

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ – UNITAU**  
**UILES JESUS OLIVEIRA**

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA EM ÁGUA**  
**DE POÇOS RASOS EM ROLIM DE MOURA - RO.**

**TAUBATÉ – SP**  
**2017**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ – UNITAU**  
**UILES JESUS OLIVEIRA**

**ANALISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA EM ÁGUA  
DE POÇOS RASOS EM ROLIM DE MOURA - RO.**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté.

Área de concentração: Mestrado profissional em Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof.Dr<sup>a</sup>.GannabathulaSreeVani

**TAUBATÉ – SP**  
**2017**

**UILES JESUS OLIVEIRA**

**ANALISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA EM ÁGUA  
DE POÇOS RASOS EM ROLIM DE MOURA - RO.**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté.

Área de concentração: Mestrado profissional em Ciências Ambientais

**Data: 10/10/2017**

**Resultado: Aprovado**

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dr. Gannabathula Sree Vani**

Assinatura \_\_\_\_\_

**Prof. Dr. Paulo Fortes**

Assinatura \_\_\_\_\_

**Prof. Dr. Walderez Moreira Joaquim**

Assinatura \_\_\_\_\_

Dedico esta dissertação, primeiramente a Deus, à minha família, à minha orientadora, aos meus amigos e aos colegas de trabalho, pelo incentivo, apoio, força, companheirismo e amizade demonstrados.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus que, durante todo período de realização da dissertação, me deu força e persistência para encarar os momentos difíceis, não deixando, em nenhum momento, que a minha esperança se acabasse, mostrando os caminhos nas horas certas.

À Prof. Dra. Gannabathula Sree Vani, minha orientadora, por todo empenho e competência.

Ao Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa e ao Prof. Dr. Paulo Fortes Neto, coordenadores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, pela oportunidade de crescimento, aprendizado, realização profissional e, também, pela confiança depositada.

À minha esposa Ana Cleide de França e ao meu filho Uiles Rafael de França Oliveira que em nenhum momento deixaram de me apoiar, deram-me força, valorizando meu potencial, demonstrando sempre paciência e incentivo.

À Gerência de Administração da FSP – Faculdade São Paulo de Rolim de Moura - RO, que me deu a oportunidade de estar cursando o programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais em nível de mestrado.

A todos os colegas e professores da Pós-Graduação em Ciências Ambientais pelo convívio e aprendizado.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução desta dissertação de mestrado.

## RESUMO

A busca por água potável é um dos maiores problemas enfrentados pela humanidade nas últimas décadas. Cientistas e pesquisadores estimam que 0,7% a 2% de todo o volume de água doce, presentes em três quartos da superfície terrestre, esteja disponível para uso na agricultura, na indústria ou no setor de serviços e consumo humano. Esta pesquisa teve como objetivo verificar a qualidade da água de trinta poços, distribuídos em cinco diferentes bairros, no município de Rolim de Moura – RO. Os parâmetros analisados foram pH, Turbidez, Cor, Condutividade, Nitrito, Sódio, Potássio, Oxigênio Dissolvido, Dureza, Temperatura, *E.Coli* e Coliformes Termotolerantes. As análises foram realizadas durante o período chuvoso, no mês de março de 2017, período em que os índices de contaminação possam estar vinculados ao volume de água de enxurradas. A análise da água mostrou que os níveis de Dureza, Sódio, Potássio, Cor, Condutividade e Nitritos atendem à exigência do Ministério da Saúde. Porém 6,7% dos poços o pH teve variação entre 6 a 9. Os valores de nitrato e O.D em 50% e 100% dos poços não atenderam os limites estabelecidos pelo MS. Os níveis de *E.Coli* estavam acima do limite permitido em todos os poços, com exceção nos pontos P11 e P14 no bairro Centenário e Jardim Tropical. Os baixos níveis de OD e o pH ácido podem ter sido ocasionados por atividade bacteriana e a elevada concentração de nitrato em função da aplicação de fertilizantes no solo. Frente aos resultados, conclui-se que há a necessidade de monitoramento da qualidade da água dos poços o ano todo, principalmente na época de estiagem, a fim de determinar se a contaminação biológica é por causa da água da chuva ou do vazamento dos tanques sépticos. Também deveria se investigar a qualidade do revestimento dos poços, das fossas sépticas e do solo para que providências sejam tomadas no sentido de melhorar a qualidade da água dos poços.

**Palavras-chave:** Meio Ambiente. Qualidade da água. Recurso hídrico. Poluição das Águas.

## **ABSTRACT**

One of the major problem faced by humanity in the last few decades is the availability of potable water. Scientists and researchers estimated that only 0.7% to 2% of all fresh water on the earth's surface is available for use in agriculture, industry, services and human usage. In this work, the water quality of thirty water wells in five different localities in the municipality of Rolim de Mour, Rondonia was measured. The physical and chemical parameters analyzed were pH, turbidity, apparent color, conductivity, nitrogen content as nitrites and nitrates, sodium, potassium, dissolved oxygen, hardness and temperature, the microbiological parameter measured was the total thermotolarent Coliforms. The samples were collected and analyzed during the wet season during the month of March 2017, when there is higher possibility of storm water infiltrating into the ground and contaminating the groundwater. Only in 6.7% of wells, the pH was between 6 to 9. 50% of the wells had higher than the permitted values of nitrate while for dissolved oxygen none of the wells had the minimum acceptable limits specified by the Ministry of Health. Total coliforms were far above the limits set by the ministry of health, except in two wells, P11 and P14 in Centenario and Jardim Tropical. The low levels of dissolved oxygen and pH could be due to microbial activity and the elevated concentrations of nitrate due to use of fertilizers on the top soil. Based on the results, there is a need to monitor the well water quality throughout the year, principally during the dry season to determine if the biological contamination is due to the surface water or due to leakage from septic tanks. There is also a need to investigate the quality of the lining of the wells, septic tanks as well as the soil characteristics in order to take action to improve the quality of the water in the wells.

**Key words:** Environment, water quality, water resources, water pollution.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros Mínimos da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas. ....	18
Tabela 2 - Classes do Índice de Qualidade da Água e seu Significado. ....	20
Tabela 3 - localização dos pontos em longitude e latitude. ....	35
Tabela 4 - Resultados dos parâmetros Físico-químicos e microbiológico em escala do menor ao maior resultado encontrado e o limite estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011. ....	42

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> localização do município de Rolim de Moura – RO.....	32
<b>Figura 2:</b> Pontos de coletas.....	33
<b>Figura 3:</b> Distribuição dos pontos de coleta para análise da água, no municio de Rolim De Moura – RO. ....	34
<b>Figura 4:</b> Localização dos pontos de coletas (01 Até 06) Bairro Olímpico. ....	36
<b>Figura 5:</b> Localização dos pontos de Coletas (07 Até 12) Bairro Centenário. ....	36
<b>Figura 6:</b> Localização dos pontos de Coletas (13 Até 18) No Bairro Jardim Tropical.36	
<b>Figura 7:</b> Localização dos pontos de Coletas (19 Até 24) No Bairro Beira Rio. ....	37
<b>Figura 8:</b> Localização dos pontos de Coletas (25 Até 30) No Bairro Bom Jardim. ....	37
<b>Figura 9:</b> Valores da Temperatura (°C) nos Trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO. ....	44
<b>Figura 10:</b> Concentrações de potencial de hidrogênio (pH) nos trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO. ....	46
<b>Figura 11:</b> Concentrações da Turbidez (UNT) nos trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO. ....	48
<b>Figura 12:</b> Níveis de dureza (mg.L <sup>-1</sup> ) nos trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.....	51
<b>Figura 13:</b> Concentrações de Nitrito (mg.L <sup>-1</sup> ) nos trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO. ....	53

<b>Figura 14:</b> Concentrações de Nitrato ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) nos trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.....	56
<b>Figura 15:</b> Níveis de sódio ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) nos trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.....	58
<b>Figura 16:</b> Níveis de Potássio ( $\text{mg.L}^{-1}$ )nos Trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.....	60
<b>Figura 17:</b> Resultados de Cor (UT) aparente nos trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.....	63
<b>Figura 18:</b> Resultados de condutividade elétrica (CE) nos Trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.....	65
<b>Figura 19:</b> Níveis de Oxigênio Dissolvido (OD) nos Trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.....	67
<b>Figura 20:</b> Níveis de E. Coli(UFC) nos Trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.....	69
<b>Figura 21:</b> Incidência de Coliformes termos tolerantes (UFC) nos trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.....	70

## LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

CETESB	COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SAO PAULO.
FUNASA	FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE.
CONAMA	CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE.
DBO	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO.
DQO	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO.
OD	OXIGÊNIO DISSOLVIDO.
CF	COLIFORMES FECAIS.
OMS	ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE.
IQA	ÍNDICES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS.
pH	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO.
MS	MINISTÉRIO DA SAÚDE.
ANA	AGENCIA NACIONAL DE ÁGUA.
EDTA	ÁCIDO ETILENO DIAMINO TETRA-ACÉTICO.
ONU	ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS.
DDT	DICLODIFENITRICLOROETANO.
UNT	UNIDADES NEFELOMÉTRICAS DE TURBIDEZ.
UT	UNIDADE DE TURBIDEZ.
MS	MINISTÉRIO DA SAÚDE.
SDT	SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS.
CNRH	CONCELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS.
RNMQA	REDE NACIONAL DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS
<i>E.COLI</i>	<i>ESCHERICHIA COLI</i>

## SUMÁRIO

<b>1.0 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2.0 OBJETIVO</b> .....	<b>16</b>
2.1 GERAL.....	16
2.2 ESPECÍFICO .....	16
<b>3.0 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>17</b>
3.1 QUALIDADES DE ÁGUA.....	17
3.2 ESCASSEZ DA ÁGUA.....	19
3.3 MONITORAMENTOS DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	19
3.4 FONTES DE POLUIÇÃO DA ÁGUA.....	20
3.4.1 POLUIÇÃO QUÍMICA.....	21
3.4.2 POLUIÇÃO FÍSICA.....	22
3.4.3 POLUIÇÃO BIOLÓGICA.....	22
3.5 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS USADOS COMO INDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA. ....	22
3.5.1 TEMPERATURA.....	22
3.5.2 POTENCIAL DE HIDROGÊNIO (pH).....	23
3.5.3 TURBIDEZ.....	24
3.5.4 DUREZA .....	24
3.5.5 NITRITO .....	25
3.5.6 NITRATO .....	26
3.5.7 SÓDIO .....	26
3.5.8 POTÁSSIO .....	27
3.5.9 COR APARENTE.....	28
3.5.10 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	28

