar físico, mental ou social do homem. Dentro dessa definição, inclui-se o conceito de limpeza urbana, que engloba, além de outros serviços, a coleta, o tratamento e a destinação final do lixo ou resíduos sólidos.

A situação sanitária no Brasil, e em especial na região Norte, é bastante precária. Segundo a pesquisa nacional de saneamento básico (2008), os estados da região norte possuem os piores índices de saneamento, e Rondônia possui um índice de 1,6%, de sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário e disposição correta dos resíduos sólidos. Em 16 das 27 Unidades da Federação, a proporção de domicílios sem oferta de distribuição de água tratada foi igual ou superior ao da média nacional (21,4%), sendo os Estados de Rondônia (73,4%), Acre (64,2%), Pará (63,6%) e Amapá (59,4%) os que mais sofreram com esse tipo de problema (PNSB, 2008).

No município de Ji-Paraná, localizado na porção centro – leste do estado de Rondônia, mais especificamente no perímetro urbano, a questão da precariedade no saneamento básico é considerada grande problema de saúde pública, em especial no que tange às famílias de baixa renda, que em grande parte, utilizam água de poços sem a adoção de nenhum método de desinfecção, sem um acompanhamento regular da qualidade dessa água (MARCHETTO, 2009).

Assim, a contaminação do lençol subterrâneo ocorre devido a vários fatores entre eles se destaca a disposição inadequada de resíduos sólidos, que em decomposição liberam vários compostos químicos e concentrações de alguns metais pesados como: chumbo, cádmio, cromo, cobre, cobalto, níquel, zinco entre outros, que alteram as características físicas, químicas e biológicas do solo, e através da percolação entram em contato com o lençol subterrâneo causando sua contaminação (BRAGA et al, 2002).

A disposição incorreta ou o manuseio indevido de resíduos sólidos vêm gerando sérios problemas para o ambiente, inclusive provocando grande impacto nas águas subterrâneas. Vários são os estudos de poluição das águas subterrâneas no Brasil, como, por exemplo, Lima (2003) que estudou a contaminação do lençol freático do município de São Pedro da Aldeia, no Rio de Janeiro. O autor revelou que todo lixão provoca algum tipo de poluição nas águas subterrâneas.

Assim, preocupações com a contaminação do solo e dos recursos hídricos, das plantas, dos animais e do homem, decorrente da presença de elementos metálicos provenientes da inadequada disposição de resíduos sólidos, vêm conduzindo pesquisadores a direcionar o foco dos seus estudos a estes problemas (OLIVEIRA, 2004).

Além disso, um dos grandes problemas ambientais que estão em pauta atualmente são aqueles relacionados ao destino final dos resíduos sólidos em áreas urbanas e à localização de aterros controlados, devido aos impactos decorrentes ao seu posicionamento. Somados a isso há também a escassez de água potável, cada vez mais próxima da nossa realidade. Desta forma, a presente pesquisa busca relacionar os impactos da disposição inadequada dos resíduos sólidos sob a qualidade da água subterrânea e seu possível reflexo na saúde pública.

A área em estudo é considerada de risco uma vez que abrange um depósito de resíduos sólidos a céu aberto desativado, que esteve em operação entre os anos 1993 e 1998. Após a inativação do lixão a área foi ocupada de maneira irregular dando origem ao bairro Boa Esperança, divisa com a linha União.

Foram observados em campo que algumas residências estão a menos de 20m da área do Lixão inativo, e as famílias que ali residem fazem uso consultivo de água subterrânea através de poços amazonas, sendo esta a alternativa mais viável, uma vez que a Companhia de Água e Esgotos de Rondônia - CAERD, não faz a distribuição de água tratada no bairro investigado.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água subterrânea no entorno do Lixão Inativo do município de Ji-Paraná localizado no bairro Boa Esperança. Neste sentido, buscou verificar possíveis interferências em alguns parâmetros físicos e químicos da água em decorrência do contato desta água com o chorume proveniente da decomposição do lixo que se encontra enterrado. Verificando assim se a água subterrânea do bairro Boa Esperança apresenta riscos a população que ali reside.



## **OBJETIVO GERAL**

Avaliar a qualidade da água subterrânea no entorno do lixão inativo do município de Ji-Paraná - Bairro Boa Esperança, e possíveis impactos na saúde da população que reside na área.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar a presença de coliformes totais e fecais na água coletada nos poços das residências;
- Determinar os valores dos seguintes parâmetros físico-químicos da água: temperatura, condutividade elétrica, pH; turbidez e oxigênio dissolvido;
- Determinar as concentrações de nitrato, nitrito e ortofosfato.
- Analisar a concentração de metais pesados (Co, Cu, Mn, Fe, Zn, Pb, Cr e Ni) na água dos poços.
- Analise Espacial

## 1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

### 1.1 DISPONIBILIDADES DE ÁGUAS

A água é a substância mais abundante na biosfera, distribuída nos estados sólidos, líquido e gasoso pelos oceanos, rios e lagos nas calotas polares e geleiras, no ar e no subsolo, a água é um elemento imprescindível na vida do ser humano, bem como às outras formas de vida na Terra. A água dos oceanos corresponde cerca de 97% do que está disponível no planeta, sendo que aproximadamente 2,4% esta na forma de gelo e apenas 0,6% é de água doce. Destes, 97% dizem respeito às fontes subterrâneas e 3% as águas superficiais (PHILIPPI JR, et al.,2004).

Metade dessa água subterrânea encontra-se abaixo de uma profundidade de 800 metros e praticamente não está disponível, isso significa que o estoque de água doce que pode ser disponibilizado para o uso do homem está aproximadamente em 0,3% ou 4 milhões de km<sup>3</sup> e se encontra principalmente no solo, a parcela disponibilizada nos cursos da água é a menor de todas, exatamente onde se retira a maior parte para as mais diversas finalidades é onde indevidamente são lançados os resíduos dessa utilização (PHILIPPI JR, et al.,2004).

O Brasil se encontra em uma posição privilegiada, visto que boa parte da água doce do planeta, cerca de 12%, está localizada aqui. O problema é que mais de 70% dessa água disponível no Brasil se encontra na região amazônica, cuja parcela da população é inferior ao restante do território nacional que possuem os 30% restantes, ou seja, os grandes centros urbanos possuem certa deficiência hídrica quando comparado a região norte dos país. (SABESP, 2009).

Além das águas superficiais, o homem ainda dispõe dos mananciais subterrâneos como importante reservatório de água para diversos fins. Um estudo realizado por Queiroz et al., (2006), evidenciou que mais da metade da água de abastecimento público no Brasil provém de reservas subterrâneas.

As águas subterrâneas podem ser captadas por meio de poços rasos ou profundos, galerias de infiltração ou pelo aproveitamento das nascentes, a depender da sua disponibilidade (BRASIL, 2006).

## **1.2 USOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA**

De acordo com Lima (2009), diante da escassez da água superficial a água subterrânea tem sido considerada importante fonte alternativa de abastecimento, em função da facilidade de instalação e da manutenção com custos mais baratos, as águas subterrâneas tornaram-se recurso utilizado para diversas finalidades.

Entretanto, com o crescimento populacional e o desenvolvimento industrial nos últimos anos, a qualidade das águas subterrâneas tem sido alterada, principalmente pela disposição inadequada dos esgotos domésticos e industriais.

No Brasil a utilização do manancial subterrâneo é um recurso amplamente comum por uma parcela da população como fonte de abastecimento de água, devido ao baixo custo e a facilidade de perfuração, a captação de água livre, mesmo que mais vulnerável à contaminação, é mais freqüentemente utilizada (VARNIER; HIRATA, 2002).

Atualmente, nas áreas periféricas das grandes cidades e áreas industriais, ocorre grande demanda por água subterrânea como principal fonte de abastecimento, isso ocorre porque nestas regiões grande parte das águas superficiais está comprometida por algum tipo de poluição, logo nessas áreas, é comum o uso dessas águas sem nenhuma forma de tratamento, o que pode causar sérios problemas à saúde da população, não somente pelo consumo, mas, também, pelo uso na higiene pessoal (LIMA, 2009).

## **1.3 POLUIÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA**

A poluição da água consiste na alteração de suas características por quaisquer ações ou interferências sejam elas naturais ou antrópicas. Os poluentes da água podem ser classificados de acordo com a natureza e com os impactos causados pelo seu lançamento no meio hídrico (BRAGA et al, 2002).

A incorporação de poluentes em águas subterrâneas ocorre sob duas formas básicas: uma delas é a poluição difusa proveniente da percolação do escoamento superficial de áreas agrícolas, urbana e industrial, enquanto que a poluição pontual ocorre, predominantemente, por vazamentos de fossas, postos de combustíveis e de aterros sanitários, controlados, entre outros (LIBÂNIO, 2005).

As fontes de contaminação antropogênica em águas subterrâneas são em geral diretamente associadas a despejos domésticos, industriais e ao chorume oriundo de aterros de

lixo que contaminam os lençóis freáticos com microorganismos patogênicos (FREITAS; ALMEIDA, 1998).

Essas fontes de contaminação além de promoverem a mobilização de metais naturalmente contidos no solo, como alumínio, ferro e manganês (NORDBERG et al., 1985), também são potenciais fontes de nitrato e substâncias orgânicas extremamente tóxicas ao homem e ao meio ambiente.

Vários fatores podem interferir na qualidade da água subterrânea, dos quais se destacam: O destino final do esgoto doméstico e industrial em fossas e tanque sépticos, a destinação inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais, a modernização da agricultura com o uso de fertilizantes agrícolas e a criação de animais como fontes de contaminação das águas subterrâneas por meio de bactérias e vírus patogênicos, parasitas, substâncias orgânicas e inorgânicas (BRASIL, 2008).

Segundo Lima (2003), o subsolo tem sido o receptáculo para muitos desses resíduos gerados pela sociedade, desde resíduos domésticos até efluentes industriais, estocagem de produtos tóxicos e nucleares entre outros.

De acordo com Machado (1998), a destinação inadequada desses resíduos, produziu perturbações profundas nos ecossistemas, causando contaminação do solo e a proliferação de vetores de doenças e ocasionando a contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

A poluição das águas subterrâneas, muitas vezes, só aparece depois de anos que a indústria ou outra atividade por ela responsável ter cessado a sua laboração, por exemplo, produtos químicos armazenados ou derramados no solo podem demorar anos para atingir um aquífero, depois de atingido o aquífero, a área contaminada tende a ser alargada e a fonte fica inutilizada, este é o problema que pode ser causado por lixeiras localizadas em aterros não impermeabilizados, metais pesados tais como o mercúrio, o chumbo, o cromo, o cobre e o cádmio, conjuntamente com outras substâncias químicas venenosas, podem ser concentrados nos aquíferos a partir desses depósitos de lixo (CARNEIRO, 2006).

Segundo Thomas Hillenbrand (2005), a poluição das águas subterrâneas, ou do lençol freático, por metais pesados é uma das maiores preocupações ambientais atuais, estes têm um impacto cumulativo no corpo humano, podendo levar a diversos tipos de intoxicações, alergia e até à morte, e com o lençol freático contaminado, é provável que essa contaminação chegará à população, por meio do serviço de abastecimento de água.

#### **1.4 ATERAÇÕES DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA POR CHORUME E METAIS**

O chorume é um líquido de cor escura que contém matéria sólida dissolvida e em suspensão, bem como certas substâncias químicas dependendo do tipo de resíduos depositados e produtos de resíduos microbianos (TAVARES, 2011). É formado pela solubilização de componentes do lixo na água, principalmente da chuva, essa água fica em contato com o lixo durante certo período e, por ação natural da gravidade, percola através da porosidade existente no solo até encontrar uma camada da água subterrânea, onde se mistura e escoar, nos aterros sanitários, onde ocorre à disposição planejada dos resíduos sólidos, normalmente o chorume é canalizado para um tanque a céu aberto, podendo haver ou não um pré-tratamento, e desse reservatório, em alguns casos, é despejado em bacias hidrográficas (TARTARI, 2003).

A falta de critérios ambientais na instalação de lixões tem provocado, ao longo do tempo, inúmeros problemas de contaminação de solos e recursos hídricos, a presença do chorume é de longe a mais significativa ameaça para as águas subterrâneas, uma vez que ele pode alcançar as camadas mais profundas dos aterros (LIMA, 2003).

A poluição das águas por esse efluente pode provocar endemias ou intoxicações, caso ocorra à presença de organismos patogênicos e substâncias tóxicas em níveis acima do permissível (SISINNO, 2000 apud TARTARI, 2003).

De forma geral, este líquido contém, em concentrações variadas, compostos orgânicos polares, apolares, além de metais pesados que possam contaminar o meio ambiente e ser tóxicos aos seres vivos (PALMISANO; BARLAZ, 1996 apud YASUHARA et al., 1997).

#### **1.5 DANOS A SAÚDE PÚBLICA DEVIDO A CONTAMINAÇÃO POR METAIS PESADOS**

Metal pesado, em geral, é um termo aplicado a um determinado grupo de metais cuja densidade atômica seja em torno de  $6\text{g/cm}^{-3}$ . Apesar de esta definição ser vaga, é largamente reconhecida e aplicada para elementos tais como: Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn os quais estão normalmente associados a problemas de toxidez e poluição (ALLOWAY et al., 1993).

Os metais pesados constituem uma grande parcela da atual contaminação aquática. Sabe-se que os metais, dependendo do tipo e da concentração disponível, quando em contato

com organismos animais e vegetais, podem ser captados e desta forma causar sérios danos bioquímicos, fisiológicos e genéticos, muitas das vezes irreversíveis e até letais.

Estes tipos de metais têm uma toxicidade elevada, causando graves problemas à saúde humana como câncer e problemas neurológicos. Os metais pesados têm grande persistência nos ecossistemas devido à bioacumulação, isto se deve porque os seres vivos são incapazes de excretar tais elementos e estes vão se acumulando no seu corpo, contaminando toda a cadeia alimentar, com efeitos particularmente nocivos aos organismos.

Certos metais pesados causam forte impacto na estabilidade de ecossistemas e provocam efeitos adversos nos seres humanos. Alguns desses metais são capazes de provocar efeitos tóxicos agudos e câncer em mamíferos devido a danos que causam no DNA, até mesmo os elementos químicos essenciais à manutenção e ao equilíbrio da saúde, quando em excesso, tornam-se nocivos, podendo comprometer gravemente o bem-estar dos organismos (MORAES; JORDÃO, 2002).

Quando absorvidos pelo ser humano, os metais pesados depositam-se nos tecidos ósseo e gorduroso e deslocam minerais nobres dos ossos e músculos para a circulação, esse processo provoca doenças como osteoporose, câncer, acidente vascular cerebral, doenças renais, síndrome do pânico e anemia (BENSOUSSAN e RIBEIRO, 1992). A manifestação dos efeitos tóxicos está associada à dose e pode se distribuir por todo o organismo, afetando vários órgãos, alterando os processos bioquímicos, organelas e membranas celulares (OLIVEIRA, 2010).

De acordo com Rocha (2009), nem todo o metal é prejudicial ao organismo, alguns metais podem ser considerados essenciais em pequenas quantidades como é o caso do sódio, potássio, cálcio, ferro, zinco, cobre, níquel e magnésio.

O chumbo, o mercúrio e o cádmio são metais que não existem naturalmente em nenhum organismo, não desempenham funções nutricionais ou bioquímicas, sua presença em organismos vivos é prejudicial em qualquer concentração, o chumbo, o mercúrio e o cádmio são os metais pesados que através dos alimentos e também da água de consumo, mais têm contribuído para os casos de intoxicação crônica, por conta disso o consumo habitual de água e de alimentos, como peixes de água doce ou do mar, contaminados com estes metais pesados tem colocado em risco a saúde humana (ROCHA, 2009).

## 1.6 RESÍDUOS PERIGOSOS PRESENTE NO LIXO DOMÉSTICO

O gerenciamento dos Resíduos sólidos urbanos (RSU) não tem um manejo seguro e nem um efetivo fluxo, pois existem muitos impactos sobre a saúde pública e o meio ambiente. No levantamento realizado pelo IBGE, a situação dos municípios brasileiros, referentes à disposição final dos RSU, é a seguinte: 50,8% na forma de lixão (dispostos a céu aberto), 22,5% em lixão controlado (aterrado) e 27,7% em aterro sanitário (OLIVEIRA, 2004).

Alguns produtos de consumo doméstico, considerados como resíduos perigosos tais como lâmpadas fluorescentes, pilhas galvânicas, baterias de celulares, restos de tintas, restos de produtos de limpeza, embalagens de aerossóis, pesticidas, inseticidas, entre outros, são descartados por consumidores finais no lixo urbano, sendo que a maioria desses materiais são utilizados e descartados em estabelecimentos públicos e comerciais em geral (SCHIO, 2001).

Esses resíduos são uma importante fonte de metais para o ambiente. Em um estudo sobre os teores de metais no lixo urbano, Sisinno (2002), descreve que os plásticos são fonte de cádmio e níquel, o chumbo e o cobre são encontrados em quantidades consideráveis nos metais ferrosos, a borracha representa uma grande fonte de zinco e as pilhas são grandes contribuintes de mercúrio, cádmio, zinco e níquel à massa de lixo.

Deve se ressaltar que o descarte de resíduo doméstico como pilhas, baterias, tintas, inseticidas, óleos lubrificantes, produtos de limpeza em geral, solventes e etc. são perigosos e contribuem para que os componentes químicos utilizados nestes produtos sejam concentrados nas áreas de despejo (MCEVOY; & ROSSIGNOL, 1993). Outra constatação sobre como os metais podem ser encontrados nos resíduos sólidos urbanos é o fato de que compostos de lixo produzidos a partir de resíduos não segregados possuem concentrações de metais maiores do que os que utilizaram a matéria orgânica previamente separada dos outros componentes do lixo, a contaminação da matéria orgânica pode ser ocasionada por adesão de partículas de pequeno diâmetro de óxidos metálicos, cinzas e limalhas à massa orgânica úmida, sendo comum a presença de vários metais como chumbo, zinco, manganês e cobre em compostos de lixo mal processados, onde foi utilizada matéria orgânica não separada na fonte (SISINNO, 2002).

## 1.7 TOXICOLOGIA DOS METAIS PESADOS

O interesse no comportamento dos metais pesados no ambiente é motivado, principalmente, pelos efeitos biológicos que podem acarretar. A maioria desses elementos é essencial ao bom funcionamento dos organismos vivos, na forma de traços, mas potencialmente tóxicos, a todo tipo de vida, quando em concentrações elevadas, ou em determinadas combinações químicas.

Por suas características de toxicidade e bioacumulação, os metais pesados merecem atenção especial, pois os danos acarretados ao ambiente e aos seres vivos são graves e muitas vezes irreversíveis.

Quando um elemento potencialmente tóxico é absorvido pelo organismo humano, em concentrações elevadas, pode causar danos à sua estrutura, penetrando nas células e alterando seu funcionamento normal, com inibição das atividades enzimáticas, em alguns casos, os sintomas da intoxicação só serão observados em longo prazo, pois vários serão os fatores interferentes nos efeitos negativos causados por esses elementos (SNAM, 1992; FIRJAN, 2000 apud. REIDLER e GUNTHER, 2002).

Os metais ocorrem naturalmente em coleções hídricas em baixas concentrações, sendo que seu aumento é provocado, principalmente, por despejos de origem industrial e pelo uso de fertilizantes e praguicidas (PHILIPPI JR, et al.,2004). Os parâmetros de características tóxicas envolvem os metais: ferro, zinco, manganês, cobre, cobalto, níquel, cromo e chumbo.

### 1.7.1 Ferro

A resolução CONAMA n° 396/2008 recomenda o valor máximo de  $300\mu\text{g.L}^{-1}$  de Fe total em água para consumo humano. No ambiente o ferro é oxidado primeiramente na forma ferrosa e posteriormente na forma férrica, o estado férrico do ferro é muito propenso a sofrer hidrólises e formar polímeros de hidróxido de ferro insolúvel, denominado ferrugem. Devido a esse comportamento o ferro é raramente encontrado na natureza em sua forma elementar, aparece geralmente combinado com oxigênio, enxofre e silício, formando os minérios de ferro em coloração variada (LIMA; PEDROSO, 2001).

Entre as fontes antropogênicas de ferro de origem urbana estão os efluentes de esgotos domésticos e industriais e o escoamento superficial entre outras fontes, o ser humano está exposto ao ferro principalmente pela ingestão de alimentos e bebidas, a ingestão média



total de ferro por meio dos alimentos é de aproximadamente 15mg/dia (LIMA; PEDROSO, 2001).

Tanto o excesso como a deficiência de ferro podem causar problemas no organismo, o excesso de ferro é chamado de hemocromatose, enquanto que a sua deficiência é conhecida como anemia, sua carência nos humanos pode causar, além da anemia, anorexia, sensibilidade óssea e a clima frio, prisão de ventre, distúrbios digestivos, tontura, fadiga, problemas de crescimento, irritabilidade, inflamação da língua, seu excesso (em nível de nutriente) nos humanos pode causar: igualmente anorexia, tontura, fadiga e dores de cabeça, quando em excesso se acumula no fígado provocando danos neste órgão (HOFFBRAND, 2007)

### **1.7.2 Chumbo**

O chumbo apesar de não ser um elemento comum nas águas naturais, a principal exposição ao chumbo resulta do consumo alimentar. O chumbo presente na água e no ar resultante da combustão das emissões industriais e de indústria que operam com chumbo, são outras formas

A maioria das intoxicações por chumbo é lenta e gradual e ocorre devido à sua exposição e acumulação. Aproximadamente 90% das partículas de chumbo inaladas provenientes do ar são absorvidas, seja como carbonato de chumbo ou por fagocitose (ARAUJO, 1999).

Segundo a Resolução CONAMA n° 396/2008, o teor máximo de chumbo na água para consumo humano não pode ultrapassar os 10mg.L<sup>-1</sup>.

O tempo de acumulação de doses tóxicas diminui com o aumento da ingestão, por exemplo: a ingestão de 2,5mg/dia demorará cerca de 4 anos até se atingir uma carga tóxica e na ingestão de 3,5mg/dia serão necessários apenas alguns meses para ser atingida uma carga tóxica. A toxicidade do chumbo quando aguda se caracteriza pela sede intensa, pela sensação de sabor metálico, por inflamação gastrointestinal, vômitos e diarreias. Em intoxicações crônicas quando o efeito ocorre no sistema nervoso central os sintomas mais comuns são: tonturas, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória, entre outros (ROCHA, 2009).

