



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



**ELOIZA RUSCHEL CREMONESE**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS LOCALIZADOS  
PRÓXIMOS AS ÁREAS DE DEPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO  
MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ (RO)**

Ji – Paraná

2014

**ELOIZA RUSCHEL CREMONESE**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS LOCALIZADOS  
PRÓXIMOS AS ÁREAS DE DEPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO  
MUNICÍPIO DE 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: Dra. Elisabete Lourdes do Nascimento

Ji-Paraná

2014

Cremonese, Eloiza Ruschel  
C915a 2014 Avaliação da qualidade da água de poços localizados próximos  
as áreas de deposição de resíduos sólidos do município de Ji-Paraná  
(RO) / Eloiza Ruschel Cremonese; orientadora, Elisabete Lourdes  
Nascimento. -- Ji-Paraná, 2014  
68 f. : 30cm

Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Ambiental. –  
Universidade Federal de Rondônia, 2014  
Inclui referências

1. Água – Controle de qualidade - Rondônia. 2. Águas  
subterrâneas - Avaliação. 3. Água de poço – Contaminação.  
4. Resíduos sólidos – Gestão ambiental. I. Nascimento, Elisabete  
Lourdes. II. Universidade Federal de Rondônia. III. Título

CDU 628.112 (811.1)



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



**TÍTULO: AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS LOCALIZADOS PRÓXIMOS AS ÁREAS DE DEPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ (RO)**

**AUTOR:** Eloiza Ruschel Cremonese

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, no dia 26 de fevereiro de 2014.

---

Profa. M<sup>a</sup> Andreza Pereira Mendonça  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia

---

Profa. M<sup>a</sup> Ana Lúcia Denardin da Rosa  
Universidade Federal de Rondônia

---

Profa. Dra. Elisabete Lourdes Nascimento  
Universidade Federal de Rondônia

Ji-Paraná, 26 de fevereiro de 2014.

## **DEDICATÓRIA**

À Deus e à minha família.

Em especial aos meus pais, Gilmar e Eliane, pela amizade, confiança e amor incondicional dedicado a mim... Por sempre me incentivar, por não medir esforços em me ajudar, pelo exemplo de pessoas de persistência, caráter e humildade...

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por todas as oportunidades oferecidas a mim, por conduzir os meus caminhos até aqui e por ter colocado em minha vida pessoas especiais que irei levar comigo eternamente.

Pessoas que aqui agradeço, pois foram indispensáveis para que tudo no final desse certo.

Aos meus pais, Gilmar e Eliane, pelo amor incondicional, pela dedicação, companheirismo e educação. *Devo a vocês essa conquista!*

Aos meus irmãos, Fernanda e Alberto, por acreditarem na minha capacidade. Ao meu sobrinho que veio alegrar as nossas vidas, Alberto Nicolau. Aos meus cunhados, Felipe e Elisângela. *Obrigada por tudo família, sem vocês não teria chego até aqui.*

Aos meus tios, Tia Ana e Tio Gilberto, pelo exemplo de pessoas e profissionais a serem seguidos. *O apoio de vocês foi gratificante.*

À família Borges: *tio* Ismael, *tia* Terezinha, minhas cunhadas Daielli, Vanessa e Aline, meus cunhados Pablo, Filipe e Fábio, e minha sobrinha postixa Luiza, por terem me acolhido com muito amor como membro da família, pelo carinho, disposição e pelos finais de semana de descontração, hehe. *Foram ótimos.*

Em especial ao meu namorado, Ismael Borges Júnior, pela amizade e cuidado, pelo companheirismo durante esse período e pela disposição em nunca deixar de me ajudar. *Você foi imprescindível.*

À turma 2009... aos meus amigos que fiz durante a faculdade, Jéssica Linhares, Fábio, Vanessa Piffer e Juliene.

Em especial à Laline pelas conversas, desabafos e caronas, à Vanessa Helena pelo incentivo, pela indicação para entrar nesse projeto e por me socorrer em muitas etapas e à Angela pela preocupação, amizade e companheirismo.

Às minhas amigas que me acomodaram e me recepcionaram com muito carinho há 8 anos em Ji-Paraná, Larissa Reginato e Priscylla Lustosa.

A todos meus professores mestres e doutores pelo conhecimento adquirido, em especial a Professora Ana Lúcia, pelo comprometimento e incentivo junto a mim, por não medir esforços em me ajudar nessa pesquisa. *Obrigada pela amizade construída e por ter aceitado participar da banca.*

Ao Laboratório de Sementes/IFRO através da Profa. Andreza Mendonça pelo incentivo através de palavras de calma e apoio, e por ter aceitado participar da banca.

À Laboratório de Hidrogeoquímica, à Profa. Beatriz e ao Técnico em Laboratório Aurelino Helwecyo Silva da pelo auxílio e disponibilidade.

À Profa. Roziane pelas dúvidas sanadas durante a análise estatística.

Aos colegas que me auxiliaram em várias etapas desse trabalho: Ana Paula, Amanda, Raíssa, Angela, Camila, Professor Robson, Aurelino, Karina, Calina, Bruno. Em especial à bem humorada Gislayne, pela amizade, companhia e ajuda durante as análises em Porto Velho.

A toda equipe do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental pelo auxílio, paciência e conhecimento adquirido: Igor, Cristina, Denilça, Walkimar, Lury, Lucas e Marília. Em especial ao Professor Wanderley R. Bastos e à Leidiane Lauthartthe.

Agradeço à orientadora Professora Elisabete, pelo exemplo de profissional a ser seguido, pelo convite em participar desse projeto, pela amizade, confiança e disponibilidade em sempre (nem que por mensagem) sanar as minhas dúvidas.

A UNIR, funcionários e profissionais, pela oportunidade de estudo. Ao CNPq e PIBIC pelo apoio à pesquisa e o incentivo financeiro concedido por meio de bolsa. E ao LABLIM pelas práticas laboratoriais oferecidas.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui... E a todos que torcem por mim.

## RESUMO

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelas prefeituras brasileiras está relacionado com a forma de disposição de resíduos de maneira segura, uma vez que a sua produção vem se tornando cada vez mais excessiva e as áreas disponíveis para deposição cada vez mais escassas. A disposição inadequada dos resíduos ocasiona a lixiviação de contaminantes podendo atingir os recursos hídricos, em especial as águas subterrâneas, alterando as características das mesmas e tornando-as impróprias para consumo humano. Dessa forma, o presente trabalho foi desenvolvido no município de Ji-Paraná com o objetivo de avaliar a qualidade da água subterrânea em áreas próximas a deposição de resíduos do município, através de análises em amostras de água, nos períodos de chuva e seca. As amostras de água subterrânea foram coletadas em nove poços de residências localizadas no bairro Boa Esperança, próximo ao lixão desativado e uma na zona rural próxima a lixeira controlada ativa. *In loco* foram analisados utilizando-se sonda multiparâmetros (HI 9828) os parâmetros temperatura, pH, sólidos dissolvidos totais e condutividade elétrica. O teor de sólidos suspensos totais foi mensurado por gravimetria (ABNT, 1989) e a turbidez com auxílio de turbidímetro de bancada (Hach, 2100P). O oxigênio dissolvido foi determinado através do método titulométrico, e os coliformes totais e fecais através da técnica da membrana filtrante, ambos descritos em APHA (1998). Os íons (nitrito, nitrato, fluoreto, cloreto, sulfato e sódio) foram analisados através da técnica de cromatografia iônica com detector de condutividade (ICS 882, Metrohm). As variáveis que apresentaram valores não condizentes com a portaria do Ministério da Saúde 2.914/11 foram: nitrato (0,44 a 23,22mg.L<sup>-1</sup>), turbidez (0,5 a 11,2uT), pH (4,08 a 5,93) e coliformes totais (presente em todas as amostras). Portanto, recomenda-se a filtração e desinfecção da água dos poços analisados antes do consumo, no intuito de reduzir a possibilidade de patógenos na água. Bem como de extrema importância é a implantação de sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário no município de Ji-Paraná.

**Palavras-chave:** lixão desativado, lixeira controlada ativa, água subterrânea, resíduos, contaminação.



## ABSTRACT

One of the major challenges currently faced by Brazilian municipalities is related to the disposal form of waste safely, since its production is becoming more excessive time and areas available for increasingly scarce landfill . The improper waste disposal causes leaching of contaminants reaching the water resources, particularly groundwater, altering their characteristics and making them unfit for human consumption. Thus, this study was conducted in the Ji - Paraná city in order to assess the groundwater quality in areas near the landfill of waste in the municipality, through analysis in water samples during rain and dry periods. The groundwater samples were collected in nine residential wells located in Boa Esperança neighborhood, near the dump off and the next countryside active landfill site. Spot were analyzed using multiparameter probe (HI 9828) the parameters temperature, pH, total dissolved solids and electrical conductivity. The concentration of total suspended solids was measured by gravimetry (ABNT, 1989) and with the aid of turbidity bench turbidimeter (Hach 2100P). Dissolved oxygen was determined by titration method , and total and fecal coliforms by membrane filter technique , both described in APHA (1998). Ions (nitrite, nitrate , fluoride, chloride , sulfate, and sodium) were analyzed using the technique of ion chromatography with conductivity detector ( ICS 882 , Metrohm ) . Variables that showed inconsistent values with the Decree of the Ministry of Health 2.914/11 were: nitrate (0.44 to 23.22 mg .L<sup>-1</sup>), turbidity (0.5 to 11.2 NTU), pH (4.08 to 5.93) and total coliform (present in all samples). Therefore, it is recommended that filtration and disinfection of water wells analyzed before consumption , in order to reduce the possibility of pathogens in water. And of utmost importance is the implementation of water supply and sewage systems in the city of Ji – Paraná.

**Key-words:** disabled dump, trash active controlled, groundwater, waste contamination.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Localização da lixeira controlada ativa (LCA), do lixão desativado (LD) e do local de amostragem da água subterrânea no município de Ji-Paraná, Rondônia, Brasil. ....	26
<b>Figura 2</b> – Distribuição dos pontos amostrais de água subterrânea e das áreas de deposição de resíduos em Ji-Paraná. ....	28
<b>Figura 3</b> - Coletor de água de poço. <b>Fonte:</b> Os organizadores, 2013. ....	29
<b>Figura 4</b> - Turbidímetro de bancada: (a) aparelho aberto e (b) aparelho fazendo a leitura – LABLIM. <b>Fonte:</b> Os organizadores, 2013. ....	30
<b>Figura 5</b> - Materiais utilizados para análise de sólidos suspenso totais: (a) estufa, (b) filtros durante a secagem e (c) balança analítica e filtro seco. LABLIM. <b>Fonte:</b> Os organizadores, 2013. ....	32
<b>Figura 6</b> - Análise microbiológica: (a) <i>Placa Petri</i> , membrana filtrante e meio de cultura, (b) placas inseridas na estufa, (c) e (d) crescimentos das colônias de bactérias. LABLIM. <b>Fonte:</b> Os organizadores, 2013. ....	33
<b>Figura 7</b> - Análise de nutrientes por cromatografia iônico. LABEGEOQ. ....	34
<b>Figura 8</b> – Valores de temperatura obtidos no período de chuva e seca. ....	43
<b>Figura 9</b> – Valores de pH obtidos no período de chuva e seca e os limites estabelecidos pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde. ....	45
<b>Figura 10</b> – Valores obtidos de condutividade elétrica no período de chuva e seca. ....	46
<b>Figura 11</b> – Relação entre os valores obtidos de condutividade elétrica e de sólidos totais dissolvidos no período de chuva e seca. ....	48
<b>Figura 12</b> – Concentração de sólidos suspensos totais (SST) no período de chuva e seca. ....	49
<b>Figura 13</b> – Condições impróprias de vedação. Bairro Boa Esperança, Ji-Paraná, RO, 2013. <b>Fonte:</b> Os organizadores. ....	50
<b>Figura 14</b> – Concentração de sólidos dissolvidos totais (SDT) e o valor estabelecido pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde. ....	51
<b>Figura 15</b> – Valores de turbidez e o valor máximo permitido (VMP) pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde. ....	52
<b>Figura 16</b> – Concentração de oxigênio dissolvido no período de chuva e seca. ....	55

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Valores orientadores para a água destinada ao consumo humano conforme o Ministério da Saúde, 2011 .....	35
<b>Tabela 2</b> – Características dos poços amostrados e fossas das residências. ....	38
<b>Tabela 3</b> – Características físicas e químicas das amostras de água subterrânea coletadas nos período de chuva e seca, e os valores orientadores preconizados pela Portaria 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde. ....	41
<b>Tabela 4</b> – Valores médios encontrados no presente pesquisa e de referências bibliográficas de estudos em Ji-Paraná e proximidades. ....	42
<b>Tabela 5</b> - Concentração de nitrito, nitrato, fluoreto, cloreto, sulfato e sódio, no período de chuva e seca e o valor máximo permitido pela legislação (unidade em mg.L <sup>-1</sup> ). ....	57
<b>Tabela 6</b> – Concentração média (todos os períodos analisados) de nitrito, nitrato, fluoreto, cloreto, sulfato e sódio encontrados nesse trabalho e de alguns estudos realizados em Ji-Paraná e no estado de Rondônia. ....	58
<b>Tabela 7</b> – Resultados microbiológicos das amostras de água subterrânea conforme sazonalidade e o valor recomendado pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde. ....	62
<b>Tabela 8</b> - Resultados da análise estatística (valor de p) referente aos parâmetros avaliados em amostras de água. ....	65

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CE	Condutividade elétrica
CF	Coliforme fecal
CT	Coliforme total
EC ou <i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
LABGEOQ	Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang C. Pfeiffer – PVH
LABLIM	Laboratório de Limnologia e Microbiologia Ambiental – JPR
LCA	Lixeira controlada ativa
LD	Lixão desativado
MS	Ministério da Saúde
NTU/uT	Unidade nefolométrica de turbidez/unidade de turbidez
OD	Oxigênio dissolvido
PÇ	Poço
Per.	Período
Ph	Potencial hidrogeniônico
Port. MS 2.914/11	Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914 de 2011
PRAD	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
SST	Sólidos suspensos totais
ST	Sólidos totais
SDT	Sólidos dissolvidos totais
UFC/100mL	Unidade formadora de colônia em 100mL de água

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>17</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>17</b>
<b>1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>18</b>
<b>1.1 RESÍDUOS SÓLIDOS</b> .....	<b>18</b>
<b>1.2 DEPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS</b> .....	<b>19</b>
<b>1.3 PROBLEMÁTICA DEVIDO A DISPOSIÇÃO INADEQUADA DOS RESÍDUOS</b> .....	<b>20</b>
<b>1.4 DISPONIBILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E CONTAMINAÇÃO</b> ...	<b>21</b>
<b>1.5 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS</b> .....	<b>22</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
<b>2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>25</b>
<b>2.1 CLIMA, PEDOLOGIA E HIDROGRAFIA</b> .....	<b>27</b>
<b>2.2 PONTOS PARA COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA</b> .....	<b>28</b>
<b>2.4 COLETA DAS AMOSTRAS DE ÁGUA</b> .....	<b>29</b>
<b>2.5 ANÁLISES FÍSICAS QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS</b> .....	<b>29</b>
<b>2.6.1 Turbidez</b> .....	<b>30</b>
<b>2.6.2 Oxigênio dissolvido</b> .....	<b>30</b>
<b>2.6.3 Sólidos suspensos totais</b> .....	<b>31</b>
<b>2.6.4 Coliformes totais e fecais</b> .....	<b>32</b>
<b>2.6.5 Análise dos íons (nitrito, nitrato, sulfato, cloreto, sódio, fluoreto)</b> .....	<b>33</b>
<b>2.7 LEGISLAÇÃO</b> .....	<b>34</b>
<b>2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA</b> .....	<b>35</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>36</b>
<b>3.1 CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS AMOSTRADOS</b> .....	<b>36</b>
<b>3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA</b> .....	<b>39</b>
<b>3.2.1 Temperatura</b> .....	<b>42</b>
<b>3.2.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)</b> .....	<b>44</b>
<b>3.2.3 Condutividade Elétrica (CE)</b> .....	<b>45</b>

3.2.4 Sólidos suspensos totais e Sólidos dissolvidos totais.....	48
3.2.5 Turbidez .....	51
3.2.6 Oxigênio Dissolvido (OD) .....	54
3.2.7 Nitrito, Nitrato, Fluoreto, Cloreto, Sulfato, Sódio.....	56
3.3 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS.....	61
3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	65
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
REFERENCIAS .....	68

## INTRODUÇÃO

O intenso desenvolvimento das atividades humanas na atualidade traz como consequências a alteração do meio ambiente, incluindo modificações na composição química da atmosfera, da hidrosfera e a pedosfera, ou seja, nas matrizes ar, solo e água. Diante disso, a população acadêmica passou a efetuar trabalhos relativos à detecção e controle da poluição, visando identificar as modificações ocorridas no meio ambiente proveniente das atividades antrópicas para tomada de decisão referente à recuperação e mitigação das áreas (NORDEMANN, 1987).

Um dos grandes problemas relacionados à contaminação deve-se a disposição inadequada de resíduos sólidos. Esta abordagem surge devido ao aumento na produção e consumo de produtos aliado à prática de lixões e as chamadas “lixeiros controladas” como formas de deposição de resíduos. Uma das consequências de tal disposição esta relacionada com a lixiviação dos contaminantes presentes nos resíduos para os horizontes do solo, atingindo o lençol freático e, portanto, as águas subterrâneas, podendo alcançar a população residente nas proximidades dessas áreas, através do consumo da água subterrânea, por exemplo.

Nos reservatórios subterrâneos encontram-se as maiores fontes disponíveis de água doce sendo considerado um dos mais valiosos recursos da nação, utilizados em larga escala para praticamente todo tipo de uso: agrícola, industrial ou abastecimento público (OLIVEIRA, 2012).

Deste modo, em áreas de deposição de resíduos, a matriz água, em especial as águas subterrâneas, merecem destaque por sofrerem influência direta e/ou indireta dos resíduos dispostos inadequadamente, podendo tornar a mesma inadequada para o consumo humano, uma vez que, não há planejamento para criação dessas áreas destinadas a deposição de resíduos.