3.5.11 OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD).....	29
3.5.12 MICROBIOLÓGICO .....	30
<b>4.0 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>
4.1 ÁREAS DE ESTUDO .....	31
4.2 PONTOS DE COLETAS. ....	32
4.3 DISTRIBUIÇÕES DOS PONTOS DE COLETAS E LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA POR BAIRROS. ....	34
4.4 COLETAS DAS AMOSTRAS.....	37
4.5 TÉCNICAS UTILIZADAS PARA ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	38
4.6 TÉCNICAS UTILIZADAS PARA ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS .....	38
4.6.1 POTENCIAL HIDROGÊNIO (pH).....	39
4.6.2 DUREZA .....	39
4.6.3 DETERMINAÇÃO DA TURBIDEZ: .....	39
4.6.4 NITRITO E NITRATO.....	40
4.6.5 SÓDIO E POTÁSSIO .....	40
4.6.6 OXIGÊNIO DISSOLVIDO E TEMPERATURA. ....	41
4.6.7 COR.....	41
4.6.8 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	41
<b>5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>42</b>
5.2 TEMPERATURA .....	43
5.3 POTENCIAIS DE HIDROGÊNIO (pH). ....	45
5.4 TURBIDEZ (UNT) .....	47
5.5 DUREZA (mg.L <sup>-1</sup> ).....	50
5.6 NITRITO (mg.L <sup>-1</sup> ) .....	52
5.7 NITRATO (mg.L <sup>-1</sup> ).....	54
5.8 SÓDIO (mg.L <sup>-1</sup> ).....	57
5.9 POTÁSSIO (mg.L <sup>-1</sup> ) .....	59

5.10	COR (UT).....	61
5.11	CONDUTIVIDADE ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$ ).....	63
5.12	OXIGÊNIO DISSOLVIDO ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ).....	66
5.13	MICROBIOLÓGICO.....	68
5.13.1	E. COLI (UFC/100 mL).....	69
5.13.2	COLIFORMES TOTAIS (UFC/100 mL).....	70
<b>6.0</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>72</b>
<b>7.0</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>75</b>

## 1.0 INTRODUÇÃO

A água é um dos maiores bens da humanidade e essencial para a manutenção da vida. Três quartos da superfície da Terra são cobertos por água, correspondendo a 354.200 Km, formados por oceanos, rios, lagos, pântanos, manguezais, geleiras e as calotas polares (MARTINS, 2003).

O volume de água salgada em nosso planeta corresponde a 97,5%. O resto de 2,5 % é água doce, distribuída na forma de calotas polares, geleiras (68,8%) e como águas subterrâneas (29,9%), 0,9% em solo e pântanos. A porção superficial de água doce presente em rios e lagos corresponde apenas a 0,3% do volume total de água doce. Em função do crescimento desordenado da população, o abastecimento de água está se tornando um problema, para atender a demanda de água potável (BRASIL, 2009).

Segundo os dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 80% das doenças como: cólera, disenteria, esquistossomose, giardíase, ascaridíase e amebíase são transmitidas por meio de vias hídricas, com as excretas de pessoas ou animais infectados. (REBOUÇAS, 2003).

A água destinada ao consumo humano deve ser isenta de qualquer agente contaminante químico ou biológico. Os contaminantes biológicos são organismos patogênicos como bactérias, vírus, protozoários e helmintos. O grupo Coliforme é constituído de bactérias gram negativas que são membros da família *Enterobacteriaceae*, na qual são incluídos os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia coli*, *Serratia*, e *Enterobacterias*. Em caso de ingestão dessas bactérias de qualquer um destes gêneros, por vias hídricas ou por alimentos contaminados, podem ocorrer doenças como gastroenterite. O problema é mais comum no verão e em locais sem tratamento de água, rede de esgoto e água encanada (CONSOLI, 2006).

A proximidade entre as fossas sépticas, rede de esgoto e construções inadequadas dos poços, por vezes tendo distâncias inferiores a 15m, reforçam a hipótese das águas subterrâneas estarem contaminadas, principalmente por microrganismos (Coliformes termotolerantes e E.Coli), já que a contaminação da água é resultante de atividades humanas, principalmente por falta de sistemas de saneamento, correlacionando prováveis doenças ao consumo de água de poço poluída por fossas sépticas e esgoto doméstico.

As análíticas quantitativas e qualitativas, dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos são o ponto de partida para uma investigação da qualidade das águas, para determinar o grau de potabilidade dos poços. Os parâmetros utilizados no presente trabalho para avaliar a qualidade da água foram: Coliformes fecais e *E.Coli*, cor, sódio, potássio, nitrito, nitrato, condutividade, pH, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e dureza.

A investigação da qualidade das águas de poços rasos em Rolim de Moura contribuirá para um levantamento de dados, para verificar como estão as águas subterrâneas do município, associando os resultados obtidos a possíveis contaminações em função da proximidade dos poços com rede de esgoto e fossas sépticas, associadas a doenças causadas por vetores.

O presente trabalho tem como objetivo determinar a qualidade da água, de 30 poços rasos, consumida pela população de cinco bairros do município de Rolim de Moura, Estado de Rondônia.

## **2.0 OBJETIVO**

### **2.1 GERAL**

Avaliar a qualidade da água de 30 poços rasos, utilizada para consumo pela população de cinco bairros do município de Rolim de Moura - RO.

### **2.2 ESPECÍFICO**

- a) Determinar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos nos poços investigados;
- b) Comparar os resultados obtidos com a Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 que estabelece os padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano;
- c) Correlacionar os possíveis índices de contaminação das águas de poços com os fatores socioeconômicos dos bairros de Rolim de Moura – RO.

## 3.0 REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 QUALIDADES DE ÁGUA

A água é essencial para a manutenção da vida, e um abastecimento satisfatório (adequado, seguro e acessível) deve estar disponível a todos. Melhorar o acesso à água para consumo seguro pode resultar em reais benefícios para a saúde (OMS-Organização Mundial de Saúde, 2004).

A Agência nacional de água (ANA) lançou o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas – PNQA, para estender o conhecimento sobre qualidades de águas superficiais, principalmente sobre águas no Brasil. Este programa visa orientar e elaborar políticas públicas para recuperação da qualidade da água dos rios, reservatórios e de outros corpos d'água.

Em 1986 o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), emitiu a resolução número 20, que passou a regulamentar o controle da poluição hídrica no país. Esta resolução discriminou nove classes de uso das águas salinas, salobras e doces do território nacional. A partir disso, o controle dos níveis de qualidade de água passou a ser regido por parâmetros e indicadores, como mostra a Tabela 1, que visavam garantir o seu uso.

As resoluções, CONAMA nº 357/2005 e CNRH nº 91/2008, previam também o enquadramento dos corpos d'água e o estabelecimento do nível de qualidade a ser alcançado ou mantido, em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo, para alcançar níveis de qualidade baseados no uso desejado. O enquadramento busca assegurar a qualidade das águas, com as exigências destinadas, e “diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes” (Art. 9º, Lei nº 9.433, de 1997).

Para classificar a água como potável, é necessário que os parâmetros microbiológicos e físico-químicos, atendam à Portaria de nº 2.914 do Ministério da Saúde de 2011 e, segundo Dahi (1992), os cuidados para evitar as contaminações no abastecimento de água devem fazer parte da primeira linha de defesa contra a presença de microrganismos. Segundo Bromberg (1995) afirma que falhas na

proteção e no tratamento efetivo expõem a comunidade a riscos de doenças intestinais e infecciosas.

Conforme Charriere et al. (1994), os riscos à saúde, relacionados ao consumo da água, podem ser distribuídos em duas categorias principais: riscos derivados de poluentes químicos e relacionados à ingestão de água contaminada por agentes biológicos (bactérias e parasitas), através de contato direto ou por meio de insetos vetores que necessitam da água em seu ciclo biológico.

**Tabela 1 - Parâmetros Mínimos da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas.**

<b>Categoria</b>	<b>Parâmetros</b>
<b>Físico-Químico</b>	Condutividade elétrica
	Temperatura
	Turbidez
	Oxigênio dissolvido
	pH
	Sólidos totais dissolvidos, sólidos em suspensão.
	Alcalinidade total
	Cloreto total <sup>1</sup>
	Transparência <sup>2</sup>
	Demanda bioquímica de oxigênio
	Demanda química de oxigênio
<b>Microbiológicos</b>	Coliformes termotolerantes
<b>Biológicos</b>	Clorofila <sup>2</sup>
	Fitoplâncton <sup>2</sup>
<b>Nutrientes</b>	Fósforo
	Nitrogênio

1. Parâmetros específicos para reservatórios da Região 4 da RNMQA e para regiões estuarinas.

2. Parâmetros específicos para ambientes lênticos (reservatórios, lagos, açudes).

**Fonte: ANA (2011)**

### **3.2 ESCASSEZ DA ÁGUA.**

A água é o recurso natural mais abundante do nosso planeta. De maneira quase onipresente, sendo utilizada praticamente para todos os fins, é o recurso natural mais importante para a sobrevivência dos seres humanos. Segundo a ONU, estima-se que cerca de 40% da população global viva em situação precária com falta de água potável. Pesquisadores apontam que o volume de água doce corresponde a 0,7% e 2% de todo o volume, ele está presente em três quartos da superfície terrestre e é destinado ao uso na agricultura, indústria e ao consumo humano (LUANA, 2007). A água potável está se tornando mais rara e cara, o desinteresse pela preservação dos recursos hídricos favorece largamente às contaminações dos lençóis subterrâneos, rios e lagos.

Martins (2003) afirma que a agricultura brasileira é a atividade humana que apresenta os maiores índices de consumo de água potável e que, somada à pecuária e à siderurgia, atinge 95 % de todas as exportações brasileiras, dependendo, portanto, da água para atividades econômicas.

### **3.3 MONITORAMENTOS DA QUALIDADE DA ÁGUA**

Segundo Magalhães Jr. (2000), o monitoramento das águas tem papel fundamental no processo de gestão da qualidade, pois nos fornece informações e estratégias, acompanhamento das medidas efetivadas e atualização dos bancos de dados sobre a qualidade das nossas águas.

O monitoramento das águas naturais é um conjunto de práticas que visam à avaliação da qualidade das águas subterrâneas e superficiais. É o elemento essencial que permite a caracterização das bacias hidrográficas, tais como: enquadramento e planejamento dos cursos de água e outorgam cobranças sobre o índice de qualidade. No monitoramento das águas naturais, são determinados os parâmetros físicos, químicos e biológicos como indicado na Tabela 1 (MEYBECK & HELMER, 1996).

O monitoramento atua com uma modalidade de observação e acompanhamento de locais onde a qualidade das águas é fundamental,

especialmente para consumo humano. Para o acompanhamento da qualidade da água, são observados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos que permitem identificar alterações associadas a ações antrópicas. Em conformidade com requisitos legais presentes na (Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde de 2011).

Os padrões de qualidade de água são divididos em quatro classes, dependendo diretamente da sua finalidade que pode ser para o consumo humano, irrigação, navegação ou para a vida aquática. A avaliação da qualidade da água deverá seguir alguns critérios: concentrações de substâncias orgânicas, inorgânicas e patogênicas presentes no corpo hídrico (PRAT; WARD, 1994).

O Índice de Qualidade de água (IQA), foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* em 1970 e adaptado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) em 1975 (Tabela 2).