### **1.7.2 Cobre**

As concentrações de cobre em águas subterrânea não podem ultrapassar a faixa de 0,009mg.L<sup>-1</sup> de acordo com a resolução CONAMA n° 357. As fontes de cobre para o meio ambiente incluem corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estação de tratamento de esgotos, usos compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento

superficial e contaminação da água subterrânea a partir de usos agrícolas do cobre como fungicidas e pesticidas no tratamento de solos e efluentes, e a precipitação atmosférica de fontes industriais (PHILIPPI JR, et al.,2004).

As principais fontes industriais compreendem as indústrias de mineração, fundição e refinação. No homem, a ingestão de doses excessivamente altas pode acarretar irritação e corrosão de mucosas, danos capilares generalizados, problemas hepáticos e renais e irritação do sistema nervoso central seguido de depressão. Entretanto, a intoxicação por cobre é muito rara. A presença do cobre no sistema de abastecimento de água, embora não constitua um perigo para a saúde, pode interferir nos usos domésticos (PHILIPPI JR, et al.,2004).

### **1.7.3 Cobalto**

O cobalto (Co) é um elemento químico, além de ser essencial, presente na vitamina B12, tem sua utilização principal na indústria metalúrgica para produção de aços com características especiais de dureza e resistência, na forma de óxidos é utilizado como catalisador na indústria química e de óleos, já na forma de sais uma das utilizações é na indústria de cerâmica, como pigmento, os efeitos tóxicos observados nas exposições a diferentes compostos de cobalto são mais pronunciados nos pulmões, na forma de asma brônquica e fibrose, o Co é um metal branco-acinzentado com propriedades magnéticas similares ao ferro e ao níquel (ALVES; ROSA, 2003).

### **1.7.4 Cromo**

O cromo é um metal pesado que ocorre naturalmente e pode ser encontrado em rochas, animais, plantas, solos e gases, podendo também formar uma grande variedade de compostos altamente tóxicos, seu grau de toxicidade pode variar conforme seu estado de oxidação (PAULINO, 1993).

O cromo trivalente é um elemento traço essencial para os humanos. Entretanto, devido o seu potencial de conversão para cromo hexavalente (a forma mais tóxica), é necessário limitar sua descarga o máximo possível (MARSHALL, 1973).

Estes compostos são geralmente irritantes e corrosivos, e as partes mais atingidas são a pele e o sistema respiratório, podendo causar ulcerações e até perfuração no septo nasal, a intoxicação torna-se séria quando há adsorção pelo trato intestinal, suas concentrações são limitadas a  $0,5\text{mg.L}^{-1}$  para águas de uso doméstico, recreativo e de proteção de comunidades

aquáticas, limite este bastante baixo e que, portanto necessita de um rigoroso controle (FERREIRA, 2002).

### **1.7.5 Níquel**

Concentrações de níquel em águas superficiais naturais podem chegar a aproximadamente  $0,1\text{mg.L}^{-1}$ , embora concentrações de mais de  $11,0\text{mg.L}^{-1}$  possam ser encontradas, principalmente em áreas de mineração. A queima de combustíveis fósseis contribui para o aumento da concentração no meio ambiente. O níquel pode ser encontrado em alimentos tais como chá, café, cereais, frutas, batata e vegetais verdes. No entanto, existem poucos dados sobre a transferência de níquel para o homem através de vegetais. Aproximadamente metade da ingestão diária total de níquel é usualmente derivada do consumo de pães, cereais e bebidas (OMS, 1998). Concentrações elevadas de níquel podem causar dermatites nos indivíduos mais sensíveis e afetar os nervos cardíacos e respiratórios (VENEZUELA, 2001).

### **1.7.6 Zinco**

Em águas superficiais, as concentrações de zinco estão normalmente na faixa de 0,001 a  $0,10\text{mg.L}^{-1}$ . A portaria nº 518/2004 do ministério da saúde estabelece o valor máximo permitido de Zinco (Zn) em água para o consumo humano de  $5\text{mg.L}^{-1}$ .

Largamente utilizado na indústria, o zinco é produzido no meio ambiente por processos naturais e antropogênicos, entre os quais se destacam a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço, efluentes domésticos. A água com alta concentração de zinco tem uma aparência leitosa e apresenta um sabor metálico ou adstringente quando aquecida. O zinco, por ser um elemento essencial para o ser humano, só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito altas, o que é extremamente raro, nesse caso, pode acumular-se em outros tecidos do organismo humano, porém isso só ocorre quando as taxas de ingestão diária são elevadas (PHILIPPI JR, et al., 2004).

### **1.7.7 Manganês**

O manganês está presente em uma variedade de alimentos. Alguns alimentos como grãos (ou semente), como arroz e noz, podem exceder  $10\text{mg.Kg}^{-1}$ . Os cereais e os chás apresentam altas concentrações de manganês ( $780 - 930\text{mg.Kg}^{-1}$ ), os vegetais, as batatas, as

frutas e o germe de trigo, também são fontes de manganês. Este é com frequência considerado como um dos elementos traços de menor toxicidade (VENEZUELA, 2001).

No entanto, quando presente em concentrações elevadas, decorrentes de exposição via oral, pode causar alucinações e doenças do sistema nervoso central (OMS, 1998). A via respiratória pode constituir também uma via de exposição importante quando relacionada à inalação crônica de manganês, através de ar contaminado, oriundo de atividades de minas de aço ou de algumas indústrias químicas. Os sintomas de intoxicação por manganês são semelhantes aos da doença de Parkinson (tremores e rigidez muscular), perda de apetite, paralisia cerebral, problemas neurológicos, doenças psiquiátricas e perda de memória (OMS, 1998).

## 1.8 PARÂMETROS SANITÁRIOS

A identificação dos microrganismos patogênicos na água, quase sempre é complexa e onerosa. Por tal razão, um parâmetro biológico bastante utilizado para a caracterização sanitária de águas, é o índice *E. coli*, que consiste na contagem de bactérias do grupo coliforme (coliformes fecais e coliformes totais) em que tradicionalmente recorre-se à identificação dos organismos indicadores de contaminação, do qual a interpretação de sua presença indicaria a introdução de matéria de origem fecal (humana ou animal) na água e, portanto, o risco potencial da presença de organismos patogênicos (SILVA, 2008).

As bactérias do grupo coliforme estão presentes no intestino humano e de animais de sangue quente, sendo eliminadas nas fezes em números elevados. Entretanto, o grupo dos coliformes inclui bactérias não exclusivamente de origem fecal, podendo ocorrer naturalmente no solo, água e plantas. Além disso, principalmente em climas tropicais, os coliformes apresentam a capacidade de multiplicarem na água (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007).

Assim, na avaliação da qualidade de águas naturais os coliformes totais têm valor sanitário limitado, incluindo a avaliação de fontes individuais de abastecimento. O grupo dos coliformes termotolerantes inclui bactérias de origem não exclusivamente fecal, embora em proporção bem menor que a encontrada no grupo dos coliformes totais. Por isso, sua utilização na avaliação da qualidade de águas naturais, principalmente em países de clima tropical, também tem sido questionada, contudo, em vista do fato de que a presença de coliformes termotolerantes, na maioria das vezes, guarda melhor relação com a presença de *Escherichia coli*, aliado à simplicidade das técnicas laboratoriais de detecção, seu emprego ainda é aceitável (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007).

São muitos os microorganismos patogênicos que podem estar presentes nas águas subterrâneas. Dentre eles, são particularmente importantes os estreptococos, *Salmonella sp.*, *Shigella sp.*, helmintos (larvas e ovos), protozoários (cistos) e vírus (enterovírus e rotavírus) (GONÇALVES, 2003).

Dessa forma se faz importante a desinfecção da água antes do consumo humano. Uma das metodologias mais utilizadas é a cloração da água. Através da adição de cloro, a água é desinfetada para exterminar organismos patogênicos e, conseqüentemente, evitar as doenças de transmissão hídrica, sendo um dos instrumentos mais valiosos na promoção e preservação da saúde pública, refletindo principalmente, na redução da mortalidade infantil. Porém nem todos os organismos microscópicos e formas superiores de vida na água podem ser removidos apenas pela desinfecção (FUNASA, 2006).

Para que a água seja destinada ao uso doméstico, industrial ou à irrigação de forma segura, é indispensável que se faça a caracterização físico-química e biológica da água em função dos fins a que ela se destina e, posteriormente, checar os seus parâmetros com aqueles estabelecidos na Portaria nº 518/2004, do Ministério da Saúde ou pela Resolução CONAMA nº 396/2008, do Ministério do Meio Ambiente (MOTA, 1995).

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Ji-Paraná, mais precisamente no bairro Boa Esperança, ambos situados na porção centro-leste do estado de Rondônia, região norte do país (FIGURA 1). Segundo o instituto brasileiro de geografia e estatística - IBGE (2010), o município possui aproximadamente 115.593 habitantes.

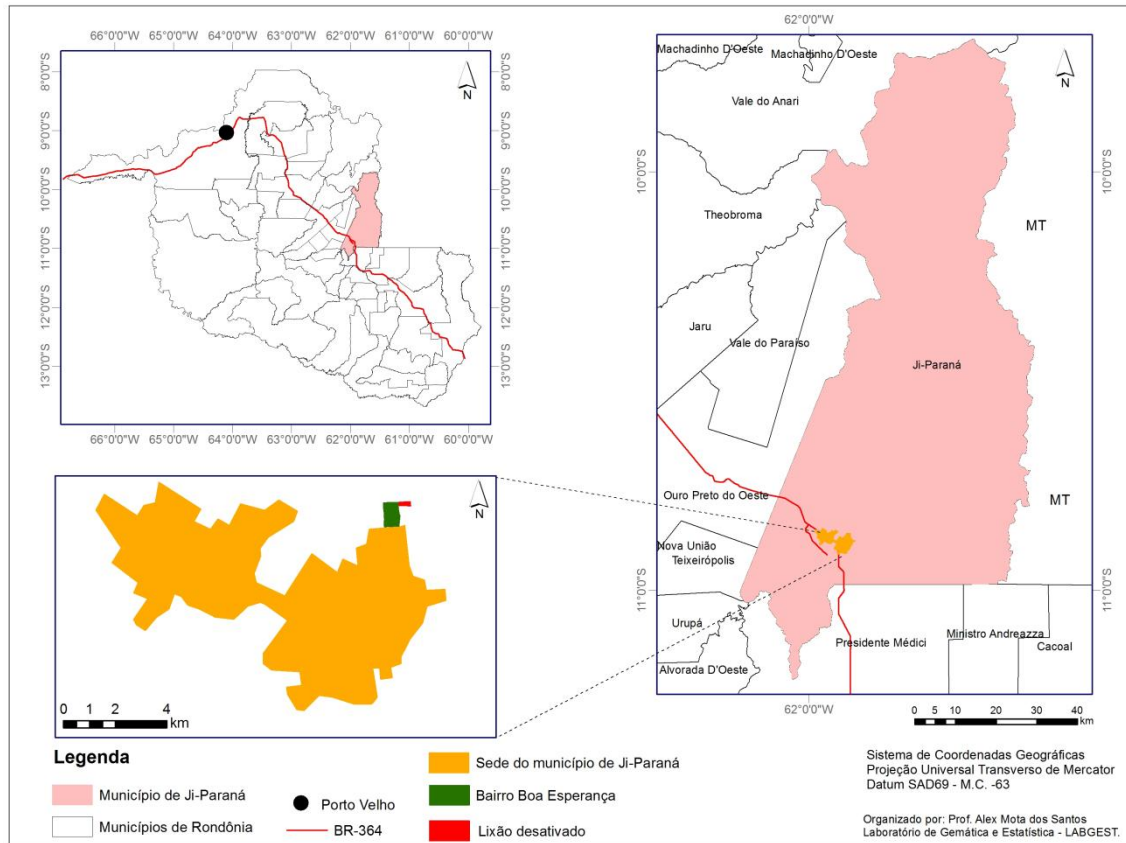
De acordo com informações levantadas junto a Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente (SEMAGRI), o terreno onde hoje está localizado o bairro Boa Esperança era ocupado apenas por chácaras e a prefeitura depositava os resíduos sólidos do município de maneira irregular nesta região, materializando no local um lixão a céu aberto, que funcionou entre os anos de 1993 a 1998. Durante o período em que este espaço foi ocupado pelo lixão não foram feitos os devidos tratamentos para a deposição ou reaproveitamento dos resíduos, conforme preconiza a legislação ambiental municipal vigente (SEMAGRI, 2008).

Após o período de desativação da área do lixão ocorreu a invasão de áreas nas suas proximidades, surgindo assim um aglomerado populacional, que forma o atual bairro Boa Esperança.

A sede do município de Ji-Paraná, incluindo toda a área do bairro Boa Esperança está edificada sobre a zona de planície inundável do Rio Ji-Paraná, fato que favorece inundações em períodos de intensa precipitação.

A planície fluvial é caracterizada por uma cobertura sedimentar aluvionar e coluvionar com material geológico inconsolidado, compostos por sedimentos arenosos, siltosos e argilosos.

Segundo Silva (2008), poços tubulares e cacimbas na zona urbana de Ji-Paraná mostram que a cobertura sedimentar possui espessura que varia geralmente entre 14 e 40 m.



**Figura 1-** Localização do município de Ji-Paraná e bairro Boa Esperança.

## 2.2 CLIMA

Segundo a classificação internacional de Köppen, o estado de Rondônia está inserido num clima do tipo Aw, isto é, tropical chuvoso, com estação seca definida.

A média anual de temperatura do ar varia entre 24° C a 26° C, com temperatura máxima entre 30° C a 34° C (de junho a agosto) e, a mínima oscilando entre 17° C a 23° C (novembro a abril). O período chuvoso ocorre de outubro a abril e, o período mais seco em junho, julho e agosto. Os meses de maio e setembro são considerados de transição (SEDAM, 2011).

## 2.3 GEOLOGIA E HIDROLOGIA

Segundo Silva (2008), a região de Ji-Paraná é representada estratigraficamente pelo embasamento cristalino Pré-Cambriano, denominado de Complexo Jamari que compreende unidades litológicas e sistemas estruturais envolvidos em longa geodinâmica, com registros nos primórdios do Paleoproterozóico (1,8 a 1,6 bilhões de anos), culminando, segundo Bacci

(2005) com a deposição das chamadas coberturas Cenozóicas num período mais recente, 2 milhões de anos até o recente.

A deposição cenozóica é expressiva na sede do município de Ji-Paraná. Nesta área identifica-se uma planície fluvial, caracterizada por uma cobertura sedimentar aluvionar e coluvionar com material geológico inconsolidado, compostos por sedimentos arenosos, siltosos e argilosos (IBGE, 2000 apud CARREIRA et al., 2011).

Esta área deposicional condiciona zonas de inundações anuais em função da saturação do material inconsolidado da planície que contribui para diminuição do escoamento e também em função da impermeabilização gerada pela edificação nestas áreas.

A principal drenagem na região é o rio Ji-Paraná, que possui largura média de 260 m e variação de nível de 6 m (SEMPLAC, 1998). Suas cheias são condicionadas pelas chuvas de “inverno”, de outubro a abril e a vazante coincide com o período de estiagem na região, de maio a setembro.

Os tipos de solos da área de estudo apresentam uma distribuição espacial bastante heterogênea, com áreas onde predominam solos muito arenosos e pobres em cátions e manchas isoladas de solos com maiores teores de argila e mais ricos em cátions. Não ocorrem afloramentos rochosos do embasamento cristalino na região do Bairro Boa Esperança sendo, entretanto observados no leito e às margens do Rio Machado (SILVA, 2008).

Assim, o entendimento da geologia e hidrologia para o desenvolvimento desse trabalho é importante, já que ao se analisar a qualidade da água subterrânea é preciso ter conhecimento do substrato geológico existente neste solo, tipo de rocha e composição química de ambos. De acordo com as características da rocha e do solo é possível verificar como ocorre a movimentação dos microorganismos e possível dispersão dos poluentes pelos solos.

## **2.4 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA**

Na primeira etapa da pesquisa, foi definido o tipo de amostragem a ser utilizada para a delimitação das residências do bairro Boa Esperança, onde foram realizadas as coletas das amostras de água subterrânea e a aplicação do questionário na mesma residência. Foram selecionadas para a coleta das amostras de água subterrânea as residências mais próximas da área do lixão inativo e algumas residências mais distantes de forma aleatória, a fim de que se possa realizar comparações dos resultados obtidos entre as demais residências amostradas.



Em cada residência foram obtidas as coordenadas geográficas do poço amostrado utilizando-se de um sistema de navegação por satélite, Sistema de Posicionamento Global (GPS) de navegação, modelo Etrex, 12 canais da marca Garmin.

## **2.5 COLETA DAS AMOSTRAS**

A primeira coleta foi realizada no mês de maio de 2011 que corresponde o final do período chuvoso da região e a segunda fora feita no final do mês de agosto do mesmo ano, quando a região possui clima mais seco. Em ambas as etapas foram amostrados 20 poços no bairro Boa Esperança, no qual utilizou-se garrafas de polietileno lavadas com água deionizada para a coleta do material.

As amostras de água obtidas dos poços foram depositadas em garrafas de polietileno, no local de amostragem. Os recipientes foram lavados três vezes com a água do ponto selecionado, antes da amostragem final, em todos os poços a amostra foi coletada diretamente de dentro do poço, excetos os pontos 9, 10 e 14, pois estes estavam totalmente lacrados. Nestes pontos a água foi coletada diretamente da mangueira que fazia o abastecimento do reservatório.

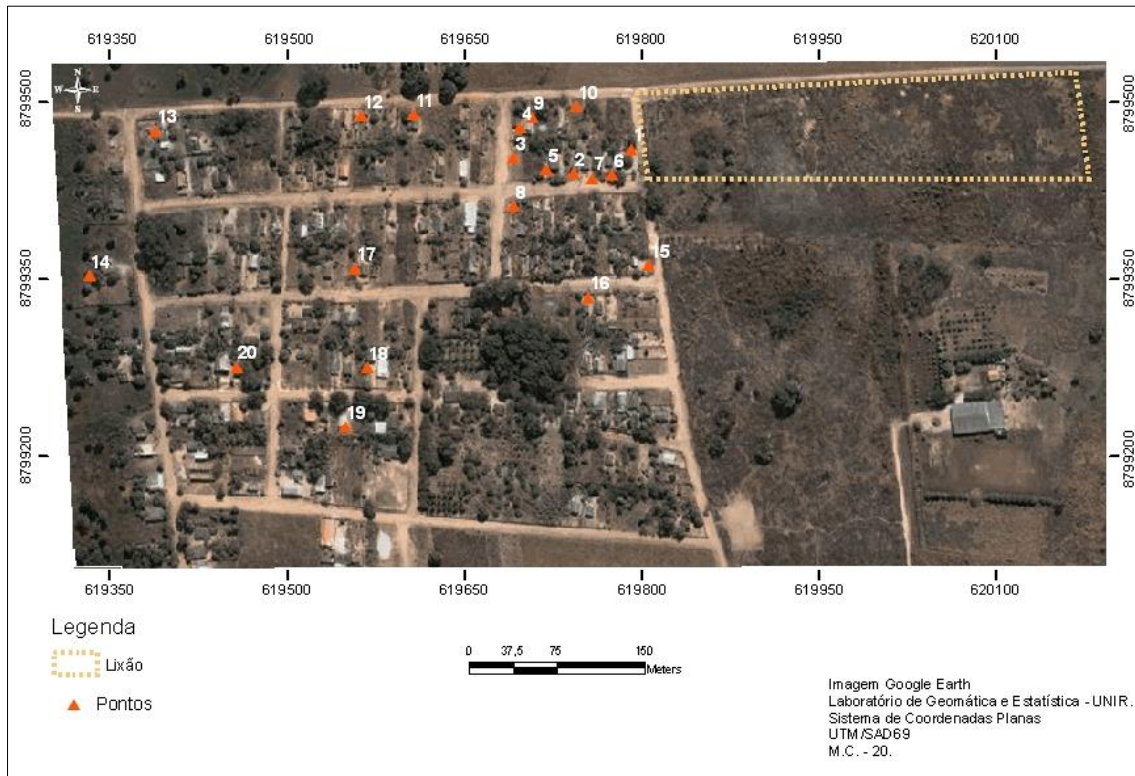
## **2.6 MAPEAMENTO DOS PONTOS DE COLETA**

O mapeamento foi realizado a partir da espacialização dos pontos de coleta em imagem orbital de alta resolução espacial obtida a partir do Google Earth. Assim, foi realizado o registro de imagens para compatibilizar as imagens ao sistema cartográfico em que os pontos foram coletados. Todo o processamento foi realizado no Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING) versão 5.1.8, disponibilizado gratuitamente pelo instituto de pesquisa espacial - INPE do Brasil, através do sítio <http://www.dpi.inpe.br/spring/>. Utilizou o Sistema de Projeção de Universal Transverso de Mercator (UTM), Modelo da Terra *South American Datum* (SAD-69).

No SPRING a compatibilização das imagens com o sistema cartográfico é denominado registro de imagens, que se faz de três modos de aquisição: Mesa, Tela e Teclado. Neste trabalho o Registro foi realizado no modo Tela, onde se associa as coordenadas de uma base cartográfica existente a imagem.

Após o processamento da imagem foi realizado o mapeamento dos pontos de coleta utilizando-se de regras de Semiologia Gráfica da Cartografia Temática. Assim os dados foram

representados por uma ordem, a partir da variável tamanho e modo de implantação pontual, que relaciona as concentrações dos metais em análise, de modo que fosse possível a leitura imediata do mapa.



**Figura 2** - Localização dos pontos selecionados para análises da água subterrânea no bairro Boa Esperança.

## 2.7 APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS

O objetivo da aplicação do questionário foi obter informações sobre os hábitos diários da comunidade, tais como: a disposição do lixo e esgoto doméstico; a fonte de água consumida e se há práticas de tratamentos adicionais antes do consumo; assim como o nível de conhecimento dos moradores em relação aos riscos da contaminação da água consumida. Além do mais, visou-se identificar também possíveis sintomas e doenças provenientes da ingestão de água contaminada por chorume do antigo lixão inativo do bairro, bem como obter o perfil socio-econômico das famílias que ali residem. No apêndice A, encontra-se o modelo do questionário aplicado nas 20 residências estudadas.

## 2.8 ANÁLISES DE QUALIDADE DE ÁGUA

Segundo a resolução CONAMA nº 396 de 2008, que trata da qualidade de águas subterrâneas para o consumo humano, os parâmetros que indicam esta qualidade são no mínimo: sólidos totais dissolvidos, nitrato, coliformes termotolerantes. Desta forma, para o

desenvolvimento deste trabalho foram realizadas análises dos seguintes parâmetros, físico-químicos: oxigênio dissolvido (OD), temperatura, condutividade elétrica, turbidez, pH, nitrato, nitrito, fósforo total, parâmetros microbiológicos e análise quantitativa dos metais pesados como Ferro, Cobre, Cobalto, Zinco, Manganês, Níquel, Chumbo e Cromo. Todas as metodologias analíticas estão descritas a seguir.