De acordo com o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD (2008) do município de Ji-Paraná, a antiga área destinada para deposição de resíduos correspondia um lixão a céu aberto. Hoje, no entorno do antigo lixão há um constante avanço demográfico, o que deu origem ao Bairro Boa Esperança, o qual é desprovido de sistema de abastecimento de água distribuído pela Companhia de Água e Esgoto de Rondônia-CAERD. Sendo assim, a população residente passou a utilizar para consumo a água subterrânea coletada através de poços e há pouco tempo os moradores ocuparam a antiga área do lixão, sendo necessária a intervenção da Prefeitura e Ministério Público para retirar a população que estava sob o lixão. Tal situação torna-se preocupante, visto que a população pode estar sendo exposta a contaminantes presentes na água em função do lixão desativado e/ou devido à falta de saneamento básico na região,

Por conseguinte, como descrito no Plano de Gerenciamento Ambiental da Lixeira Controlada do Município de Ji-Paraná (2008), a atual área de deposição de resíduos está localizada na zona rural, é denominada como lixeira controlada (sistema intermediário entre o lixão e o aterro sanitário) e recebe diariamente 63 toneladas de resíduos domésticos.

A prefeitura utiliza o termo lixeira controlada, no entanto, quando se visita a área é de fácil percepção que é um lixão a céu aberto. Portanto, a referida lixeira não se encontra dentro das normas (NBR 15849/10; NBR 8419/96; NBR 13896/97; NBR 8849/95), visto que, por exemplo, o solo não possui qualquer proteção, estando os resíduos ali depositados em contato direto com o solo, podendo levar a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, alcançando a população residente nas áreas vizinhas.

A parcela da população que residem no entorno de tais áreas estão vulneráveis a enfermidades devido aos microrganismos patogênicos e a atração por vetores, como doenças no trato intestinal (FERREIRA & ANJOS, 2001).

Diante do exposto, torna-se relevante avaliar a qualidade da água subterrânea próxima as áreas de deposição de resíduos do município de Ji-Paraná, visando contribuir para tomada de decisões de órgãos responsáveis por essas áreas.



## **OBJETIVO GERAL**

Avaliar a qualidade da água de poços localizados próximos às áreas de deposição de resíduos no município de Ji-Paraná, no período de chuva e seca.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Analisar a presença de Coliformes total e *E. coli* na água subterrânea;
- ✓ Determinar os valores de temperatura, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos totais e sólidos suspensos na água;
- ✓ Avaliar as variáveis químicas: nitrito, nitrato, fluoreto, cloreto, sulfato e sódio;
- ✓ Determinar a profundidade e altura da lâmina da água dos poços.

## 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

A produção acelerada de resíduos na atualidade é consequência da explosão populacional aliada ao aumento excessivo no consumo de produtos, combinação propícia para o desequilíbrio ambiental e para consumo exagerado dos recursos naturais.

Ultimamente estamos vivenciando em uma sociedade de comunicação, onde as pessoas foram substituídas por máquinas e tecnologias, onde tudo que se fabrica é feito para durar pouco tempo, e assim surgir à necessidade de novos produtos, transformando o planeta em um depósito de resíduos (FRANÇA & RUARO, 2009).

De acordo com a Lei nº12.305/10 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os resíduos sólidos são: materiais, substâncias, objetos ou bens descartados resultantes das atividades humanas em sociedade, de pessoa física ou jurídica. Podem apresentar-se no estado sólido ou semissólido, gasoso e líquido (quando apresentam peculiaridades, tornando inviável seu descarte na rede pública de esgoto ou em corpos d'água) (BRASIL, 2010). Todos esses resíduos devem ser acondicionados, tratados e destinados apropriadamente, conforme suas particularidades.

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) (2004) NBR 10.004 dispõe sobre os resíduos sólidos e suas classificações, os quais são classificados quanto a sua origem e quanto à periculosidade. Quanto à origem podem ser resíduos domiciliares, de limpeza urbana, sólidos urbanos, de estabelecimento comercial e prestadores de serviços, industriais, de serviço de saúde, da construção civil, agrossilvopastoris, de serviços de transporte e de mineração.

De acordo com a ABNT (2004), quanto a periculosidade se dividem em:

- *Resíduos Classe I – perigosos* - resíduos que em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade podem apresentar riscos a saúde pública, inserem-se nesta classe os resíduos sólidos industriais e de serviços de saúde.
- *Resíduos Classe II A – Não Inerte* – esses resíduos tem propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água, por exemplo, os resíduos sólidos industriais.

- *Resíduos Classe II B – Inerte* – são os resíduos que submetidos a testes de solubilização não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, enquadram-se os resíduos de construção e demolição.

## 1.2 DEPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS

Destaca-se 3 formas de deposição de resíduos no Brasil, os vazadouros a céu aberto, mais conhecido como os lixões, os aterros controlados e os aterros sanitários.

Segundo França & Ruaro (2009) os lixões ou vazadouros são a forma de deposição de resíduos mais utilizados, neste caso, os resíduos são dispostos a céu aberto, em terrenos dentro ou fora das cidades, onde não há separação dos resíduos e impermeabilização do terreno, tornando meio atrativo de vetores e da proliferação de doenças. Além de possuir aspecto visual e odor desagradáveis.

Os aterros controlados diferenciam dos lixões por não ficarem expostos a céu aberto, porem ser menos prejudiciais, nessa forma de deposição os resíduos são dispostos em valas escadas e periodicamente cobertos com terra, no entanto, geralmente não possui sistema de impermeabilização do terreno e sistema de drenagem, coleta e tratamento dos líquidos percolados e queima de biogás. A norma que trata de projetos de aterro controlado é a NBR 8849/95 (IBAM, 2001; MUÑOZ, 2002).

O método adequado de disposição dos resíduos é através dos aterros sanitários; nestes os resíduos são dispostos sobre terreno natural, através de camadas cobertas com material inerte, tanto na parte inferior da célula, quando na parte superior, de modo a deixar o resíduo confinado, seguindo normas operacionais específicas (NBR 15849/10; NBR 8419/96), para evitar danos ao meio ambiente, à saúde e segurança pública (IBAM, 2001).

Dentre eles, conforme o censo de 2008 do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (2010), 50,8% dos municípios brasileiros utilizam os vazadouros a céu aberto (lixão) como forma de disposição dos resíduos sólidos. Posteriormente, a disposição em aterros sanitários representam quase 30% dos municípios brasileiros, e por último 22,5% correspondem aos aterros controlados.

Em Ji-Paraná, Rondônia, segundo o PRAD (2008), a antiga área destinada para disposição dos resíduos era um lixão a céu aberto. E atualmente, a área para deposição dos resíduos é denominada conforme a Prefeitura do município “lixeira controlada”, considerada

um sistema intermediário entre o lixão e ao aterro sanitário (PLANO..., 2008). No entanto, quando se visita a área é de fácil percepção que é um lixão a céu aberto.

### **1.3 PROBLEMÁTICA DEVIDO A DISPOSIÇÃO INADEQUADA DOS RESÍDUOS**

A disposição dos resíduos pode ser um grande problema quando manejada erroneamente. Em especial os “lixões” e os aterros controlados, devido a não permeabilização do solo e ausência do sistema de drenagem dos líquidos provenientes dos resíduos, bem como a percolação da água da chuva, são condições para que tais áreas acabem tornando fontes suscetíveis à contaminação do solo, ar, água e da proliferação de vetores.

A contaminação ocorre através da percolação do chorume, líquido resultante da decomposição dos resíduos, que ao entrar em contato com outras substâncias e com água da chuva são rapidamente infiltrados no solo e podendo atingir o lençol freático e a população residente no entorno (MUÑOZ, 2002).

A problemática da disposição inadequada de resíduos evidencia não só a contaminação do meio ambiente devido a quantidade de detritos gerados, mas também apontam para uma realidade complexa e esquecida, que é a atração da população para a atividade de catação de “lixo” (CAVALCANTE & FRANCO, 2007), os chamados catadores. Assim, essa parcela que lida e manuseia os resíduos diariamente sofre agravos a saúde devido à disposição inadequada e a suscetibilidade a acidentes de trabalho.

Para Ferreira & Anjos (2001), os agentes presentes nos resíduos sólidos e nos processos de manuseio de resíduos, capazes de interferir na saúde humana e no meio ambiente são, agente físicos, químicos e biológicos. Dentre os mais frequentes de cada agente cita-se: os materiais perfurocortantes, ruídos, poeiras, exposição ao frio e ao calor, dentre outros, referente aos agentes físicos. Quanto aos agentes biológicos, os microrganismos patogênicos através dos vetores atraídos pelos resíduos. Na parcela de agentes químicos os mais frequentes são os líquidos que vazam de pilhas e baterias, solventes, tintas, metais pesados.

Contudo, conforme a ABNT (1983) através da NBR 842, as indústrias deveriam tratar e dispor seus resíduos em aterros industriais, específicos de resíduos perigosos classe I, denominado ARIP “aterro de resíduos industriais perigosos”, fundamentados em critérios e normas específicas mais exigentes que o aterro sanitário. No entanto, poucos são os Estados que possuem indústrias com essa forma de disposição, normalmente, as indústrias depositam seus resíduos em aterros sanitários ou lixões, juntamente com o montante de resíduos sólidos

domiciliares, que são facilmente transportados por meio da ação da precipitação até as águas subterrâneas.

#### **1.4 DISPONIBILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRANEAS E CONTAMINAÇÃO**

As águas subterrâneas correspondem à água que infiltra no subsolo, preenchendo os espaços vazios formados entre fissuras das rochas, sejam elas naturalmente ou artificialmente (BRASIL, 2008a). Essas águas tendem a migrar continuamente, abastecendo nascentes, leitos de rios, lagos e oceanos (HELBEL, 2011).

A disponibilidade hídrica subterrânea e a produtividade de poços são geralmente os principais fatores determinantes na exploração dos aquíferos. Em função do crescimento descontrolado da perfuração de poços tubulares, sem vigilância, e das atividades antrópicas, que acabam contaminando os aquíferos, a questão da qualidade da água subterrânea vem se tornando cada vez mais importante para o gerenciamento do recurso hídrico no país (ZOBY, 2008).

Com os problemas de contaminação há a extinção de águas de fácil acesso, dessa forma, a população tende a utilizar as águas subterrâneas devido as suas características mais próximas ao padrão de potabilidade para o consumo humano.

Zoby (2008) aponta que aproximadamente 60% da população brasileira são abastecidas para fins domésticos, com água subterrânea, sendo dessas, que 6% se auto abastecem das águas de poços rasos, 12% de nascentes ou fontes e 43% de poços profundos.

A água subterrânea pode ser extraída através dos solos e é a principal fonte de água potável para mais da metade da população da América do Norte e cerca de 1,5 bilhão de pessoas no mundo. Nos Estados Unidos, em 1990, a água subterrânea abasteceu cerca de 40% da população. Na Europa, quase 100% da proporção de água potável é extraída de aquíferos, como na Dinamarca, Áustria e Itália (BAIRD & CANN, 2011).

Dentre as utilidades da água subterrânea, nos Estados Unidos a maior parcela é utilizada para irrigação. Na China, a seca de aquíferos rasos esta forçando a perfuração de poços com mais de 1Km abaixo da superfície para alcançar o abastecimento de água para a região (BAIRD & CANN, 2011).

As águas subterrâneas são consideradas mais protegidas da poluição se comparada com as águas superficiais, no entanto, podem ser seriamente comprometidas pois sua

recuperação é mais lenta. Há substâncias que não se autodepuram e causam poluição acumulativa das águas (SETTI *et al.*, 2001).

Em geral, a água subterrânea não apresenta maiores problemas de contaminação física ou biológica. A água superficial se torna mais vulnerável a contaminações oriundas da atividade humana, cujo tratamento é geralmente oneroso. A água subterrânea, embora menos vulnerável, também pode ser afetada por contaminantes provenientes de perdas em rede de esgotos, derramamento de petróleo, intrusões de água de qualidade inferior (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

Aponta Tucci (2003) que a qualidade das águas depende das condições geológicas e geomorfológicas e da cobertura vegetal da bacia de drenagem, do comportamento dos ecossistemas terrestres e de água doce e das ações antrópicas. As ações do homem que mais podem influenciar a qualidade da água são: (a) lançamento de cargas nos sistemas hídricos; (b) alteração do uso do solo rural e urbano; (c) modificações no sistema fluvial.

Devido a infiltração do solo e seu longo tempo de residência no subterrâneo, ela contém muito menos matéria orgânica natural e microrganismos causadores de doenças do que as águas de lagos ou rios. No entanto, algumas águas subterrâneas podem conter quantidades excessivas naturalmente de sódios, sulfeto ou ferro, ou serem muito salgas e ácidas os quais pode inviabilizar a utilização para o consumo ou irrigação (BAIRD & CANN, 2011).

Dentre as principais doenças transmitidas pela água podem ser citadas: diarreia, gastroenterites, cólera, disenteria bacilar ou amebiana, giardíase, febre tifóide e paratifóide, hepatite A e B, tendo como predominância entre os sintomas a diarreia (DANIEL, 2001).

Para Baird & Cann (2011), o descarte coletivo de resíduos orgânicos descontroladamente, juntamente com o enorme número de fossas sépticas e negras que existem é coletivamente uma maior fonte de nitrato, bactérias, vírus, para as águas subterrâneas.

## **1.5 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

Os poluentes possuem a capacidade de infiltrar no sistema de água subterrânea, alcançando o lençol freático e disseminando durante seu percurso, o que dificulta a contenção dos mesmos. As fontes mais comuns de contaminação das águas subterrâneas são, despejo de

esgoto, aterros sanitários, lixões e áreas de disposição de materiais tóxicos (WICANDER & MONROE, 2009).

Portanto, a caracterização das águas subterrâneas através de parâmetros físicos químicos e microbiológicos torna-se um instrumento imprescindível para definir a qualidade ambiental, bem como inferir a fonte poluidora e o grau de contaminação do local.

Cita-se como parâmetros físicos químicos importantes na caracterização de águas subterrâneas: a temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos totais e sólidos suspensos, dentre outros, e como parâmetros microbiológicos a presença de bactérias do grupo Coliformes. Os parâmetros e sua importância na caracterização nas águas subterrâneas estão brevemente descritas a seguir.

A *temperatura* exerce importante função, pois as reações químicas são por ela governadas, em altas temperaturas, por exemplo, há maior desagregação mineral e os fenômenos reprodutivos dos microrganismos são intensificados (SILVA, 2008). O pH da condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (VON SPERLING, 2005).

A *turbidez* define o quão turva esta uma água, pode ter relação direta com a quantidade de sólidos totais, que dificulta a passagem do feixe de luz (BRASIL, 2006). Águas turvas são naturalmente rejeitadas pela população em geral para o consumo, inclusive é um dos únicos parâmetros juntamente com o gosto que a população julga ser importante para o consumo.

A *condutividade elétrica* representa a capacidade da água em conduzir corrente elétrica, e irá depender da quantidade de sais existentes na coluna de água. É um parâmetro importante, pois representa a medida indireta da concentração de poluentes e pode ter relação direta com a concentração de *sólidos dissolvidos totais* (CETESB, 2006).

Os *sólidos em suspensão* podem reter bactérias e resíduos orgânicos promovendo a decomposição anaeróbia na água (TRENTIN & BOSTELMANN, 2010), ou até mesmo, servir de abrigo para microrganismos patogênicos impedindo o tratamento eficaz (VON SPERLING, 2005). Alguns autores (Lopes et al., 2009; Teixeira & Senhorelo, 2000, Carvalho, Paranhos & Paiva, 2004) apontar haver correlação entre sólidos suspensos e a turbidez em alguns ambientes.

O *oxigênio dissolvido* é de fundamental importância para a sobrevivência dos microrganismos e conseqüentemente principal parâmetro de caracterização de efeitos da poluição por despejos orgânicos, isto porque a decomposição da matéria orgânica é um dos

principais processos de decomposição de consumo de OD (VON SPERLING, 2005). No entanto, especificamente para águas subterrâneas as concentrações de OD são normalmente baixas visto que não existe o contato da água com o oxigênio atmosférico (GONÇALVES, CRUZ & SILVÉRIO, 2009).

Os *Coliformes Fecais*, ou chamados de coliformes termotolerantes, por resistirem a elevadas temperaturas, são um grupo de bactérias originário predominantemente do trato intestinal humano e outros animais de sangue quente, por esse motivo os coliformes fecais é o indicador mais efetivo em termos de poluição por efluentes domésticos. A *E. coli* é a principal bactéria do grupo de coliformes fecais (VON SPERLING, 2005).

Outros parâmetros de suma importância para caracterização das águas alguns constituintes iônicos, como: nitrito, nitrato, fluoreto, cloreto, sulfato e sódio. A concentração desses parâmetros nos corpos aquáticos pode ser influenciada por alguns fatores como, as características geológicas da bacia de drenagem, o regime de chuvas e o tipo de influência antrópica a qual estão submetidos (ESTEVES, 1998). Alguns dos constituintes mais importantes para caracterização das águas visto a existência de valores orientadores, são descritos brevemente abaixo conforme Feitosa & Manoel Filho (2000).

O *Cloreto* ( $CL^-$ ) esta presente em todas as águas naturais, pode estar associado naturalmente a geologia do local, normalmente é proveniente de lixiviados associados às rochas sedimentares e ígneas. Em águas subterrâneas geralmente encontram-se teores abaixo de  $100\text{mg.L}^{-1}$ . No entanto, teores fora do comum podem estar associados à contaminação por água do mar, “lixões” e aterros controlados.

Outro constituinte associado à geologia do local é o *Fluoreto* ( $F^-$ ), frequentemente são encontrados em pequenas concentrações nas águas subterrâneas e a principal fonte prove de rochas ígneas. A concentração de fluoreto geralmente varia de 0,1 a  $1,5\text{mg.L}^{-1}$ .

O *sódio* ( $Na^+$ ) é considerado um dos metais mais abundantes e importantes nas águas subterrâneas. Seus principais minerais-fonte estão presentes em rochas ígneas, e associados a presença de  $F^-$ . Elevados teores de  $Na^+$  geralmente há elevados valores de  $F^-$ . A concentração de sódio em águas subterrâneas varia de 0,1 a  $100\text{mg.L}^{-1}$ . A problemática devido a concentrações desde íon em águas subterrâneas esta relacionada que a alta ingestão pode causar hipertensão e problemas no coração.

A presença de *sulfatos* ( $SO_4^-$ ) na água está associada à lixiviação de compostos sulfatados (espécies que se originam a partir do ácido sulfúrico) e da oxidação do enxofre que



compõe as rochas. As águas subterrâneas geralmente apresentam os teores abaixo de  $100\text{mg.L}^{-1}$ .