**Tabela 2 - Classes do Índice de Qualidade da Água e seu Significado.**

<b>Valor Do IQA</b>	<b>Classes</b>	<b>Significado</b>
79 < IQA ≤ 100	ÓTIMA	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento.
51 < IQA ≤ 79	BOA	
36 < IQA ≤ 51	REGULAR	
19 < IQA ≤ 36	RUIM	
IQA ≤ 19	PÉSSIMA	Água imprópria para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessário tratamentos mais avançados.
79 < IQA ≤ 100	ÓTIMA	

Fonte: Adaptado de CETESB (2008).

### **3.4 FONTES DE POLUIÇÃO DA ÁGUA**

A poluição das águas ocorre pela adição de substâncias que alteram suas características físicas e químicas, de tal forma, que se torna inviável sua utilização

para o consumo. Tucci (1998) ressalta a existência dos seguintes tipos de fontes de poluição: atmosféricas, pontuais, difusas e mistas.

As fontes poluidoras atmosféricas: Carros e indústrias são classificados como fontes móveis e fixas, os fatores causadores dessa poluição são divididos em naturais, provocados por ação da natureza e artificiais, em consequência da ação do homem. Na poluição pontual, os poluentes são lançados em pontos específicos dos corpos d'água, esse processo difere-se dos demais pelo fato de ser lançado de forma controlada.

Segundo Mierzwa (2001), no decorrer do tempo, à composição e quantidade dos lançamentos não sofrem grandes variações, indústrias e estações de tratamento de esgoto são exemplos de fontes pontuais.

A poluição difusa ocorre quando os poluentes, de modo aleatório, atingem os corpos d'água, impossibilitando qualquer tipo de padrão de lançamento, em termo de frequência, composição e quantidade. Diante desses fatores, o seu controle torna-se inviável em relação à poluição pontual. O escoamento de água de chuva sobre campos agrícolas, lançamentos das drenagens urbanas e acidentes com produtos químicos são exemplos de poluição difusa (MIERZWA, 2001). Vale ressaltar que as fontes mistas são englobadas pelas características pontuais e difusas.

### **3.4.1 POLUIÇÃO QUÍMICA**

A poluição química é caracterizada pela presença de dois tipos de poluentes: os agentes biodegradáveis e os poluentes orgânicos persistentes (POPs).

Os agentes biodegradáveis são decompostos com a ação do tempo e das bactérias. São exemplos desses agentes os detergentes, os inseticidas e os fertilizantes (LIMA, 1991).

Os agentes considerados como poluentes orgânicos persistentes são produtos químicos que permanecem por longo tempo na natureza e causam contaminação de alimentos e peixes. São exemplos de poluentes persistentes na água o mercúrio, DDT (diclodifenitricloroetano), cromo e cádmio (PEREIRA, 2004).

### **3.4.2 POLUIÇÃO FÍSICA**

Denomina-se poluição física aquela que altera as características físicas da água, sendo que as principais são: poluições térmicas e sólidas. As poluições térmicas ocorrem quando são lançadas águas aquecidas em rios e lagos por indústrias, contribuindo para um desequilíbrio biológico e alteração dos parâmetros físico-químicos da água, podendo desencadear uma série de problemas físicos que venham a modificar as condições iniciais do meio (LIMA, 1991).

Outro meio de contaminação física é por meio de resíduos sólidos em suspensão na água, provenientes de esgotos industriais, domésticos e erosão do solo, os quais são levados pela chuva até as vias hídricas (PEREIRA, 2004).

### **3.4.3 POLUIÇÃO BIOLÓGICA**

A poluição biológica das águas ocorre quando agentes microbiológicos, patogênicos como vermes, protozoários, bactérias e vírus, oriundos de esgotos domésticos, despejados diretamente na água, ou infiltrados no solo, atingem diretamente águas de poços e nascentes.

As consequências desse tipo de poluição são as várias doenças transmitidas por vias hídricas. As bactérias são responsáveis por infecções intestinais, epidérmicas e endêmicas como febre, cólera e leptospirose. Os vírus são responsáveis por provocarem hepatites e infecções nos olhos. Os protozoários são responsáveis pelas amebíases e giardíases (PEREIRA, 2004).

## **3.5 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS USADOS COMO INDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA.**

### **3.5.1 TEMPERATURA**

A água para consumo humano deve ter uma temperatura ajustada à época sazonal. Este parâmetro é importante, pois determina a velocidade das reações

químicas, podendo contribuir para o surgimento de microrganismos e intensificação das características organolépticas.

A temperatura desempenha papel importante no condicionamento do meio aquático, por uma série de parâmetros biológicos e físico-químicos. A variação da temperatura e pressão acarreta uma mudança significativa na concentração de oxigênio, contribuindo para o surgimento de microrganismos. Com temperaturas de 30°C a concentração de oxigênio dissolvido na água é aproximadamente a metade de sua concentração em temperaturas próximas ou 0°C (MORAES, 2001, p. 26-27).

A introdução de dejetos na água pode afetar diretamente sua característica térmica, ocorrendo um desequilíbrio e provocando o aumento de matéria em suspensão (sílica, argila e coloides) que reduz a penetração das radiações, elevando a temperatura das camadas superficiais. O desequilíbrio da temperatura no ambiente aquático provoca uma diminuição da capacidade da água de dissolver e reter o oxigênio. Além de ocorrer a elevação da temperatura o que pode provocar aumento de ação tóxica dos elementos e compostos químicos presentes na água.

A oxidação biológica da matéria orgânica, proveniente de esgoto ou pela decomposição de folhas podem contribuir para um aumento significativo da temperatura, contribuindo para o aumento acelerado das atividades biológicas dos organismos, como bactérias e protozoários entre outros, causando um consumo maior de oxigênio, interferindo diretamente na respiração aeróbica aquática (BRANCO, 1978).

### **3.5.2 POTENCIAL DE HIDROGÊNIO (pH)**

De acordo com Von Sperling (2005), o potencial hidrogeniônico (pH) expressa, diretamente, as concentrações de íons de hidrogênio ( $H^+$ ) dissolvidos na água, sendo utilizado como indicador das condições que se encontra a água (Os valores de pH são expressos em uma escala de 0 a 14). Este parâmetro pode ser utilizado na classificação das águas, indicando se ela está apta para o consumo (MACÊDO, 2007).

O potencial hidrogeniônico (pH) indica acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, de modo que apresenta influência direta e efeito sobre a solubilidade de nutrientes sobre os ecossistemas aquáticos naturais (CETESB, 2009).

A Resolução 357/2005 do CONAMA estabelece a faixa de pH entre 6 a 9 para águas de Classe Dois. Valor de pH abaixo de 6 indica que a água apresenta baixa concentração de sais dissolvidos e valor superior a 9 indica um índice elevado de sais dissolvidos, elevando sua alcalinidade.

Por outro lado, pH acima de 8 torna a água menos agradável ao paladar e contribui para a precipitação de sais, favorecendo o desenvolvimento de incrustações em tubulações. A alcalinidade da água é representada pela presença dos íons hidróxido, carbonato e bicarbonato (APHA et al. 1998).

### **3.5.3 TURBIDEZ**

Segundo MOTA (1995), a turbidez é decorrente da presença de partículas de solo: areia, sílica, matéria orgânica e microrganismos em suspensão na água. A turbidez excessiva, pela presença de partículas, reduz a penetração da luz na água, interferindo na fotossíntese dos organismos. Tal parâmetro tem sido largamente utilizado no estudo dos impactos humanos nos cursos d'água (aumento da carga de sólidos em suspensão) e dos impactos dos processos erosivos na dinâmica fluvial (GUIMARÃES SILVA et al. 2007).

A turbidez indica a presença de sólido disperso em água, segundo a Portaria n.º 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde, o valor máximo de turbidez para água de abastecimento público é de 5 UNT (BRASIL, 2011).

### **3.5.4 DUREZA**

A dureza da água é decorrente das concentrações de sais de cálcio e de magnésio (bicarbonatos, sulfatos, cloretos e nitratos). É um parâmetro utilizado na classificação da qualidade de águas no abastecimento doméstico. São admitidos valores máximos, relativamente altos, típicos de águas duras ou muito duras. Águas que apresentam quantidade elevada de sais de cálcio e magnésio são classificadas

como águas duras. Em termos de dureza em  $\text{CaCO}_3$ , a água pode ser classificada como mole, dura e moderada e muito dura (UFV, 2016).

- Menor que  $50 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$  - água mole;
- Entre  $50$  e  $150 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$  - água com dureza moderada;
- Entre  $150$  e  $300 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$  - água dura;
- Maior que  $300 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$  - água muito dura.

Para efeito de potabilidade, são admitidos valores relativamente altos de dureza. No Brasil, a Portaria N.º 2.914 de 2011 estabelece o limite máximo de  $500 \text{ mg.L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$  (carbonato de cálcio) para que a água seja admitida como potável. A objeção ao uso humano fica por conta do gosto que, eventualmente, pode ser considerado uma característica desagradável de águas muito duras.

### 3.5.5 NITRITO

O nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) caracteriza a presença de nitrogênio dissolvido em água e atua como indicador de poluição. Dentre algumas substâncias que oferecem risco à saúde humana estão os compostos à base de nitrogênio em estado de oxidação: nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal. Os possíveis meios de contaminação são as condições sanitárias insatisfatórias. O nitrito e o nitrato estão associados a dois efeitos adversos à saúde: a indução à metemoglobinemia, nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas. A concentração de nitrito em água é medida em miligramas por litros de amostra de água, segundo a Portaria nº. 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

O valor máximo permitido de nitrito é de  $1 \text{ mgN-NO}^{-3}/\text{L}$ , este valor foi estabelecido a partir de ocorrência de metamoglobinemia em criança que consumia água de poços. Segundo Esteves (1998), o nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Esta importância deve-se, principalmente, à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa.

Segundo Bastos (2007), a presença de nitrito na forma de íons indica alteração no processo biológico por poluição orgânica. O nitrato apresenta um efeito

lento, em relação ao nitrito, quando presente em água para o consumo humano. O nitrito é convertido em nitrato quando reage com compostos que liberam resíduos de cloro livre na água. (BATALHA; PARLATORE, 1977).

### 3.5.6 NITRATO

O nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é a principal configuração do nitrogênio encontrada nas águas, sua concentração é moderada na maior parte dos ambientes não antropizados. Em locais que apresentam elevadas concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$ , geralmente superiores a  $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$ , pressupõe-se que foram enriquecidas por atividades antropogênicas, que envolvem compostos nitrogenados como fertilizantes solúveis, sistemas sépticos humanos ou esterco de animais domésticos (WILLIAMS, 1998) e demonstram condições sanitárias inadequadas.

O nitrato é um dos elementos mais problemáticos para a saúde humana, pois quando entra no trato digestivo humano pode se transformar em nitrito e, este em excesso, pode causar doenças como a metahemoglobinemia, ou síndrome do Bebê Azul. Esse problema ocorre porque bactérias do sistema digestivo convertem nitrato em nitrito que, após absorção, tornam a hemoglobina incapaz de liberar oxigênio produzindo sintomas de asfixia (GIACOMETTI, 2001).