## **2.9 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS: *IN LOCO***

Os parâmetros físico-químicos da água, oxigênio dissolvido (OD), temperatura, condutividade elétrica (CE) foram medidos *in loco* por meio de sondas específicas (Oxímetro Lutron DO-5510 e Condutivímetro EcoSense EC 300).

### **2.9.1 Análises físico-químicas: LABORATÓRIO**

#### **2.9.1.1 Turbidez e Potencial Hidrogeniônico**

Os valores de turbidez e de pH foram obtidos com equipamentos de bancada, turbidímetro Hach 2100P e pHmetro modelo mPA 210, respectivamente.

#### **2.9.1.2 Nitrato, Nitrito e Fósforo Total**

Para determinar as concentrações de nitrato, nitrito, fósforo total e os parâmetros microbiológicos, foi adotada a metodologia descrita em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1995).

A análise das concentrações de nitrato, nitrito e fosfato inorgânico dissolvido (ortofosfato) foram realizadas com amostras de água previamente filtradas em membrana filtrante de acetato de celulose quadriculada de 0,45 $\mu$ m de porosidade. Apenas a análise de fósforo total foi realizada em amostras de água bruta. Sendo as leituras das absorvâncias feitas com cubeta de 1cm e em Espectrofotômetro UV/Visível (Espectrofotômetro Rach DR 5000).

#### **2.9.1.3 Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

Adicionou-se 2,0 mL da suspensão de Al(OH)<sub>3</sub> em 100mL da amostra filtrada e homogeneizou-se. O próximo passo foi deixar em repouso por cerca de 2 horas, para que a matéria orgânica fosse sedimentada; após esse período a amostra foi colocada dentro de uma centrífuga para que houvesse total sedimentação do material particulado onde permaneceu por 20 minutos.

Passado esse tempo foi realizada a leitura de absorvância das amostras, no Espectrofotômetro Rach DR 5000, utilizando cubeta de quartzo, em dois comprimentos de onda: 220 nm (nitrato e matéria orgânica) e 275 nm (matéria orgânica); subtraindo o dobro da leitura de absorvância a 275 nm, da leitura a 220 nm, para obter a absorvância devida a nitrato.

#### 2.9.1.4 Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ )

Em tubos de ensaio foram adicionados 15mL das soluções padrões ou das amostras de água filtrada. Em seguida adicionou-se 1,0mL da solução de sulfanilamida 1% e homogeneizando-se. Após 5 minutos adicionou-se 1mL da solução alcoólica de n-naftil 0,1%. Passados 20 minutos as absorvâncias eram determinadas no espectrofotômetro a 543nm.

#### 2.9.1.5 Fosfato Total

Em tubos de ensaio foram adicionados 10mL de água bruta, seguidos de 1 mL de solução saturada de persulfato de potássio ( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ). Posteriormente as amostras foram levadas à autoclave para digestão a temperatura de 120°C e 1atm de pressão, para que ocorra a liberação do fosfato orgânico como ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

#### 2.9.1.6 Metais Pesados

No laboratório de Limnologia e Microbiologia Ambiental da Universidade Federal de Rondônia – UNIR, *campus* de Ji-Paraná, as amostras de água subterrânea coletada para análise quantitativa dos metais pesados (Ferro, Cobre, Cobalto, Zinco, Manganês, Níquel, Chumbo e Cromo) foram acidificadas com ácido clorídrico (HCl) a uma concentração final de 3%.

A determinação dos metais pesados foi realizada na fração total (fração particulada e fração dissolvida) Para isso, foram evaporados em chapa quente, com aproximadamente 80°C, 1000mL de água bruta acidificada com 2ml de HCl, até que fossem obtidos um volume de água de aproximadamente 20mL.

No Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang Christian Pfeiffer, da Universidade Federal de Rondônia – UNIR, *campus* de Porto Velho, foram realizadas as extrações químicas das amostras para a posterior quantificação através da técnica de Espectrofotometria de Absorção Atômica por Chama (AAS – Flame Atomic Absorption Spectrophotometry / GBC-AVANTA, Modelo-3000).

Para este procedimento foi adicionando 20ml de água (oriundos da concentração através da evaporação) em Becker de 80ml e 2ml de  $\text{HNO}_3$ , os quais foram levados a chapa

quente por 20 minutos. Em seguida, foram adicionados 2ml de HCl e após 20 minutos com a redução do volume inicial de 20ml para aproximadamente 5ml, as amostras foram ressuspensas em solução de HCl 1%. Terminada a extração química, as amostras foram acondicionadas em geladeira até o momento da análise no espectrofotômetro.

Na espectrofotometria de absorção atômica para cada elemento analisado variam as condições de operação do equipamento. Sendo assim, foi estimado o Limite de Detecção da Técnica Analítica (LDT), para cada elemento químico estudado, através de cálculos a partir da sensibilidade do aparelho e dos valores dos brancos analisados para controle (tabela 01).

**Tabela 1-** Limites de Detecção da Técnica (LDT) para cada metal pesado analisado na primeira amostragem (Maio de 2011).

	Co (ppm) ug.L <sup>-1</sup>	Cr (ppm) ug.L <sup>-1</sup>	Cu (ppm) ug.L <sup>-1</sup>	Pb (ppm) ug.L <sup>-1</sup>	Zn (ppm) ug.L <sup>-1</sup>	Mn (ppm) ug.L <sup>-1</sup>	Fe (ppm) ug.L <sup>-1</sup>	Ni (ppb) ug.L <sup>-1</sup>
<b>LDT</b>	0,15	0,0001	0,0001	0,51	0,24	0,0001	0,0001	0.03

## 2.10 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Para análise microbiológica, a água foi coletada em garrafas de água mineral, onde no momento da coleta a água mineral fora descartada e a garrafa “rinsada” com a água do local antes da obtenção da amostra destinada a análise microbiológica.

As amostras foram armazenadas em caixa de isopor contendo gelo para manter a preservação bacteriológica até a chegada ao laboratório, no laboratório foi feita a diluição de 100x, onde se pipetou 1,0 mL da amostra aferindo a 100mL com água deionizada estéril. Em seguida, a amostra passou pelo processo de filtração através da membrana filtrante de acetato de celulose quadriculada de 0,45µm de porosidade. Após a filtração, as membranas foram colocadas sobre o meio de cultura chromocult. Incubaram-se as placas de ágar chromocult a 35°C por 24h, observando-se a presença de coliformes totais (colônias rosa/lilás) e de coliformes fecais (*E. coli*) (colônias violetas/pretas).

A partir da contagem destas colônias, calculou-se a densidade de coliformes presentes na amostra, multiplicando-se pela diluição (100 x), onde para se obter o número de coliformes totais, somam-se coliformes fecais e coliformes não fecais de acordo com metodologia estabelecida em (APHA,1995). A densidade de coliformes totais e fecais é expressa em unidades formadoras de colônias em 100ml (UFC/100ml)

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os poços em que foram coletadas amostras de água para as análises dos parâmetros químicos e microbiológicos eram rasos, perfurados manualmente e localizados no aquífero livre. Em todos os pontos selecionados para captar as amostras de água dos poços para as análises, foi verificada a existência de fossas negras nos terrenos. Dos 20 poços estudados, 40% apresentaram distância de 20 metros em relação à fossa negra, enquanto que 30% possuem uma distancia de 15 a 20 metros, 30% possuem distância inferior a 15 metros. A distância entre poço e fossa que confere certa segurança é 15m segundo o manual de saneamento da Fundação Nacional de Saúde - FUNASA (2006).

No mês de maio, 65% dos poços estavam com o nível de água menor que 5 metros de profundidade e os outros 35% se encontravam com cota entre 5,1 a 10 metros. Já no mês de agosto apenas 45% dos poços possuíam nível de água menor que 5 metros e 55% possuíam o nível entre 5,1 a 10 metros. Isso ocorre devido o mês de agosto ser caracterizado como período seco na região, com menores índices de precipitação o nível do lençol freático tende a baixar diminuindo o nível de água nos poços.

**Tabela 2** - Características dos poços amostrados no Bairro Boa Esperança.

Pontos	Maio de 2011		Coluna H <sub>2</sub> O no Poço	Agosto de 2011		
	Cota em relação ao terreno e o fundo do poço	Cota em relação ao terreno e a superfície de H <sub>2</sub> O no poço		Cota em relação ao terreno e o fundo do poço	Cota em relação ao terreno / superfície de H <sub>2</sub> O no poço	Coluna de H <sub>2</sub> O no Poço
1	8,46	6,50	1,96	8,46	7,46	1,0
2	7,46	5,45	2,015	7,46	6,65	0,81
3	-	-		-	-	
4	7,90	6,70	1,20	7,90	6,86	1,04
5	8,0	4,20	3,80	8,0	5,26	2,74
6	9,20	4,67	4,53	9,20	7,0	2,0
7	8,70	4,75	3,95	8,70	6,63	2,07
8	6,67	5,55	1,12	6,67	5,98	0,69
9	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-
11	6,35	4,45	1,90	6,35	4,60	1,75
12	5,10	3,50	1,60	5,10	2,80	2,30
13	1,90	1,50	0,40	1,90	1,50	0,40
14	3,15	1,05	2,10	-	-	
15	6,20	4,20	2,0	6,20	5,20	1,0

16	8,0	4,0	4,0	8,0	5,70	2,30
17	6,75	4,60	2,05	6,75	6,30	0,45
18	6,15	4,90	1,25	-	-	
19	6,90	4,45	2,45	6,90	5,43	1,47
20	4,20	2,80	1,40	4,20	3,10	1,10

### 3.1 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

As bactérias do grupo coliformes estão presentes no intestino humano e de animais de sangue quente, sendo eliminadas nas fezes em números elevados ( $10^6$  e  $10^8$  células/g). Porém o grupo dos coliformes inclui bactérias não exclusivamente de origem fecal, podendo algumas espécies deste grupo ocorrer naturalmente no solo, água e plantas. Além disso, principalmente em climas tropicais, os coliformes apresentam a capacidade de multiplicarem-se na água. Assim, na avaliação da qualidade de águas naturais os coliformes totais têm valor sanitário limitado (MINISTERIO DA SAUDE, 2007).

A presença de coliformes fecais indica a possibilidade de contaminação por fezes e, conseqüentemente por outros microorganismos patogênicos presentes nas mesmas, como os vírus, que por serem mais frágeis às condições ambientais, tornam-se difíceis de serem evidenciados (SILVA, 2000).

A resolução CONAMA n° 396 de 2008 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, e a Portaria n° 518 de 25 de março de 2004 do ministério da saúde que estabelece padrões de qualidade da água para a potabilidade, colocam que a água destinada ao consumo humano deve estar livre de coliformes fecais e totais.

Dentre os poços analisados praticamente todos apresentaram coliformes totais e fecais (*Escherichia coli*), com exceção dos pontos 3, 5, 8, 11 e 18 que não apresentaram coliformes fecais, no período chuvoso, já no período seco apenas nos pontos 4, 9 e 18 não foram detectados a presença de coliformes fecais (TABELA 3).

Durante as análises do mês de maio caracterizada ainda como período chuvoso a média de coliformes totais foi de 2.050 UFC/100ml e a média de coliformes fecais (*Escherichia coli*) neste mesmo período foi de 323,5 UFC/100ml de água. Já no mês de agosto caracterizado como período seco na região, as médias foram de 3.047,5 UFC/100ml coliformes totais e 705 UFC em 100ml de água para coliformes fecais (*Escherichia coli*).

As médias das concentrações de *Escherichi coli* e coliformes totais foram superiores na segunda campanha, período caracterizado por uma diminuição no volume da água

proveniente do menor índices de chuvas na região. Essa elevação na presença de *E. Coli* e coliformes totais deve-se ao menor volume de água nos poços nessa época do ano, como pode ser observado na tabela 2, o que caracteriza maiores concentrações desses microrganismos por ml de água, pois não há a ação do fator diluição.

Foi verificado durante as coletas que alguns poços apresentavam condições higiênicas inapropriadas, como intrusões de águas superficiais. No entanto a maioria dos poços aparentemente estavam bem fechados.

Pode-se supor através da análise dos parâmetros microbiológicos, que existe um possível trânsito de bactérias através do aquífero. Essa afirmação pode ser feita com base nos poços, que apesar de bem protegidos da entrada de contaminantes por selo sanitário, apresentaram altos índices de coliformes nas análises. Provavelmente decorrentes do contato com efluentes domésticos (fossas negras) (SILVA, 2008).

De acordo com a resolução CONAMA n° 396/2008, que estabelece que não deve haver presença de bactérias do grupo coliformes em amostra de 100 ml de água para consumo humano; foi possível verificar que todas as amostras analisadas se encontram contaminadas e inapropriadas para o consumo humano, sem antes passar por um processo de desinfecção.

**Tabela 3** - Coliformes fecais e totais (UFC/100 mL) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança e valores estabelecidos pela resolução CONAMA n° 396 de 2008.

Pontos	Maio de 2011		Agosto de 2011	
	Col. Totais	Col. Fecais	Col. Totais	Col. Fecais
1	149	25	500	1700
2	364	56	1250	800
3	38	Ausente	900	500
4	256	36	200	Ausente
5	9400	Ausente	1100	400
6	1700	200	10800	1200
7	5300	400	9900	800
8	2600	Ausente	1300	900
9	1200	300	600	Ausente
10	900	3	300	100
11	2100	Ausente	4600	500
12	3500	50	11300	2900
13	2700	1200	9200	600
14	5600	1300	600	100
15	1500	200	4000	600
16	1200	1400	1700	100
17	700	300	1000	500
18	400	Ausente	-	-
19	400	500	1200	1500



20	1000	500	500	900
CONAMA 396/ 2008	Ausente em 100 ml de água	Ausente em 100 ml de água		

## 3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA

### 3.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Potencial hidrogeniônico (pH) é a medida da concentração de íons  $H^+$  na água. O balanço dos íons hidrogênio e hidroxila ( $OH^-$ ) determinam quão ácida ou básica pode ser uma amostra de água. Na água quimicamente pura os íons  $H^+$  estão em equilíbrio com os íons  $OH^-$  e seu pH é neutro, ou seja, igual a 7. Os principais fatores que determinam os valores de pH da água são o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade, geralmente o pH das águas subterrâneas variam entre 5,5 e 8,5 (HIRATA, 1999).

Nos mes de maio o pH das águas dos poços analisados, apresentou valor médio de 4,9 com valor mínimo de 4,0 e máximo de 5,66 e no mês de agosto a media do pH foi de 4,7 como pode ser observado na tabela 04. Tais valores revelam águas ácidas para os pontos monitorados. Segundo Silva (2001), essa característica para as águas subterrâneas possivelmente pode ser explicada em função da composição mineralógica das rochas do aquífero, da cobertura vegetal, da recarga rápida e do processo de interação água-rocha/solo.

No entanto, a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde recomenda a faixa de pH entre 6 a 9,5 para a água de consumo humano. Nas estações de tratamento de água normalmente a correção do pH é feita antes da distribuição, já nas residências onde a água subterrânea é consumida diretamente não é usual esta correção.

### 3.2.2 Oxigênio dissolvido

A determinação do teor de oxigênio dissolvido na água permite avaliar os efeitos de resíduos oxidáveis (matéria orgânica) sobre as águas receptoras, os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade do corpo d água natural manter a vida aquática (FIORUCCI, 2005).

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) de todos os poços estudados é apresentada na tabela 04. A Portaria n° 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece o valor mínimo de OD de  $5mg.L^{-1}$  a  $6mg.L^{-1}$  e também a resolução CONAMA n° 357 de 2008 que dispõe sobre as diretrizes de águas superficiais, estabelece o valor mínimo de  $5mg.L^{-1}$ , porém não há um valor estabelecido sobre a concentração mínima de OD para águas subterrâneas.

Sabe-se apenas que em águas subterrâneas a quantidade de oxigênio dissolvido é muito baixa pelo fato de estar fora do alcance da atmosfera, não ocorrendo trocas gasosas (SOBRINHO, 2011).

Os valores de OD encontrados na água dos poços do bairro Boa Esperança variaram entre  $0,81\text{mg.L}^{-1}$  a  $3,88\text{mg.L}^{-1}$ , com a média de  $1,47\text{mg.L}^{-1}$  para os dois períodos. Os valores encontrados estão abaixo de  $5\text{mg.L}^{-1}$ , porém como citado acima, os valores de oxigênio dissolvido na água subterrânea são sempre baixos, valores similares de OD foram publicados em outros estudos da mesma área.

Em sua dissertação Silva (2008), encontrou baixos valores médios de OD nos poços analisados nos anos de 2000 e 2005 no bairro Nova Brasília no município de Ji-paraná, valores estes menores que  $1,0\text{mg.L}^{-1}$ , na maioria dos pontos analisados nos dois períodos de estudados pelo autor ( período chuvoso e período seco).

Em outro estudo da qualidade da água subterrânea na micro-região de Ji-Paraná-RO, Helbel (2010), cita que os valores de OD encontrados variaram entre  $2,10\text{mg.L}^{-1}$  a  $5,07\text{mg.L}^{-1}$ .

No entanto, os valores baixos de oxigênio dissolvido podem ser considerados como parâmetro indicativo de poluição das águas subterrânea por despejos orgânicos (SPERLING, 2005). Pois a decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido da água (SOUZA, 2010).

Sabe-se que o chorume é composto basicamente pelo líquido que entra na massa de lixo em decomposição rico em matéria orgânica que se encontra aterrada (HAMADA, 2004). Apesar de não ter sido medida a concentração de matéria orgânica presente no meio, por terem sido encontrados nesta pesquisa valores de OD em torno de  $1,47\text{mg.L}^{-1}$ , pode-se supor que uma parcela do oxigênio dissolvido presente na amostra esteja sendo utilizada na decomposição desta matéria orgânica.

### **3.2.3. Condutividade Elétrica**

A condutividade elétrica baseia-se na capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente, quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica na água (SOUZA, 2010).

Os valores de condutividade elétrica encontrados nos 20 pontos analisados no bairro Boa Esperança não apresentaram grandes variações durante o estudo (tabela 4). O valor médio de condutividade elétrica no mês de maio foi  $77,25\mu\text{s.cm}^{-1}$  com o valor máximo de  $153,1\mu\text{s.cm}^{-1}$  e mínimo de  $42,1\mu\text{s.cm}^{-1}$ . No mês de agosto o valor médio foi  $60,67\mu\text{s.cm}^{-1}$ .

com o valor máximo  $187,5\mu\text{s.cm}^{-1}$  e o mínimo de  $33,1\mu\text{s.cm}^{-1}$  (TABELA 5) Os pontos 13 e 20 apresentaram valores correspondentes a  $146,1\mu\text{s.cm}^{-1}$  e  $153,1\mu\text{s.cm}^{-1}$  que ficaram muito acima da média geral em relação dos outros pontos

Segundo Rodrigues (2008), valores mais elevados de condutividade elétrica podem estar relacionados ao fluxo do lençol freático como também a carga sólida de partículas na água dos poços ou de matéria orgânica.

De acordo com Hirata et AL., (2009), há uma relação direta entre a quantidade de sais dissolvidos (salinidade) e a condutividade elétrica da água. Normalmente as águas muito salinas indicam que ou a água percolou por materiais muito reativos ou que o tempo de transito da água na rocha foi longo.

**Tabela 4** - Características físico-químicas das amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de Maio/2011.

Pontos	Potencial Hidrogeniônico Ph	Oxigênio dissolvido ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	Saturação de Oxigênio (%)	Condutividade Elétrica ( $\text{uSm.cm}^{-1}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
1	4,86	0,81	10,3		26,9
2	4,44	0,72	9,2	75,5	27,7
3	5,07	-	-	-	-
4	5,14	0,86	11	89,8	28
5	4,64	3,21	40,6	66,6	27,5
6	5,00	2,01	24	42,1	27,8
7	5,06	3,88	49,2	44,7	27,9
8	4,72	3,37	43,1	60,3	27,8
9	4,52	-	-	-	-
10	4,37	-	-	-	-
11	5,47	3,65	46,8	81	28,3
12	5,01	0,07	0,9	58,6	27,8
13	5,57	0,53	6,6	146,1	27,5
14	5,49	0,67	8,3	66,4	27,8
15	5,33	0,53	6,7	57,5	28,9
16	4,66	0,64	8	72,7	29,1
17	4,58	0,6	7,5	33,5	27,5
18	4,84	0,99	12,6	99,3	27,9
19	4,8	1,47	18,9	88,9	29,1
20	4,79	1,06	13,8	153,1	29,2
Média	4,9	1,48		61,8	28
Portaria 518/2004	6 a 9,5	$5\text{mg.L}^{-1}$			

**Tabela 5-** Características físico-químicas das amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de Agosto/2011.

Pontos	Potencial Hidrogeniônico Ph	Oxigênio dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> )	Saturação de Oxigênio (%)	Condutividade Elétrica (uSm.cm <sup>-1</sup> )	Temperatura (°C)	Turbidez (Ntu)
1	4,90	0,72	9,3	33,1	28,4	2,72
2	4,65	0,75	9,7	65,1	28,4	4,02
3	5,63	-	-	-	-	2,96
4	4,69	0,33	4,4	83,7	30,5	2,81
5	4,80	0,77	9,8	59,7	28,5	1,73
6	4,69	0,76	9,7	28,5	28,6	1,33
7	4,95	0,92	12,1	38,9	28,4	1,21
8	5,30	0,96	12	77,3	27,3	10,01
9	4,81	-	-	-	-	0,79
10	4,68	-	-	-	-	0,57
11	5,30	-		76	29,1	9,02
12	4,48	0,66	8,3	84,5	28,3	0,31
13	5,40	0,58	7,4	187,5	29,1	2,64
14	5,35	0,67	8,3	66,4	27,8	14,66
15	5,07	0,86	11	51,4	28,7	0,71
16	4,52	0,54	6,7	70,3	29,5	2,39
17	4,82	0,69	8,9	26,5	29	1,42
18	-	-	-	-		-
19	4,89	0,94	12,9	61,3	29,2	0,85
20	4,72	1,02	13,8	82,4	29,7	1,88
Média	4,7	0,64		64,5		
Portaria 518/2004	6 a 9,5	5mg.L <sup>-1</sup>				5NTu

### 3.2.4 Temperatura

A água subterrânea é protegida das variações bruscas da temperatura externa, por isso a água subterrânea de aquíferos livres apresenta temperatura, em geral, igual a media anual da temperatura ambiente (HIRATA, et al., 2009). Em todos os pontos a média da temperatura foi de 28°C sem maiores variações de um ponto para o outro tanto para o período chuvoso quanto para o período de seca (TABELA 4).