O contaminante inorgânico de maior preocupação em águas subterrâneas é o íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), o qual é altamente solúvel em água, e o nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ). O nitrato em águas subterrâneas origina-se principalmente das seguintes fontes: aplicação de fertilizantes com nitrogênio, cultivo o solo, esgoto depositado em sistemas sépticos e deposição atmosférica (BAIRD & CANN, 2011). Raramente o nitrogênio e seus compostos são encontrados nas rochas terrestres (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

A deposição de matéria orgânica no solo como acontece quando há utilização de fossas e sumidouros aumenta drasticamente a quantidade de nitrogênio e conseqüentemente formam-se nitrato e nitrito (LAUTHARTTHE, 2013).

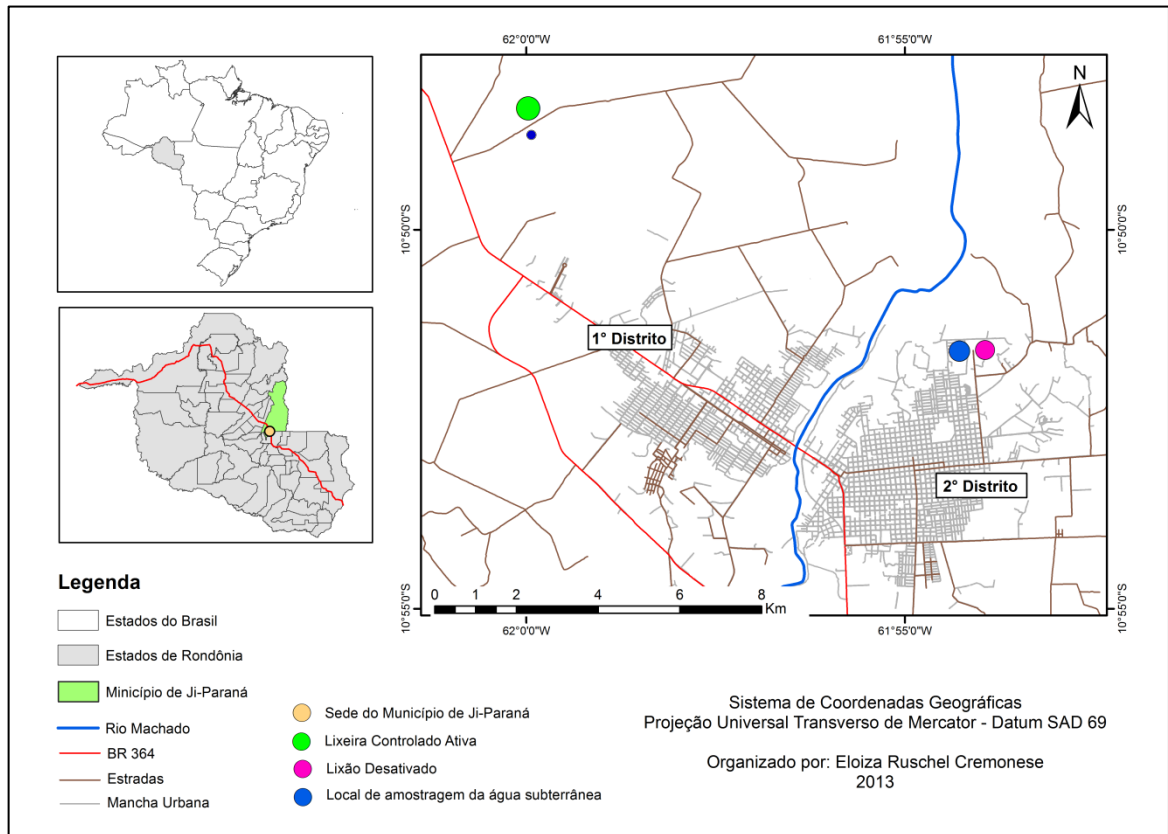
Portanto, áreas com alto aporte de nitrogênio, solos bem drenados, pouca vegetação e matéria orgânica são considerados condições para contaminação de nitrato e nitrito em águas subterrâneas, visto que ele se transporta do solo e sendo móvel migra para a água subterrânea, onde se dissolve na água e é diluído (BAIRD & CANN, 2011).

A Resolução CONAMA nº 396 de 3 de abril de 2008 que dispõe sobre a classificação das águas subterrâneas evidencia a importância da caracterização como forma essencial de estabelecer a referência de sua qualidade e viabilizar o seu enquadramento, sendo os parâmetros mínimos obrigatórios para o enquadramento, os sólidos dissolvidos totais, coliformes termotolerantes e a concentração de nitrato (BRASIL, 2008a).

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O presente estudo foi realizado nas áreas de deposição de resíduos do município de Ji-Paraná. Essas áreas correspondem ao Lixão Desativado (LD) localizado entre a Linha União e o Bairro Boa Esperança (segundo distrito), à Lixeira Controlada Ativa (LCA), localizada na estrada do Km 11 Gleba Pyrineos (primeiro distrito) e em residências próximas a essas áreas (FIGURA 1). O município de Ji-Paraná, de acordo com o último senso do IBGE, do ano de 2010, possui aproximadamente 116 mil habitantes (IBGE, 2010) e é dividida pelo Rio Machado, em primeiro e segundo distrito.



**Figura 1** - Localização da lixeira controlada ativa (LCA), do lixão desativado (LD) e do local de amostragem da água subterrânea, no município de Ji-Paraná, Rondônia, Brasil.

De acordo com o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD (2008) o lixão desativado (LD) esteve em operação de 1993 a 1998, (desativado há 15 anos). Possui uma área de 4,68 ha.

Atualmente, no entorno do lixão desativado há residências e propriedades rurais, bem como, a área não se encontra isolada da população e parte da área está sendo utilizada para recreação, com um *campinho de futebol*. A área não possui sinalização com placas de advertência como recomendado pelo PRAD (2008).

Diante do Plano de Gerenciamento Ambiental da Lixeira Controlada Ativa do Município de Ji-Paraná (2008), a atual área destinada para deposição dos resíduos sólidos é uma lixeira controlada ativa (LCA), localizada na estrada do Km 11, possui aproximadamente 45he.

A infraestrutura da LCA não é adequada, não existe controle de entrada e saída de pessoas e veículos, controle da quantidade e classes dos resíduos, balança para pesagem dos resíduos, bem como, por se tratar de um aterro controlado, não há sistema de

impermeabilização, sistema de drenagem, infraestrutura e segurança, impedindo o trabalho seguro de separação do material reciclado pelos catadores.

Dessa forma, o plano lista algumas das deficiências encontradas na atual área, como a inexistência de programa de separação ou destinação correta dos resíduos especiais, citando as pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes, como também, não há pontos de recebimentos desses resíduos, os mesmos são destinados diariamente juntamente com os resíduos (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO, 2012).

As residências próximas a essas áreas não possuem sistema de esgotamento sanitário, utilizam como alternativa água de poços perfurados manualmente, sem critério de segurança. Sendo observado o uso de fossas negras que podem vir a contaminar as águas subterrâneas.

## **2.1 CLIMA, PEDOLOGIA E HIDROGRAFIA**

O estado de Rondônia, segundo o último Boletim Climatológico de Rondônia divulgado em 2012, possui o clima conforme a classificação de Köppen predominante tipo Aw - Tropical Chuvoso com estação seca definida, e média da precipitação pluviométrica variando entre 1.400 a 2.600mm/ano, sendo que nos meses de junho, julho e agosto a precipitação é inferior a 20 mm (SEDAM, 2012). O período chuvoso corresponde aos meses de outubro a abril, época em que ocorrem as recargas dos aquíferos, de junho a agosto corresponde ao período seco e, maio e setembro são considerados meses de transição (SEDAM, 2012). De acordo com Webler, Aguiar & Aguiar (2007), a precipitação média anual é em torno de 2.000mm.

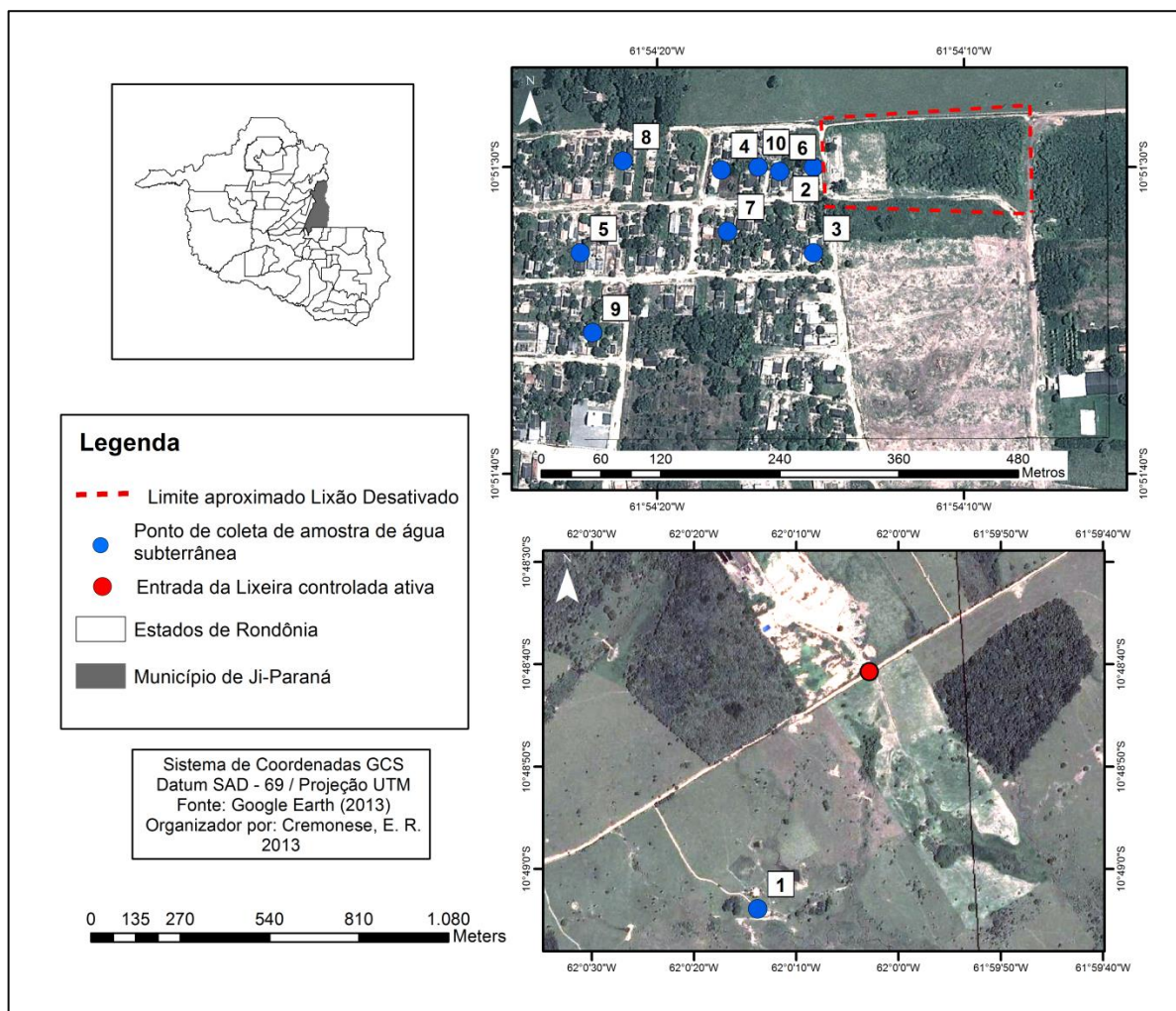
De acordo com o PRAD (2008), a área do lixão desativado é predominantemente de solos constituído por latossolos vermelho-amarelos e amarelos, geralmente pobres e ácidos, bem drenados e com moderada resistência a erosão. O solo da lixeira controlada ativa é latossolo amarelo, profundos, boa drenagem e aeração, considerados resistentes a erosão (PLANO..., 2008).

A hidrografia é constituída principalmente pela bacia do rio Machado (ou Ji-Paraná), que divide a cidade em dois distritos (BRASIL, 2007). Há ainda diversos igarapés que drenam a cidade, como por exemplo, o igarapé Nazaré há 800 metros aproximadamente do LD (PRAD, 2008) e o Igarapé Dois de junho (ou Buenos Aires) próximo à LCA, o lençol freático na área da LCA encontra-se entre 10 e 15 metros (PLANO..., 2008).

## 2.2 PONTOS PARA COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA

Foram selecionadas 9 residências nas proximidades do LD e uma residência em uma propriedade rural próximo a LCA (FIGURA 2). Como a área da LCA está localizada na zona rural, não há residências nas suas proximidades de fácil acesso, por isso a coleta se restringiu a uma propriedade.

Em cada ponto amostrado foram obtidas as coordenadas geográficas utilizando-se de um sistema de navegação por satélite, Sistema de Posicionamento Global (GPS) de navegação (Garmim, Etrex).



**Figura 2** – Distribuição dos pontos amostrais de água subterrânea e das áreas de deposição de resíduos sólidos em Ji-Paraná (RO).

## 2.4 COLETA DAS AMOSTRAS DE ÁGUA

As coletas de amostras de água subterrânea ocorrerão no período chuvoso (março) e seco (agosto). Foram coletadas com auxílio de coletor para água de poço acoplado com garrafa plástica de 500mL, lacradas, onde a água contida foi descartada no local a fim de evitar contaminações (FIGURA 3).

Durante a coleta foram analisadas as características dos poços, realizando a medição da profundidade do poço e da altura da lâmina da água no dia da coleta com auxílio de corda e fita métrica e a distancia poço-fossa.



**Figura 3** - Coletor de água de poço. **Fonte:** Os organizadores, 2013.

## 2.5 ANÁLISES FÍSICAS QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

Foram realizadas as seguintes análises nas amostras de água: temperatura, pH, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais (SDT), sólidos totais suspensos (SST), turbidez, oxigênio dissolvido (OD), coliformes totais e *Escherichia coli* (CT e *E. coli*), nitrito, nitrato, sulfato, cloreto, fluoreto, sódio.

As variáveis medidas *in loco* foram: temperatura da água, pH, sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica, todas realizadas por meio de sonda multiparâmetros (Hanna Instruments, HI 9828).

As análises realizadas no laboratório de Limnologia e Microbiologia Ambiental (LABLIM) foram: turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos suspensos totais e coliformes totais e fecais. E as análises dos nutrientes foram realizadas no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental (LABGEOQ).

### 2.6.1 Turbidez

A turbidez foi medida no mesmo dia da coleta com auxílio de um turbidímetro de bancada (Hach, 2100P) (FIGURA 4), como recomenda o manual de coleta e análises de água do SISÁGUA (ROLLA *et al.*, 2009).



**Figura 4** - Turbidímetro de bancada: (a) aparelho aberto e (b) aparelho fazendo a leitura – LABLIM. **Fonte:** Os organizadores, 2013.

### 2.6.2 Oxigênio dissolvido

Para as análises de oxigênio dissolvido, as amostras foram coletadas em frascos de 300mL com tampa de vidro esmerilhada previamente identificados no intuito de não formar bolhas. Em campo as amostras foram fixadas adicionando-se 1,5mL de Azida Sódica e 1,5mL de Sulfato Manganoso ( $MnSO_4 \cdot H_2O$ ). Todas as amostras foram identificadas e mantidas sob resfriamento em gelo em caixas térmicas até a chegada ao LABLIM, onde foram guardadas em geladeira a 4°C para realização posterior das análises.

Posteriormente, no laboratório, foi adicionado 3mL de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) a 50%, em seguida transferiu-se um volume de 100mL para um Erlenmeyer e então realizou-se a titulação com Tiossulfato de sódio ( $Na_2S_2O_3$ ) a 0,01N (APHA, 1998).

As análises (titulação) foram realizadas após a chegada ao laboratório, em menos de oito horas como aconselha o SISÁGUA (ROLLA *et al.*, 2009).

O oxigênio dissolvido foi analisado por titulação, como descrito em APHA (1998). O procedimento consiste na formação de hidróxidos através da combinação do oxigênio dissolvido com o Sulfato Manganoso ( $MnOH_2$ ). A acidificação subsequente na presença de iodeto de potássio ( $KIO_3$ ) oxida o iodeto a iodo elementar ( $I_2$ ). O iodo elementar é equivalente a quantidade de oxigênio dissolvido presente na amostra. Então o  $I_2$  é determinado por titulação com tiossulfato de sódio e infere a quantidade de OD presente.

A concentração de oxigênio dissolvido da amostra foi calculada a partir do volume gasto de tiosulfato de sódio na titulação, como descreve a equação 1:

Equação (1)

$$OD = Vol * N * 8000 / (Vol amostra - [\frac{Vf - 3}{Vf}])$$

OD = concentração de oxigênio dissolvido ( $mg.L^{-1}$ );

Vol. = volume de Tiosulfato consumido (mL);

N = normalidade do Tiosulfato (0,01N);

8000 = fator de correção para  $mg.L^{-1}$ ;

Vol. amostra = volume da amostra titulado (100mL);

Vf. = volume do frasco (300mL);

Vf. - 3 = volume do frasco - (1,5mL de sulfato manganoso + 1,5mL de azida sódica adicionados em campo para fixação da amostra).

### 2.6.3 Sólidos suspensos totais

A análise dos sólidos em suspensão foi determinada conforme metodologia proposto pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT 10.664/89 “Águas - Determinação de Resíduos (Sólidos) - Método Gravimétrico”, por meio da adaptação do método denominado “Método G (sólidos suspensos)”, substituindo o forno mufla pela estufa. Essa metodologia consiste em filtrar uma amostra homogênea em um filtro previamente pesado. Posteriormente, o filtro é seco até peso constante em estufa a 105°C. O aumento do peso do filtro representa os sólidos em suspensão totais (ABNT, 1989).

No intuito de retirar a umidade dos filtros (papel celulose com porosidade 0,45 $\mu$ m) antes da filtragem os mesmos foram colocados na estufa a 100°C durante 2 horas e guardou-os no dessecador até o momento da análise. Após a pesagem em balança analítica, filtrou-se um volume conhecido da amostra em sistema de filtração a vácuo, em seguida, os filtros foram submetidos a estufa a 105°C por 24 horas com intuito de promover a secagem total. Após as 24 horas os filtros foram novamente pesados (FIGURA 5).