Cita-se que crianças até seis meses de idade, que consomem água com concentração excedendo diária de 10 a 15  $\text{mg NO}_3^-/\text{kg}$ , desenvolvem o quadro de metemoglobinemia (WINTON et al. 1971).

### 3.5.7 SÓDIO

O sódio é o elemento químico encontrado em águas naturais e subterrâneas. O sódio é derivado principalmente do mineral feldspato plagioclástico (sódico), apresentando baixa resistência à ação do intemperismo químico (PEDROSA; CAETANO, 2002). Os minerais de argila são dissolvidos facilmente com redução do gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) na água subterrânea (SCOPEL et al. 2005).

O elemento químico sódio ( $\text{Na}^+$ ) está relacionado à variação no caráter estético da água, o que pode ocasionar aversão ao seu consumo. Para o consumo

de sódio, existem recomendações devido à existência da relação entre a sua ingestão e a hipertensão arterial em animais e no homem. A ingestão de sódio, associada ao fator genético, leva a um aumento rápido na pressão arterial (DAHL *et al.* 1968).

Assim, a ingestão diária recomendada para o sódio é de apenas 6 g dia, pois o consumo de águas com elevada concentração de sódio contribui para que este valor seja superado. O consumo de sódio ( $\text{Na}^+$ ) deve ser controlado, para prevenir futuros problemas renal e de hipertensão arterial. O Ministério da Saúde, através da Portaria nº 2.914 de 2011, estipula que em águas destinadas ao consumo humano a concentração de sódio não deve exceder o limite máximo de  $200 \text{ mg.L}^{-1}$ .

### 2.1.1 POTÁSSIO

O potássio está associado ao sódio, mas em concentrações menor e sem águas naturais, devido às rochas que são compostas por potássio, apresenta uma resistência maior à ação do intemperismo (CETESB, 2009).

Para Falcão (1978), o potássio apresenta concentrações menores devido às erosões das rochas de silicatos alcalinos, uma parte é retida na solução iônica e parte absorvida por argilas na forma de micas, alumínio. As vegetações são responsáveis por fazer a absorção de grande parte do potássio presente no solo (PÁDUA, 2005).

Fontes que contribuem para a presença de potássio em águas naturais são provenientes de fertilizantes aplicados na agricultura e os minerais feldspatos potássicos, mica moscovita e biotita. Os teores médios em águas subterrâneas, encontram-se inferiores a  $10 \text{ mg.L}^{-1}$ , sendo mais frequentes valores entre 1 e  $5 \text{ mg.L}^{-1}$ , valores da ordem de grandeza de 100 e  $25.000 \text{ mg.L}^{-1}$  podem indicar a ocorrência de fontes quentes e salmouras, respectivamente (PEDROSA; CAETANO, 2002).

### **3.5.9 COR APARENTE**

Segundo a Portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde, a cor aparente é um parâmetro físico exigido para verificar a qualidade das águas destinadas ao consumo humano, ou seja, sua aparência e estética são utilizadas como pré-requisitos para classificação de potabilidade. O Ministério da Saúde estabelece, para cor aparente, o limite máximo de 15 (quinze) uH como padrão de aceitação para consumo humano.

A cor aparente da água é produzida por matéria orgânica, substâncias húmicas, por metais como ferro, magnésio e por resíduos orgânicos (ácidos húmicos e fluviais). A Resolução nº 20 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, que dispõe sobre os níveis de qualidade das águas naturais, inclui a cor aparente entre os parâmetros de classificação.

A cor aparente pode estar relacionada com a turbidez, ambos os parâmetros indicam a presença de matéria sólida e em suspensão na água, ou compostos orgânicos que atuam como fonte de nutriente no desenvolvimento de agentes biológicos. Para o tratamento convencional das fontes de águas, como poços e caixa de armazenamento, estes parâmetros podem ser corrigidos por filtros de areia (CASALI, 2008).

Águas que apresentarem índices elevados quanto aos valores de cor aparente serão perceptíveis pelo homem, o que não é recomendável. A cor atua como um bom indicativo da presença de material suspenso e/ou dissolvido na água, o que não é recomendável para águas com fins de consumo humano, devido à maior probabilidade de desenvolvimento de microrganismos e de presença de 38 elementos tóxicos. A cor da água é função de parâmetros intrínsecos à água como conteúdo orgânico, pH, teor de ferro e outros metais, que podem ter origem natural ou antrópica (PÁDUA; HELLER, 2006).

### **3.5.10 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA**

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado à presença de íons dissolvidos na

água, que são partículas carregadas eletricamente, e à alcalinidade, que tem relação direta com a presença e/ou ausência de carbonatos e bicarbonatos (SANTOS, 2009). Quanto maior a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água. O parâmetro condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas pode fornecer uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente quanto à concentração mineral.

Segundo Esteves (1998), a composição inorgânica das águas naturais é composta por íons de macronutrientes: Sódio ( $\text{Na}^+$ ), Potássio ( $\text{K}^+$ ), Magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), Cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), Sulfatos ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) e Cloretos ( $\text{Cl}^-$ ) são componentes abundantes no meio aquático e refletem não só as propriedades de carga iônica da molécula da água, mas também a disponibilidade dos elementos do solo.

A condutividade elétrica não representa risco à saúde humana, mas é a partir dela que podem ser calculadas as concentrações de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT). Água com excesso de SDT se torna inviável ao consumo, devido à alteração organoléptica. Pode acarretar problemas de saúde, quando apresenta índices elevados de sólidos dissolvidos e contribui para o acúmulo de sais na corrente sanguínea, possibilitando a formação de cálculos renais. O Ministério da Saúde estabelece o valor de  $1000 \text{ mg.L}^{-1}$  de sólidos dissolvidos em água destinada ao consumo humano.

### **3.5.11 OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD).**

A concentração de oxigênio na água é um dos principais parâmetros para análise das características químicas e biológicas das águas, principalmente no meio ambiente aquático. A portaria do Ministério da Saúde N° 2.914 de 2011 estabelece o valor mínimo de  $5 \text{ mg.L}^{-1}$  de OD. Esse oxigênio é proveniente da fotossíntese biótica, ou decorrente da difusão daquele que está contido na superfície da água. A concentração de oxigênio dissolvido pode sofrer alteração, devido à mudança de temperatura, salinidade e pressão. As perdas podem ocorrer pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), que libera oxigênio para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos (ESTEVES, 1998).

A redução da temperatura da água aumenta a dissociação de oxigênio, ou seja, nas águas com temperatura menor haverá maior concentração de oxigênio. Nas águas frias o nível de oxigênio dissolvido chega a atingir uma concentração de 10 mg.L<sup>-1</sup>.

O nível de oxigênio dissolvido em água é um indicador de poluição por matéria orgânica. Assim, águas não poluídas por matéria orgânica tem alto índice de oxigênio dissolvido. Por outro lado, a água que tiver um índice baixo de oxigênio dissolvido pode apresentar uma intensa atividade bacteriana decorrente da decomposição da matéria orgânica lançada na água, por esgoto, fezes de animais e humanos (MOTA, 1995).

O oxigênio dissolvido é de suma importância para a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio em sua respiração, ocorrendo uma redução do nível de oxigênio dissolvido. O nível de oxigênio reduzido pode provocar mortes de seres aquáticos. Caso o oxigênio seja todo consumido, tem-se a condição anaeróbia, com formação de odores (VON SPERLING, 1996).

### 3.5.12 MICROBIOLÓGICO

Os coliformes fecais ou termotolerantes são exemplos de bactérias transmitidas via hídrica por falta de saneamento básico, encontrados geralmente dentro de intestino humano e animal. Coliformes fecais, atualmente chamados de termo tolerantes, segundo a resolução nº 375 de 17 de março de 2005, CONAMA, são: “Bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizados pela atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase podem crescer em meios contendo agentes tensos ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44° - 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal.”

Entre as bactérias que formam a classe do grupo dos coliformes fecais, podem ser citadas a *Escherichia coli* e algumas bactérias do gênero *Klebsiella* *Citrobacter* e *Enterobacter*. Dentre os gêneros a *E. Coli* é a única que está localizada

no intestino humano, mas algumas variantes podem desencadear distúrbios gastrointestinais caracterizados por diarreia aquosa.

Os agentes patogênicos presentes em águas atuam como indicadores de contaminação por coliformes termotolerantes, provenientes de fezes e de esgotos. Coliformes termotolerantes e *E.Coli* são utilizados como parâmetros para indicar contaminação da água por fezes de humanos e animais. São responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifoide, febre paratifoide, disenteria bacilar e cólera (ROITMAN; TRAVASSOS; AZEVEDO, 1988).

Os coliformes termotolerantes, além de estarem presentes na água, podem ser encontrados em diversos locais. Pesquisas comprovam que diversos distúrbios alimentares são causados pelo simples fato de não haver hábitos de higiene adequados, como lavar as mãos após o uso do banheiro.

Os parâmetros biológicos, físicos e químicos determinam as características de potabilidade, para garantir que a água chegue até o consumidor de uma forma segura e confiável, assim, garantindo a segurança a consumo humano. Esses parâmetros são regulamentados por normas e/ou padrões definidos em portarias do ministério da saúde. (RICHTER & NETTO, 1999).

## **4.0 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 ÁREAS DE ESTUDO**

A área de estudo foi desenvolvido no município de Rolim de Moura, no estado de Rondônia (Figuras 1). O município está localizado a na latitude 11°48'13" Sul e longitude 61°48'12" Oeste, a uma altitude de 290 metros e possui uma área de 1487,35 km<sup>2</sup>. Com uma população de 62.017 habitantes é a 6<sup>a</sup> mais populosa cidade de Rondônia, sustenta o 7<sup>o</sup> maior PIB de Rondônia, possui o 18<sup>o</sup> melhor IDH da região Norte e também é a capital da Zona da Mata Rondoniense (IBGE 2016).