### 3.2.5 Turbidez

A Portaria n° 518/2004-MS, estabelece que o limite máximo de turbidez para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 UNTs. Esta mesma Portaria regulamenta para águas de consumo humano valor máximo recomendado de 1,0 UNT para águas desinfetadas e filtradas.

No mês de maio não foi possível fazer a leitura da turbidez das amostras coletadas neste período. A turbidez detectada no mês de agosto das águas analisadas apresentou média de 1,76 UNTs, o valor mais baixo foi de 0,31 UNTs e o mais alto foi 4,02 UNTs. Os maiores valores constatados são dos pontos 8, 11 e 14 como pode ser observado na tabela 04, estes se encontram muito acima do valor máximo recomendado pela portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

Provavelmente estes resultados são decorrentes das más condições de proteção dos poços, pois estes estavam sem impermeabilização à sua volta, bem como com tampa de madeira em condições precárias, danificada por intempéries somadas ao período chuvoso que, através de enxurradas carrega sedimentos e materiais orgânicos para o interior dos poços.



**Figura 2** - Poço em condições inadequadas em decorrência da ausência de tampa de concreto para vedação e manilhas (bairro Boa Esperança).

De acordo com a portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que preconiza valores de turbidez abaixo ou igual a 1,0UNT, para água de consumo humano, segundo esta resolução, 80% das amostras de águas analisadas no bairro Boa Esperança se encontram em condições desfavoráveis a este parâmetro, ou seja, inapropriada para o consumo humano sem antes passar por um processo de clarificação

### 3.3 NITRATO E NITRITO

De acordo com a Resolução CONAMA n° 396/2008, os valores de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) recomendados não podem ser superiores a  $10\text{mg.L}^{-1}$  e nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) não podem ser superiores a  $1\text{mg.L}^{-1}$ , em água utilizada para consumo humano.

Das 20 amostras analisadas, em todas elas foi detectada a presença dos íons nitrato e nitrito. Conforme pode ser observado nas figuras 03 (maio/2011) e 04 (agosto/2011) os valores de nitrato e nitrito estão dentro dos valores recomendados pela resolução citada.

Os pontos 1, 6, 13,14, e 17 apresentaram os menores valores de nitrato no mês de maio e sem maiores alterações no mês de agosto, correspondente ao mês da segunda coleta, objetivando detectar possíveis variações do período chuvoso para o período de seca.

O ponto 3 foi o que mais se aproximou do valor máximo recomendado, pois, no mês de maio o valor detectado foi de  $6,41\text{mg.L}^{-1}$  e em agosto foi de  $8,48\text{mg.L}^{-1}$ . Esta variação na concentração de nitrato de um período hidrológico para outro condiz com o que é relatado na literatura, pois no período de agosto o volume de águas nos poços é bem menor do que em maio, devido as características climáticas da região, havendo assim uma menor diluição dos poluentes o que implica em maiores concentrações dos mesmos.

De acordo com Campos (2010) este aumento na concentração sugere que esses poços possam estar recebendo cargas constantes de matéria orgânica ao longo do ano e que se não forem tomadas medidas preventivas e mitigadoras em breve poderão atingir valores maiores, ocasionando alterações na qualidade da água.

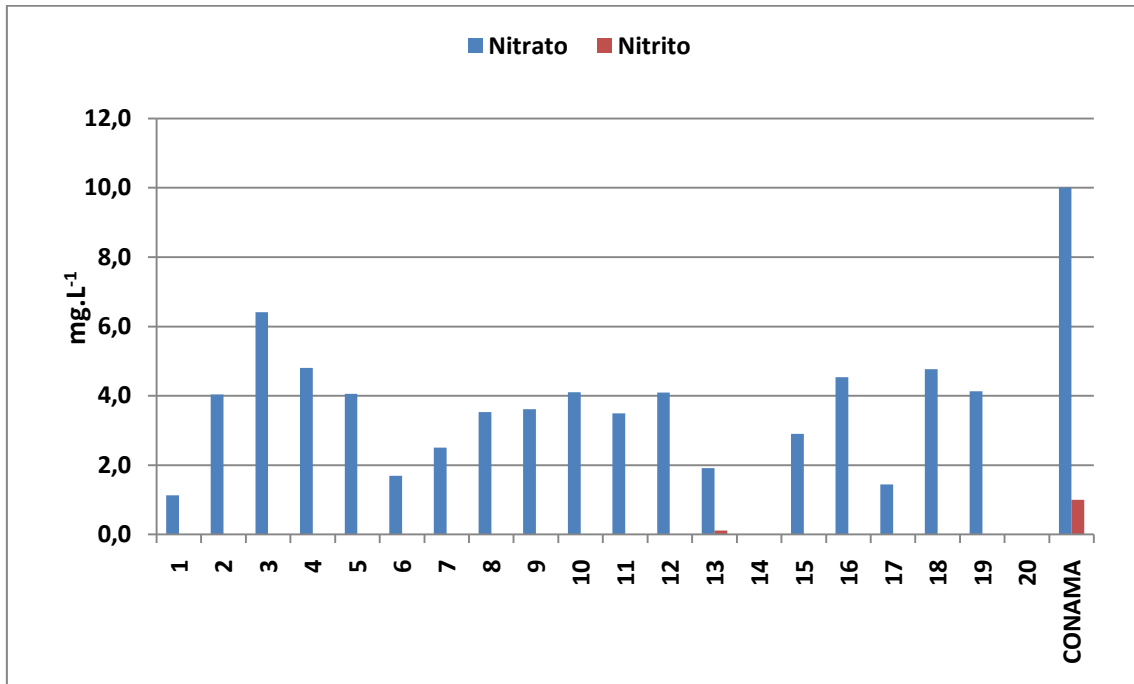
O nitrato é o produto final da estabilização aeróbia do nitrogênio orgânico, indicando contaminação antiga por efluentes domésticos, industriais além do uso de fertilizantes nitrogenados na agricultura (SILVA; ARAUJO, 2001).

O nitrato é uma substância derivada do nitrogênio que ocorre de forma natural geralmente em baixas concentrações na água e no solo (FOSTER; HIRATA, 1988). Porém, essas concentrações podem ser alteradas devido ao uso intensivo de fertilizantes na agricultura e através da disponibilização inadequada dos esgotos domésticos nos solos (ROSSI et al., 2007).

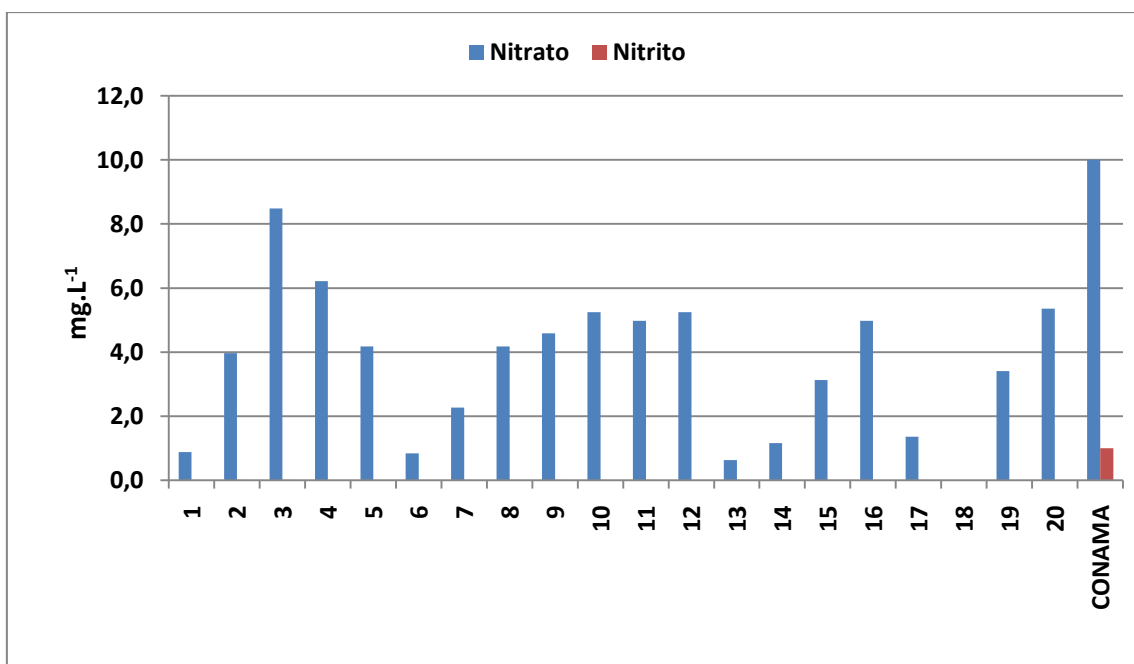
Vale ressaltar que o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é um contaminante persistente, com grande mobilidade, e em concentrações acima de  $10\text{mg.L}^{-1}$ , pode causar doenças como metahemoglobinemia (síndrome do bebe azul ou cianose) e câncer gástrico (INCA, 2009).

As concentrações de nitrito foram baixas nos dois períodos de analisados, a média foi de  $0,0071\text{mg.L}^{-1}$  no mês de maio para todos os 20 pontos com pequenas variações de um

ponto para o outro. Durante o mês de agosto essa média foi bem menor chegando ao valor de  $0,00081\text{mg.L}^{-1}$ . Segundo campos (2010), as concentrações de nitrito e amônia em águas subterrâneas sempre são baixas ou são ausentes, devido à velocidade com que são convertidos a nitrato pelas bactérias.



**Figura 2** - Concentração de Nitrato e Nitrito nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011, e valor estabelecido pela resolução CONAMA 396 de 2008.



**Figura 3** - Concentração de Nitrato e Nitrito nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de agosto de 2011, e valor estabelecido pela resolução CONAMA 396 de 2008.

### 3.4 FOSFORO TOTAL

O fósforo total foi comparado com a resolução 357/2005 que dispõe sobre águas superficiais, devido na resolução 396/2008 que dispõe sobre água subterrânea não constar um parâmetro estabelecido para o fósforo total.

O fósforo aparece em águas subterrâneas devido principalmente às descargas de esgotos sanitários, nestes, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte, alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (CETESB, 2011)

De acordo com a Resolução CONAMA n° 357 que dispõe sobre o enquadramento das águas superficiais, os valores recomendados de fósforo total em ambientes aquáticos superficiais e lênticos, devem estar abaixo de  $20\mu\text{g.L}^{-1}$ . Em todos os pontos analisados no bairro Boa Esperança foram encontradas concentrações de fósforo total em pequenas concentrações, abaixo dos valores máximos recomendados pela resolução citada.

Os valores médios detectados para fósforo total (TABELA 5) foram em média de  $0,44\mu\text{g.L}^{-1}$ , o mínimo de  $0,017\mu\text{g.L}^{-1}$  e o máximo de  $1,33\mu\text{g.L}^{-1}$  no mês de maio, que representa o final do período chuvoso. Ainda neste período os pontos 9, 10, 11 e 12 foram o que apresentaram as maiores concentrações, isso pode ser explicado, devido a maior proximidade desses poços com as fossas no terreno vizinho, como é o caso do ponto 9 que estava a 25m da fossa no mesmo terreno, porém a 3,5m da fossa do terreno ao lado. O mesmo foi observado nos pontos 10, 11 e 12 com distancias inferiores a 15m. Já no período de estiagem, mês de agosto, os valores detectados foram menores, com valor médio de  $0,061\mu\text{g.L}^{-1}$ , sendo o menor valor  $0,008\mu\text{g.L}^{-1}$  e  $0,179\mu\text{g.L}^{-1}$  o maior valor encontrado, menores concentrações de fósforo na estiagem pode ser correlacionado a menor fluxo de água no subsolo.

Essas concentrações indicam possível contaminação por efluentes domésticos rico em excretas humanas e detergentes que são responsáveis pela concentração de fósforo que existe no esgoto doméstico (VON SPERLING, 1996). Fato este que pode ser justificado devido à existência de fossas negras próximas aos poços em todas as residências.



**Tabela 6** - Concentração de fósforo total e dissolvido nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio e agosto de 2011, e valor estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005.

	<b>MAIO / 2011</b>	<b>AGOSTO / 2011</b>
Pontos	P total $\mu\text{g.L}^{-1}$	P total $\text{mg.L}^{-1}$
1	0,065	0
2	0,017	0,047
3	0,047	0,035
4	0,023	0,000
5	0,107	0,035
6	0,025	0,029
7	0,047	0,100
8	0,118	0,000
9	1,338	0,000
10	1,051	0,023
11	2,158	0,153
12	1,339	0,136
13	0,322	0,008
14	0,083	0,160
15	0,153	0,179
16	0,095	0,041
17	0,023	0,041
18		0,053
19	0,693	0
20	0,585	0
Média	0,444	0,061
<b>CONAMA 357/2005</b>	$20\mu\text{g.L}^{-1}$	$20\mu\text{g.L}^{-1}$

### 3.5 METAIS PESADOS NA AGUA (FRAÇÃO TOTAL)

As frações totais foram espacializadas em carta imagem o que gerou melhor visualização da distribuição espacial dos resultados de metais pesados na fração total da água subterrânea. Cada imagem contém a localização dos pontos e os valores em concentração de cada metal, os quais foram agrupados em cinco classes de valores. Os valores exato de todos os pontos se encontram no apêndice A.

As concentrações dos elementos metálicos analisados foram comparadas com as resoluções e normas estabelecidas por órgãos como o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, através da resolução n° 396 de 2008 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. Em decorrência de a resolução citada não possuir valores de referência para todos os elementos estudados nesta pesquisa, os

resultados encontrados também foram comparados aos valores estabelecidos pela resolução CONAMA 357 de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água superficiais, e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

Tendo como motivação desta pesquisa avaliar se a população do bairro Boa Esperança estaria exposta a concentrações inadequadas de metais pesados, os resultados obtidos também foram comparados aos valores preconizados pela portaria n° 518/2005 do Ministério da Saúde que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências

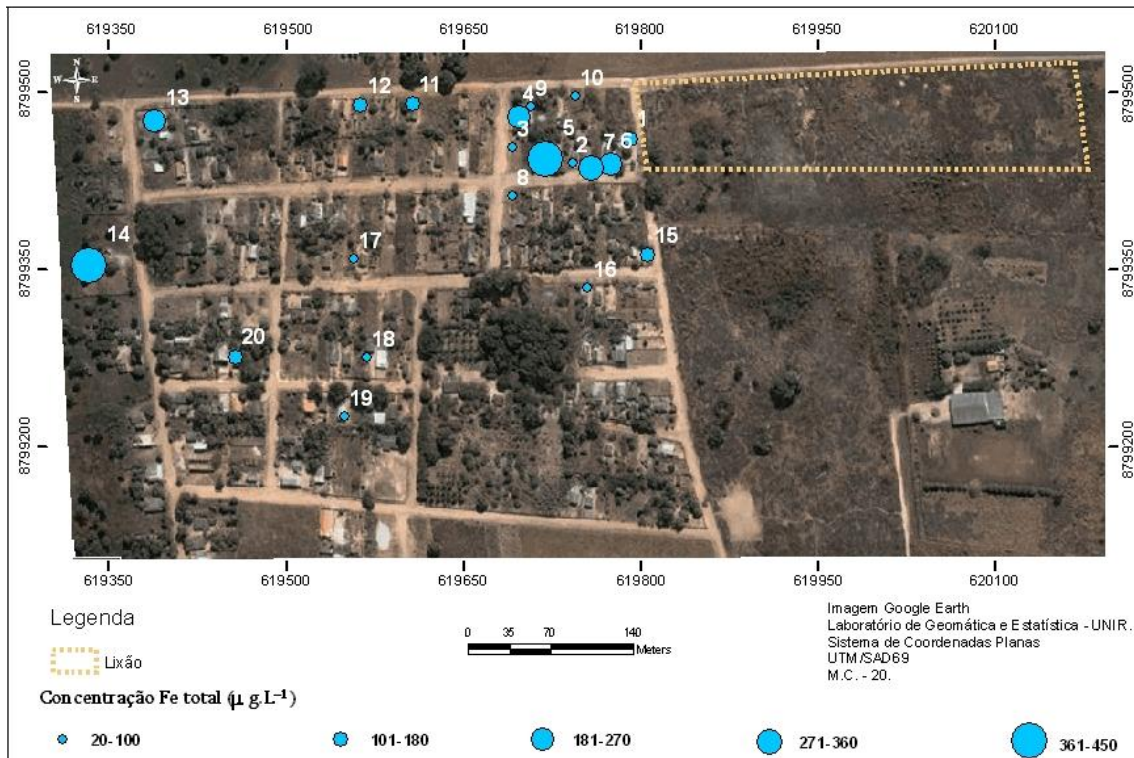
### 3.5.1 Ferro (Fe)

O ferro aparece principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução do minério pelo gás carbônico da água, conforme a reação:  $\text{Fe} + \text{CO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{FeCO}_3$ , o carbonato ferroso é solúvel e frequentemente encontrado em águas de poços contendo elevados níveis de concentração de ferro (CETESB, 2011).

Em 15% dos pontos analisados no mês de maio de 2011, os teores de ferro se encontram elevados e nos outros 85% os valores estavam de acordo com a resolução CONAMA 396/2008, que estabelece como nível máximo recomendado de ferro para água subterrânea destinada ao consumo humano uma concentração de  $300\mu\text{g.L}^{-1}$ .

É possível observar na figura 05 que os pontos 5, 7 e 14 os quais apresentaram os respectivos valores de ferro,  $394,28\mu\text{g.L}^{-1}$ ,  $337,50\mu\text{g.L}^{-1}$  e  $420,96\mu\text{g.L}^{-1}$ , que os mesmos não estão de acordo com o valor de segurança recomendado pela resolução CONAMA 396/2008, que estabelece o nível máximo de  $300\mu\text{g.L}^{-1}$  de ferro na água para consumo humano.

Através da análise espacial da imagem 05, referente ao mês de maio, pôde-se identificar que os pontos 5 e 7 estão localizados mais próximos do lixão, desta forma seria esperado que as amostras de água coletadas em poços cujas residências fossem mais próxima ao lixão, poderiam apresentar concentrações maiores de metais pesados à exemplo do ferro. Já o ponto 14 está mais afastado do lixão, no entanto também apresentou valores elevados de ferro. A elevada concentração do metal neste ponto pode estar relacionada à topografia da região, visto que, pelo fato do lixão se encontrar em região mais alta em relação ao bairro, e por gravidade a água se desloca da parte mais alta para a mais baixa, é possível que esteja havendo uma contaminação da água subterrânea decorrente do chorume percolado também nas regiões mais baixas.



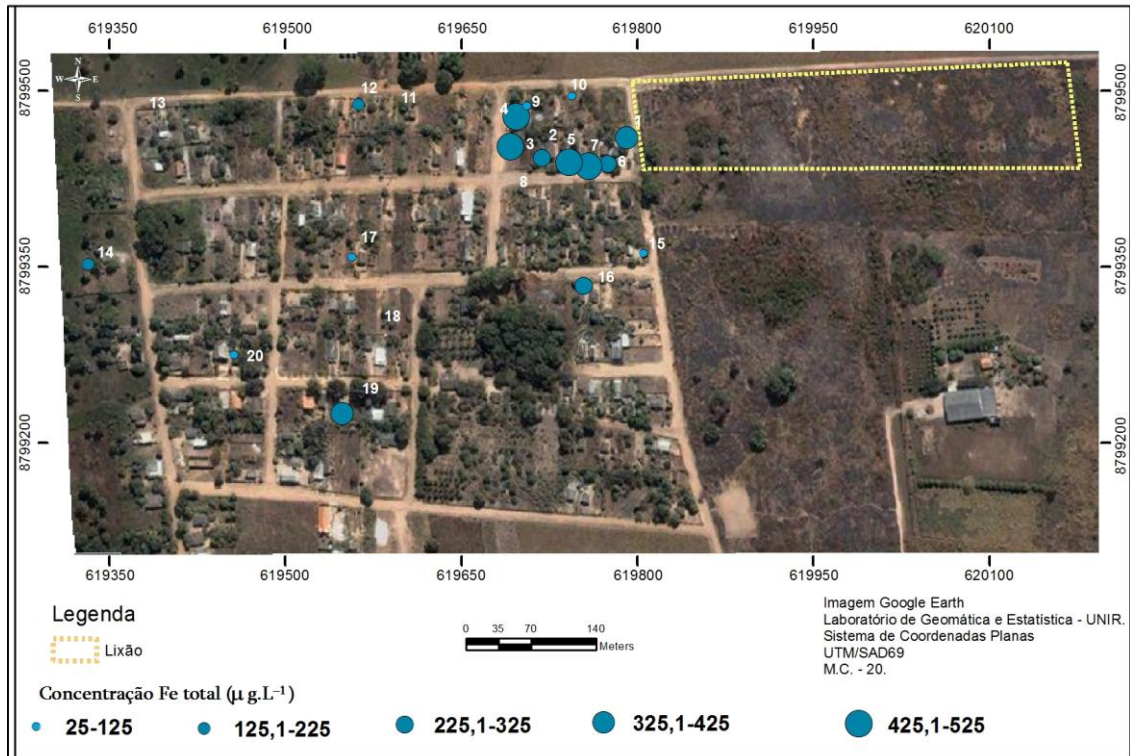
**Figura 4** - Concentração de ferro total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011.

Já no mês de agosto as concentrações detectadas apresentaram valores elevados nos pontos 1, 2, 3, 4 e 19, com os respectivos valores  $333,17 \mu\text{g.L}^{-1}$ ,  $503,59 \mu\text{g.L}^{-1}$ ,  $429,31 \mu\text{g.L}^{-1}$ ,  $525,31 \mu\text{g.L}^{-1}$  e  $366,53 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Como pode ser observado na imagem (FIGURA 06) mês de agosto, esses pontos se encontram bem próximos do lixão exceto o ponto 19 que em relação aos demais está mais afastado.

Ao comparar com os valores de Fe total encontrados por outros pesquisadores em estudos onde foram realizadas análises de água subterrânea, notou-se que nesses casos valores elevados desse metal são comuns. Rocha (2007), ao analisar o índice de contaminação do aquífero Alter do Chão provocado por um depósito de lixo em Manaus, mostrou que o Fe total nas águas dos poços analisados também esteve acima do máximo permitido pela resolução CONAMA 396/2008 ( $300 \mu\text{g L}^{-1}$ ) na época chuvosa, apresentando valores entre 340 e  $1.340 \mu\text{g L}^{-1}$ . Do mesmo modo, Oliveira (2004), ao investigar a qualidade da água subterrânea em Palmas/TO também encontrou índices elevados de Fe total em todas as amostras analisadas, registrando resultados na ordem de  $1.200 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

Valores elevados deste metal representam riscos à saúde humana, sendo que o ferro em excesso pode causar em seres humanos doenças como anorexia, tontura, fadiga e dores de

cabeça quando em excesso também se acumula no fígado provocando danos neste órgão (HOFFBRAND, 2007).