A concentração final de sólidos suspensos foi determinada pela seguinte equação 2 (ABNT, 1989).

Equação (2)

$$SS = \frac{(A - B) * 1000}{V}$$

SS = sólidos total em suspensão (mg.L<sup>-1</sup>)

A = peso do filtro + sólido total em suspensão (mg)

B = peso inicial do filtro (mg)

1000 = fator de correção para mg.L<sup>-1</sup>

V = volume da amostra filtrada (ml)

Em todas as amostras o volume filtrado foi de 100mL. As análises foram realizadas em menos de 24 horas da realização da coleta, como recomendado pelo SISÁGUA, que define o intervalo de até 7 dias (ROLLA *et al.*, 2009). A amostra de água filtrada foi destinada as análises de nutrientes, para tanto foram armazenadas em embalagens plásticas previamente descontaminadas e congeladas no LABLIM até o momento da análise no LABGEOQ.



**Figura 5** - Materiais utilizados para análise de sólidos suspenso totais: (a) estufa, (b) filtros durante a secagem e (c) balança analítica e filtro seco. LABLIM. **Fonte:** Os organizadores, 2013.

#### 2.6.4 Coliformes totais e fecais

As análises de coliformes fecais e totais foram realizadas por meio do método de membrana filtrante em meio cormogênico, técnica recomendada pelo *Standard of Methods for the Examination of Water and Wasterwater* (APHA, 1998).

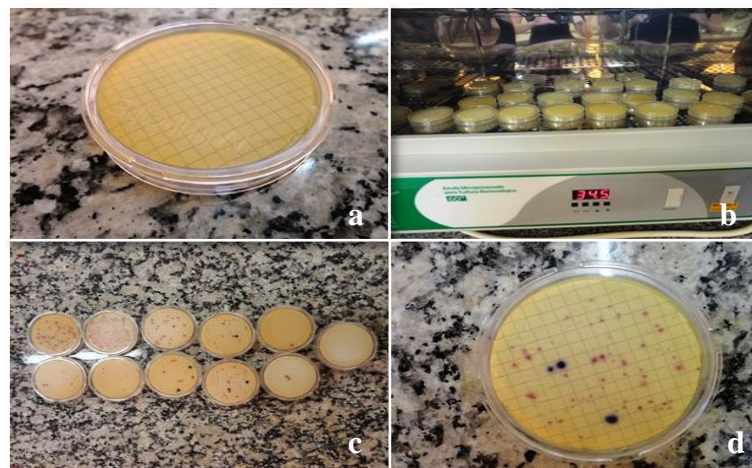
Para a análise bacteriológica as amostras passaram por processo de filtração (100mL, sem e com diluição) com auxílio de bomba a vácuo, copo e kitassato, através de uma membrana estéril de acetato de celulose (quadriculado em 0,45µm de porosidade, 47mm de diâmetro). Posteriormente, as membranas foram colocadas em placas *Petri* contendo meio de



cultura (ChromocultColiform Agar). As placas foram encubadas em estufa para cultura bacteriológica a 35°C por 24 horas, e dado o tempo foi realizada a contagem das colônias (APHA, 1998) (FIGURA 6).

Calculou-se a densidade de coliformes presentes na amostra, multiplicando-se o valor encontrado pela diluição (100x, 1000x, 10000x), onde, o número de coliformes totais representa a soma dos coliformes fecais e dos coliformes não fecais (APHA, 1998). A densidade é expressa em unidades formadoras de colônias em 100mL (UFC/100mL).

Devido à extrapolação e impossibilidade de contar as unidades formadoras de colônia em algumas diluições na primeira campanha de amostragem, na segunda campanha as diluições realizadas restringiram apenas em 100x e 1000x.



**Figura 6** - Análise microbiológica: (a) *Placa Petri*, membrana filtrante e meio de cultura, (b) placas inseridas na estufa, (c) e (d) crescimentos das colônias de bactérias. LABLIM. **Fonte:** Os organizadores, 2013.

### 2.6.5 Análise dos íons (nitrito, nitrato, sulfato, cloreto, sódio, fluoreto)

Para as análises de nutrientes as amostras de água foram previamente filtradas em filtros de acetato de celulose de 0,22µm e 13mm de diâmetro (Sartorius Biolab Products) manualmente com auxílio de uma seringa e swinoc.

As análises foram realizadas por meio da técnica de cromatografia iônica com detector de condutividade (METROHM – 882 Compact IC plus) (FIGURA 7). A calibração do equipamento foi realizado com uma curva de calibração com padrões específicos. Foram realizadas no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental da UNIR, *campus* Porto Velho.



**Figura 7** - Análise de nutrientes por cromatografia iônica. LABEGEOQ.

## 2.7 LEGISLAÇÃO

Os resultados encontrados foram confrontados com a legislação relacionada à água para consumo humano. A principal legislação é a *Portaria do Ministério da Saúde – MS 2.914 de 2011* que visa o controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano. Desta forma, os valores de pH, turbidez, sólidos dissolvidos totais, nitrato, nitrito, sulfato, cloreto, sódio, fluoreto, as bactérias do grupo coliformes totais e *Escherichia Coli* no presente estudo foram comparados aos valores de referência desta portaria (BRASIL, 2011) (TABELA 1).

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 396 de 2008 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para enquadramento das águas subterrâneas, e portanto os valores máximos permitidos para cada parâmetro são iguais aos da Portaria destinada ao consumo humano.

**Tabela 1** – Valores orientadores para a água destinada ao consumo humano conforme o Ministério da Saúde, 2011.

<b>Parâmetro</b>	<b>VMP*</b>	<b>Unidade</b>
pH	6 - 9,5	-
Turbidez	5	uT
Sólidos Dissolvidos Totais	1000	mg.L <sup>-1</sup>
Nitrito	1	mg.L <sup>-1</sup>
Nitrato	10	mg.L <sup>-1</sup>
Fluoreto	1,5	mg.L <sup>-1</sup>
Cloreto	250	mg.L <sup>-1</sup>
Sulfato	250	mg.L <sup>-1</sup>
Sódio	200	mg.L <sup>-1</sup>
Coliformes Totais	Ausente	UFC/100mL
<i>Escherichia Coli</i>	Ausente	UFC/100mL

\*Valor máximo permitido

Fonte: BRASIL, 2011.

## 2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Verificou-se a correlação entre os dados de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos com intuito de analisar a possível relação de causa e efeito entre si, como aponta CETESB (2006) que esses dois parâmetros podem ter relação entre si. O teste aplicado foi da correlação linear de Person por meio do *Software* STATISTICA 7.0. A variável dependente é a condutividade elétrica e a independente os sólidos totais dissolvidos. O teste da correlação também foi aplicado para a turbidez e sólidos suspensos.

O coeficiente de correlação é adimensional e varia de -1 a +1, sendo classificado de correlação fraca e forte, respectivamente, e as unidades adotadas não afetam o valor do coeficiente (NAGHETTINI & PINTO, 2007).

O procedimento estatístico também foi realizado com intuito de verificar se há diferença estatística nos resultados encontrados de cada parâmetro isoladamente, entre o período de chuva e seca. Para tanto, através da média utilizou-se o teste não paramétrico para comparação de duas amostras pareadas, método Wilcoxon, o qual não requer pressuposto de normalidade, com nível de significância 5%, utilizando-se o *Software* STATISTICA 7.0.

O parâmetro nitrito não foi possível realizar a análise estatística, pois em vários pontos o aparelho não conseguiu detectar a concentração de nitrito, dessa forma, tornando impossível o cálculo da média. Para o pH também não foi realizada a média.

O programa computacional Excel 2007 foi empregado para elaboração dos gráficos e tabelas e interpretação dos dados.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS AMOSTRADOS**

A população residente no bairro Boa Esperança não é atendida pela rede de distribuição de água potável de responsabilidade da empresa CAERD (Companhia de águas e esgotos do estado de Rondônia). Dessa forma, a única alternativa que a população possui é a utilização da água subterrânea por meio de poços, os quais possuem condições precárias visto que são escavados manualmente e sem procedimentos técnicos de segurança como visualizado em campo.

Todos os poços em que foram obtidas as amostras de água, conforme colocado por Martins (2011), em estudo na mesma área, são rasos, perfurados manualmente e inseridos no aquífero livre. De acordo com Gianpá & Gonçales (2005), esse tipo de poço possui várias denominações como, cacimba, amazonas, raso comum, são considerados de grande diâmetro - de aproximadamente 1 metro, e rasos - com profundidade de até 20 metros. As características dos poços amostrados são apresentadas na tabela 2.

Os poços amostrados são perfurados com manilha e alguns sem revestimento, o que favorece a contaminação.

Os valores das profundidades dos poços (cota entre a superfície do terreno e o fundo do poço) variaram de 6,93 a 9,17 metros, com média de 8,03 metros. Verificou-se também que nenhum poço possui profundidade menor que 5 metros, sendo caracterizados como poços rasos o que facilita a contaminação por poluentes. O poço representado como “PÇ1” esta localizado na zona rural, em frente a LCA e possui a maior profundidade, (9,17m), mas não necessariamente a maior coluna de água. Os demais poços (PÇ2 ao PÇ10) estão localizados na área de influência do lixão desativado.

Silva & Araújo (2003), analisando os poços de Feira de Santana (BA), constatou que a maioria dos poços analisados apresentavam profundidade de 10 a 20m, e poucos poços possuíam profundidade menor que 5 metros.

Quanto ao nível da água no poço nos dias da coleta, os valores referentes a estação chuvosa variaram de 2,73 a 5,08m e média de 3,63m. Martins (2011) em poços localizados

na cidade de Ji-Paraná observou colunas de água variando de 1,05 a 6,7 metros e média de 4,3 metros, ou seja, bem próximo ao encontrado nessa pesquisa.

No período seco, como se esperava, as alturas das lâminas de água nos poços foram menores, variaram de 0,39 a 2,89m, e média de 1,48m. Martins (2011), no período seco também encontrou valores variando de 0,40 a 2,74m e média de 1,41m. Esse rebaixamento ocorreu devido aos menores índices de precipitação característicos do período seco, abaixando o nível do lençol freático e, portanto diminuindo o nível da água nos poços.

Tabela 2 – Características dos poços amostrados e fossas das residências.

Poço	Tipo de construção	Localização	Profundidade poço	Lâmina da água (m) Chuva	Lâmina da água (m) Seca	Distância poço-fossa	Cota poço	Cota fossa	Tipo fossa
PC1	Manilha	LCA	9,17	3,13	1,21	8,54	*	*	Fossa negra
PC2	Manilha	LD	8,29	3,63	0,39	11,00	167	<b>168</b>	Fossa negra
PC3	Manilha	LD	7,81	3,71	0,7	13,50	162	162	Fossa negra
PC4	*	LD	*	*	*	*	164	164	Fossa negra
PC5	Manilha	LD	6,93	2,97	1,05	17,95	157	157	Fossa negra
PC6	Sem revestimento	LD	8,49	4,02	2,89	26,00	165	<b>166</b>	Fossa negra
PC7	Manilha	LD	8,44	4,39	1,84	11,80	165	165	Fossa negra
PC8	Sem revestimento	LD	7,04	3,04	1,14	15,00	155	<b>156</b>	Fossa negra
PC9	Sem revestimento	LD	7,23	2,73	2,31	17,60	158	<b>159</b>	Fossa negra
PC10	Sem revestimento	LD	8,88	5,08	1,78	11,70	164	<b>165</b>	Fossa negra
Média	-	-	8,03	3,63	1,48	14,79	162	162	-

\* Não verificado.

Vale mencionar que o ponto referente ao PÇ2 é uma residência localizada em frente ao lixão desativado, e em conversa com a moradora, a mesma disse que não estava utilizando a água do poço, visto que o mesmo estava praticamente seco, informação confirmada no momento da coleta.

Conforme a Fundação Nacional em Saúde – FUNASA (2006), a distância entre o poço e a fossa que confere a mínima segurança é 15 metros, e de 45 metros para focos de contaminação, como chiqueiros, galerias de infiltração e outros que possam comprometer o lençol d'água que alimenta o poço.

Das 10 residências avaliadas, 6 residências possuem a distância fossa-poço menor ou igual a 15m, uma não foi possível a medição, e as outras 3 estão entre 17,60 e 26,00m. Silva (2008) ao realizar uma avaliação da qualidade da água de poços no Bairro Nova Brasília em Ji-Paraná constatou distâncias variando de 4 a 35m e média de 17m, sendo que 44% estavam abaixo de 15 metros. O autor conclui que não se considerar as distâncias encontradas como seguras visto que a maioria dos terrenos do município tem medidas reduzidas, geralmente de 10x30m, frente e lateral, respectivamente.

A distância de 15m entre o poço e a fossa estabelecida pela FUNASA (2006), visa reduzir problemas de contaminação que afetam a saúde da população. Entretanto, não se deve ficar restrito apenas a limites de distâncias, pois a inadequada disposição de resíduos na área da LCA e do LD tornam estas áreas susceptíveis a contaminação.

Através das cotas das superfícies dos terrenos no poço e na fossa, como demonstrado na tabela 2, pode-se perceber que alguns pontos apresentam cota inferior na localização do poço, se comparado com a fossa. Portanto, nos pontos PÇ2, PÇ6, PÇ8, PÇ9, PÇ10, apresentaram essa situação e dessa maneira são mais suscetíveis as contaminações provenientes das fossas, sendo maior a facilidade a entrada dos contaminantes e percolação da água, devido ao fluxo favorável para os mesmos.

### **3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA**

Os resultados de temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais dissolvidos, sólidos totais suspensos e oxigênio dissolvido das amostras de água subterrânea, correspondentes as duas campanhas de amostragem (chuva e seca) encontram-se na tabela 3.

Na tabela 4, encontram-se as médias de cada variável conforme a sazonalidade, bem como, os valores encontrados em outros trabalhos. Todos os autores desenvolveram pesquisas

na região central do estado de Rondônia, em amostras de água subterrânea e, em especial Martins (2011) na mesma localidade que o presente estudo.



**Tabela 3** – Características físicas e químicas das amostras de água subterrânea coletadas nos período de chuva e seca, e os valores orientadores preconizados pela Portaria 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde.

Poços	Temperatura (°C)		pH		Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ )		Turbidez (uT)		TDS ( $\text{mg.L}^{-1}$ )		SST ( $\text{mg.L}^{-1}$ )		OD ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	
	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca
PC1	27,18	26,90	5,93	5,82	145	89	8,71	0,80	73,0	45,0	0,105	0,365	1,86	0,40
PC2	27,80	27,72	4,95	5,12	21,0	24	2,70	5,60	10,0	11,0	0,105	0,340	1,21	2,02
PC3	28,24	28,17	5,08	4,74	26,0	19	3,02	0,70	13,0	9,0	0,110	0,320	1,78	1,86
PC4	31,56	27,23	4,80	5,52	85,0	89	2,32	11,2	43,0	44,0	0,105	0,375	2,26	1,62
PC5	28,34	28,07	5,37	4,99	67,0	42	2,55	0,50	34,0	22,0	0,800	0,250	2,18	1,54
PC6	27,94	27,84	4,36	4,08	79,0	58	2,28	5,80	40,0	29,0	0,655	0,375	2,67	1,62
PC7	27,52	27,47	4,63	4,60	70,0	60	2,62	1,70	35,0	30,0	0,730	0,280	2,18	1,29
PC8	28,33	28,82	5,55	5,21	93,0	59	8,72	1,50	48,0	30,0	0,810	0,275	2,91	1,62
PC9	28,00	28,01	5,22	4,82	109	52	3,09	1,20	75,0	26,0	0,760	0,330	2,50	1,62
PC10	28,10	27,91	4,53	4,37	82	53	2,26	0,90	41,0	27,0	0,520	0,360	2,02	1,37
Média	28,30	27,81	-	-	77,7	55	3,83	2,99	41,2	27,3	0,398	0,327	2,16	1,49
Port. MS 2.914/11	-	-	6 - 9,5		-	-	5*		1000		-	-	-	-

\*<sup>(1)</sup> 1,0 uT para água filtrada por filtração lenta

\*<sup>(2)</sup> 0,5 uT Para água filtrada por filtração rápida ou desinfecção

\*<sup>(3)</sup> 5uT Limite máximo para qualquer amostra pontual

**Tabela 4** – Valores médios encontrados no presente pesquisa e de referências bibliográficas de estudos em Ji-Paraná e proximidades.

Parâmetro	Período	Referencial Bibliográfico			
		<i>Este trabalho</i> (2013)	<i>Martins</i> (2011)	<i>Helbel</i> (2011)	<i>Ferreira</i> (2013)
<b>Temperatura</b> (°C)	<i>Chuva</i>	28,30	28,00	25,80	-
	<i>Seca</i>	27,81	27,10	28,60	-
<b>OD (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	<i>Chuva</i>	2,16	1,48	3,39	1,26
	<i>Seca</i>	1,49	0,64	3,28	1,29
<b>CE (µs.cm<sup>-1</sup>)</b>	<i>Chuva</i>	77,7	61,80	158,15	69,93
	<i>Seca</i>	55,00	64,50	146,28	72,87
<b>Turbidez (uT)</b>	<i>Chuva</i>	3,83	-	1,66	2,68
	<i>Seca</i>	2,99	1,76	1,10	2,73
<b>TDS (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	<i>Chuva</i>	41,2	-	-	37,70
	<i>Seca</i>	27,3	-	-	41,80

n: parâmetro não analisado pelo autor.

As áreas de estudos dos autores mencionados são em Rondônia, e Martins (2011) foi no mesmo local de estudo, no bairro Boa Esperança, e, portanto, são todos poços escavados manualmente, alguns com manilha outros sem revestimento. Helbel (2011) estudou poços em diversos pontos da cidade de Ji-Paraná, poços tubulares e rasos. A área de estudo de Ferreira (2013) foi a região central de Rondônia por meio de análises em um poço tubular e o restante em poços rasos.

Em geral, as médias encontradas independentes dos tipos de poços estudados apresentam valores semelhantes ao do presente estudo, portanto, isso demonstra que o lençol freático da região esta vulnerável devido a presença de poços impróprios juntamente com a falta de saneamento básico na região.