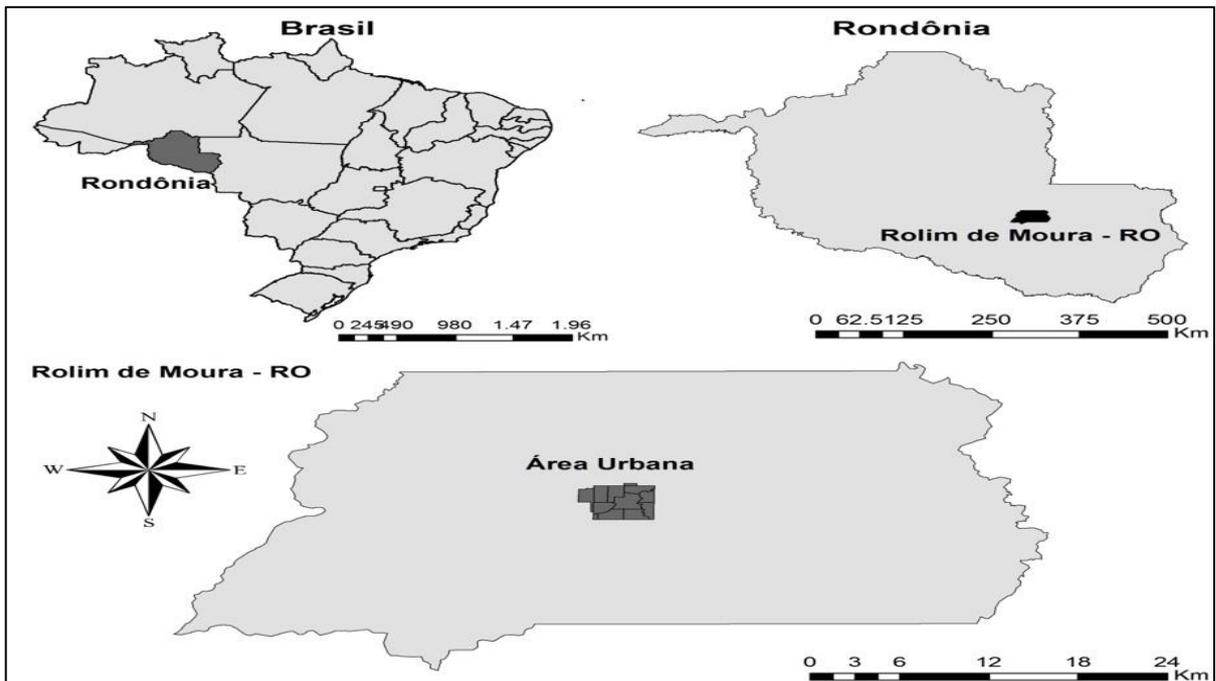


Figura 1 - localização do município de Rolim de Moura – RO.

#### 4.2 PONTOS DE COLETAS.

Os poços selecionados são do tipo raso, possuem em média 5 metros de profundidade e diâmetro de 1,2 metros. São construídos manualmente e captam água do lençol freático. Recebem a denominação de poços rasos ou poços freáticos e são utilizados pelos proprietários como forma de abastecimento e para outras finalidades como lavar, cozinhar e beber.

Dessa forma, os pontos de coletas foram selecionados, nos bairros mais carentes, por falta de infraestrutura, saneamento básico e rede de esgoto. Alguns dos pontos selecionados são próximos a fossas sépticas, rede de esgotos e são recobertos por tampas de madeiras, sem qualquer tipo de proteção contra contaminação, conforme mostra a Figura 2.



**Figura 2: Pontos de coletas.**

**Fonte: Próprio Autor (2017).**

### 4.3 DISTRIBUIÇÕES DOS PONTOS DE COLETAS E LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA POR BAIRROS.

As amostras foram coletadas no mês de março do ano de 2017, em 05 diferentes bairros do município de Rolim de Moura (Figura 3): Olímpico, Centenário Jardim Tropical, Beira Rio, Bom Jardim, onde foram coletadas 6 amostras por bairro em um total de 30 amostras, em trinta poços diferentes (Figuras 4 a 8).

Após a realização do mapeamento dos poços, foram coletadas as coordenadas geográficas latitude e longitude de cada poço com o auxílio de receptores GPS, como mostra a Tabela 3.

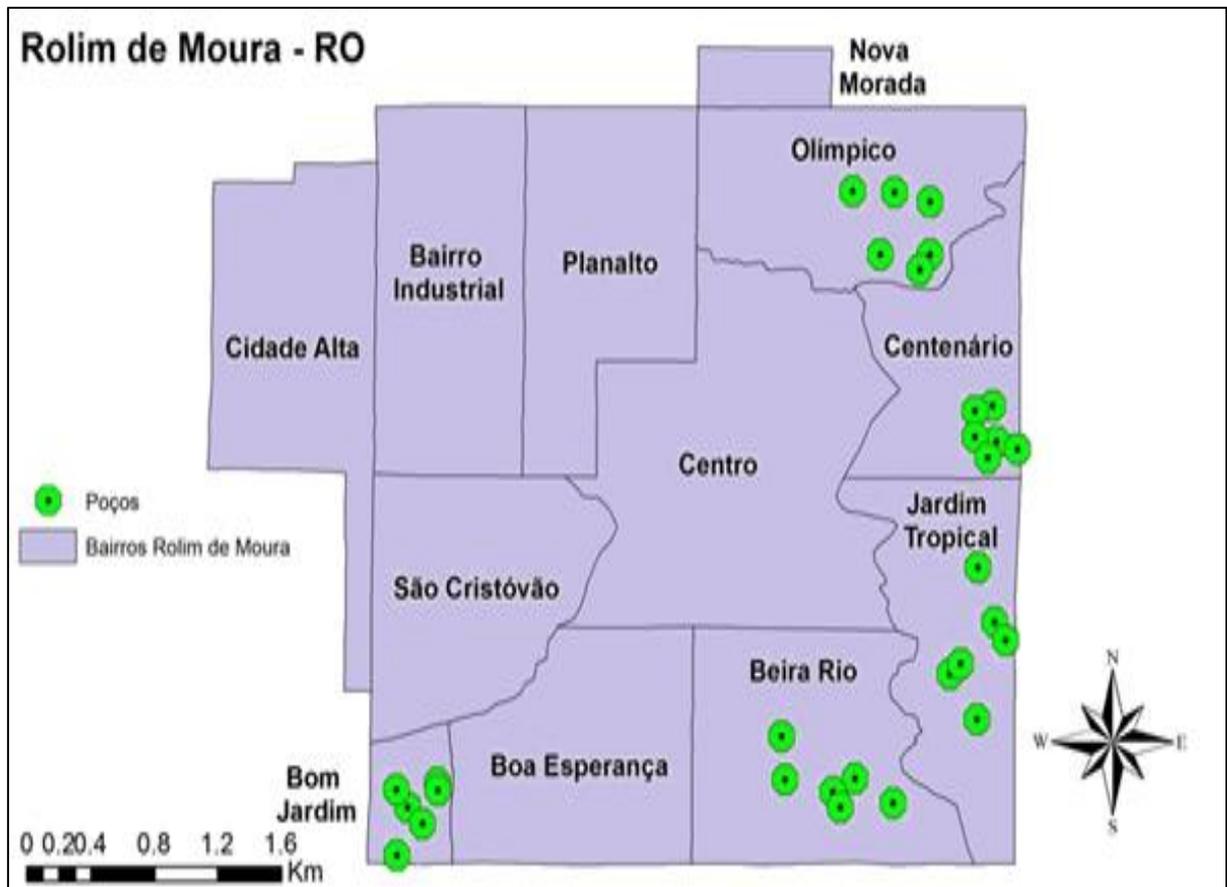


Figura 3 - Distribuição dos pontos de coleta para análise da água, no municio de Rolim De Moura – RO.

Tabela 3 - localização dos pontos em longitude e latitude.

<i>BAIRROS</i>	<i>PONTOS DE COLETAS</i>	<i>LONGITUDE</i>	<i>LATITUDE</i>
OLÍMPICO	01	61°46'9.23"O	11°42'43.14"S
	02	61°46'1.17"O	11°42'43.30"S
	03	61°45'54.50"O	11°42'43.29"S
	04	61°46'3.57"O	11°42'53.88"S
	05	61°45'53.07"O	11°42'53.97"S
	06	61°45'57.15"O	11°42'56.67"S
CENTENÁRIO	07	61°45'40.33"O	11°43'19.02"S
	08	61°45'39.56"O	11°43'22.16"S
	09	61°45'44.64"O	11°43'20.55"S
	10	61°45'35.48"O	11°43'26.54"S
	11	61°45'44.52"O	11°43'25.04"S
	12	61°45'41.34"O	11°43'28.70"S
JARDIM TROPICAL	13	61°45'43.47"O	11°43'46.79"S
	14	61°45'40.50"O	11°43'59.84"S
	15	61°45'38.93"O	11°44'3.34"S
	16	61°45'45.99"O	11°44'6.00"S
	17	61°45'44.28"O	11°44'20.21"S
	18	61°45'48.13"O	11°44'13.05"S
BEIRA RIO	19	61°46'23.61"O	11°44'16.41"S
	20	61°46'7.98"O	11°44'24.59"S
	21	61°46'12.71"O	11°44'26.11"S
	22	61°46'00.91"O	11°44'28.23"S
	23	61°46'90.40"O	11°44'32.34"S
	24	61°46'19.90"O	11°44'31.88"S
BOM JARDIM	25	61°47'40.06"O	11°44'28.89"S
	26	61°47'41.74"O	11°44'25.44"S
	27	61°47'42.18"O	11°44'37.18"S
	28	61°47'36.77"O	11°44'31.38"S
	29	61°47'33.70"O	11°44'24.47"S
	30	61°47'33.66"O	11°44'25.75"S



Figura 4- Localização dos pontos de coletas (01 Até 06) Bairro Olímpico.



Figura 5 - Localização dos pontos de Coletas (07 Até 12) Bairro Centenário.



Figura 6 - Localização dos pontos de Coletas (13 Até 18) No Bairro Jardim Tropical.



**Figura 7 - Localização dos pontos de Coletas (19 Até 24) No Bairro Beira Rio.**



**Figura 8 - Localização dos pontos de Coletas (25 Até 30) No Bairro Bom Jardim.**

#### **4.4 COLETAS DAS AMOSTRAS**

As amostras foram coletadas em recipientes de polietileno, exaustivamente lavados e enxaguados previamente com água deionizada e esterilizados por autoclave para evitar uma possível contaminação bacteriológica. A coleta de água para análise físico-química e microbiológica foi realizada numa profundidade mínima de 30 centímetros da superfície, tendo a preocupação de não deixar ar nas garrafas para evitar o crescimento microbológico.

As amostras foram armazenadas a uma temperatura abaixo de 10°C, para análises no prazo máximo de 12 horas, a fim de evitar alterações físico-químicas e microbiológicas. Em todas as amostragens de água, foram determinados, os

seguintes parâmetros físico-químicos: pH, turbidez, dureza, temperatura, nitrito, nitrato, oxigênio dissolvido, cor aparente, condutividade elétrica, sódio, potássio e os microrganismos (coliformes termotolerantes e *E. coli*).

Todas as análises foram executadas no Laboratório de Águas, da Universidade Federal de Rondônia – UNIR.

#### **4.5 TÉCNICAS UTILIZADAS PARA ANÁLISE MICROBIOLÓGICA**

Detecção por Meio de Cultura (*Chromocult Coliform Agar*) e Membrana Filtrante. Esse método tem como objetivo a detecção de coliformes totais e fecais em amostra de água, através de observação e contagem das unidades formadoras de colônias (UFCs), no meio de cultura que se desenvolvem placas de Petri contendo (*Chromocult Coliform Agar*). Antes de iniciar as análises, foi realizada a esterilização dos materiais por autoclave e desinfecção da bancada de trabalho com álcool. Sobre a bancada foram dispostos apenas os materiais necessários para o teste. As amostras foram homogeneizadas suavemente para que não houvesse alterações em suas propriedades e, em seguida, foram adicionados 100 mL da amostra em uma proveta. A seguir, essas amostras foram filtradas por uma membrana que foi, então, colocada sobre uma placa de Petri, com superfície quadriculada, em contato com o meio de cultura (*Chromocult Coliform Agar*). As placas foram mantidas em uma estufa a 35°C durante 24 horas. Em seguida, foi efetuada a contagem da *E. coli* (coliforme fecal) que formou colônia de cor azul e dos coliformes totais (*Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*) que formaram colônia de coloração rosa/lilás.