**Figura 5** - Concentração de ferro total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011.

Elevadas concentrações de ferro em água subterrânea também pode ser um reflexo do tipo de rocha e solo, o latossolo com predominância de Ferro e manganês por onde esta água percola. O que no caso do município de Ji-paraná pode ser atribuído à sua formação por rochas sedimentares cujas características provem da sedimentação de detritos de outras rochas. Segundo Sienko (1977) quase todas as rochas contem traços de Fe. O desgaste natural das rochas contendo minérios de ferro, através do escoamento superficial constitui em fontes naturais de contaminação por ferro (KROSCWITZ, 1995).

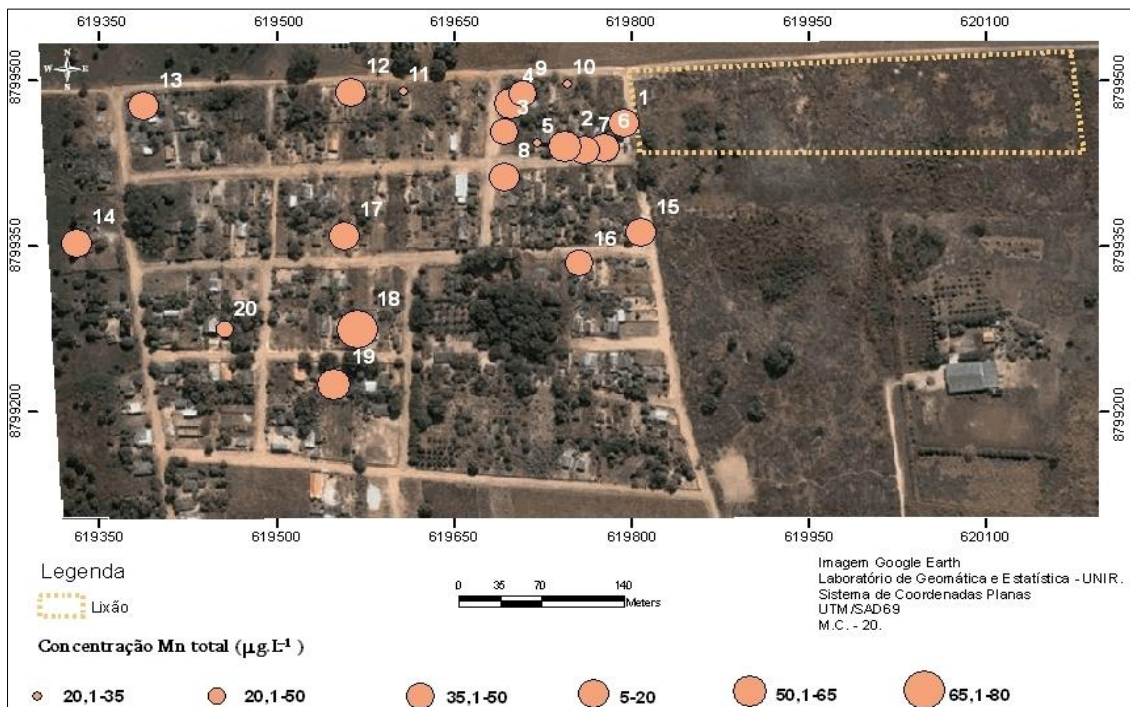
Entre as fontes antropogênicas de ferro de origem urbana está os efluentes de esgotos domésticos e industriais, a decomposição de alguns resíduos sólidos ricos em Fe, além do escoamento superficial urbano (LIMA, 2001).

### 3.5.2 Manganês



Dentre os metais pesados analisados, o manganês (Mn) detectado nos poços no período chuvoso não apresentou concentrações que possam oferecer grandes riscos à saúde da população. A resolução CONAMA n° 396/2008 estabelece que os valores de manganês na água destinada ao consumo humano não deve ultrapassar o valor máximo de  $100\mu\text{g.L}^{-1}$ .

As concentrações de manganês detectadas estão abaixo do máximo recomendado pela resolução citada, para todos os pontos analisados no período chuvoso (maio). Diante das análises, os pontos 2, 3, 4, 18 e 19 são os que apresentaram maiores concentrações do Mn, com valores entre  $43\mu\text{g.L}^{-1}$  a  $65\mu\text{g.L}^{-1}$ , essas concentrações podem ser observadas através da figura 6, isso ocorre devido a contaminação do aquífero por fontes antropogênicas.

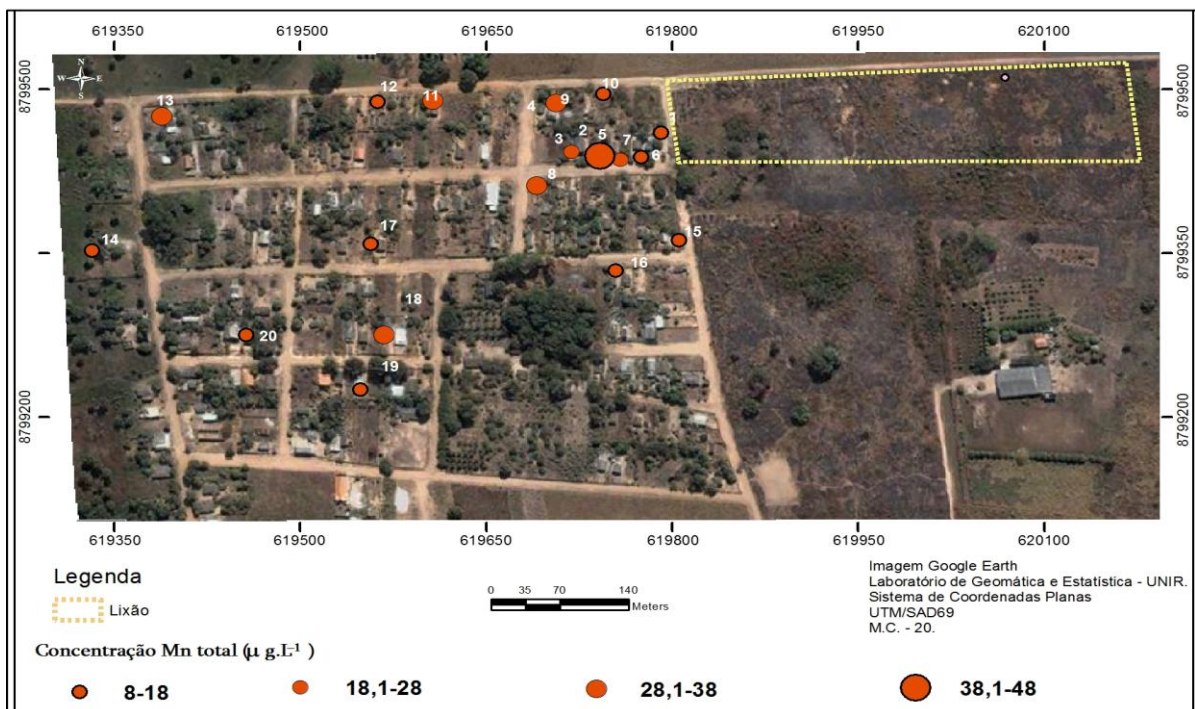


**Figura 6** – Concentração de manganês total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011.

No período de estiagem as concentrações encontradas em todos os pontos também estavam dentro do limite permitido pela resolução citada, como pode ser observado na imagem (FIGURA 7) a distribuição da concentração deste metal se manteve homogênea em todos os pontos analisados, as concentrações detectadas oscilaram entre  $15\mu\text{g.L}^{-1}$  a  $41\mu\text{g.L}^{-1}$ , a presença de manganês na água dos poços do bairro investigado pode ser oriunda do solo da região que é o latossolo, com predominância do manganês em todo o estado de Rondônia (CPRM, 2009).

Rocha (2006), em estudo semelhante no aquífero Alter do Chão na área do entorno de um lixão na cidade de Manaus, apesar de não relatar as concentrações de manganês, coloca que dentre os resultados encontrados para os metais pesados, que o Mn apresentou baixos valores estando abaixo do máximo permitido pela resolução CONAMA 396/2008 nos dois períodos analisados (julho e dezembro 2002) apresentando leve aumento somente em um ponto no período de estiagem- julho.

Mesmo o manganês sendo considerado um elemento traço de baixa toxicidade, é importante a sua quantificação, pois quando presente em concentrações elevadas, intoxicações decorrentes de exposição via oral, pode causar alucinações e doenças do sistema nervoso central (OMS, 1998).



**Figura 7-** Concentração de manganês total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de agosto de 2011.

### 3.5.3 Cobre

O cobre é um elemento que ocorre, em geral, em baixas concentrações na água subterrânea, devido sua pequena solubilidade, normalmente é inferior a  $1\mu\text{g.L}^{-1}$ , as atividades antrópicas são as principais fontes de contaminação por este metal ao meio ambiente (CETESB, 2011).

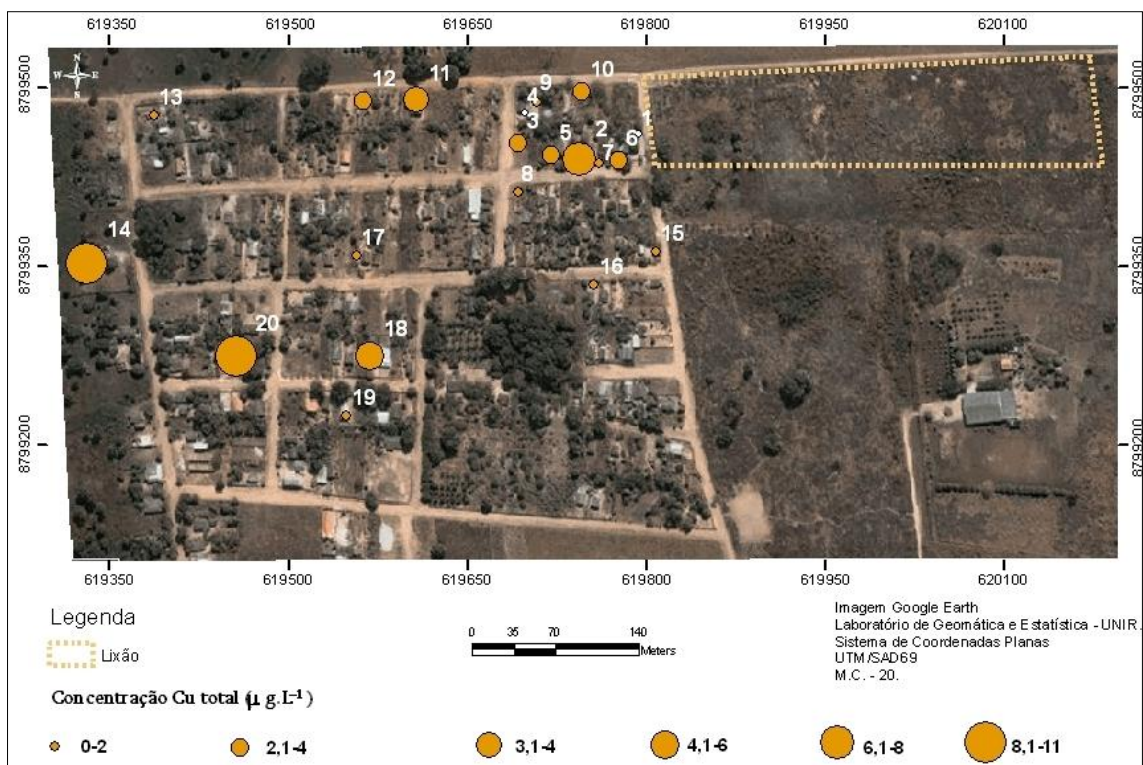
A resolução CONAMA n° 357/2008 recomenda como valor de segurança para o elemento cobre (Cu),  $2000\mu\text{g.L}^{-1}$  para água destinada ao consumo humano.

Foram encontrados valores de Cu em todos os pontos amostrados como pode ser observado nas imagens (FIGURA 8) e (FIGURA 9). No mês de maio, dentre os pontos analisados, 100% das amostras estão dentro dos níveis recomendados, com concentrações entre 1,13 a 8,62  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . Da mesma forma no mês de agosto caracterizado como período de estiagem na região, as concentrações encontradas de cobre total na água dos poços investigados não apresentaram elevadas concentrações deste elemento metálico, sendo os valores detectados em torno de 0,28  $\mu\text{g.L}^{-1}$  a 11,93  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , valores estes bem menores do que 2000  $\mu\text{g.L}^{-1}$  que é o estabelecido pela resolução citada como VMP.

Os pontos 4 e 9 no mês de maio apresentaram valores discrepantes e por não haver amostra para que a análise laboratorial fosse repetida, esses dados foram excluídos.

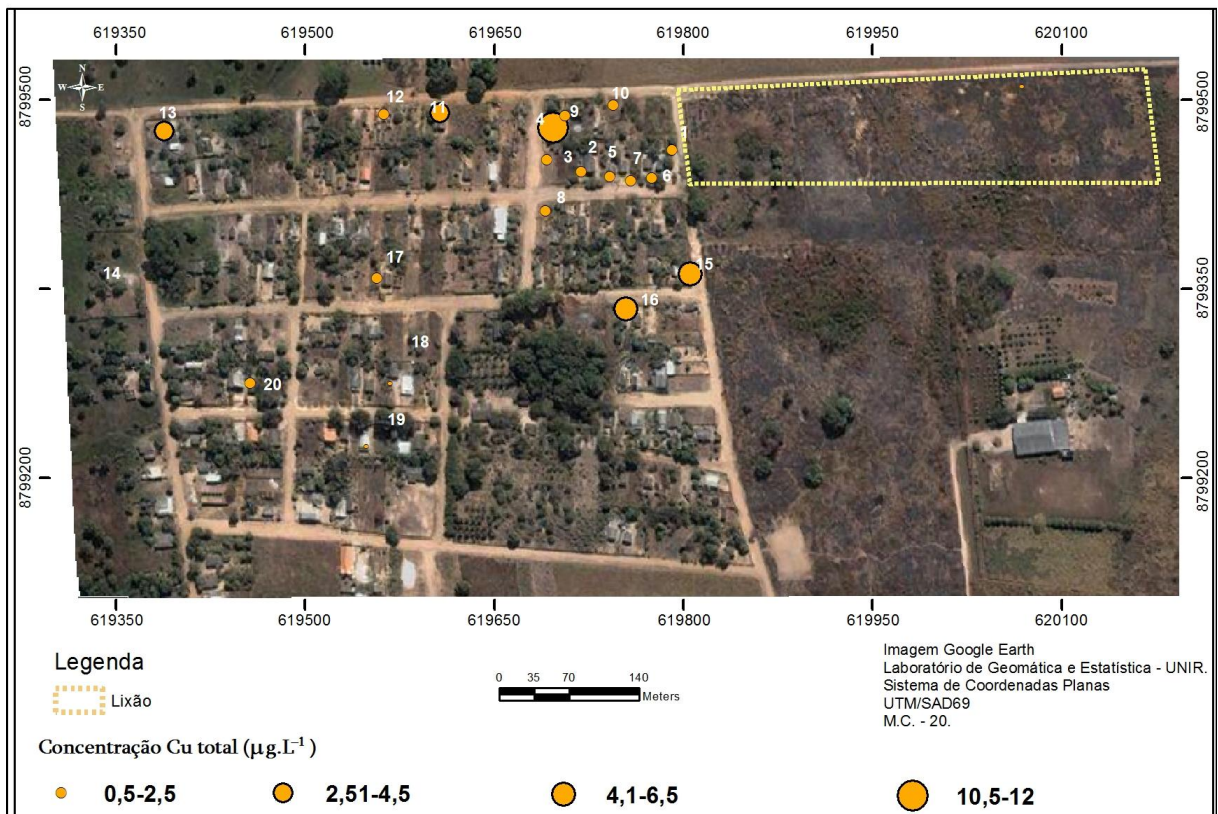
Krieger (2000), encontrou valores de cobre de 8 a 14  $\mu\text{g.L}^{-1}$  nos poços analisados em uma área de disposição de resíduos de industriais do ramo coureiro-calçadistas no município de Estância Velha RS.

Já Oliveira (2004) encontrou valores de concentração para o Cu entre 2,9 a 4  $\mu\text{g.L}^{-1}$  nas águas subterrâneas da região do aterro controlado de Muribeca em Pernambuco.



**Figura 8** - Concentração de cobre ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011.





**Figura 9-** Concentração de cobre ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011.

### 3.5.4 Cobalto

Foram detectadas concentrações de cobalto nas amostras de água de todos os poços analisados no bairro Boa Esperança. Os valores encontrados estão bem abaixo do valor máximo preconizado pela resolução CONAMA n° 396 que estabelece o valor de  $50\mu\text{g.L}^{-1}$  de Co.

Através da análise espacial (FIGURA 10) e (FIGURA11) a distribuição do Cobalto se mostrou bem uniforme no bairro Boa Esperança nos dois períodos investigados. Os valores encontrados para o período de chuva variaram entre  $1,16\mu\text{g.L}^{-1}$  o menor valor detectado (ponto 01) e o maior valor  $2,74\mu\text{g.L}^{-1}$  (ponto 04). No mês de agosto caracterizado como período de estiagem na região as concentrações detectadas variaram entre  $0,28\mu\text{g.L}^{-1}$  a  $1,37\mu\text{g.L}^{-1}$

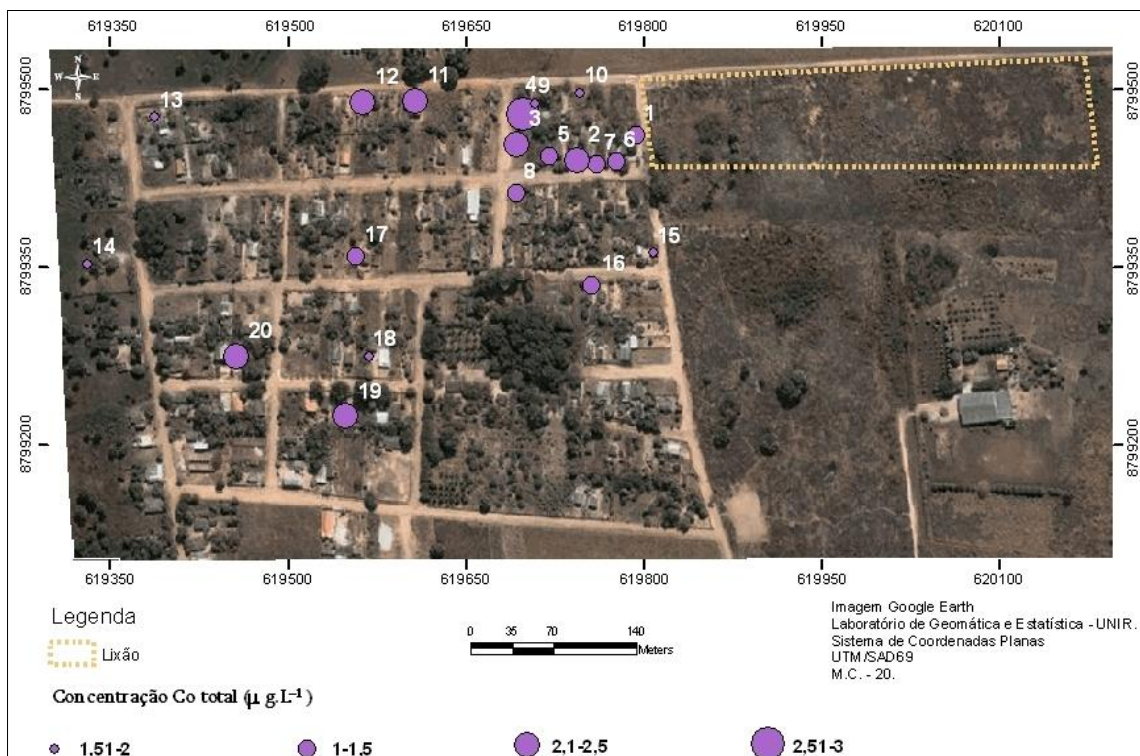
Devido as dificuldade em encontrar trabalhos semelhantes em que as concentrações de Co tenham sido investigadas na água subterrânea, os valores encontrados nos poços do bairro Boa Esperança foram comparados outros estudos, porém estudos estes realizados em águas superficiais. Mas com a ressalva que na água superficial espera-se encontrar valores maiores



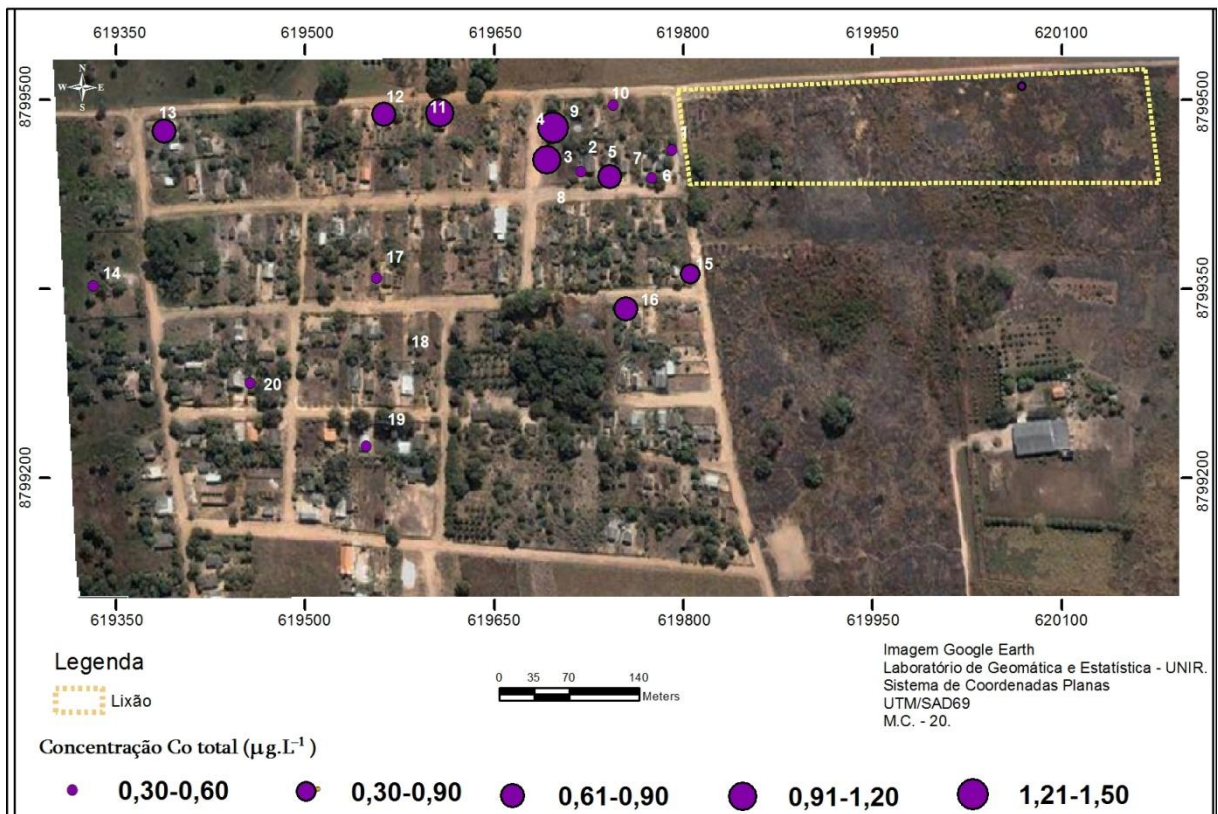
do que é encontrado em água subterrânea, pois o aquífero está de certa forma protegido de fontes antrópicas quando comparado às águas superficiais.