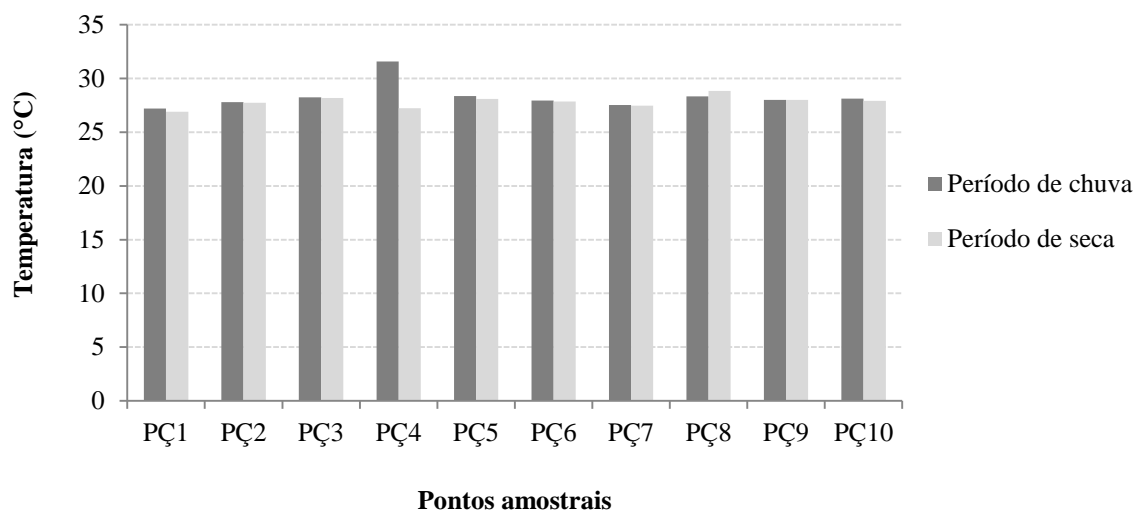
### 3.2.1 Temperatura

A temperatura é considerada um parâmetro de suma importância, pois exerce influência marcante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas e na solubilidade de substâncias (BRASIL, 2006).

Verificou-se que os valores não sofreram grandes variações entre os pontos amostrais e nas campanhas de amostragem na maioria dos poços (FIGURA 8).

Os valores variaram de 27,18 a 31,56°C com média de 28,30°C no período de chuva, e no período de seca os valores encontrados variaram de 26,90 a 28,82°C, com média de 27,81°C. A análise estatística demonstrou que não houve diferença entre as médias do período de chuva e seca ( $p>0,05$ ). Estudo realizado por Martins (2011) na mesma localidade constatou a temperatura média de 28°C no período chuvoso e 27,10°C no período de seca, valores bem próximos ao encontrado nesta pesquisa.

O valor encontrado para o ponto PÇ4 (chuva) foi um pouco distante dos outros poços, isso pode ser devido ao fato da coleta ter sido realizada diretamente na torneira com água corrente, visto que, o poço da residência estava lacrado. É possível perceber também que na maioria dos pontos amostrados os valores encontrados na época da seca foram menores que do período de chuva. Isso pode ter ocorrido devido ao evento de precipitação ocorrido um dia antes da coleta.



**Figura 8** – Valores de temperatura obtidos no período de chuva e seca.

Quando se trata da qualidade da água para consumo humano, não há legislação específica recomendando faixas de temperatura para consumo, no entanto, águas com temperatura elevadas são naturalmente rejeitas pela população, assim, as águas subterrâneas captadas a grandes profundidades necessitam de unidades de resfriamento para adequá-las ao consumo (BRASIL, 2006).

### 3.2.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) representa a concentração de íons hidrogênio  $H^+$ , dando a indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, a faixa varia de 0 a 14, sendo o valor mínimo considerado como ácido e valor máximo básico, e 7 a neutralidade (VON SPERLING, 2005). Normalmente, as águas subterrâneas apresentam pH variando de 5,5 a 8,5 (ZIMBRES, 2000).

O pH variou de 4,36 a 5,93 no período chuvoso, e valor mínimo de 4,08 e máximo de 5,82 no período de seca, ou seja, variando entre ácido e levemente ácido. O pH também não apresentou diferença estatística entre os dois períodos ( $p > 0,05$ ). Vale ressaltar que o ponto amostral com maior valor de pH encontrados nos dois períodos esta localizado em frente a lixeira controla ativa (PÇ1). Helbel (2011) relata que a matéria orgânica degradada por microorganismos pode liberar ácidos que ao alcançarem as águas do aquífero podem torna-la mais ácida. É possível que esta situação possa estar ocorrendo na LCA devido a presença de resíduos orgânicos que também são dispostos diariamente.

Como também, as duas áreas de estudo como já mencionado apresentam solos do tipo Latossolo, e portanto são considerados ácidos, justificando que as águas das nossa região possui parte da acidez proveniente do tipo de solo.

Martins (2011) encontrou valores variando de 4,37 a 5,57 (chuva) e 4,48 a 5,63 (seca). Rodrigues *et al.*, (2008) ao avaliar a qualidade da água de poços “amazonas” distribuídos na cidade de Porto Velho, constatou resultados semelhantes variando de 4,81 a 5,51, assim como Lauthartte (2013) em trabalho similar desenvolvido em Jaci Paraná em poços também do tipo “amazonas”, de 4,91. Esses autores não analisaram os valores conforme o período de chuva e seca.

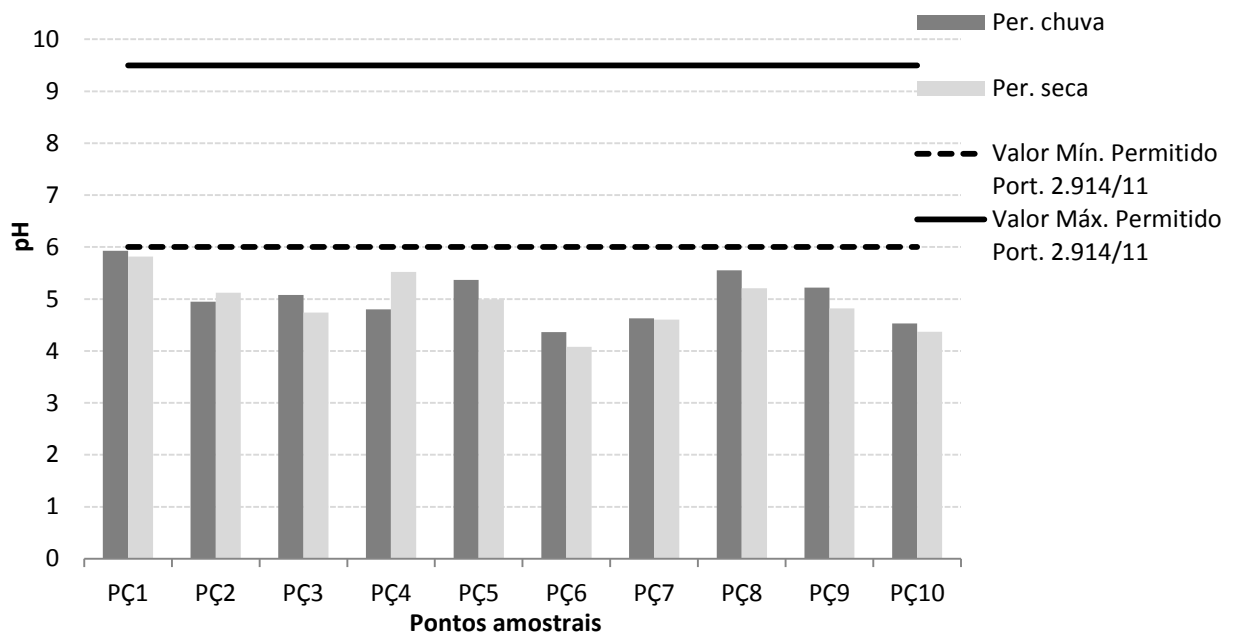
Os valores encontrados podem ser justificados devido a natureza ácida dos solos da região, bem como o fato da degradação biológica de regiões de clima tropical ser mais acentuada, favorecendo a decomposição da matéria orgânica e a produção de ácidos orgânicos, por consequência gerando um pH mais ácido (SILVA, 2008; FARIAS *et al.*, 2003).

Sisino & Moreira (2006) analisou vários parâmetros em varias matrizes nas proximidades do Aterro Controlado Morro do Céu – RJ e encontrou para a água de poços nas proximidades da área de deposição de resíduos, valores de pH variando de 5,6 a 7,6, sendo

que uma nascente próxima apresentou pH semelhante a 6,3. Esses valores decorrem a acidez dos solos como mencionado pelos autores.

Contudo, a Portaria do Ministério da Saúde n° 2.914 de 2011 (BRASIL, 2011), que dispõe sobre os padrões de potabilidade, estabelece que águas destinadas para consumo humano devem apresentar pH na faixa de 6,0 a 9,5. Dessa forma, todos os pontos amostrados estiveram em desacordo com a legislação vigente (FIGURA 9), visto que os pontos apresentaram pH menor que 6. Entretanto, conforme encontrado em outros trabalhos (Rodrigues et al., 2008; Martins, 2011; Helbel, 2011) as águas subterrâneas da região são caracteristicamente ácidas.

Importante destacar que Silva (2008) estudou poços tubulares e escavados em diversos pontos de Ji-Paraná e obteve valores de pH também ácidos para os dois tipos de construção, variando de 3,5 a 6,5 nas duas áreas.



**Figura 9** – Valores de pH obtidos no período de chuva e seca e os limites estabelecidos pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde.

### 3.2.3 Condutividade Elétrica (CE)

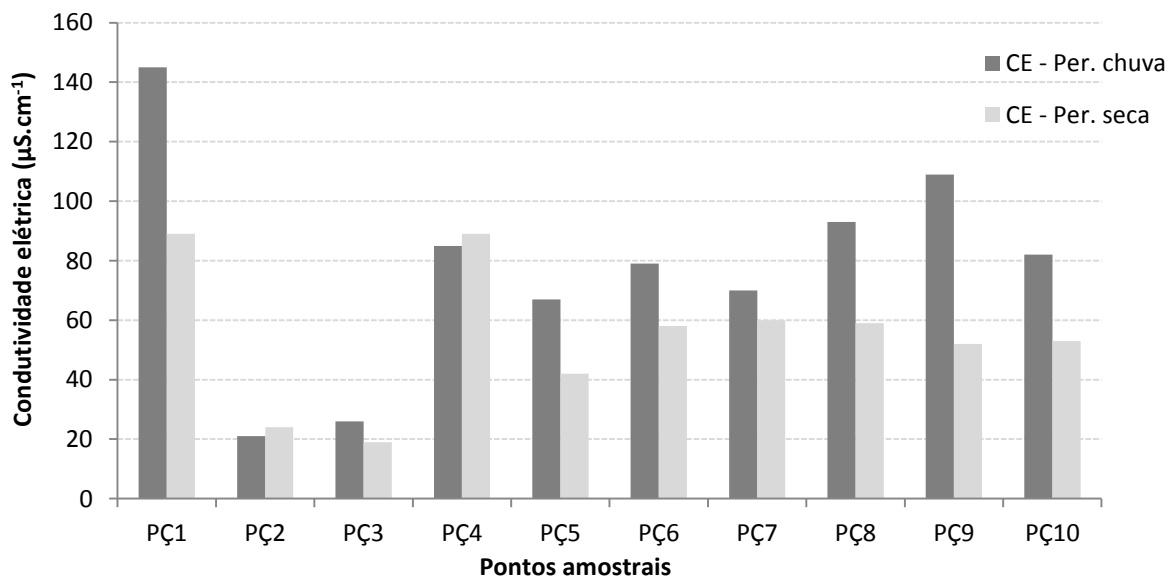
Os valores de condutividade elétrica nas duas companhias de amostragem podem ser visualizados na figura 10. Os valores encontrados variaram de 21 a 145  $\mu\text{s}.\text{cm}^{-1}$ , com média 77,7  $\mu\text{s}.\text{cm}^{-1}$  referente ao período chuvoso; para o período de seca os valores encontrados foram menores, valor mínimo de 19  $\mu\text{s}.\text{cm}^{-1}$ , máximo de 89  $\mu\text{s}.\text{cm}^{-1}$  e média 55  $\mu\text{s}.\text{cm}^{-1}$ .

Para águas naturais a condutividade varia na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ , e em ambientais poluídos os valores podem chegar a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$  (BRASIL, 2006).

A condutividade pode ter relação direta com o teor de sólidos dissolvidos na água, e altos valores podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2006). Contudo, não há legislação específica que recomenda uma faixa adequada para CE em águas para consumo humano.

Somente em dois pontos amostrais (PÇ2 e PÇ4) o valor da condutividade elétrica foi maior na época da seca (24 e 89 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ , respectivamente). Verificou-se que houve diferenças entre as médias dos períodos de chuva e seca ( $p < 0,05$ ).

Portanto, conforme Helbel (2011), valores mais altos encontrados nos períodos de chuva podem ser atribuídos a elevação do nível do lençol freático e a entrada de águas de infiltração nos poços, que pode acarretar o aumento da concentração de sais mensurados por meio da condutividade elétrica. Com o aumento do nível da água, às águas subterrâneas passam a se conectar com as fontes de contaminação, e por isso, a condutividade se torna mais elevada (HELBEL, 2011), favorecendo também a elevação de outros constituintes da água.



**Figura 10** – Valores obtidos de condutividade elétrica no período de chuva e seca.

O maior valor encontrado de CE para as duas campanhas de amostragem referem-se mais uma vez à residência localizada em uma propriedade particular (PÇ1) localizada em

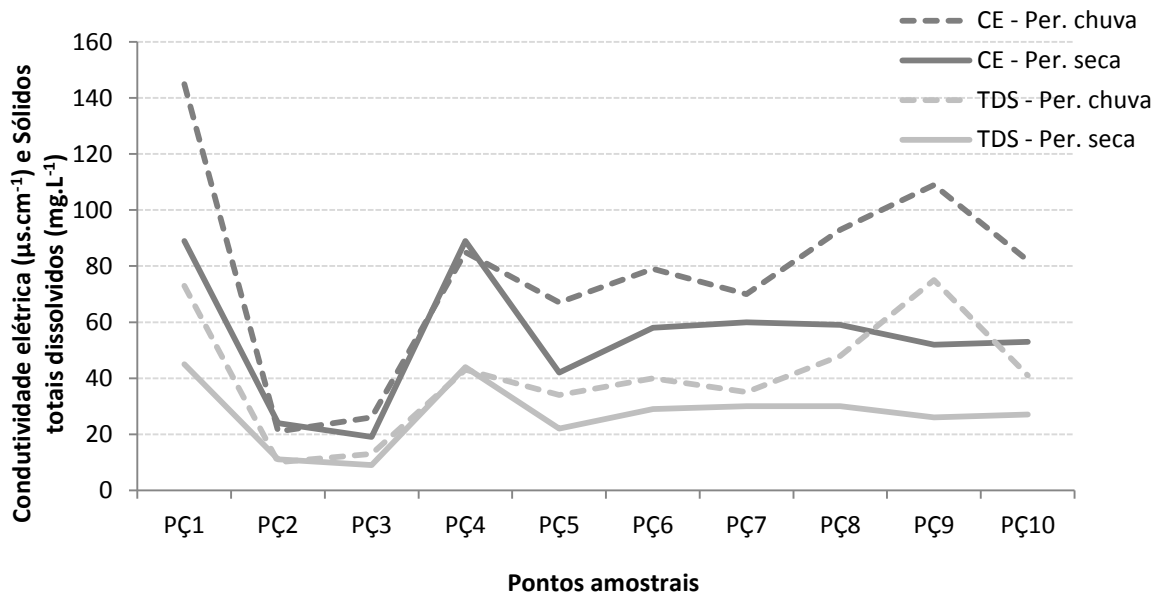
frente a LCA, podendo justificar o elevado valor por meio da percolação e infiltração de constituintes iônicos e sólidos devido a deposição de resíduos (sem impermeabilização) no solo.

Martins (2011), ao estudar a qualidade da água de poços na área do LD encontrou valores de CE semelhantes, com média de  $62\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$  (chuva) e  $64\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$  (seca). Rodrigues *et al.*, (2008) em seu trabalho realizado em Porto Velho obteve média de  $46\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Sisino & Moreira (1996), ao avaliarem a qualidade de águas subterrâneas em área de influência do aterro controlado do Morro do Céu em Niterói (RJ) em poços (não caracterizados) de alguns lotes, e encontrou valores bem elevados, com média de  $140\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$ , sendo que o menor valor foi de  $120\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

Assim como Silva (2008) estudando poços em Ji-Paraná encontrou valores de elevada amplitude, de 37 a  $679\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$  nos poços amazônicos e com maiores valores para o período de chuva.

Como mencionado, a condutividade elétrica pode ter relação com a concentração de sólidos dissolvidos totais (CETESB, 2006). Neste trabalho, a condutividade elétrica e os sólidos dissolvidos totais apresentaram comportamentos semelhantes em cada campanha de amostragem (FIGURA 11). Essa relação pode ser comprovada através do coeficiente de correlação, que para o período de chuva foi de 0,96 e para o período seco de 0,99 apresentando então uma forte correlação (NAGHETTINI & PINTO, 2007).

Dessa forma, demonstra que neste estudo há uma relação de causa e efeito entre os dois parâmetros, a medida que aumenta os sólidos dissolvidos presentes na água aumenta a condutividade elétrica, portanto, sendo necessário adotar formas higiênicas de modo a reduzir a possibilidade de entrada de sólidos e conseqüentemente a redução da condutividade elétrica.



**Figura 11** – Relação entre os valores obtidos de condutividade elétrica e de sólidos totais dissolvidos no período de chuva e seca.

### 3.2.4 Sólidos suspensos totais e Sólidos dissolvidos totais

Os sólidos totais (ST) presentes na água estão distribuídos das seguintes formas: sólidos suspensos totais (SST) ou sólidos dissolvidos totais (SDT). Desses, os sólidos suspensos podem estar na forma sedimentável ou não-sedimentável; e os sólidos dissolvidos na forma volátil ou fixo. Podem entrar na água de forma natural através de processos erosivos ou de forma antropogênica através do lançamento de resíduos e esgoto. Embora os parâmetros de turbidez e sólidos totais estejam associados, eles não são absolutamente equivalentes (BRASIL, p. 47, 2006).