#### **4.6 TÉCNICAS UTILIZADAS PARA ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS**

A metodologia de análise dos parâmetros físico-químicos utilizada foi temperatura, pH, dureza, oxigênio dissolvido, cor, condutividade, nitrito, nitrato, sódio, potássio e turbidez. Os procedimentos técnicos utilizados foram de acordo

com os manuais (Instruções Aquacolor Policontrol Rev 01:08/2009) e (Manual Prático De Análise De Água – Fundação Nacional De Saúde 2ª Ed. Rev. 2006).

#### **4.6.1 POTENCIAL HIDROGÊNIO (pH).**

A análise de pH foi feita utilizando-se pH metro (Homis, mPA – 210P6), após calibragem com soluções padrão de pH 4 e 10.

#### **4.6.2 DUREZA**

Para análise de Dureza, o método utilizado por Titulação com EDTA.

##### **Método Titulação Com EDTA**

O Princípio do método: o Etilenodiaminotetracético sal dissódico (EDTA) forma um complexo quando em contato com íons de cálcio  $\text{Ca}^{+2}$ . Quando o indicador Preto de Eriocromo T é adicionado à solução aquosa contendo íons cálcio e magnésio, numa faixa de pH de 10 +/- 0,1, a solução fica com uma cor rósea. Com a adição de EDTA, os íons - cálcio e magnésio - são, por ele, complexados e a solução fica com uma coloração azul, indicando o ponto de equivalência, momento em que o titulado reage completamente com o titulante.

Para determinação da Dureza, foram necessários volumes mínimos de 50 ml da amostra e 1 ml de solução de Buffer (4 e 10), ambos homogeneizados. Foram utilizados 0,05 g do indicador Negro de Eriocromo T, para obtenção da coloração lilás. E solução de EDTA a 0,01M para atingir o ponto de equivalência da coloração lilás para a azul.

#### **4.6.3 DETERMINAÇÃO DA TURBIDEZ:**

##### **Método Turbidímetro Nefelométrico.**

A determinação da turbidez pelo método nefelométrico, é adotada para verificar matéria em suspensão na água. O método foi baseado na comparação da

intensidade de luz espalhada pela amostra em condições definidas, com a intensidade da luz espalhada por uma suspensão considerada padrão.

O turbidímetro é o aparelho utilizado para a leitura, esse aparelho é constituído de um nefelômetro, sendo a turbidez expressa em unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

A Calibração do aparelho foi de acordo com as instruções do fabricante e mediu os padrões no turbidímetro, cobrindo todas as faixas de interesse, pois foram preparadas curvas de calibração.

#### **4.6.4 NITRITO E NITRATO**

##### **Método de determinação por aparelho de espectrofotômetro.**

Espectrofotômetro é um aparelho cuja função é medir e comparar a quantidade de luz absorvida por uma determinada solução. Ele possui uma fonte estável de energia radiante, um seletor de faixa espectral (monocromatizadores) como o prisma, que seleciona o comprimento de onda da luz que passa através da solução de teste. Um recipiente para colocar a amostra a ser analisada deve estar em recipientes apropriados como as cubetas e tubos de ensaio. A determinação do nitrito foi realizada pelo método da sulfanilamida e dicloreto de N-(1-naftil) – etilenodiamina, a determinação do nitrato utilizando o ácido 4,5-diidroxinaftaleno-2,7-dissulfônico (NBR 12619/1992). Determinação do nitrato foi feita de acordo com o método do Ácido Cromotrópico proposto pela NBR 1262/1992. Em ambos os testes, foram utilizados apenas 5 mL de amostra, a leitura foi realizada por Espectrofotômetro de UV/Vis e curva analítica de absorvância de 437 nm para o nitrito e 543 nm para o nitrato.

#### **4.6.5 SÓDIO E POTÁSSIO**

O método utilizado para a determinação do Sódio e Potássio foi por aparelho de espectrofotômetro por chamas (BENFER 300), previamente calibrado com água deionizada. Após a calibragem foram transferidos 50 mL da amostra para um bécher e elevado até o espectrofotômetro para que a leitura fosse realizada, mergulhando o capilar de aspiração na amostra, seguindo orientação da Aquacolor e Policontrol.

#### **4.6.6 OXIGÊNIO DISSOLVIDO E TEMPERATURA.**

##### **Método de determinação por aparelho de Oxímetro.**

A determinação da temperatura e a concentrações de oxigênio dissolvido foi realizada no momento da coleta, usando um aparelho de oxímetro, instrumento de medição F-1550A da YSI. Foram transferidos 50 mL da amostra para o Becker, antes da leitura, o aparelho foi calibrado. Logo após a calibragem, o eletrodo foi introduzido na amostra. Após um período de 3 minutos, obteve-se o resultado da concentração de oxigênio dissolvido. Feita a leitura, o eletrodo foi seco com papel absorvente e desligado, sobre orientação do manual prático da Aquacolor e Policontrol.

#### **4.6.7 COR**

##### **Método de determinação por Colorímetro.**

A cor aparente das amostras foi determinada por colorímetro portátil Aquacolor da Policontrol. Antes de iniciar a leitura, foi realizada a calibragem do aparelho, utilizando solução padrão de Cor de 10U, 100U e 500U. As cubetas foram previamente lavadas, com água deionizada, para que não houvesse interferência nos resultados.

#### **4.6.8 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA**

##### **Metodologia de análise (ANALYSER - DDS-11C CONDUCTIVITY METER)**

A condutividade foi determinada por um Condutivímetro (Sanxin, DDS-11 C Conductivity Meter). As células de condutividade foram lavadas com água deionizada e secas com papel macio e absorvente. No procedimento de calibragem, as células foram inseridas em solução de calibração  $1413 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$  para obter a estabilização do aparelho. Após a calibragem, foram transferidos 50 mL da amostra para um Becker e os eletrodos inseridos do condutivímetro, para que se iniciasse a leitura.

## 5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para ser considerada potável, a água destinada para consumo humano deve atender às características de qualidade, de acordo com os valores máximos permitidos para os parâmetros químicos, físicos, organolépticos e microbiológicos. No Brasil, estes parâmetros estão regulamentados pela Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914 de 2011 (BRASIL, 2011).

Os resultados das análises das águas dos 30 pontos de coleta em poços rasos, distribuídos em 5 bairros do município de Rolim de Moura, no mês de março de 2017, estão apresentados nos gráficos Figura 09 a 21. Os resultados físico-químicos, durante o período de amostragem, apresentaram as seguintes variações conforme a Tabela 4. Os resultados foram comparado a cinco (5) outros trabalhos realizados no estado de Rondônia, Stachiw et. al (2016) e Riquelme (2015) município de Rolim de Moura, Souza (2012) município de Jaru, Rodrigues et al. (2014) Porto Velho (capital) e Lauthartte (2015) Jaci Paraná (Dist. Porto Velho), municípios estes localizados a 191, 490 e 567 km de Rolim de Moura.

**Tabela 4 - Resultados dos parâmetros Físico-químicos e microbiológico em escala do menor ao maior resultado encontrado e o limite estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011.**

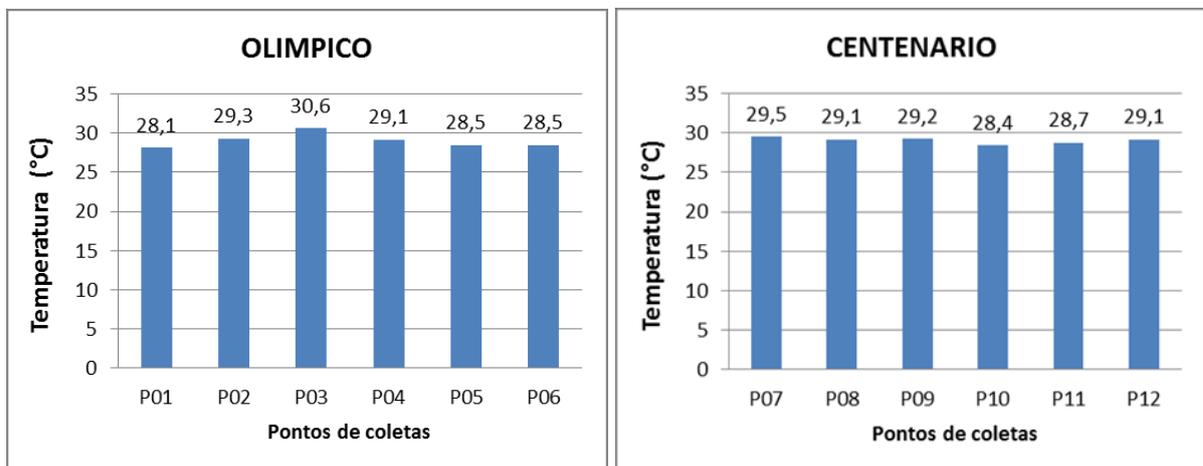
PARÂMETROS	UNIDADE	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	LIMITES ESTABELECIDOS PELA PORTARIA MS Nº 2.914/2011
<b>Temperatura</b>	°C	27,4°	30,6°C	*
<b>pH</b>	-	3,9	6,78	6 a 9
<b>Nitrito</b>	mg.L <sup>-1</sup>	0,037	0,067	1 mg.L <sup>-1</sup>
<b>Nitrato</b>	mg.L <sup>-1</sup>	6,17	12,59	10 mg.L <sup>-1</sup>
<b>Oxigênio D.</b>	mg.L <sup>-1</sup>	1,0	4,5	5 mg.L <sup>-1</sup>
<b>Cor</b>	uT	0,2	10,2	15 uT
<b>Dureza</b>	mg.L <sup>-1</sup>	64	133,78	500 mg.L <sup>-1</sup>
<b>Turbidez</b>	UNT	0,0	8,6	5 UNT
<b>Condutividade</b>	µS. Cm <sup>-2</sup>	32,1	191,1	*
<b>Sódio</b>	mg.L <sup>-1</sup>	0,0	67	200 mg.L <sup>-1</sup>
<b>Potássio</b>	mg.L <sup>-1</sup>	10	280	*
<b>E. Coli</b>	UFC/100 ml	0,0	860	Ausente
<b>C. Fecais</b>	UFC/100 ml	50	4870	Ausente