Segundo Souza (2006) o sedimento é um dos compartimentos mais importantes a serem estudados na avaliação do nível de contaminação dos ecossistemas aquáticos, dada a capacidade em acumular compostos orgânicos e inorgânicos.

Para determinar as concentrações de Co nas águas superficiais dos igarapés em torno do município de Porto Velho, a autora analisou os sedimentos superficiais de fundo, e encontrou valores de Co entre  $0,19\mu\text{g.g}^{-1}$  a  $4,74\mu\text{g.g}^{-1}$  estando estes dentro de limite permitido pela resolução CONAMA 344/2004..



**Figura 10** - Concentração de cobalto total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de agosto de 2011.



**Figura 11** - Concentração de cobalto total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de agosto de 2011.

### 3.5.5 Níquel

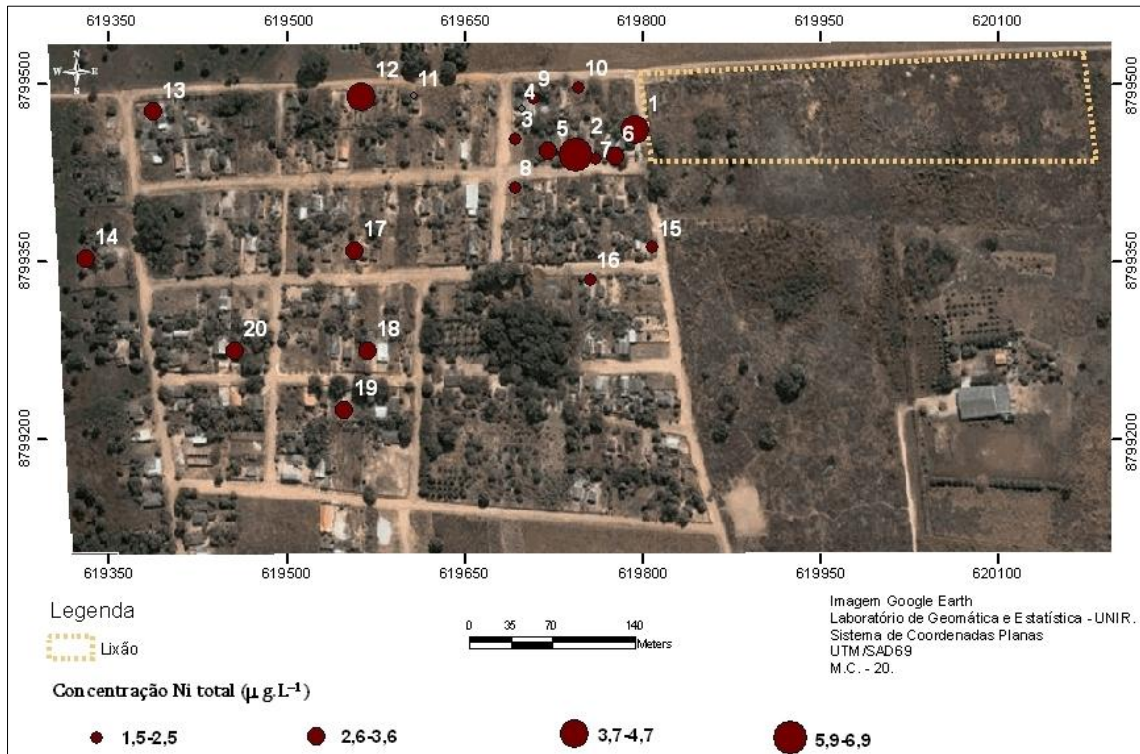
A resolução CONAMA n° 396/2008 estabelece o valor máximo recomendado de níquel (Ni) em água subterrânea igual a  $20\mu\text{g.L}^{-1}$

Diante das análises, foram detectadas concentrações de níquel em todos os poços estudados no bairro Boa Esperança, os valores encontrados estão abaixo do valor máximo recomendado, os valores encontrados no mês de maio, estão entre  $2,41\mu\text{g.L}^{-1}$  sendo este o ponto 08 com a menor concentração verificada, e  $6,92\mu\text{g.L}^{-1}$  no ponto 02 sendo este a maior concentração detectada de níquel dentre os poços analisados no final do período chuvoso como pode ser observado na imagem (FIGURA 12).

No período de estiagem, mês de agosto, as concentrações encontradas variaram entre  $0,81\mu\text{g.L}^{-1}$  sendo esta a menor concentração verificada e  $5,66\mu\text{g.L}^{-1}$  a maior concentração verificada. Como pode ser observado na imagem (FIGURA 13).

Ao comparar com outros estudos semelhantes, noto-se a tendência de concentrações baixas para o Ni mesmo em áreas com que tenham uma fonte de contaminação. Selene Oliveira (2004), cita que dentre os metais pesados analisados no aquífero Botucatu/SP, o Zn,

Ni e o Cr, apresentaram baixas concentrações, no entanto a autora não apresentou em seu estudo as concentrações destes elementos.



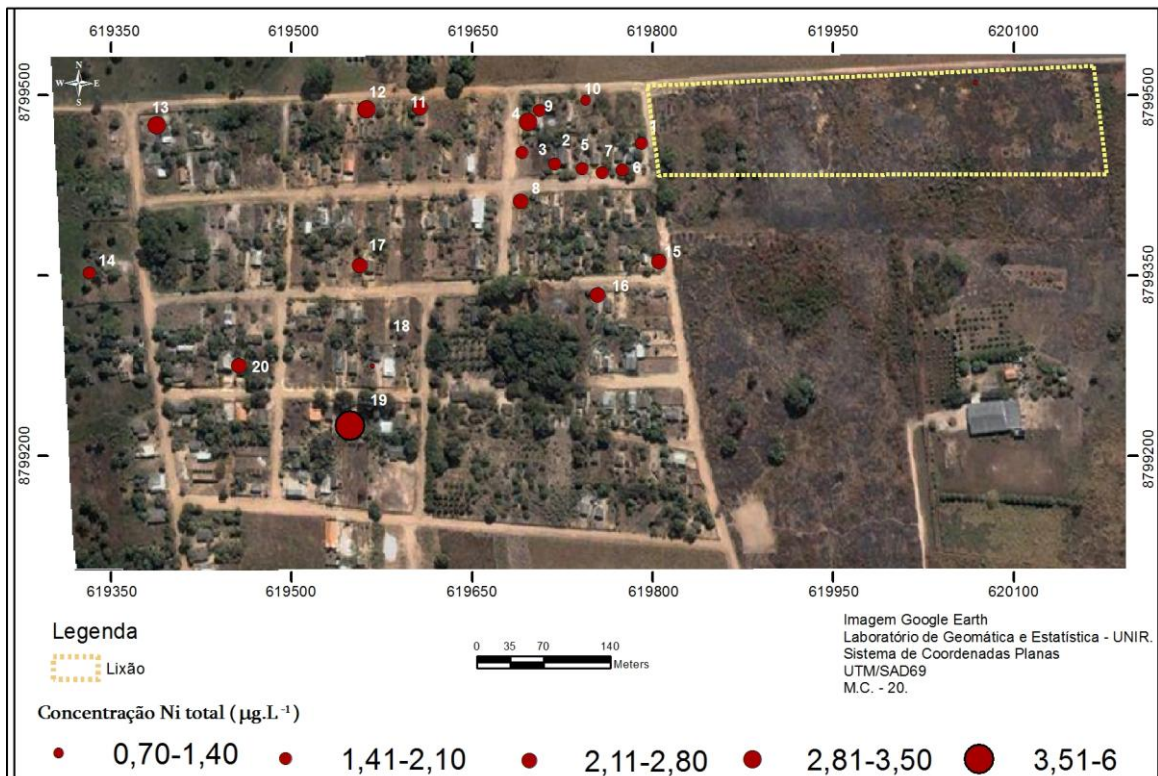
**Figura 12** - Concentração de níquel total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011.

No bairro Boa Esperança, como pode ser observado na figura 12 e figura 13, os valores encontrados estão dentro do que é preconizado pela resolução citada, exceto o ponto 04 e 11 que apresentaram valores discrepantes. Estes valores não foram apresentados, uma vez que não foi possível repetir as análises laboratoriais.

Mesmo os valores detectados sendo abaixo do valor máximo permitido - VMP é relevante observar na figura 9 que nos pontos mais próximos do lixão inativo há incidência de maiores concentrações quando comparados com os pontos mais afastados o que correlaciona possíveis interferências do chorume deste lixão nas águas dos poços em torno do mesmo.

É importante estar atento as concentrações de níquel na água de consumo humano devido aos efeitos adversos que elevadas concentrações de níquel podem acarretar, como dermatites nos indivíduos mais sensíveis e interferências maléficas nos nervos cardíacos e respiratórios (VENEZUELA, 2001).





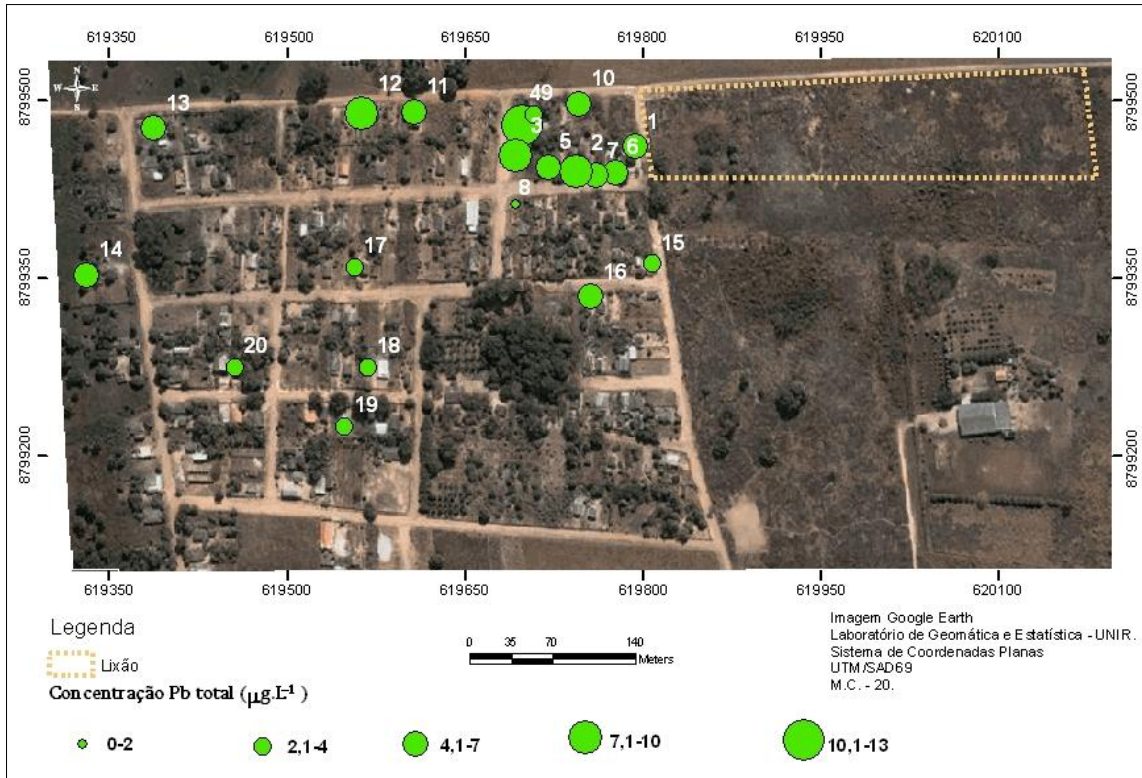
**Figura 13** - Concentração de níquel total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de de 2011.

### 3.5.6 Chumbo

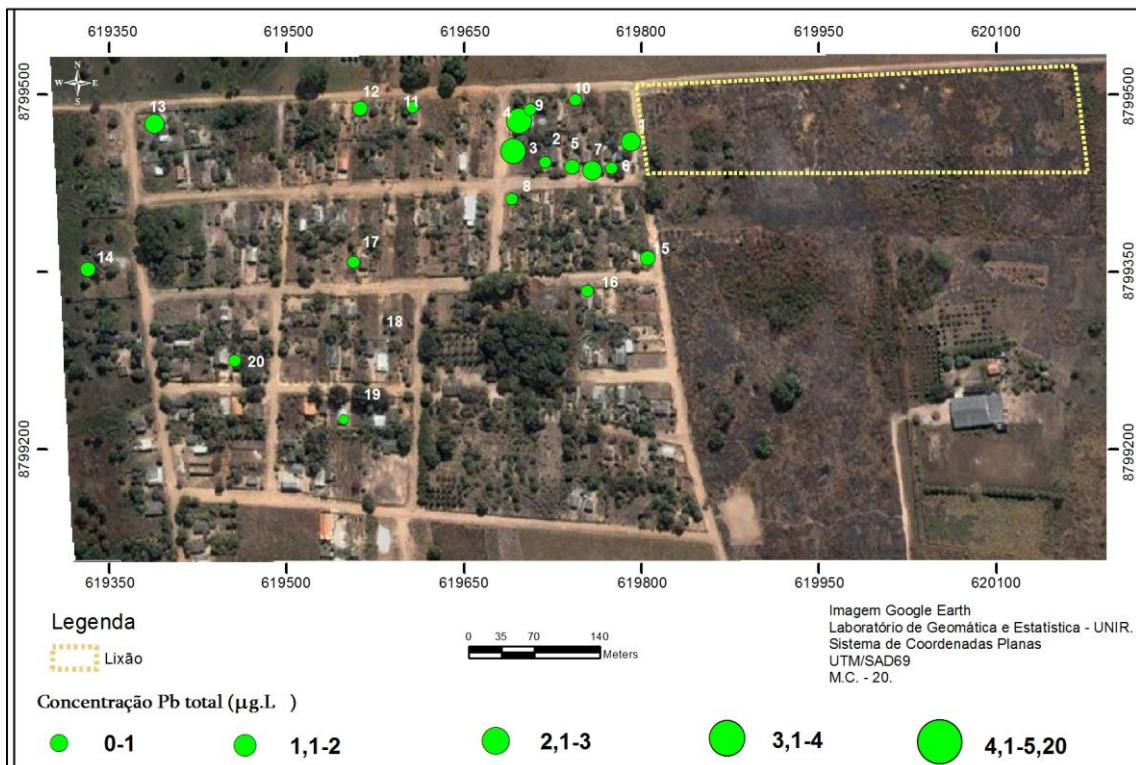
A resolução CONAMA n° 396 de 2008 estabelece o valor máximo recomendado de Chumbo (Pb) em água para consumo humano de  $10\mu\text{g.L}^{-1}$ .

Em todos os poços onde foram coletadas as amostras de água no Bairro Boa Esperança, foram detectadas concentrações de chumbo, os valores encontrados em alguns pontos são preocupantes. Para o mês de maio (figura 14) o ponto 04 esteve acima do VMP com concentração de  $12,69\mu\text{g.L}^{-1}$ , porém no ponto 03 foi detectado o valor de  $9,28\mu\text{g.L}^{-1}$ , valor este que está muito próximo do nível máximo permitido, os pontos 01, 02, 05 e 06 também se encontram com valores preocupantes mesmo estando dentro dos VMP, visto que o chumbo é um metal pesado altamente impactante ao meio ambiente e a saúde humana.

No entanto no mês de agosto (figura 15) quando foram repetidas as análises, as concentrações do Pb em todos os poços investigados sem mantiveram dentro do VMP pela resolução citada, as concentrações verificadas variaram entre  $0,84\mu\text{g.L}^{-1}$  menor valor e  $5,1984\mu\text{g.L}^{-1}$  sendo a maior concentração detectada.



**Figura 14** - Concentração de Chumbo ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011.



**Figura 15** - Concentração de Chumbo ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011.

Em seu estudo de avaliação da qualidade da água subterrânea do aquífero Botucatu Oliveira (2004), cita que dentre os metais que foram detectados (Cd, Cr, Pb, Ni e Zn,) a autora constatou que o Pb apresentou valores altos estando em desacordo com os padrões de potabilidade da água estabelecido pela portaria n°36/90 do Ministério da Saúde.

De acordo com Rocha (2009), sendo o Pb um metal bioacumulativo, o tempo de acumulação de doses tóxicas aumenta com o aumento da ingestão, por exemplo: a ingestão de 2,5mg/dia demorará cerca de 4 anos até se atingir uma carga tóxica e na ingestão de 3,5mg/dia serão necessários apenas alguns meses para ser atingida uma carga tóxica. Segundo Bensoussan (1992), mesmo em baixas doses, a exposição ao chumbo é associada com alterações que afetam fetos e crianças, provocando danos ao sistema nervoso central, atraso no crescimento e deficiência de aprendizado escolar.

As concentrações detectadas nos outros pontos no mês de maio e todos os pontos no mês de agosto esta na média de  $4\mu\text{g.L}^{-1}$ , aproximadamente. Sendo assim mesmo que os níveis de chumbo dos outros pontos estejam abaixo do VMP, estes ainda representam riscos à saúde das pessoas que ali residem há anos e fazem o uso consultivo da água dos poços.

Como pode ser observado (FIGURA 14), as maiores concentrações de chumbo no mês de maio foram detectadas nos primeiros pontos, esses valores elevados podem estar relacionado com a proximidade desses pontos ao antigo lixão, o que pode caracterizar contaminação dessas águas por chorume proveniente da decomposição dos resíduos sólidos que ali foram dispostos sem medidas de impermeabilização do solo.

Segundo Guilherme et al (2005), há também processos naturais que contribuem para o aumento da concentração desses metais nos sistemas aquáticos como o intemperismo das rochas e a lixiviação do perfil do solo, enquanto as fontes antropogênicas estão associadas, principalmente, a atividades de mineração e industriais, além da geração de efluentes municipais. As fontes antropogênicas contribuem com cerca de 96 % no caso do Pb.

### **3.5.7 Zinco**

A portaria n° 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece como valor máximo recomendado de zinco (Zn) em água para o consumo humano de  $5.000\mu\text{g.L}^{-1}$ .

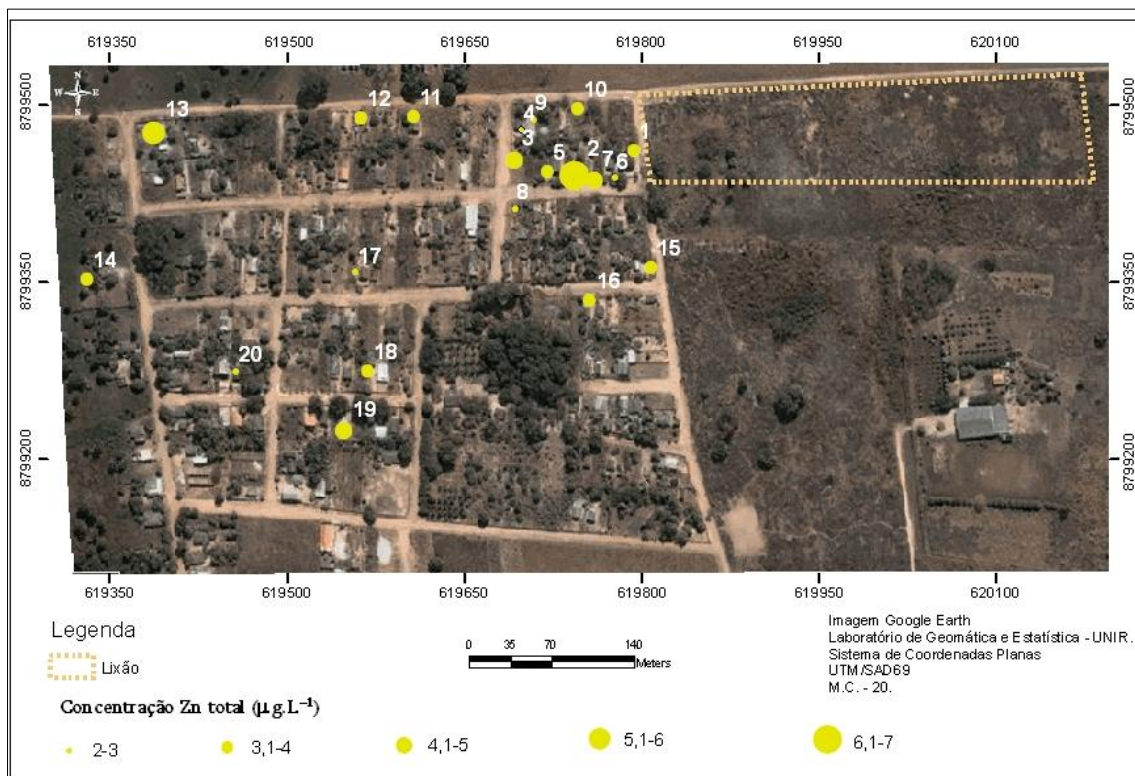
Diante das análises do mês de maio, foram detectadas concentrações de Zinco em todos os poços estudados no bairro Boa Esperança, os valores encontrados estão abaixo do VMP, como pode ser observado (FIGURA 16), exceto o ponto 04 como ocorreu nos outros parâmetros que apresentou um valor exorbitante. Desta forma, optou-se pela não apresentação



e discussão deste resultado por não ter sido possível refazer a análise, procedimento que é recomendado quando valores discrepantes são detectados.

No período de estiagem, mês de agosto, as concentrações encontradas variaram entre  $1,37\mu\text{g.L}^{-1}$  sendo esta a menor concentração verificada e  $6,28\mu\text{g.L}^{-1}$  a maior concentração verificada. Como pode ser observado na imagem (FIGURA 17).