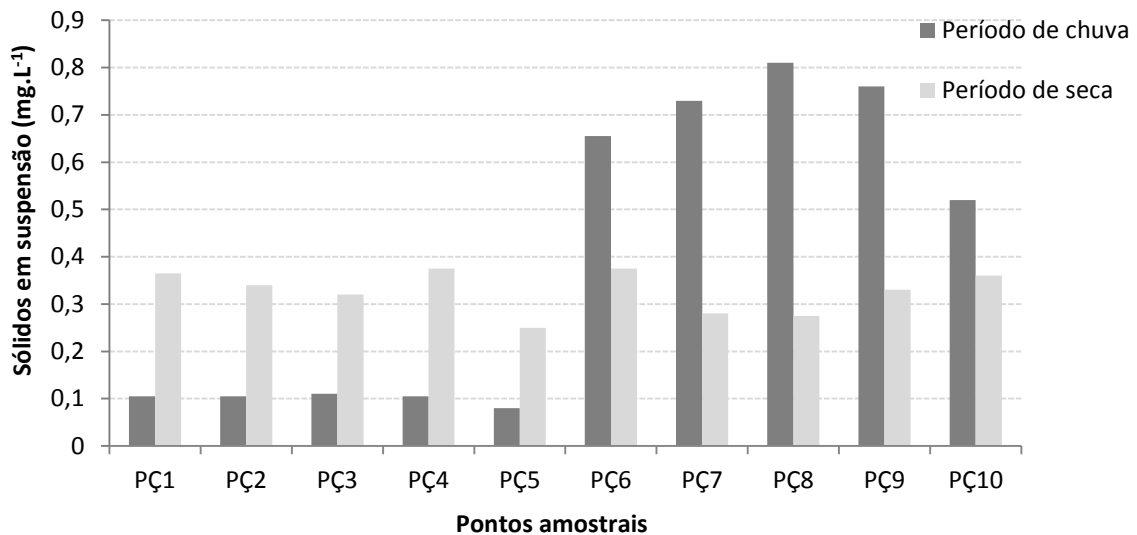
Portanto, os sólidos suspensos são definidos por partículas passíveis de retenção pelo processo de filtração, ou seja, é a parcela que não é filtrada (BRASIL, 2006), que permanece retida ao passar por filtros de papel com abertura padronizada, de 0,45 a 2,0µm (VON SPERLING, 2005). Já os sólidos dissolvidos totais são constituídos por partículas de diâmetro inferior a 10<sup>-3</sup>µm que permanecem na solução após a filtração (BRASIL, 2006).

Não há legislação referente à concentração de sólidos em suspensão, no entanto, a Portaria do MS 2.914/11 preconiza que para que a água atenda ao padrão de potabilidade a concentração de STD deve ser inferior a 1.000mg.L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2011).

Os resultados encontrados para os **sólidos suspensos totais (SST)**, para os dois períodos amostrados encontram-se na figura 12. Este parâmetro não apresentou diferença



estatística entre o período de chuva e seca ( $p>0,05$ ). Os valores variaram de 0,105 a 0,810 $\text{mg.L}^{-1}$  e média de 0,398 $\text{mg.L}^{-1}$  durante o período de chuva. Referente ao período de seca os resultados variaram de 0,275 a 0,375 $\text{mg.L}^{-1}$ , com média menor, de 0,327 $\text{mg.L}^{-1}$ .



**Figura 12** – Concentração de sólidos suspensos totais (SST) no período de chuva e seca.

Comparando-se os períodos de chuva e seca, em alguns pontos amostrados (PÇ6 ao PÇ10) foi observada uma diferença acentuada nos valores de SST. Isso pode ser decorrente da má proteção e vedação dos poços, como visualizado na figura 13, o que pode propiciar a entrada de sólidos. Condições impróprias e a falta de cuidado com os poços tornam-se meios de entrada dos sólidos através da água da chuva, que age como transportador carreando os detritos até o poço. Como também, na época seca há acúmulo de sedimentos e sólidos que podem ser transportados pela ação dos ventos.

Barcellos *et al.*, (2006) avaliaram 29 poços rasos e 18 nascentes distribuídas em duas comunidades rurais em Lavras, Minas Gerais. Os resultados dos autores constataram nos poços rasos, a variação dos sólidos totais foram de 356 a 23,33 $\text{mg.L}^{-1}$ , enquanto para as nascentes o parâmetro variou de 483 a 35 $\text{mg.L}^{-1}$ . Os autores atribuíram esses resultados a intensa atividade pecuária, uso de adubo, defensivos agrícolas e ainda a construção das fontes de água sem critérios técnicos.



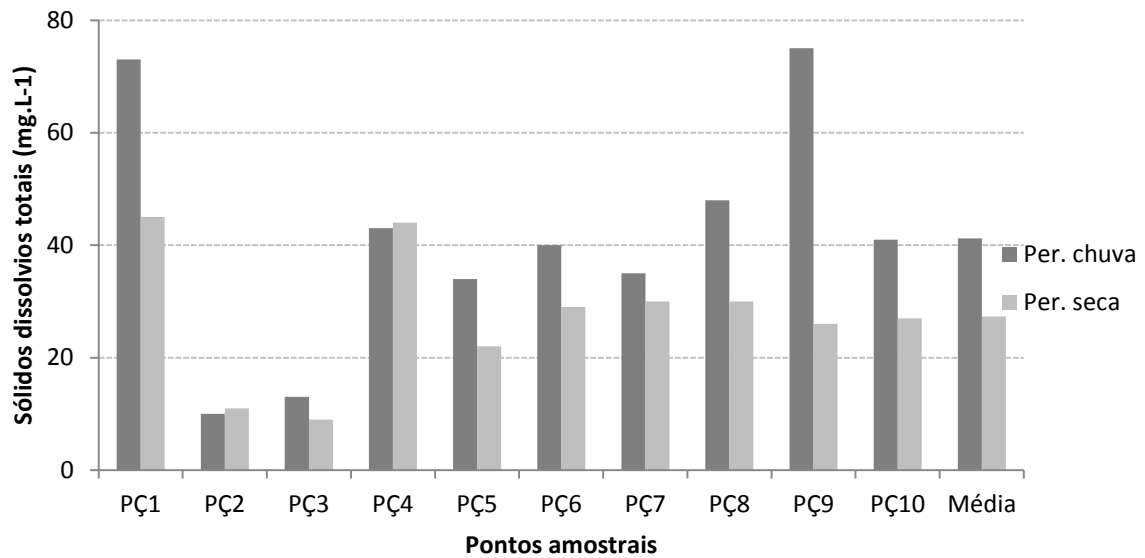
**Figura 13** – Condições impróprias de vedação. Bairro Boa Esperança, Ji-Paraná, RO, 2013. **Fonte:** Os organizadores.

Quanto aos valores de **sólidos dissolvidos totais (SDT)** encontrados, todos estão no intervalo preconizado pela Portaria 2.914/11/MS (até  $1000\text{mg.L}^{-1}$ ), como visto na figura 14.

Para o período de chuva os valores encontrados variaram de 10 a  $75\text{mg.L}^{-1}$  e média de  $41,2\text{ mg.L}^{-1}$ , contudo, no período de seca, os valores variaram de 9 a  $45\text{mg.L}^{-1}$  e média de  $27,3\text{mg.L}^{-1}$ . Vale destacar, que o ponto 1 (PÇ1) (localizado em frente ao LCA) mais uma vez obteve um dos maiores resultados nos dois períodos, 73 e  $45\text{mg.L}^{-1}$ , chuva e seca, respectivamente. Outro ponto com maior valor é o PÇ9 que é sem revestimento favorecendo a entrada de sólidos dissolvidos das características geológicas do local.

A análise estatística apontou que as médias entre os períodos de chuva e seca são diferentes ( $p < 0,05$ ), o mesmo ocorreu com a condutividade elétrica, isso comprova a possível relação entre essas duas variáveis.

A diferença estatística entre os dois períodos está relacionada com a elevação do nível do lençol freático e conseqüentemente com a conexão com fontes poluidoras, e com dissolução de minerais que compõe as rochas da região, provocando a entrada de sólidos dissolvidos e possível aumento da condutividade elétrica. Os SDT estão associados à presença de minerais que todas as águas possuem e que em excesso podem causar alteração do sabor, cor e odor (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000). Outro fator que justifica a diferença encontrada é que em períodos de chuva há maior carreamento de detritos pela superfície mal vedada dos poços.



**Figura 14** – Concentração de sólidos dissolvidos totais (SDT) e o valor estabelecido pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde.

Martins (2011), Silva (2008) e Helbel (2011) não analisaram o teor de SDT em seus respectivos trabalhos. Ferreira (2013), em sua pesquisa em poços na região central de Rondônia também constatou resultados no intervalo da legislação citada, portanto, no período de chuva a média foi de  $37,7\text{mg.L}^{-1}$  e para a seca de  $41,8\text{mg.L}^{-1}$ .

Vale ressaltar que, conforme Lauthartte (2013) as águas também podem apresentar maior concentração material particulado no período das águas altas, devido a percolação das águas da chuva no interior do solo.

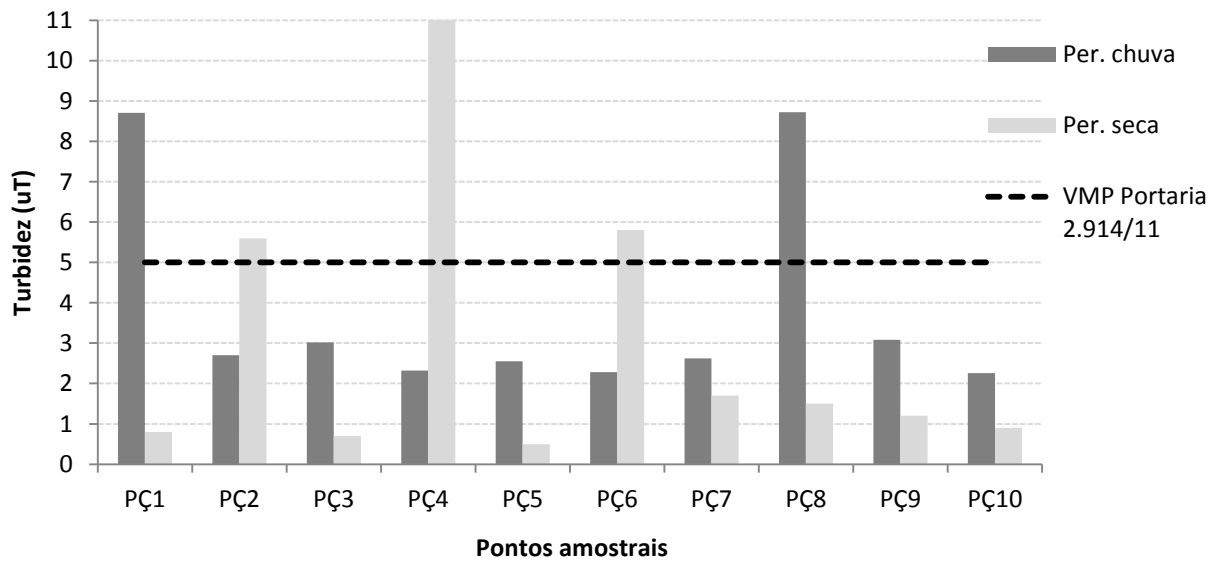
### 3.2.5 Turbidez

A turbidez pode ser definida como a medida do grau de interferência da passagem de luz através do líquido, representa o quanto turva esta uma água, portanto, quanto maior espalhamento do feixe de luz maior será a unidade de turbidez (CETESB, 2006), e no que se refere a poluição, mais poluída poderá estar o meio. A turbidez decorre da presença de material em suspensão, como: areia, silte, argila, bactérias, microorganismos, etc, e pode ter relação com os sólidos suspensos (BRASIL, 2006).

Conforme o Ministério da Saúde, a turbidez natural das águas está geralmente, compreendida na faixa de 3 a 500 unidades (BRASIL, 2006). Para fins de potabilidade, a Resolução do MS 2.914/11 preconiza que o limite máximo permitido para qualquer amostra

pontual deva ser de 5uT, bem como, águas destinadas ao consumo humano o valor máximo permitido (VMP) após a filtração lenta deve ser de 1uT, e filtração rápida ou desinfecção de 0,5uT.

Os valores de turbidez (FIGURA 15) apresentaram valores de 2,32uT a 8,71 uT no período de chuva e média igual a 3,83uT. No período de seca os valores foram inferiores variando de 0,5 a 11,2uT e média de 2,99uT. Não houve diferença estatística entre os períodos estudados ( $p>0,05$ ).



**Figura 15** – Valores de turbidez e o valor máximo permitido (VMP) pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde.

No período de chuva o maior valor encontrado (PÇ1) refere-se a amostra de água coletada próximo a LCA, e no período de seca um dos maiores valores (PÇ2) refere-se a uma propriedade em que o poço estava praticamente seco (água coloração marrom).

Para a primeira campanha de amostragem (chuva) dois pontos (PÇ1 e PÇ8) apresentaram valor acima de 5uT (valor estabelecido para qualquer amostra pontual) que são poços sem revestimento, e os demais estiveram entre 2 e 4uT. Assim, na segunda campanha (seca) três pontos (PÇ2, PÇ4 PÇ6) também apresentaram valores acima de 5uT, três (PÇ7, PÇ8 e PÇ9) estiveram um pouco acima de 1uT e três (PÇ1, PÇ3 e PÇ10) apresentaram valor entre 0,5 e 1uT; somente uma amostra (PÇ5) apresentou o menor valor (0,5uT) definido pela portaria 2.914/11.

Helbel (2011), no período de seca encontrou média de 1,10uT e 1,66uT no período chuvoso. Zuffo *et al.*, (2009), ao avaliar a qualidade da água subterrânea em poços escavados e tubulares em diferentes bacias hidrográficas, constatou que em Rondônia a média de turbidez frequentemente encontrada é de 7,794 uT e para bacia do rio Machado (pertencente ao município de Ji-Paraná) é de 2,26 uT.

Certamente os valores de turbidez encontrados são decorrentes de más condições de proteção e vedação encontradas em vários poços (FIGURA 13), que propicia principalmente, no período chuvoso, a infiltração de materiais orgânicos e sedimentos para o interior do poço. O lançamento de esgotos domésticos no local que pode contribuir para o aumento da turbidez (BRASIL, 2006).

Dessa forma, todos os pontos amostrados apresentaram nos dois períodos de estudo água inapropriada para o consumo imediato, havendo a necessidade de um tratamento simples por processo de filtração/clarificação previamente ao consumo de modo a reduzir a turbidez da água, isso porque as características dos poços rasos, sem revestimento, por exemplo, apontam condições mais propícias para a entrada de sólidos. Ressalta-se também a importância de adotar medidas higiênicas e de segurança, visto que, alguns poços apresentaram condições de perigo e susceptível a entrada e lixiviação, devido as coberturas simples de madeira sem qualquer estanqueidade.

Alguns autores (Lopes et al., 2009; Teixeira & Senhorelo, 2000; Carvalho, Paranhos & Paiva, 2004) analisaram a relação entre a turbidez e os sólidos suspensos em diversas bacias hidrográficas e apontaram correlação entre a turbidez e os sólidos suspensos. No entanto, para o presente estudo a correlação foi baixa, não apresentando relação direta entre esses dois parâmetros, sendo que a correlação para o período de chuva foi -0,024 e para seca 0,531, isso pode ser devido a maior dificuldade em infiltrar sólidos suspensos, portanto, os valores de turbidez neste caso podem estar associados aos sólidos de menores dimensões, como os sólidos coloidais e não aos suspensos. Assim, a correlação entre os dois parâmetros deve ser mais expressiva principalmente em águas superficiais onde há maior carreamento de sólidos, que em águas subterrâneas.

A análise da turbidez é recomendada pelo Ministério Saúde devido a sua influência nos processos usuais de desinfecção, visto que, águas turvas, através dos sólidos suspensos e demais sólidos, podem atuar como escudo aos microrganismos patogênicos e minimizar a ação dos desinfetantes adicionados (BRASIL, 2006; VON SPERLING, 2005).

### 3.2.6 Oxigênio Dissolvido (OD)

É considerado um dos parâmetros mais importantes para expressar a qualidade de um ambiente aquático. A variação da concentração de oxigênio dissolvido está associada aos processos físicos químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água (BRASIL, 2006).

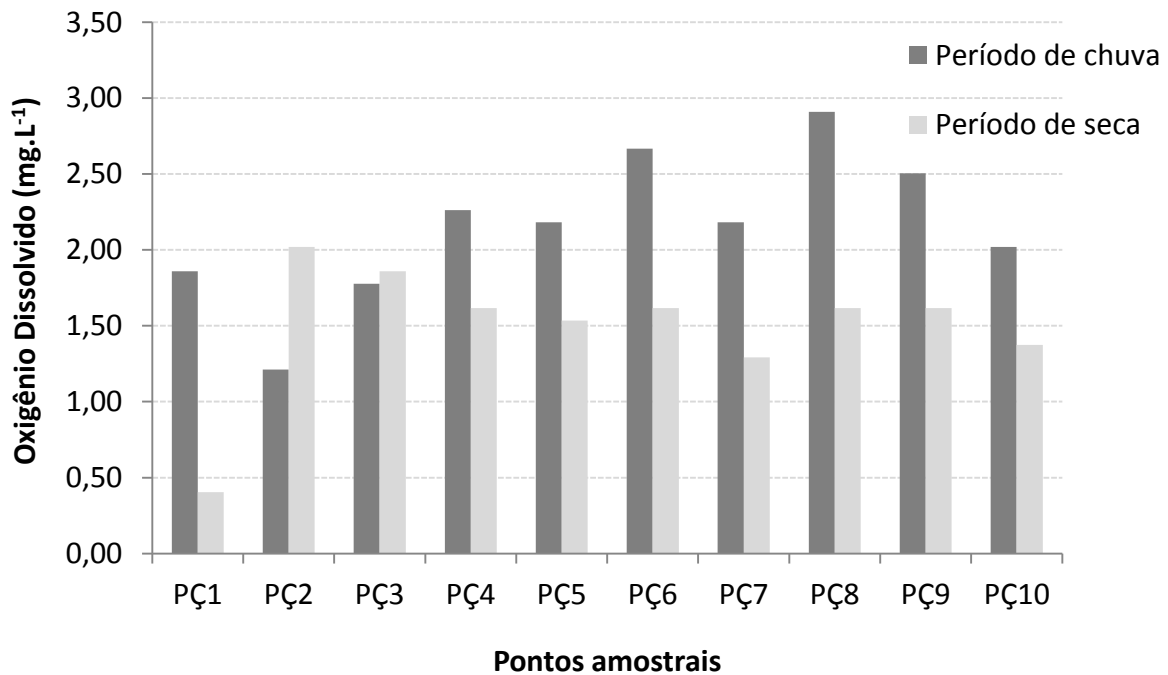
A importância do OD não se restringe apenas a sobrevivência de ambientes aquáticos. Em águas residuárias industriais ricas em material orgânico é desejável para prevenir a formação de substâncias com odores desagradáveis através da decomposição da matéria orgânica por processos anaeróbios que comprometem os diversos usos da água, como por exemplo, fonte de água potável (FIORUCCI & BENEDETTI FILHO, 2005).