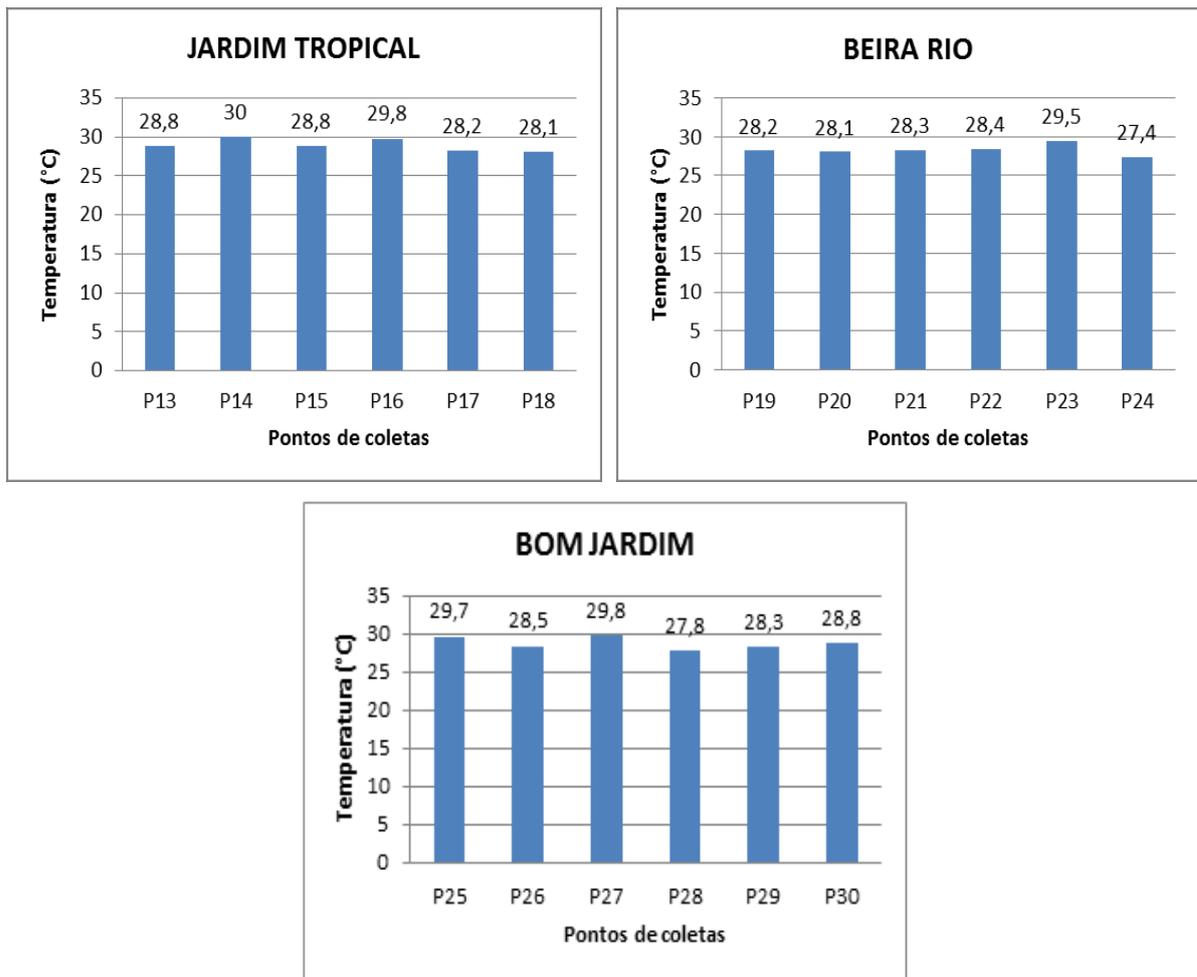
(\*) valores não estabelecidos pela Portaria MS nº 2.914/2011.

## 5.2 TEMPERATURA

Os valores das temperaturas apresentarão valores médios entre 27,4 °C e 30,6°C com temperatura média dos 30 pontos de aproximadamente de 28,8 C°. As temperaturas obtidas por Riquelme (2015), durante as análises das águas dos poços rasos de Rolim de Moura, apresentaram uma variação de 23,7°C a 32,2°C, sendo que 18,1 % dos poços ficaram com temperatura acima de 30° C, com média de 28,3°C. Média semelhante encontrada por Rodrigues et. al (2014), em análise espacial das águas de poços rasos em Porto Velho, distante 490 km de Rolim de Moura.

Segundo Stachiw et al. (2016), em pesquisa realizada no mesmo período chuvoso nos poços de Rolim de Moura, verificou temperatura média de 30,4 °C, sendo registrada a temperatura máxima e mínima de 25 e 31,4 °C. Em comparação aos dados deste trabalho observa-se uma pequena variação na média igual a 1,6°C. As maiores temperaturas registradas nos pontos (P3 e P14), com valores iguais ou maiores que 30°C e a mínima registrada, foram de 27,4°C no Ponto (P24). Como mostra a Figura 9.





**Figura 9 - Valores da Temperatura (°C) nos Trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.**

A temperatura é de suma importância no equilíbrio biológico dos seres aquáticos. O aumento da temperatura das águas superficiais diminui a quantidade de oxigênio dissolvido, o que causa efeitos sobre sua capacidade de autopurificação. Temperaturas de lençóis freáticos, especificamente de aquíferos superficiais rasos, geralmente têm as mesmas temperaturas da superfície e são influenciadas pela utilização de terra (HERB et al. 2008).

Nas áreas urbanas, as temperaturas de superfície pavimentada, em média, são mais altas do que superfícies com vegetação e este calor é transferido para a água dos poços rasos ( $\leq 15\text{m}$ ) (HERB et al. 2008). Além disso, a temperatura de água dos poços superficiais acompanha a temperatura sazonal, nas áreas urbanas, pode chegar a  $3^{\circ}\text{C}$  a mais do que é normal na área rural (TAYLOR STEFAN 2009).

O aumento da atividade metabólica dos organismos como bactéria, também está ligado ao aumento da temperatura da água (BRANCO,1978). As temperaturas mais altas, comparativamente entre os poços, podem ser resultado de qualquer um dos fatores descritos acima ou uma combinação destes.

As temperaturas descritas no presente estudo estão de acordo com Riquelme et. al (2015) e Stachiw et. al (2016). Dessa forma, os fatores que contribuíram para o aumento das temperaturas são a falta de saneamento presente nos bairros selecionados, à proximidade dos pontos de coletas com fossas sépticas, bem como o volume excessivo de água de enxurradas que ocasionam infiltração e aumento da carga bacteriana. Outro fator são os poços apresentarem tampas de madeira e concreto, já que o aquecimento das tampas de concreto pelo sol podem induzir correntes de convecção para a parte interna dos poços.

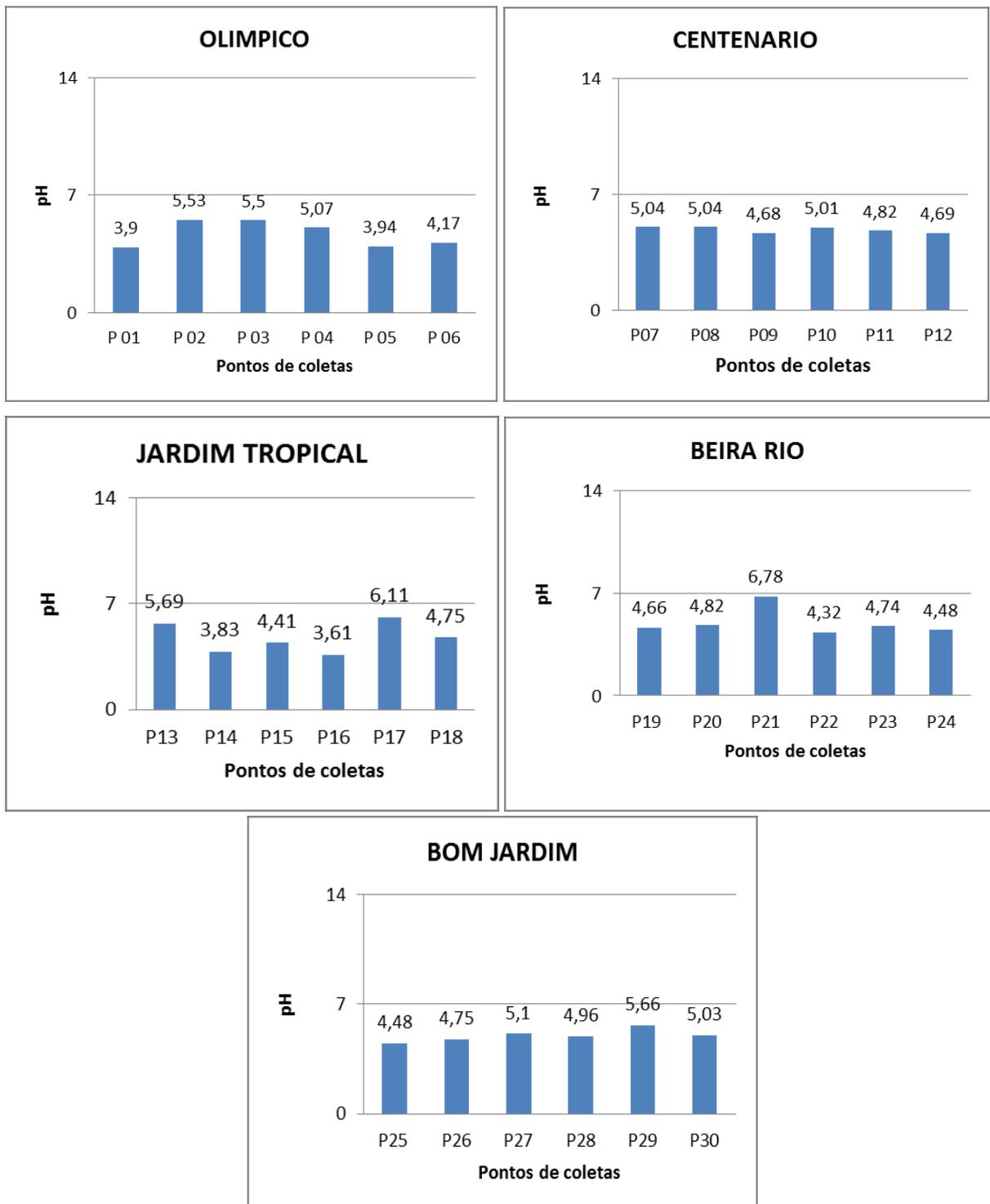
### **5.3 POTENCIAIS DE HIDROGÊNIO (pH).**

Os valores encontrados para o pH, ficaram entre 3,9 a 6,8, sendo o menor valor registrado no bairro Centenário (P01) e o maior bairro Beira Rio (P21) Figuras 5 e 7.

Nota-se que os valores de pH, nos pontos de coletas P17 Jardim Tropical e P21- Beira Rio Figuras 6 e 7, foram os únicos pontos que atenderam a portaria do Ministério da Saúde (MS), que fixa a faixa de pH de 6 à 9 para água classe I, destinada para o consumo humano. Dos poços analisados por Stachiw et al. (2016), 95% das amostras ficaram abaixo dos valores recomendados pela portaria do Ministério da Saúde.