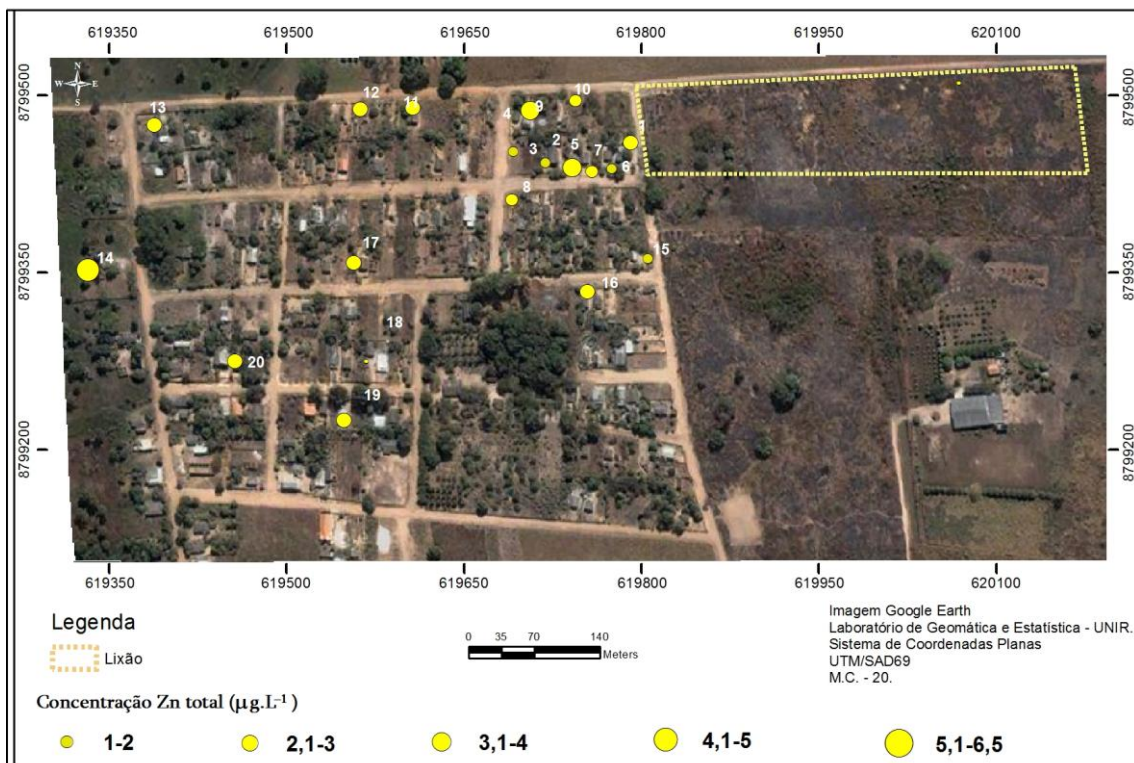
O zinco possui origem antrópica no meio ambiente através da combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço, efluentes domésticos (PHILIPPI JR, et al.,2004). Dessa forma suas concentrações encontradas no solo e nas fontes de água subterrânea podem ser oriundas da disposição inadequada de resíduos sólidos no solo. Observando a Figura 11, percebe-se que os valores mais elevados estão nas áreas mais próxima do lixão e onde a topografia é mais baixa.



**Figura 16** - Concentração de Zinco Total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011.

Carvalho (2001), ao investigar a qualidade da água subterrânea no entorno do antigo lixão de Viçosa encontrou valores de Zn entre  $2\mu\text{g.L}^{-1}$  e  $4\mu\text{g.L}^{-1}$  em todos os poços analisados, valores estes bem semelhantes aos encontrados nos poços do bairro Boa Esperança. Gunther (2004) ao analisar os impactos proveniente da disposição inadequadas de Resíduos de galvanoplastia, ao investigar as concentrações de metais pesados da água

subterrânea da região, verificou que na maioria dos pontos analisados as concentrações de zinco estavam abaixo do limite de detecção utiliza (LDT) e os valores detectados em apenas dois pontos foram de  $0,71\mu\text{g.L}^{-1}$  e  $10,5\mu\text{g.L}^{-1}$  estando estes abaixo do valor máximo permitido pela legislação vigente (Decreto Estadual 8468/76) Paschoalato et al., (2002,) realizou uma pesquisa sobre a ocorrência de contaminação do aquífero pelo líquido percolado do aterro sanitário Dumont em Ribeirão Preto no estado de São Paulo durante monitoramento realizado no ano de 1998, os valores de Zn variaram entre 3 a  $7\mu\text{g.L}^{-1}$ .



**Figura 17** - Concentração de Zinco Total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011.

### 3.5.8 Cromo

A portaria nº 518/2004 do ministério da saúde estabelece o valor máximo permitido de Cromo (Cr) em água para o consumo humano de  $50\mu\text{g.L}^{-1}$

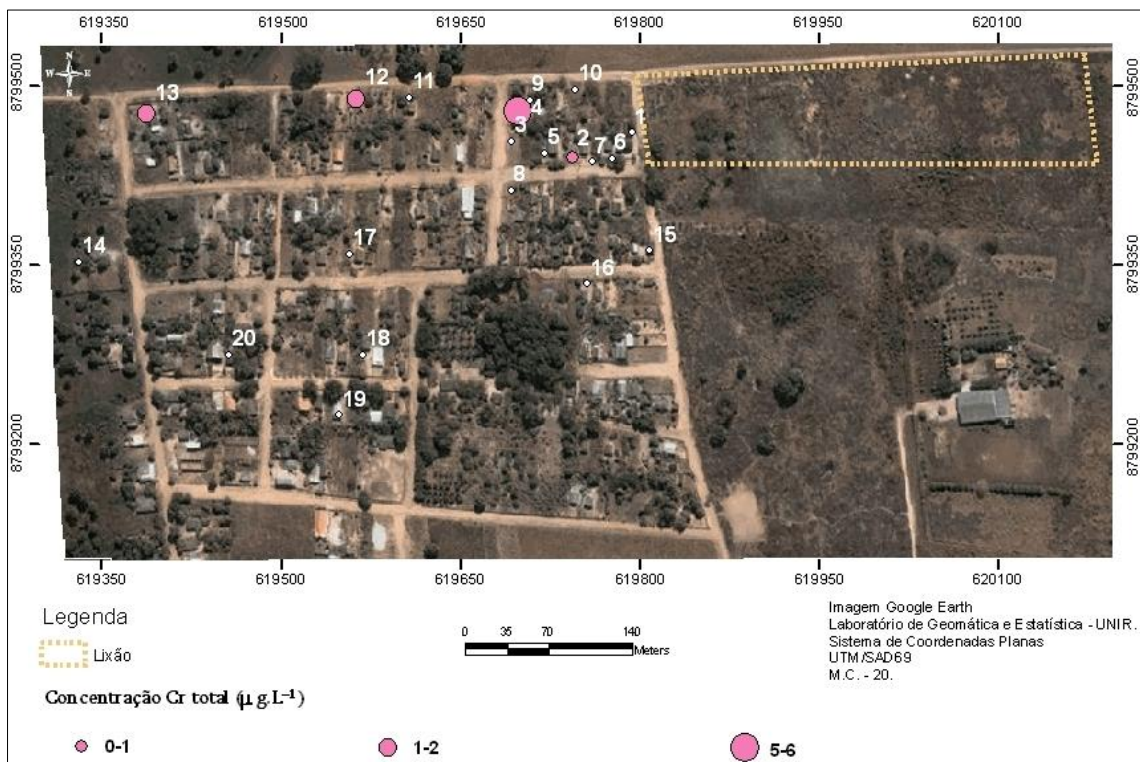
Nas análises do mês de maio, final do período chuvoso, foram detectadas concentrações de Cromo apenas nos pontos 02, 04, 12 e 13 dos pontos analisados no bairro Boa Esperança, os valores encontrados ( $0,1$ ;  $5,3$ ;  $1,3$  e  $1,6\mu\text{g.L}^{-1}$ ) estão abaixo do máximo recomendado. Os outros pontos possuem concentrações muito abaixo do limite de detecção da técnica utilizada  $0,0001\mu\text{g.L}^{-1}$ .



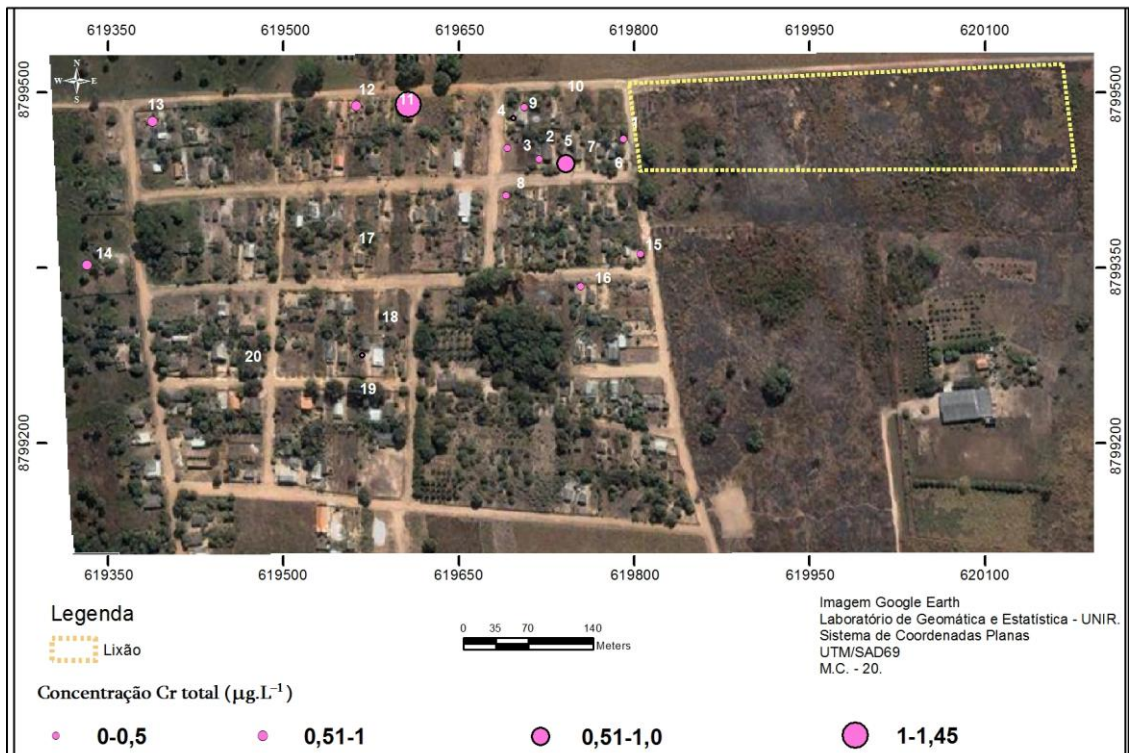
Como pode ser observado (FIGURA 18) os valores encontrados nesses pontos no final do período chuvoso estão dentro dos parâmetros permitidos pela legislação vigente, as pequenas concentrações detectadas estão nos pontos mais próximos do antigo lixão.

Da mesma forma no mês de agosto, período de estiagem na região, as concentrações de Níquel foram detectadas apenas nos pontos 01, 02, 03, 05, 11 e 13 com valores entre  $0,21 \mu\text{g.L}^{-1}$  a  $1,45 \mu\text{g.L}^{-1}$ , os outros pontos apresentaram valores inferiores ao LDT igual a  $0,0001 \mu\text{g.L}^{-1}$  (FIGURA 19).

No estudo hidroquímico das águas subterrâneas do setor oeste do concelho de Alter do Chão, realizado por Duque & Chambel (2004) foram analisados os seguintes metais: alumínio, chumbo, cobre, cromo níquel, manganês e zinco. Os resultados obtidos mostram que as amostras analisadas estavam dentro de valores comumente encontrados para estes elemento em águas subterrâneas, as concentrações de Cr detectadas foram em media  $0,55 \mu\text{g.L}^{-1}$



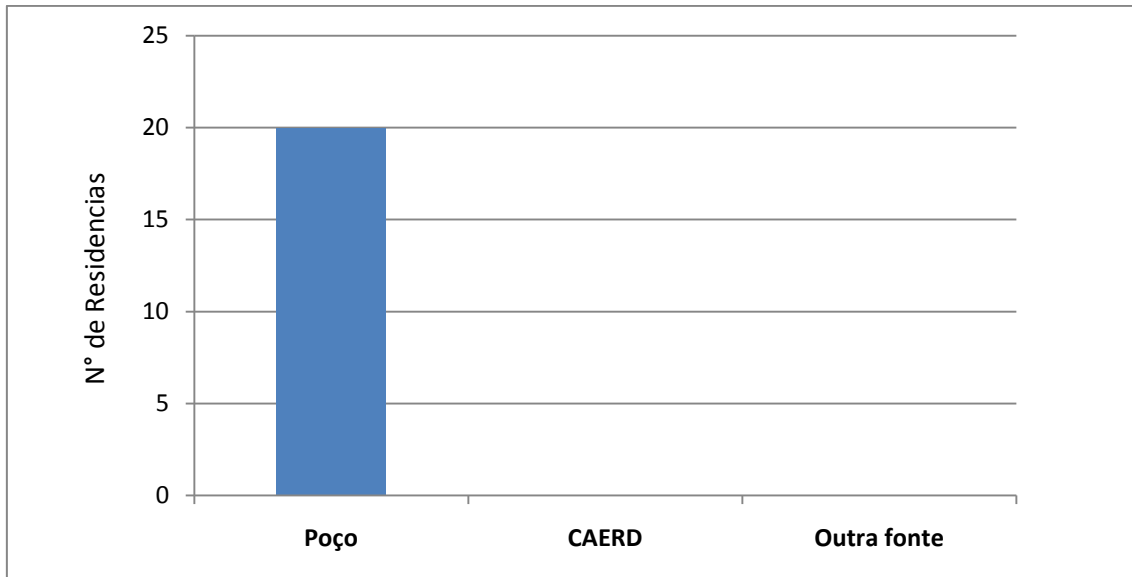
**Figura 18** - Concentração de Cromo Total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de maio de 2011.



**Figura 19** - Concentração de Cromo Total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas amostras de água subterrânea coletadas no bairro Boa Esperança no mês de agosto de 2011.

### 3.6 INFORMAÇÕES SOCIAIS, SANITÁRIAS E DE SAÚDE PÚBLICA.

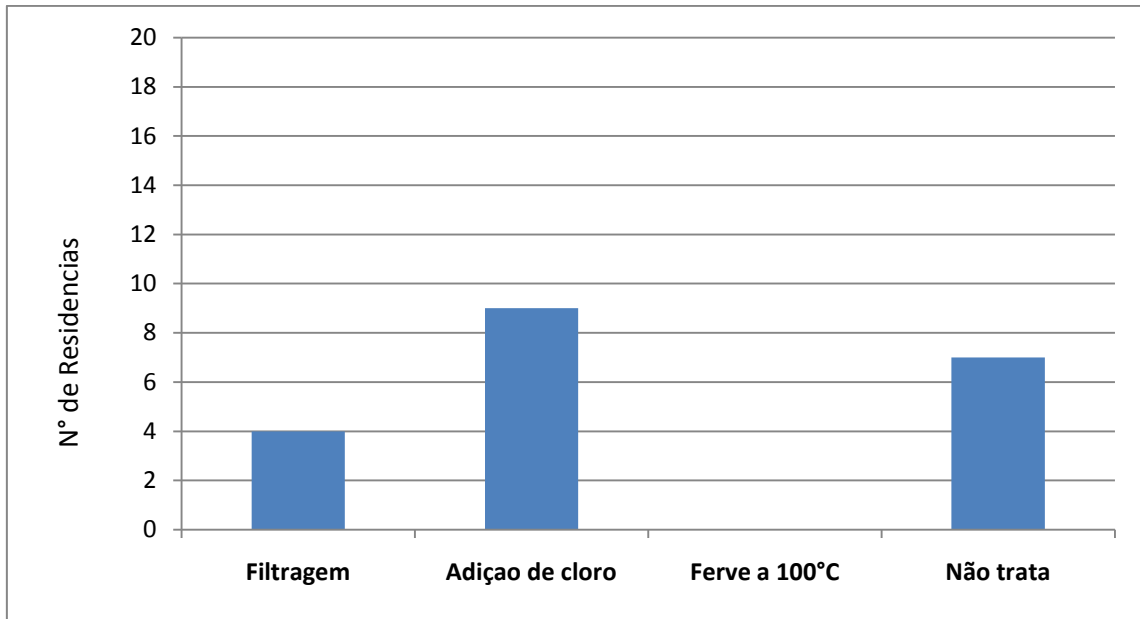
No intuito de verificar o quanto a população do bairro Boa Esperança está exposta ao consumir água em condições inadequadas para alguns dos parâmetros analisados, à nível dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 396/2008, serão abordado neste tópico os resultados relevantes obtidos através dos questionários aplicados.



**Figura 20** – Fonte de água utilizada para o consumo diário pela população pesquisada do bairro Boa Esperança.

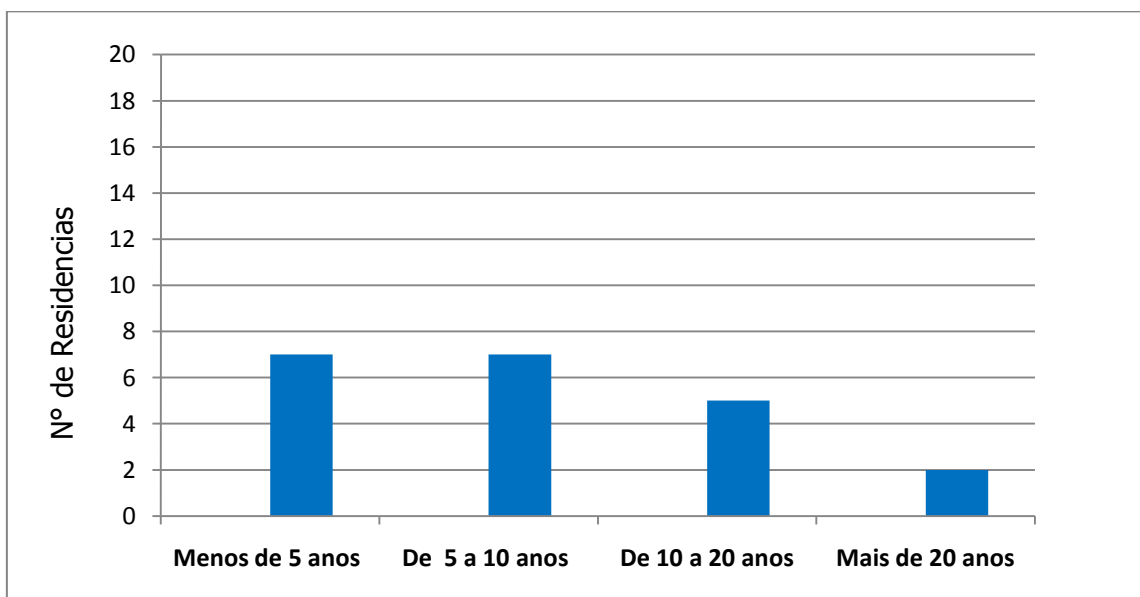
Como pode ser observado (FIGURA 13) a água utilizada para o consumo diário pelos moradores do bairro Boa Esperança entrevistados, é proveniente do reservatório subterrâneo, cuja a captação é feita através de poços rudimentares e do tipo amazonas. O uso de água subterrânea no bairro Boa Esperança é a única alternativa de abastecimento, visto que a região não é atendida pela rede de distribuição do município feita pela CAERD.

Dos moradores entrevistados, 35% informaram que não fazem nenhum tipo de tratamento da água previamente ao consumo (FIGURA 14). No entanto, 45% informaram que fazem a adição de cloro mesmo que de maneira irregular, pois na maioria dos casos quando questionados sobre a metodologia de aplicação citou-se apenas a adição do cloro diretamente dentro do poço, uma vez a cada quatro ou seis meses. Os demais entrevistados, que correspondem a 20%, adotam os sistemas de filtragem como forma de tratamento para água antes da ingestão.



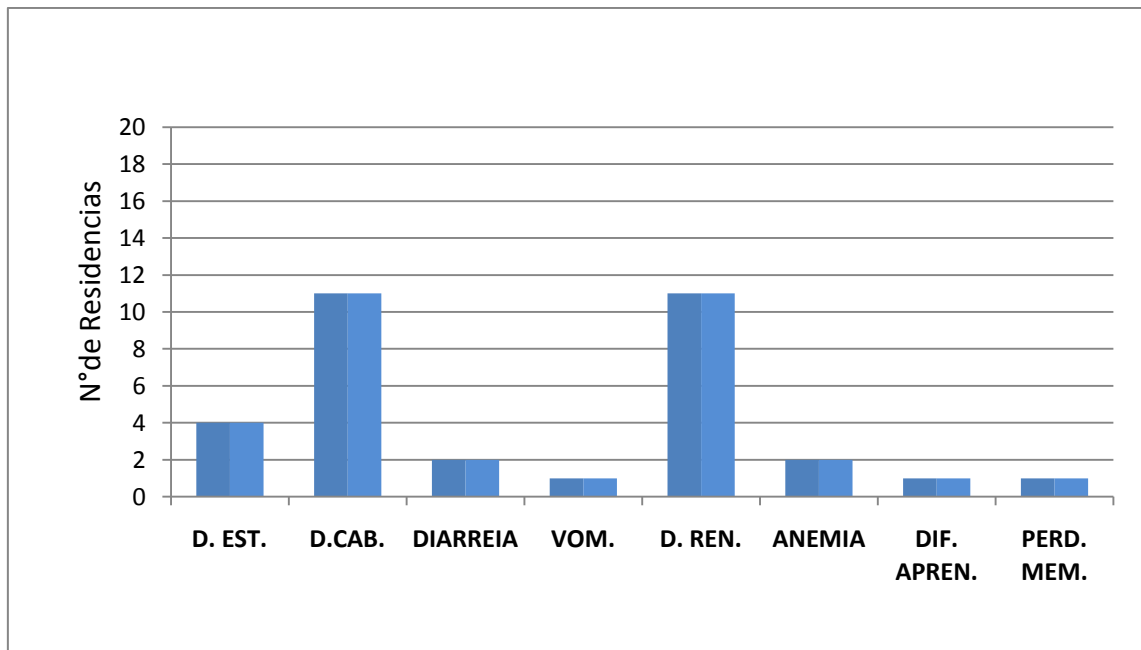
**Figura 21** – Formas de tratamento utilizadas antes do consumo da água dos poços no bairro Boa Esperança.

O intuito saber o tempo de residência das pessoas nas casas onde foram coletadas amostras de água para análise, teve o objetivo de ter uma noção do tempo que estas pessoas estão sendo expostas a uma fonte de água imprópria para o consumo humano, como foram apresentados e discutidos neste estudo. Ao analisar a figura 15, constatou-se que 35% das residências eram de moradores com menos de cinco anos no bairro, os outros 35% residem a mais de cinco anos porém menos de 10 anos, 30% reside a mais de 10 anos, destes 10% residem a mais de 20 anos, época em que o lixão ainda estava em funcionamento na região.