Apesar de desejável nos sistemas aquáticos naturais, a presença de altas concentrações de OD não é conveniente em águas que percorrem tubulações de ferro e aço, por favorecer a corrosão, sendo recomendado valores de OD menores que  $2,5\text{mg.L}^{-1}$  (FIORUCCI & BENEDETTI FILHO, 2005).

No entanto, para a manutenção de vida aquática aeróbia é conveniente maiores concentrações de OD conforme o grau de exigência de cada organismo, são necessários teores mínimos de oxigênio dissolvido de  $2\text{mg.L}^{-1}$  a  $5\text{mg.L}^{-1}$  (BRASIL, 2006).

De acordo com Gonçalves, Cruz & Silvério (2009), em águas subterrâneas as concentrações de oxigênio dissolvido são menores que as concentrações encontradas em águas superficiais, isso ocorre devido não haver o contato da água com o  $\text{O}_2$  da atmosfera, não ocorrendo trocas gasosas.

Os valores de OD encontrados nos pontos amostrais conforme a sazonalidade estão ilustrados na figura 16. Para o período de chuva os valores variaram de 1,21 a  $2,91\text{mg.L}^{-1}$  e média de  $2,16\text{mg.L}^{-1}$ , na seca esses valores foram ainda menores, variando de 0,4 a  $2,2\text{mg.L}^{-1}$  e média  $1,49\text{mg.L}^{-1}$ . A média geral foi de  $1,82\text{mg.L}^{-1}$ . Não há legislação referente ao valor recomendado de OD para águas destinadas ao consumo humano.



**Figura 16** – Concentração de oxigênio dissolvido no período de chuva e seca.

Conforme a análise estatística as concentrações médias de OD para o período de chuva e seca foram consideradas diferentes ( $p < 0,05$ ). Provavelmente, essa constatação seja devido as maiores concentrações terem sido encontradas no período chuvoso, associado a movimentação mais intensa da água através dos eventos de precipitação, propiciando uma maior infiltração de água no solo assim atingindo as águas subterrâneas provocando a oxigenação da mesma.

Na mesma área de estudo, bairro Boa Esperança, Martins (2011) encontrou valores semelhantes, de  $0,81$  a  $3,88 \text{ mg.L}^{-1}$ , com média  $1,47 \text{ mg.L}^{-1}$  para dos dois períodos de estudo (chuva e seca). Helbel (2011), em vários poços distribuídos em Ji-Paraná encontrou as seguintes concentrações, média para o período chuvoso de  $3,39$  e de  $3,28 \text{ mg.L}^{-1}$  para o período seco.

Valores baixos de OD também podem estar associados a poluição de águas subterrâneas por despejos orgânicos (VON SPERLING, 2005).

### **3.2.7 Nitrito, Nitrato, Fluoreto, Cloreto, Sulfato, Sódio**

Através das análises dos principais constituintes iônicos os valores encontrados para os dois períodos analisados estão apresentados na tabela 5, bem como, os valores estabelecidos para o consumo humano conforme a legislação vigente do Ministério da Saúde 2.914/11 (BRASIL, 2011), bem como, a concentração do menor padrão usado na curva de calibração.

Na tabela 6 pode-se visualizar os intervalos das concentrações encontradas no presente estudo e de alguns trabalhos realizados no estado de Rondônia.



**Tabela 5** - Concentração de nitrito, nitrato, fluoreto, cloreto, sulfato e sódio, no período de chuva e seca e o valor máximo permitido pela legislação (unidade em mg.L<sup>-1</sup>).

Poços	Nitrito		Nitrato		Fluoreto		Cloreto		Sulfato		Sódio	
	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca
PÇ1	<0,01	<0,01	7,07	0,44	0,15	0,22	3,08	0,31	2,39	0,14	6,90	2,51
PÇ2	<0,01	<0,01	2,17	2,07	0,14	0,04	2,44	2,29	1,12	0,16	1,41	0,65
PÇ3	<0,01	<0,01	4,19	3,69	<0,01	0,04	1,93	1,21	0,03	0,08	1,99	0,63
PÇ4	<0,01	<0,01	11,12	23,22	0,02	0,05	1,66	6,37	0,10	0,29	6,13	7,17
PÇ5	<0,01	<0,01	11,37	13,01	0,01	0,05	1,98	2,06	0,11	0,10	3,86	3,78
PÇ6	<0,01	<0,01	13,96	13,29	0,06	0,08	3,09	2,48	0,06	0,33	6,45	2,41
PÇ7	<0,01	<0,01	11,83	15,25	0,03	0,06	3,68	4,99	0,87	0,10	5,28	4,85
PÇ8	<0,01	<0,01	11,64	15,37	0,01	0,06	4,09	4,45	4,02	1,80	11,97	6,37
PÇ9	<0,01	<0,01	21,02	13,91	0,03	0,07	6,56	6,68	0,63	0,13	10,02	0,43
PÇ10	<0,01	<0,01	16,92	16,94	0,01	0,06	1,66	3,69	0,03	0,17	6,66	2,63
Média	-	-	11,13	11,72	0,05	0,07	3,02	3,45	0,94	0,33	6,07	3,14
VMP												
Port. MS 2.914/11	1		10		1,5		250		250		200	

< 0,01mg.L<sup>-1</sup>: Concentração do menor padrão da curva de calibração.

VMP: Valor máximo permitido

**Tabela 6** – Concentração média (todos os períodos analisados) de nitrito, nitrato, fluoreto, cloreto, sulfato e sódio encontrados nesse trabalho e de alguns estudos realizados em Ji-Paraná e no estado de Rondônia.

Referência	Localidade	Concentração (mg.L <sup>-1</sup> )					
		Nitrito	Nitrato	Fluoreto	Cloreto	Sulfato	Sódio
Neste trabalho (2013)	Poços, B. Boa Esp. Ji-Paraná	<0,01.	11,42	0,060	3,23	0,63	4,60*
Martins (2011)	Poços, B. Boa Esp. Ji-Paraná	0,004	3,02	Na	Na	na	na
Lauthartte (2013)	Poços Jaci-Paraná	0,028	16,59	0,064	5,71	0,51	7,17
Helbel (2011)	Poços Ji-Paraná	0,025	6,74	Na	na	na	na
Silva (2008)	Poços Ji-Paraná	0,030	16,00	Na	24,94	na	na
Zuffo <i>et al.</i> , (2009)	Bacia Rio Machado	0,050	0,73	Na	23,62	1,88	na

Na – não analisado. B. Boa Esp. – Bairro Boa Esperança.

Dos íons analisados, somente o nitrato esteve fora do recomendado pela portaria 2.914/11/MS e, somente o sódio apresentou médias diferentes ( $p < 0,05$ ) entre as duas campanhas de coleta (chuva e seca).

No período de chuva e seca as concentrações de nitrito estiveram abaixo de 0,01mg.L<sup>-1</sup> estando assim no intervalo recomendado pela Portaria 2.914/11 que deve ser de até 1mg.L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2011) de teor de nitrito, de forma que não foi possível o tratamento estatístico.

Martins (2011) na mesma localidade encontrou valor média de 0,004mg.L<sup>-1</sup> e máximo de 0,115mg.L<sup>-1</sup>, Silva (2008), em diversos poços de Ji-Paraná, de 0,43mg.L<sup>-1</sup> e Lauthartte (2013) em Jaci-Paraná de 0,049mg.L<sup>-1</sup>. Zuffo *et al.*, (2009) analisando águas subterrâneas da Bacia do Rio Madeira encontrou intervalo de 0 a 1,2mg.L<sup>-1</sup> de nitrito.

As baixas concentrações de nitrito encontradas no presente trabalho podem estar relacionadas ao fato do nitrito ser rapidamente convertido em nitrato por bactérias, como colocado por Feitosa & Manoel Filho (2000).

Dos íons analisados o nitrato foi o único elemento que esteve acima do recomendado (10mg.L<sup>-1</sup>) pela Portaria 2.914/11/MS. A média no período de chuva e seca foram de 11,13 e

11,72mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente, de forma que não houve diferença estatística entre os períodos analisados.

Portanto, 8 pontos (dos 10 analisados) apresentaram concentrações acima da legislação, de 10mg.L<sup>-1</sup>, para águas destinadas ao consumo humano, seguindo a Portaria do MS. Martins (2011) obteve concentrações menores, variando de não detectado – 6,41mg.L<sup>-1</sup>. Lauthartte (2013), encontrou maior variação, de 0,097 a 142,6mg.L<sup>-1</sup>, Silva (2008) de 0,15 a 53,18mg.L<sup>-1</sup>, e Zuffo *et al.*, (2009) de não detectado a 13,11mg.L<sup>-1</sup>.

Em águas subterrâneas os teores de nitrato são normalmente abaixo de 5mg.L<sup>-1</sup>, no entanto, teores acima podem ser indicativos de contaminação por atividade humana, como esgotos, fossas sépticas e depósitos de resíduos (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000). Assim, tais valores indicam que as fossas, a falta de sistema de esgotos, e as características dos poços escavados (pouca profundidade) e a decomposição dos resíduos preense no LD são fatores que podem estar contribuindo para as concentrações de nitrato encontradas nessa área.

Níveis de nitrito e nitrato em água potável podem ser prejudiciais a saúde humana, causando doenças graves, como a metahemoglobinemia, caracterizado por uma anemia profunda, conhecida como “síndrome do bebê azul”, que pode por asfixia levar a morte e câncer no estômago (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

Portanto, uma forma de solucionar esta situação é indicado eliminar as fontes poluidoras, através da construção de fossas sépticas que segunda NBR 13.969/97 são consideradas fontes alternativas de tratamento.

Já o Flúor, o valor orientador para águas destinadas ao consumo humano prevê que os teores de fluoreto devem ser de até, 1,5mg.L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2011). As médias encontradas para os dois períodos analisados foram bem inferiores, de 0,05mg.L<sup>-1</sup> para o período de chuva e 0,07mg.L<sup>-1</sup> para seca.

Através das análises estatísticas os valores encontrados não variaram conforme a sazonalidade. O intervalo variou de <0,01mg L<sup>-1</sup> até 0,22mg.L<sup>-1</sup> de fluoreto.

Dos autores que realizaram estudos semelhantes no estado de Rondônia, somente Lauthartte (2013) realizou análise desse parâmetro, e as concentrações encontradas pela autora de 0,0041 a 0,43mg.L<sup>-1</sup>, foram semelhantes às concentrações encontradas neste trabalho. É possível que na geologia da região não possua minerais associados ao flúor, às rochas ígneas (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

Até certa quantidade ( $1,5\text{mg.L}^{-1}$ ) o flúor é considerado benéfico a saúde na prevenção de cáries de crianças em fase de crescimento, acima desse valor é prejudicial aos dentes e deformação dos ossos (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

O cloreto também foi um dos parâmetros que esteve bem abaixo do recomendado pelo Ministério da Saúde. As médias foram de  $3,02\text{mg.L}^{-1}$  (chuva) e  $3,05\text{mg.L}^{-1}$  (seca), sendo o máximo valor de  $6,86\text{mg.L}^{-1}$  (PÇ9), portanto dentro do preconizada pela legislação, que é de  $250\text{mg.L}^{-1}$ .

Lauthartte (2013) e Silva (2008) encontraram valor máximos maiores, de 37,8 e 53,16, $\text{mg.L}^{-1}$ , respectivamente. Já Zuffo *et al.*, (2009), encontraram valor bem mais elevado ( $464\text{mg.L}^{-1}$ ) do preconizado pela Portaria do MS. Portanto, as concentrações podem estar associados a dissolução de minerais (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000), e uma parcela relacionada a contaminação proveniente do LD contudo, para afirmar tal situação recomenda-se a análise aprofundada da geologia do local.

Sisino & Moreira (1996) em águas próximas a um aterro de Niterói encontrou também valores baixos de cloreto, com média de  $10,4\text{mg.L}^{-1}$  e na nascente de  $13\text{mg.L}^{-1}$ .

Assim como o cloreto, o teor recomendado de sulfato em águas destinadas ao consumo humano é de  $250\text{mg.L}^{-1}$  (BRASIL, 2011).

No presente estudo, todos os pontos apresentaram valores no intervalo recomendado pela Portaria 2.914/11/MS que é de  $250\text{mg.L}^{-1}$ , entretanto, as concentrações tiveram a maior variação entre os períodos estudados, chegando a  $4,2\text{mg.L}^{-1}$ . A média no período de chuva e seca, foram de 0,94 e  $0,3\text{mg.L}^{-1}$ , respectivamente. As médias não foram diferentes entre os períodos como confirma a estatística aplicada ( $p>0,05$ ), apesar de no período de chuva os valores tenderam a serem maiores, provavelmente devido a maior capacidade de lixiviação e dissolução de minerais.

Em áreas próximas ao Aterro Controlado Morro Céu – RJ, Sisino & Moreira (2006) apontam que não foi detectado concentrações de sulfato nas amostras de água, sugerindo que estes sejam reduzidos a sulfeto.

Lauthartte (2013) encontrou valores semelhantes para o parâmetro sulfato, variando de 0,03 a  $4,02\text{mg.L}^{-1}$ . Os valores apresentados por Silva (2008), variaram de não detectado a  $18,92\text{mg.L}^{-1}$ . Zuffo *et al.*, (2009) encontraram concentração máxima de  $27,37\text{mg.L}^{-1}$ . Portanto, de maneira geral, pressupõe que a geologia do local não provem de minerais que favoreçam a presença de sulfato, o mesmo ocorre com os outros parâmetros analisados em

que estiveram bem abaixo da legislação, visto que, a frequência desses constituintes iônicos estão associados com a geologia local.

Dentre os íons analisados, o sódio ( $\text{Na}^+$ ) foi um dos constituintes que apresentaram maior diferença entre os dois períodos, chuva e seca, inclusive através da análise estatística ( $p < 0,05$ ). No período chuvoso a média encontrada foi de  $6,07 \text{mg.L}^{-1}$  e na seca de  $3,14 \text{mg.L}^{-1}$ . Diante desses resultados, credita-se que o solo da região contenha mineral como os feldspatos que são os originários do sódio, e em épocas de chuva tendem a ser lixiviados e dissolvidos nas águas subterrâneas, diferentemente do período de seca, em que não há ação externa para dissolver esses sais (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

A legislação do MS Port. 2.914/11 prevê que para águas destinadas ao consumo humano a concentração limite de sódio deve ser de até  $200 \text{mg.L}^{-1}$  (BRASIL, 2011), portanto, todos os valores encontrados estão no recomendado pela portaria.

Lauthartte (2013), encontrou teores de sódio variando de  $0,0039$  a  $50,11 \text{mg.L}^{-1}$ , com média de  $7,17 \text{mg.L}^{-1}$ . Silva (2008) obteve resultados com maiores teores de sódio, variando de  $2,43$  a  $171,41 \text{mg.L}^{-1}$ , no entanto, todos ainda considerados abaixo do valor preconizado pela legislação vigente. Independente de estarem abaixo da legislação, para o consumo humano águas que contenham teores de sódio tendem a serem prejudiciais à saúde, através de problemas de hipertensão e cardíacos.

### 3.3 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

O grupo de coliformes é constituído por um grande grupo de bactérias e é amplamente utilizado como indicador de qualidade ambiental, seja em amostras de água e solo, poluídas ou não poluídas. A vantagem do uso dos coliformes como indicadores de contaminação fecal é sua presença em grandes quantidades em esgotos domésticos, visto que cada pessoa elimina bilhões dessas bactérias diariamente (BRASIL, 2006).

Os principais indicadores de contaminação comumente utilizados são: Coliformes totais (CT) que dentro desse grupo tem-se, os Coliformes fecais (CF) onde a *Escherichia coli* (EC) é a principal bactéria do grupo CF. Os CT estão associados aos coliformes “ambientais”, sendo possível de serem encontrados em solos e águas não necessariamente contaminados, eles são organismos de vida livre e não intestinal, portanto, não deve ser utilizado como

indicador exclusivamente de contaminação fecal. Dentre os coliformes totais encontram os fecais e não fecais (VON SPERLING, 2005).

Dentre o grupo dos CF a *Escherichia coli* é a principal bactéria abundante nas fezes humanas e de animais, sendo encontrada facilmente em esgotos domésticos ou águas naturais sujeitas a contaminação recente por seres humanos, diferentemente dos CT e CF a *E. coli* é a única que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal, não necessariamente que seja originário do ser humano (VON SPERLING, 2005).

Os valores verificados para os parâmetros microbiológicos estão descritos na tabela 7.

**Tabela 7** – Resultados microbiológicos das amostras de água subterrânea conforme sazonalidade e o valor recomendado pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde.

Pontos amostrais	CT	CT	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>
	UFC/100mL <i>chuva</i>	UFC/100mL <i>seca</i>	UFC/100mL <i>chuva</i>	UFC/100mL <i>seca</i>
PÇ1	90.000	2.000	40.000	1.000
PÇ2	14	7.300	0	300
PÇ3	2.396	900	98	200
PÇ4	8.300	800	4.100	0
PÇ5	145	700	8	0
PÇ6	7.100	4.000	1.100	0
PÇ7	42.996	5.000	13.000	0
PÇ8	3.190	900	1.295	0
PÇ9	1.589	500	1.390	100
PÇ10	2.089	2.500	1.990	100
Média	15.782	2.460	6298	170
Port. MS 2.914/11	Ausente em 100mL			

Conforme apresentado na tabela 7, todas as amostras apresentaram contaminação por bactérias do grupo coliformes em ambos os períodos estudados. A *E. coli* esteve presente em praticamente todas as amostras do período chuvoso (exceto PÇ2), já no período de seca a contaminação foi menor, visto que 5 poços apresentaram ausência de *E. coli*.

Dessa forma, as amostras não se enquadram ao valor recomendado pela Portaria do Ministério da Saúde, nº2.914/11, que cita que a água destinada ao consumo humano deve estar isente de bactérias do grupo coliformes totais e *E. coli* em 100mL de água (BRASIL, 2011).

Importante ressaltar que o ponto denominado de “PÇ1” esta localizado enfrente a lixeira controlada ativa, e apresentou concentrações elevadas de coliformes. Isso pode ser

proveniente do descarte de resíduos na área, principalmente através da descarga de caminhões “limpa-fossa”, que podem estar contribuindo para a entrada de coliformes via lençol freático. Visualizando-se a área nota-se que a LCA encontra-se em cota superior, e conseqüentemente a residência se encontra mais abaixo, favorecendo a percolação de contaminantes.

Assim como colocado por Zuffo (2009), essas águas são consideradas impróprias para consumo humano, caso não recebam um tratamento prévio através da cloração.

De acordo com estudos semelhantes realizados em Ji-Paraná por Silva (2008), Helbel (2011) e Martins (2008) e Rodrigues *et al.*, (2008) realizado em Porto Velho, tais autores também encontraram contaminação por bactérias do grupo coliformes.

Em especial Martins (2011), estudando a mesma localidade também verificou contaminação por coliformes em todos os poços, entretanto, seus valores foram menores, com média para 2.050 o período de chuva menor (2.050 UFC/100mL) do que para o período de seca (3.047UFC/100mL). Para Martins (2011) esse comportamento era de se esperar pois no período chuvoso há a ação da diluição, fazendo com que as densidades de microrganismos sejam menores.

No entanto, no atual estudo, o comportamento foi diferente, visto que as maiores densidades de *E. coli* foram encontradas no período de chuva apresentando diferente entre os períodos ( $p < 0,05$ ). Tal resultado pode ser explicado devido ao aumento do nível do lençol freático que acaba interligando com as fontes poluidoras, visto que os poços da região em estudo são caracterizados como poços rasos (10m aproximadamente), sem condições sanitárias adequadas. Além disso, em todas as residências há a presença de fossas negras como observado por Martins (2011). Há de se considerar também a ação transportadora que a chuva exerce e que devido às condições impróprias de vedação, acabam carreando detritos e fezes de animais até o poço.

A NBR 7229/1993 (projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos), delimita a distancia horizontal mínimo de 15 metros de poços freáticos (ABNT, 1993).

Portanto, Camargo & Paulosso (2009), apontam que a distância fora dos padrões (15 metros) do poço da fossa propicia a contaminação, bem como, por serem poços rasos e construídos manualmente, são mais susceptíveis a contaminação, situação semelhante da encontrado no bairro Boa Esperança. Uma evidência da contaminação do lençol freático por fossas é que os maiores números de contaminação por microorganismos encontrados foram

aqueles em que o período chuvoso atingiu valores maiores de precipitação (CAMARGO & PAULOSSO, 2009).

Quando se trata de contaminação microbiológica da água subterrânea, Silva (2008) coloca que possivelmente haja um trânsito de bactérias através do aquífero, devido o fato de existirem poucos poços bem protegidos da entrada de contaminantes.

Segundo Rodrigues *et al.*, (2008), os elevados níveis bacteriológicos por eles encontrados estão diretamente relacionados as fossas sem critérios de segurança, com contribuições fluvial de lançamento de esgotos e resíduos para as proximidades dos poços ou em direção aos corpos hídricos, como igarapés e córregos.

Sabe-se que o município de Ji-Paraná não possui sistema de coleta e tratamento de esgoto, dessa maneira, os esgotos domésticos são lançados nos corpos receptores sem devido tratamento, e através de fatores como a percolação, infiltração e características do solo, acarretam a entrada de substâncias que atingem o lençol freático. Zuffo *et al.*, (2009), coloca que a textura, espessura e permeabilidade do solo também são fatores que podem estar relacionados com a contaminação por bactérias do grupo coliformes.

A determinação de bactérias do grupo Coliformes pode indicar a existência de microorganismos patogênicos responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, como febre tifóide, desinteira e cólera, sendo então considerado um importante indicador de qualidade ambiental (CETESB, 2006).

Importante destacar que Martins (2011) em estudo realizado na mesma área constatou que a maioria da população não faz nenhum tipo de pré-tratamento para o consumo da água ou fazem de maneira irregular, e uma pequena parcela utiliza o procedimento de filtração antes do consumo. Portanto, a população do bairro Boa Esperança está diariamente sujeita a adquirir doenças de veiculação hídrica, sendo necessária urgentemente a adoção de políticas públicas direcionadas para tal área, como a instalação de sistemas de abastecimento de água e extinção dos poços para consumo humano, aliado ao sistema de esgotamento sanitário em todo município.

É importante ressaltar que conforme o artigo 12º, parágrafo III, da Portaria 2.914/11/MS, compete aos municípios inspecionar o controle da qualidade da água produzida e distribuída e as práticas operacionais adotadas no sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, notificando seus respectivos responsáveis para sanar as irregularidades apresentadas.



### 3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Por intermédio da análise estatística aplicada a todos os parâmetros analisados (exceto nitrito e pH), foi possível perceber que para as análises em amostras de água os seguintes parâmetros apresentaram concentrações que diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ) entre o período de chuva e seca: sólidos dissolvidos totais, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sódio e *E. coli*. Segue na tabela 8 os valores de p encontrados para as análises em amostras de água.

Dessa forma, foi possível perceber que os maiores valores dos parâmetros foram referentes ao período de chuva, portanto, devido a ação da precipitação que age lixiviando a carga dos constituintes presente no solo para o lençol subterrâneo. Para o oxigênio dissolvido, a precipitação age oxigenando a água.

Bem como, a condutividade elétrica e os sólidos dissolvidos totais apresentaram correlação (0,97) entre-si nos dois períodos (chuva e seca), apresentando comportamento de causa e efeito. No entanto, a turbidez e os sólidos suspensos não apresentaram correlação expressiva.

**Tabela 8** - Resultados da análise estatística (valor de p) referente aos parâmetros avaliados em amostras de água.

<b>Parâmetro analisado</b>	<b>Valor de p</b>
Temperatura	0,07
pH	0,17
Turbidez	0,65
Sólidos dissolvidos totais	<b>0,01</b>
Sólidos suspensos totais	0,44
Oxigênio dissolvido	<b>0,03</b>
Condutividade elétrica	<b>0,01</b>
Nitrato	0,88
Fluoreto	0,11
Cloreto	0,65
Sulfato	0,17
Sódio	<b>0,02</b>
Coliformes totais	0,07
<i>E. coli</i>	<b>0,02</b>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise estatística apontou diferença significativa entre os períodos estudados para as variáveis: condutividade elétrica, a concentração de sólidos dissolvidos totais, oxigênio dissolvido, sódio e a densidade de *E. coli*, as quais apresentaram maiores valores no período chuvoso. Tal resultado demonstra que estas variáveis sofreram maior influência da sazonalidade, e que em períodos de chuva a precipitação pode agir de forma a interligar os poços com as fontes poluidoras, lixiviando contaminantes até as águas subterrâneas.

Diante dos resultados obtidos, constatou-se que todos os poços analisados apresentaram valores de nitrato e coliformes que não se enquadraram na Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Esse resultado possivelmente está relacionado à contaminação da água proveniente de efluentes domésticos, devido à ausência de sistema de esgotamento sanitário na região. Portanto, recomenda-se a filtração e desinfecção da água antes do consumo da mesma, no intuito de reduzir a possibilidade de transmissão de patógenos.

Além disso, os resultados obtidos no presente estudo auxiliarão os tomadores de decisão do município de Ji-Paraná a promoverem o manejo adequado das áreas de deposição de resíduos, tomando os cuidados necessários para selecionar as áreas destinadas a construção do aterro sanitário do município, por exemplo através de estudos de vulnerabilidade ambiental o qual dará respostas como, áreas em solos do tipo argilosos, baixas declividades e áreas distantes de corpos hídricos e núcleos populacionais, levando em consideração a expansão do município.

Por fim, recomenda-se o monitoramento constante das águas subterrâneas do Bairro Boa Esperança aliado à conscientização da população sobre a necessidade do tratamento prévio da água para o consumo por meio de filtração e cloração da água. Como também,

informar quanto aos cuidados com a manutenção dos poços, que os mesmos devem ser de preferência tubulares, profundos, com revestimento, com tampa de vedação estanque e filtros, e distante de fossas/sumidouros (NBR 12244/2006). É necessário também a substituição de fossas negras por fossas sépticas, o qual devem conter dispositivos de entrada, saída, revestimento, câmeras interligantes, abertura de inspeção, dentre outros mencionados na NBR7223/93.

Uma forma de auxiliar para que as populações dessas regiões tenham conhecimento é através de comunicados em rádios, visitas, palestras e elaboração de cartilhas educativas. Bem como, é de extrema importância e de competência dos órgãos públicos a implantação do sistema de distribuição de água e esgotamento sanitário na região, visto que, as águas subterrâneas por mais que protegidas são, devido às ações antrópicas e a falta de fiscalização estão cada mais vulneráveis a contaminações, tornando-a inadequada para o consumo humano.

## REFERENCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 842**. Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos. Rio de Janeiro, 1983.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 7229**. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 10.004**. Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 10.664**. Águas – Determinação de resíduos (sólidos): Método gravimétrico. Rio de Janeiro, 1989.

APHA (*American Public Health Association*). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington: **American Public Health Association**, 20 ed. 1998.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. 4 ed. Porto Alegre: Brookman, 2011. 844p.

BARCELLOS, C.M.; ROCHA, M.; RODRIGUES, L. S.; COSTA, C.C.; OLIVEIRA, P.R. de.; SILVA, I. J.; JESUS, E. F. M.de.; ROLIM, R.G. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v..22, n. 9, p. 1967-1978, setembro de 2006.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 03 ago, 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636> >. Acesso em: jan. 2013.

BRASIL. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentado**. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Secretaria de Desenvolvimento Territorial. Território Central - Estado de Rondônia, 2007.

BRASIL. Portaria n° 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde (MS). **Diário Oficial da União**, 26 dez, 2011. 266p.

BRASIL. Resolução n° 396 de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Diário Oficial da União**, n. 66, 07 abr, 2008a. 66p.

BRASIL. **Vigilância e controle da qualidade de água para consumo humano**. Ministério da Saúde (MS). Brasília: MS, 2006. 212p.

CAMARGO, M. F.; PAULOSSO, L. V. Avaliação qualitativa da contaminação microbiológica das águas de poços no município de Carlinda – MT. Londrina: **Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 30, n.1, jan-jun, p. 77-82, 2009.

CARVALHO, K. S.; PARANHOS, R. M.; PAIVA, J. B. D. Limitações ao uso da relação entre turbidez e concentração de sedimento em suspensão em duas pequenas bacias em Santa Maria, RS. **In: Congresso Latino Americano de Hidráulica**, 21, São Pedro-SP, 2004.

CAVALCANTE, F.; FRANCO, M. F. A. Profissão perigo: percepção de risco à saúde entre os catadores do lixão Jangurussu. Fortaleza: **Revista Mal Estar e Subjetividade**, v. 7, março, 2007.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). **Águas superficiais, variáveis de qualidade das águas**. São Paulo: CETESB, 2006. Disponível em: <[www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/109-variaveis-de-qualidade-das-aguas](http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/109-variaveis-de-qualidade-das-aguas)>. Acesso em: mai. 2013.

DANIEL, L. A. Métodos alternativos de desinfecção da água. (PROSAB - Rede Cooperativa de Pesquisas). São Carlos, 2001. 149 p.

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

FARIAS, W. M.; MARTINS, E. S.; CARDOSO, F. B. F. & CARVALHO, J. C. A influência do oxi-hidróxido de Fe matricial no comportamento mecânico de solos tropicais em áreas de disposição de resíduos sólidos. **Espaço e Geografia**, v. 6, n. 2, p. 115-131, 2003.

FEITOSA, A. C. F.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações**. 2. ed. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, Fortaleza: Editora Gráfica LCR, 2000. 392p.

FERREIRA, J. A.; ANJOS, L. A. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. Rio de Janeiro: **Saúde Pública**, p. 689-696, mai-jun, 2001.

FERREIRA, R. F. **Avaliação da qualidade da água utilizada por produtores de polpa de fruta na região central de Rondônia**. Ji-Paraná: UNIR, 2013. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2013.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. São Paulo: **Química Nova na Escola**, v. 22, p. 10-16, 2005.

FRANÇA, R. G.; RUARO, E. C R. Diagnóstico da disposição final dos resíduos sólidos urbanos na região da Associação dos Municípios do Alto Irani (AMAI), Santa Catarina. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 14, n. 6, p. 2191-2197, 2009.

FUNASA (Fundação Nacional de Saúde). **Manual de saneamento**. 3. ed. Brasília: FUNASA, 2006. 408p.

GIANPÁ, C. E. Q.; GONÇALES, V. G. **Orientações para a utilização de águas subterrâneas no estado de São Paulo**. São Paulo: FIESP/ABAS, 2005.

GONÇALVEZ, C.; CRUZ, L. T. M.; SILVÉRIO, P. F. Soluções rastreáveis e estáveis para determinação de oxigênio dissolvido em águas subterrâneas: melhoria da qualidade técnica dos resultados de campo. In: Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo, I, 2009. São Paulo. **Anais**. São Paulo: ABAS, 2009.

HELBEL, A. F. **Análise da qualidade das águas subterrâneas no perímetro urbano de Ji-Paraná / RO – Brasil**. Ji-Paraná: UNIR, 2011. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2011.

IBAM (Instituto Brasileiro de Administração Municipal). **Gestão integrada de resíduos sólidos**: Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pnsb2008/PNSB\\_2008.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf)>. Acesso em: mar. 2013.

LAUTHARTTE, L. C. **Avaliação da qualidade de água subterrânea no distrito de Jaci-Paraná, município de Porto Velho – RO**. Porto Velho: UNIIR, 2013. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente), Universidade Federal de Rondônia, 2013.

LOPES, G. R.; TÁVORA, B. E.; SANTOS, R. M.; KOIDE, S. Estudo sobre correlação entre turbidez e sólidos em suspensão para estimativa da vazão sólida em uma pequena bacia. **In**: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 18, 2009. Campo Grande. **Anais**. Campo Grande: ABRH, 2009.

MARTINS, I. A. V. **Avaliação da qualidade da água subterrânea em área de influência do lixão inativo no bairro Boa Esperança (Ji-Paraná/RO)**. Ji-Paraná: UNIR, 2011. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2011.

MUÑOZ, S. I. S. **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP**: Avaliação dos níveis de metais pesados. Ribeirão Preto: USP, 2002. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental), Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2002.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 561p.

NORDEMANN, L. M. A geoquímica e o meio ambiente. São José dos Campos: **Geochimica Brasiliensis**, INPE, p.89-107, 1987.

OLIVEIRA, C. P. Águas subterrâneas: fontes legais e seguras de abastecimento. Caderno Técnico, nº 5, São Paulo: **ABAS**, 2012, 112p.

PLANO de Gerenciamento Ambiental da Lixeira Controlada do Município de Ji-Paraná. Ji-Paraná: Prefeitura do município de Ji-Paraná, RO, março, 2008. 40p.

PLANO Municipal de Saneamento Básico. **Plano setorial de limpeza urbana, manejo e gestão integrada de resíduos sólidos do município de Ji-Paraná.** Ji-Paraná: Prefeitura do município de Ji-Paraná, RO: agosto, 2012. 200p.

PRAD (Plano de Recuperação de Áreas Degradadas). **Área destinada ao depósito de resíduos sólidos urbanos da cidade de Ji-Paraná.** Ji - Paraná: Prefeitura do Município de Ji-Paraná, RO, novembro, 2008. 50p.

RODRIGUES, E. R. D.; SANTOS, J. P.; MARTINS, A. S.; BASTOS, W. R.; CARVALHO, D. P.; HOLANDA, I. B. B.; ALMEIDA, R & NASCIMENTO, E. L. Avaliação espacial da qualidade da água subterrânea na área urbana de Porto Velho – Rondônia – Brasil. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, XV, 2008, São Paulo. **Anais.** São Paulo: ABAS, 2008.

ROLLA, M. E.; RAMOS, S. M.; CARVALHO, M. D.; MOTA, H. R.; ALMEIDA, A. C. P. P. **SISÁGUA.** Manual de procedimentos de coleta e metodologias de análise de água. Belo Horizonte: **SISÁGUA, CEMIG,** 2009. 87p.

SEDAM (Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental). **Boletim Climatológico de Rondônia 2010.** Porto Velho: COGEO, v. 12, 2012.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos.** 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica/ Agência Nacional de Água, 2001, 328p.

SILVA, A. G. **Estudo da contaminação do lençol freático através da integração de técnicas geofísicas e geoquímicas em Ji-Paraná- RO.** Rio Claro: UEP, 2008. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2008.

SILVA, R. C. A. & ARAUJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência e Saúde Coletiva,** p. 1019-1028, 2003.

SISINNO, C. L. S.; MOREIRA, J. C. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influencia do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Rj. **Rio de Janeiro: Saúde Pública,** v.12, n.4, out-dez, p. 515-523, 1996.

TEIXEIRA, E. C.; SENHORELO, A. P. Avaliação de correlação entre turbidez e concentração de sólidos suspensos em bacias hidrográficas com uso e ocupação diferenciada. **In:** Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27, ABES, 2000.



TRENTIN, P. S.; BOSTELAMANN, E. Para sólidos totais, dissolvidos e em suspensão em amostras de água. **Metrologia e Instrumentação**. Dez, 2010.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001, 2003. 156p.

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

WEBLER, A. D. ; AGUIAR, R. G. ; AGUIAR, L. J. G. Características da precipitação em área de floresta primária e área de pastagem no Estado de Rondônia. **Revista Ciência e Natura**, v. Esp., p. 55-58, 2007.

WINCANDER, R.; MONROE, J. S. **Fundamento da Geologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2009. 507p.

ZIMBRES, E. **Guia avançado sobre água subterrânea**. UERJ. Disponível em: <http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/aguasubterranea.htm>. Acesso em: mai. 2013.

ZOBY, J. L. G. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 15., 2008, Natal. **Anais...** Natal: ABAS, 2008. p. 1-20.

ZUFFO, C. E. ABREU, F. A. M.; CAVALCANTE, I, N. & NASCIMENTO, G. F. Águas subterrâneas em Rondônia: Análise estatística de dados hidroquímicos, organolépticos e bacteriológicos. São Paulo: **Instituto Geológico**, v. 30, p. 45-49, 2009.