**Figura 22** – Tempo de residência das famílias entrevistadas no bairro Boa Esperança.

De todas as residências onde foram coletadas as amostras de água dos poços para análises laboratoriais, 60% das famílias investigadas relataram que dores de cabeça e problemas renais são problemas de saúde recorrentes em uma ou mais pessoas da mesma casa. Outras doenças menos citadas foram à anemia, a diarreia, a perda de memória, dores estomacais e problemas relacionados à dificuldade no aprendizado. No entanto, não se pode correlacionar diretamente os problemas de saúde citados pela população a uma exposição crônica à metais pesados detectados no aquífero, pois para tal suposição seriam necessários estudos de longo prazo, com um  $n$  amostral mais expressivo e até mesmo a realização de exames clínicos na população em estudo. No entanto, sabe-se que uma população exposta por longos períodos a metais pesados através do consumo de água, pode acarretar o desenvolvimento de doenças graves, como o câncer.



**Figura 23** – casos de sintomas apresentados com frequência em membros da família no bairro Boa Esperança. D. EST= Dor de estomago; D. CAB.= Dor de cabeça; VOM.= Vomito; D. REN= Doenças renais; DIF. APREN.= Dificuldade no aprendizado; PERD. MEM.= Perda de memória.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados das análises da água subterrânea do bairro Boa Esperança, foi possível notar que há uma interferência na qualidade da água dos poços proveniente da contaminação pelo chorume do antigo lixão municipal existente no bairro. Esta interferência pôde ser comprovada principalmente através dos resultados dos metais pesados analisados (Co, Pb, Ni, Cr, Cu, Mn, Fe e Zn). Os resultados mostraram-se preocupantes para os elementos Pb, e Fe que em alguns pontos apresentaram valores acima do máximo recomendado e outros valores bem próximos aos recomendados pela resolução CONAMA n° 396 de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.

Diante da análise espacial das concentrações de metais pesados no bairro Boa Esperança, foi possível identificar duas situações relevantes. A primeira está relacionada à proximidade do lixão inativo com os pontos onde foram encontrados valores elevados de metais pesados, mesmo que alguns destes elementos ainda estejam dentro dos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 396/2008. A segunda situação observada, foi que pontos situados em áreas mais distantes do lixão inativo, também apresentaram valores elevados para alguns metais. Desta forma, para melhor compreensão do padrão de distribuição dos metais pesados no aquífero do bairro Boa Esperança, sugere-se a realização de outras amostragens, bem como a análise piezométrica e direção do fluxo de água subterrânea.

Entre os parâmetros físico-químicos investigados, os resultados de turbidez, pH e oxigênio dissolvido indicaram que alguns dos poços estudados, encontra-se em desacordo com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 396/2008.

Os resultados encontrados para nitrato e nitrito ainda que abaixo do recomendado para água de consumo humano pela Resolução CONAMA n° 396/2008, indicam, na grande maioria dos casos, valores típicos de contaminação provenientes de efluentes domésticos,

podendo ser correlacionados devido a existência de fossas negras em todas as residências no bairro Boa Esperança. Este fator também explica os altos índices de bactérias do grupo coliformes totais e *Escherichi coli* detectadas nas amostras de água dos poços analisados.

Todos os pontos analisados do bairro Boa Esperança foram encontradas concentrações de fósforo total, porém estas, não ultrapassaram os valores máximos recomendados pela resolução CONAMA 357/2008. Este tipo de contaminação também pode ser diretamente correlacionado com a poluição do lençol subterrâneo através da disposição inadequada de efluentes domésticos no solo, em decorrência do uso das fossas negras.

Foi verificado que a população estudada relatou alguns problemas de saúde que refletem intoxicação por metais pesados, no entanto, apenas através de um estudo toxicológico de longo prazo, acompanhado por profissionais na área de saúde, subsidiará informações concretas para esta correlação.

Diante o exposto, recomenda-se que haja o monitoramento contínuo da qualidade da água subterrânea do bairro Boa Esperança, principalmente devido às concentrações de metais pesados detectadas, estes merecem cuidados expressivos, diante dos prejuízos que acarretam a saúde.

## REFERÊNCIAS

ALVES, A. N. L; ROSA, H. V. D. Exposição ocupacional ao cobalto: aspectos toxicológicos. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas. São Paulo-SP. 2003.

ALLOWAY, B. J.; AYRES, D. C. **Chemical Principles of Environmental Pollution**. Londres; Blackie Academic & Professional, 1993. 291p.

APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Edition 19. Washington: American Public Health Association, 1995.

ARAÚJO, U. C.; PIVETTA, F. R. & MOREIRA, J. C. Avaliação da exposição ocupacional ao chumbo: proposta de uma estratégia de monitoramento para prevenção dos efeitos clínicos e subclínicos. Fiocruz. Rio de Janeiro, 1999.

BACCI, D. C. Esboço geológico da Gleba Machadinho D'Oeste, RO. Comunicado técnico 17. ISSN 1415-2118. Campinas, SP: EMBRAPA, dez. 2005.

BENSOUSSAN, E; RIBEIRO, J. F. Medicina e Meio Ambiente. **Cultura Médica**. Rio de Janeiro 1992.

BRAGA, B; HESPANHOL, I; CONEJO, J. G. L; BARROS, M. T. L; SPENCER, M; PORTO, M; NUCCI, N; JULIANO, N; EIGER, S. **Introdução a engenharia ambiental**. Pendice Hall, 2002.

CARNEIRO, J. F. M; MOREIRA, R. M. M. Poluição de águas subterrâneas. In: **poluição**. 2006.

CAMPOS, T. S. Avaliação dos valores de nitrato em águas subterrâneas e sua correlação com atividades antropicas no município de águas lindas Goiás. PUC. Goiás. 2010.

CONAMA, Conselho nacional de meio ambiente. Resolução n° 357 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de águas .

CONAMA, Conselho nacional de meio ambiente. Resolução n° 396 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.



CARVALHO, A. L. **Contaminação de águas subsuperficiais em área de disposição de resíduos sólidos urbanos- O caso do antigo lixão de Viçosa-MG.** Minas Gerais. 2001.

CETESB - Companhia de tecnologia e saneamento ambiental. Águas subterrâneas. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>> Consultado em 28 Jun. 2011.

DUQUE, J; CHAMBEL, A. **Caracterização hidroquímica das águas subterrâneas do sector oeste do concelho de Alter do Chão.** Universidade de Évora. Portugal.

FERREIRA, E. S. Cinética química e fundamentos dos processos de nitrificação e denitrificação biológica. ABES, Porto Alegre, 2002.

FIORUCCI, A. R; FILHO, E. B. A importância do Oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. In: **Química e sociedade.** Dourados- MS. 2005.

FOSTER, S.S.D.; HIRATA, R. Determination del riesgo del contamination de águas subterranas: una metodologia baseada en dados existentes. 2ª ed. Centro Panamericano de Ingenieria y Ciencias del ambiente, Peru. 1988.

FUNASA. **Manual de Saneamento – Orientações Técnicas.** 4 ed. Brasília. 23-28 p. Brasil: 2006.

FREITAS, M. B; ALMEIDA, L. M. Qualidade da água subterrânea e sazonalidade de organismos coliformes em áreas densamente povoadas com saneamento básico precário. In: **X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.** CD-ROM, São Paulo, 1998. Sonopress-Rimo.

GUILHERME, L. R. G; MARQUES J. J; PIERANGELI, M. A. P; ZULIANI, D. Q. CAMPOS, M. L; MARCHI, G. Elementos traços em solos e sistemas aquáticos. Lavras- MG. 2005.

HAMADA, J. **Estimativas de geração e caracterização do chorume em aterros sanitários.** Associação Brasileira de Engenharia sanitária e ambiental. Bauru-SP. 2004.

HELBEL, A. F; MARCHETTO, M; NUNES, M. L. A. Contaminação de águas subterrâneas por nitrato no perímetro urbano de Ji-paraná -RO/Brasil. 2010.

HILLENBRAND, T; TOUSSAINT, D. Análise das vias de emissão e possíveis medidas de redução de emissões de cobre, zinco e chumbo na água e no solo. In: **Relatório de Pesquisa** 202 242 20,2 UBA FB-000 824. Dessau / alemanha. Dessau. 2005.

HIRATA, R.; REBOUÇAS, A. La protección de los recursos hídricos subterráneos: una visión integrada, basada en perímetros de protección de pozos y vulnerabilidad de acuíferos. **Boletín. Geol. Minero,** Lima, vol. 110, 1999.

HOFFBRAND, A. V.; PETTIT, J. E. MOSS, P. A. H. **Fundamentos em hematologia.** Porto Alegre: 2007.

INCA. Instituto Nacional de Câncer. **Câncer de Estômago**. Disponível em: <<http://www.inca.gov.br>> Acesso em: 20 jun. 2011.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Estados-Unidades de Federação-Rondônia. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ro>>. Acesso em 25 abril 2011.

KRIEGER, E. I. F. Avaliação da contaminação das águas subterrâneas na área de influencia da usina de tratamento de resíduos S/A-UTRESA, em Estância Velha (RS). Porto Alegre. 2000.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L; NASCIMENTO, N. O. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Minas Gerais, v. 10, n. 3, p.219-228, 2005.

LIMA, J. S. Avaliação da contaminação do lençol freático do lixão município de São Pedro da Aldeia - RJ. 03-06 p. Rio de Janeiro: 2003.

LIMA, A. C. P. Avaliação da qualidade da água do aquífero subterrâneo do entorno do centro industrial do Subaé / Feira de Santana. BA- Brasil. Agosto de 2009.

LIMA, I. V; PEDROSO. M. F. M. Ecotoxicologia do Ferro e seus compostos. **Cadernos de referencia ambiental**. Vol. 4.Salvador Ba. 2001.

MARCHETTO, M. Água subterrânea em Ji-paraná / RO. Ji-paraná. 2009. Disponível em <<http://www.ecodebate.com.br/2009/07/23/agua-subterranea-ji-parana-ro>> consultado em 20 jun. 2011.

MACHADO, A. V; PRATA F. Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Niterói. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 1998.

MARSHALL, S. Pollutant Removal Handbook, Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey, London, England, pág 116-135. 1973

MCEVOY, J.W; ROSSIGNOL, A.M., 1993. Household hazardous waste disposal in Benton County, Oregon. *Journal of Environmental Health*, 56:11-15.

MINISTERIO DA SAUDE. Inspeção sanitária em abastecimento de água. Manual de norma técnicas. 1ªed. Brasília-DF. 2007.

MORAES, D. S. L; JORDAO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. *Rev. Saúde de Publica*. p 36 vol. 3. São Paulo. 2002. Disponível em <[www.fsp.usp.br/rsp](http://www.fsp.usp.br/rsp)> consultado em 20 agos. 2011.

MOTA, S. Preservação e conservação de recursos hídricos. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

NORDBERG, G. F.; GOYER, R. A. & CLAKSON, T. W., 1985. Impact of effects of acid precipitation on toxicity of metals. **Environmental Health Perspectives**.1985.

OLIVEIRA, F. J. S; JUCA, J. F. T. Acumulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula de um aterro de resíduos sólidos. **Engenharia Sanitária Ambiental**. Vol.9 n° 3.São Paulo.2004.

OLIVEIRA, S. Avaliação de parâmetros indicadores de poluição por efluente líquido de um aterro sanitário. Vol. 9 - Nº 3 - jul/set 2004, 240-249 UNESP/FCA - Botucatu/SP. 2004.

OLIVEIRA, D. A; SCHMIDT, G; FREITAS, D. M. Avaliação do teor de Ferro em águas subterrâneas de alguns poços tubulares, no plano diretor de Palmas-TO. Tocantins. 2004 Disponível em < <http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/gilda.pdf>> Acessado em 20 set. 2011.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE – OMS, 1998. **Elementos traço na nutrição e saúde humana**. Genebra.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE – OMS, 2007. **Saneamento básico**. Agosto de 2007.

PASCHOALATO, C. F. P. R; MARTINEZ, M. S. Otimização de parâmetros analíticos a serem empregados no monitoramento de águas subterrâneas em aterros sanitários. **ABES**. 2003.

PAULINO, C. V. H. Tendências de Hidrólise dos Compostos de Cr (I) com Ácidos poliaminocarboxílicos. Dissertação de Mestrado, Dep. Química, PUC. Rio de Janeiro. 1993.

PESQUISA NACIONAL DE SANEMANETO BASICO-PNSB, 2008.

PHILIPPI JR, A; ROMERIO, M. A; BRUNA, G. C. Controle ambiental da água. In: curso de gestão ambiental – USP. Ed. Manole Ltda. Barueri, SP, 2004.

REIDLER, N. M. V. L; GUNTHER, W. M. R. Impactos sanitários e ambientais devido aos resíduos gerados por pilhas e baterias usadas. **XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. México, 2002.

ROSSI, P.; MIRANDA, J. H.; DUARTE, S.N. Curvas de distribuição de efluentes do íon nitrato em amostras de solo deformadas e indeformadas. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" ESALQ/USP, Piracicaba. 2007.

ROCHA, L. C. R; HORBE, A. M. Contaminação provocada por um deposito de lixo no aquífero Alter do chão em Manaus – AM. **Acta Amazonica**. Manaus. 2006.

ROCHA, A. F. Cádmio, Chumbo, Mercúrio – A problemática destes metais pesados na Saúde Pública. *Environment*; Vol. 398: p13-19; 2009.

RODRIGUES É. R. D. Avaliação Espacial da Qualidade da Água Subterrânea na Área Urbana de Porto Velho. – Rondônia / Brasil. 70 p. Porto Velho: 2008.

SABESP, Companhia de saneamento básico do estado de São Paulo. 2009. Disponível em <<http://site.sabesp.com.br/site/default.aspx>> Consultado em 20 Jun. 2011.

SCHIO, R. Caracterização de toxicológica de produtos domésticos que geram resíduos sólidos perigosos e sua destinação no município de Campo Grande/ MS. Campo grande, 2001.

SEMPLOC. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação de Ji-Paraná, RO. Divisão de estatística e informações. Dados municipais. Ji-Paraná: 60p./digitado/. 1998.

SEMAGRI - Secretaria municipal de meio ambiente de Ji-paraná. Rondônia, 2011.

SEDAM - Secretaria do estadual e desenvolvimento ambiental de Rondônia. Disponível em <<http://www.sedam.ro.gov.br/>> acesso em 18 agos. 2011.

SISINNO, C. L. S. Destino dos resíduos sólidos urbanos e industriais no estado do Rio de Janeiro: Avaliação da toxicidade dos resíduos e suas implicações para o ambiente e para a saúde humana. Rio de Janeiro, 2002.

SILVA, A. C. Estudo da contaminação do lençol freático através da integração de técnicas geofísicas e geoquímicas em Ji-Parana / RO. Rio Claro-SP. 2008

SILVA, R. C. A; ARAUJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). Feira de Santana- BA. 2001.

SIENKO, M. J. K; PLANE, R. A. Elementos de transição. In: **Química**. 5 ed. Cap. 21. São Paulo. 1977.

SOBRINHO, J. C. P. Esgoto doméstico em condomínios verticais e/ou horizontais. São Paulo-SP. 2011

SOUZA, C. F; BACICURINSKI, I; SILVA, E. F. F. Avaliação da qualidade da água do rio Paraíba do Sul no município de Taubaté-SP. **Revista Biociências Unitau**. Vol.16 ed. 1. São Paulo. 2010.

SOUZA, D. O. Estudo de metais pesados (Fe, Mn, Zn, Pb, Cd, Cu, Co, Cr e Hg) no igarapé dos Tanques, área urbana da cidade de Porto Velho-RO. Rondônia. 2006.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

TARTARI, L. C. Avaliação do processo de tratamento do chorume do aterro sanitário de Novo Hamburgo. Rio Grande do Sul, 2003.

TAVARES, B. F. D. Tratamento de chorume: análise dos efluentes da evaporação forçada. Rio de Janeiro. Brasil. 2011.

VANIER, C., HIRATA, R. Contaminação da água subterrânea por nitrato no Parque Ecológico do Tietê – São Paulo, Brasil. Rev. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, n. 16, p. 97, Maio. 2002.

VENEZUELA, T. C. Determinação de contaminantes metálicos (metal toxico) num solo adubado com composto de lixo em área olericola no município de Nova Friburgo. Rio de Janeiro. 2001.

KROSCHWITZ, J. I. Kirk Othmer encyclopedia of chemical technology. 4 ed. Vol.14 New York 1995.

**APÊNDICE A – Concentrações dos metais pesados analisados no mês de maio de 2011  
no bairro Boa Esperança no município de Ji-paraná-RO.**

**Concentrações dos metais pesados analisados no mês de maio de 2011 no bairro Boa Esperança no município de Ji-paraná-RO.**

PONTOS	Fe µg.L <sup>-1</sup>	Zn µg.L <sup>-1</sup>	Mn µg.L <sup>-1</sup>	Cu µg.L <sup>-1</sup>	Co µg.L <sup>-1</sup>	Ni µg.L <sup>-1</sup>	Cr µg.L <sup>-1</sup>	Pb µg.L <sup>-1</sup>
1	101,88	3,81	15,11	49,77	1,16	3,74	0,0	5,18
2	74,47	6,92	58,04	6,82	2,09	6,55	0,1	8,48
3	36,82	4,19	44,55	3,24	2,08	1,71	0,0	9,26
4	214,79		58,33	114,16	2,74	72,72	5,3	12,69
5	394,28	3,34	23,55	3,56	1,40	3,26	0,0	6,27
6	247,58	2,90	16,68	2,51	1,46	2,84	0,0	5,92
7	<b>337,50</b>	4,04	19,03	0,76	1,41	2,40	0,0	4,48
8	87,16	2,41	5,75	0,71	1,40	2,08	0,0	1,12
9	17,55	2,51	38,25	0,00	1,55	1,49	0,0	3,92
10	53,67	3,43	33,45	3,20	1,64	2,38	0,0	4,08
11	112,73	3,36	21,49	3,10	2,24	26,71	37,6	5,10
12	164,64	3,75	15,48	3,51	2,03	4,53	1,3	9,51
13	187,92	5,14	9,99	0,94	1,64	2,58	1,6	5,14
14	420,96	3,39	16,28	8,62	1,80	2,87	0,0	4,72
15	113,40	3,11	10,05	1,14	1,61	2,14	0,0	3,88
16	64,68	3,36	35,27	0,00	1,36	2,12	0,0	5,31
17	<b>26,18</b>	2,69	17,93	1,28	1,44	2,57	0,0	3,41
18	88,61	3,52	66,44	5,86	1,80	2,81	0,0	3,75
19	100,08	4,05	53,60	1,13	2,05	2,80	0,0	2,48
20	128,28	2,83	32,28	10,93	2,26	3,05	0,0	3,37
CONAMA	300,00	500,0	100,00	9,00	50,00	20,00	50,0	10,00

**APÊNDICE B – Questionário a ser aplicada junto à pessoa responsável pela residência disponível no horário da visita e coleta da amostra de água no bairro Boa Esperança, no município de Ji-paraná-RO.**



**Questionário sócio-ambiental**

Ponto de coleta ( ) data da coleta \_\_\_\_\_

01-Há quanto tempo reside nesta área?

- ( ) Menos de 5 anos  
( ) De 5 a 10 anos  
( ) De 10 a 20 anos  
( ) Mais de 20 anos

02-Como foi a aquisição do terreno?

- ( ) Comprou ( ) Ganhou ( ) Grilou

03-O que levou o Sr.(a) a escolher esta área para construir a residência ?

- ( ) Menor custo  
( ) Vizinhos e parentes  
( ) Outros \_\_\_\_\_

04-Qual é a fonte de água que é utilizada pela família?

- Poço ( ) CAERD ( ) Outra fonte ( )

05-Se for poço, faz algum tipo de tratamento da água antes de consumir?

- ( ) Filtragem ( ) Adição de cloro ( ) Ferve a água ( ) não trata

Se adiciona cloro, qual a frequência?

- ( ) 1 vez por mês ( ) 1 vez a cada 15 dias ( ) 1 vez por semana  
( ) Outros \_\_\_\_\_

06-Qual a destinação final do lixo doméstico da sua residência?

Se houver coleta pela prefeitura, qual a frequência?

- ( ) 1x por semana ( ) 2x por semana ( ) 3x por semana ( ) mais de 3x por semana

07--Existe rede de esgoto no seu bairro?

- ( ) Sim ( ) Não

Se não, qual o destino final do esgoto da sua residência?

Fossa negra       Rio ou outro corpo d' água

Outro \_\_\_\_\_

08- A Sr.(a) tem o conhecimento de que nesta área antigamente tinha um lixão?

Sim       Não

09- Na sua família houve ou há freqüência nos casos de doenças como:

Diarréia     Vômito     Dor de estomago     Câncer     Anemia     Perda de memória     Dificuldade no aprendizado     Doenças renais     dor de cabeça freqüente.

10- Quantas pessoas moram na residência?

crianças, menores de 15 anos       adultos

**APÊNDICE C – Concentrações de nitrato e nitrito nos meses de maio e agosto de 2011  
no bairro Boa Esperança no município de Ji-paraná-RO.**

**Concentrações de nitrato e nitrito nos meses de maio e agosto de 2011 no bairro Boa Esperança no município de Ji-paraná-RO.**

	MAIO		AGOSTO		(mg.L-1)
Pontos	Nitrato (mg.L <sup>-1</sup> )	Nitrito (mg.L <sup>-1</sup> )	Nitrato (mg.L <sup>-1</sup> )	Nitrito (mg.L <sup>-1</sup> )	
1	1,13	0,002	0,873	0,000	
2	4,04	0,001	3,964	0,001	
3	6,41	0,001	8,480	0,000	
4	4,8	0,003	6,220	0,000	
5	4,06	0,002	4,173	0,000	
6	1,69	0,002	0,838	0,000	
7	2,5	0,001	2,263	0,002	
8	3,53	0,001	4,173	0,004	
9	3,61	0,004	4,589	0,000	
10	4,1	0,001	5,250	0,001	
11	3,49	0,003	4,972	0,002	
12	4,09	0,001	5,250	0,000	
13	1,91	0,115	0,630	0,003	
14		0,002	1,160	0,002	
15	2,9	0,001	3,131	0,000	
16	4,54	0,000	4,972	0,000	
17	1,44	0,000	1,360	0,000	
18	4,77	0,000	0,000		
19	4,13	0,001	3,409	0,000	
20		0,002	5,353	0,000	
CONAMA	10	1,000	10,000	1,000	