Estudo semelhante realizado por Rodrigues et. al (2014) em Porto Velho, revelou que 100 % das amostras, apresentaram valores inferior o limite estipulado ficando pH de média igual a 5. Segundo trabalho realizado por Souza (2012) encontrou desconformidade em 95,2% dos 42 poços analisados.

Percebe-se que 28 amostras (93,3%) apresentaram valores de pH inferiores ao limite mínimo recomendado pela Portaria MS nº 2.914/2011, conforme mostra a Figura 10.



**Figura 10: Concentrações de potencial de hidrogênio (pH) nos trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.**

Os valores de pH para a água potável não têm um impacto direto sobre a saúde. A OMS (2011) considera este parâmetro desejável, mas não obrigatório, e a Agência para Proteção do Ambiente dos Estados Unidos (Environmental

Protectionagency) e agências da Europa consideram o pH um parâmetro secundário (para consumo humano) ligado à estética e não à saúde (EPA, 2012). O controle de pH é importante para desinfecção com cloro, além disso, se pH for menor que 7 pode ser corrosivo para tubulação e utensílios utilizados na cozinha (OMS 2011).

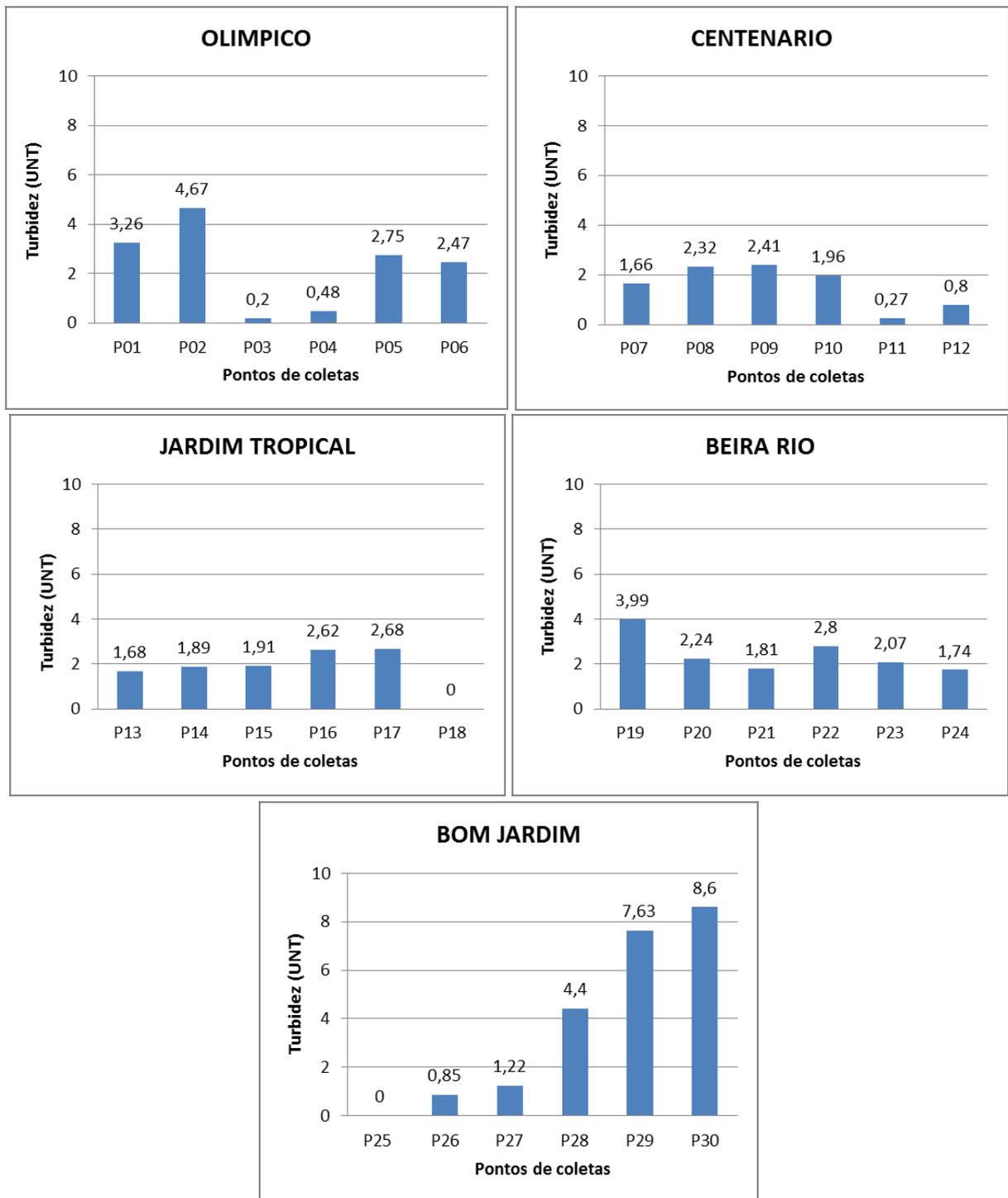
Segundo Nakayama; Bucks (1986), águas com valores de pH acima de 7 podem favorecer a precipitação de carbonatos de cálcio e magnésio em águas com alta dureza. A acidificação das águas favorece a reação entre os metais presentes no solo, ocorrendo o aumentando da concentração dos elementos químicos na água destinada para o consumo (beber), podendo contribuir para o desenvolvimento de doenças como cáries dentárias, úlceras gástricas e duodenais, dermatites, otites, conjuntivites, dentre outras (SILVA, 2003).

De acordo com Sawyer et al. 1994, em águas naturais a variação desse parâmetro é influenciada pelas reações físicas, químicas e biológicas que ocorrem na massa líquida, ocasionada, geralmente, pelo consumo e/ou produção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Os valores de pH obtidos podem estar associados a fatores naturais como absorção de gases atmosféricos, dissolução de rochas, oxidação da matéria orgânica e fatores antropogênicos pelo despejo de esgotos domésticos, devido à oxidação da matéria orgânica e à lavagem ácida de tanques, (VON SPERLING, 2005).

#### **5.4 TURBIDEZ (UNT)**

A turbidez está relacionada à quantidade de sólidos e matérias orgânicas dissolvidas na água, ocorrendo variação de tamanho, desde coloides a partículas maiores com tamanho superior a 1 micrômetro (APHA et al. 2005). As maiores concentração obtidos (P29 e P30), e a menor (P25) foram em ambos, no bairro Bom Jardim (Figura 8), percebe-se que 28 amostras (93,3%) apresentaram valores para a Turbidez inferiores ao limite mínimo recomendado (15UNT) pela Portaria MS nº 2.914/2011.



**Figura 11: Concentrações da Turbidez (UNT) nos trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.**

Estudo semelhante realizado por Stachiw et al.(2016) apresentaram 10% das amostras que não atenderam os valores estipulados pela Portaria MS nº 2.914/2011.

Para Souza (2012) os valores encontrados para turbidez para água de poços, no município de Jaru, apresentarão concentrações que alternarão de 0,02 a 28,4 UNT, sendo que 12% das amostras não atenderão os valores padrões estipulado pela Portaria MS nº 2.914/2011.

Com base nos resultados apresentado no presente estudo, duas amostra (6,7%), não atenderão a portaria do MS, número inferior aos estudos de Souza (2012) e Stachiw et. al (2016). Os valores da turbidez encontrados em todos os pontos ficaram abaixo de 100 UNT, valor recomendado, segundo a resolução do CONAMA 357/05, para água doce classe 2. A portaria do Ministério da Saúde 2914 de 2011 estabelece os padrões de potabilidade da água para consumo humano e o seu (VPM) valor máximo permitido. A turbidez caracteriza pela resistência na passagem da luz, por conta da presença de matérias em suspensão na água. O limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 UNT, assegurando simultaneamente o VMP de 5,0 UNT, segundo a portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011. Os pontos analisados que não atenderam a este valor são os pontos P29 e P30 que pertencem ao Bairro Bom Jardim, sendo esse Bairro mais carente em infraestrutura e saneamento básico comparado aos outros bairros.

Os pontos que não atenderam à exigência do Ministério da Saúde apresentam uma carga maior de matérias orgânicas, argila e areia em suspensão. Um dos fatores que podem estar correlacionados à elevada concentração de matérias em suspensão, é a análise ter ocorrido no período chuvoso, elevando, assim, o índice de matérias orgânicas presente na água. Nos pontos de coletas que estão acima do valor recomendado (P29 e P30), a água não deve ser consumida, por não estar atendendo aos padrões de potabilidade estabelecidos para o consumo, segundo a portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011.

O aumento da turbidez por si só não é ameaça à saúde, porem é um importante indicador de possíveis contaminantes que podem ser prejudiciais à saúde. Mas no geral os elevados níveis de turbidez estão associados a riscos de doenças gastrointestinais, principalmente em crianças, idosos e pessoas com sistema imune comprometido (SCHWARTZ et al. 2000).

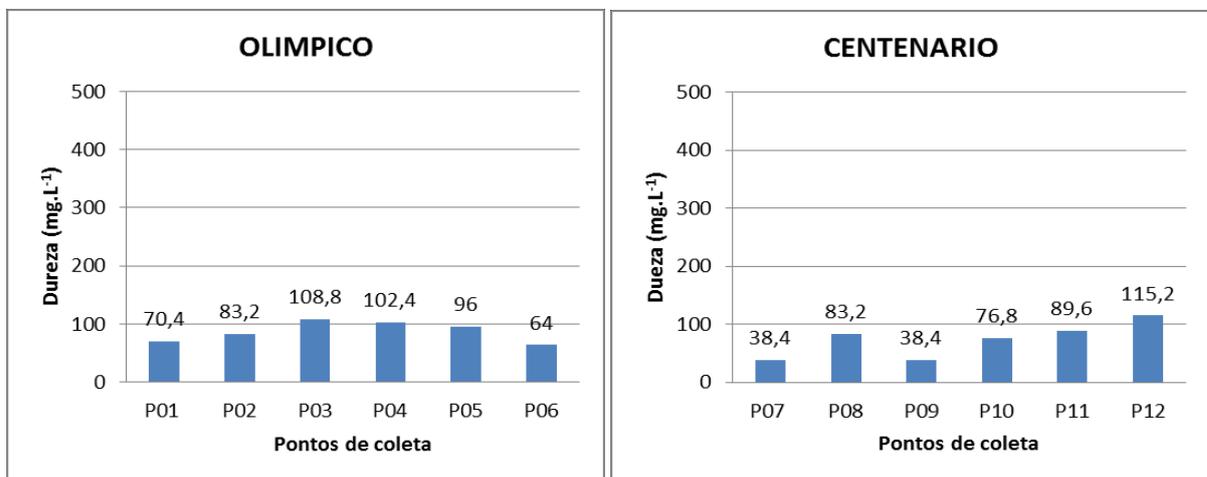
Estudos aponta que o limite seja abaixo de 1,0 UNT para que o tratamento da água tenha maior efeito. Há muitos estudos sobre limites de turbidez para prevenção de doenças, mas as análises, qualidade e locação de estudos, não estão

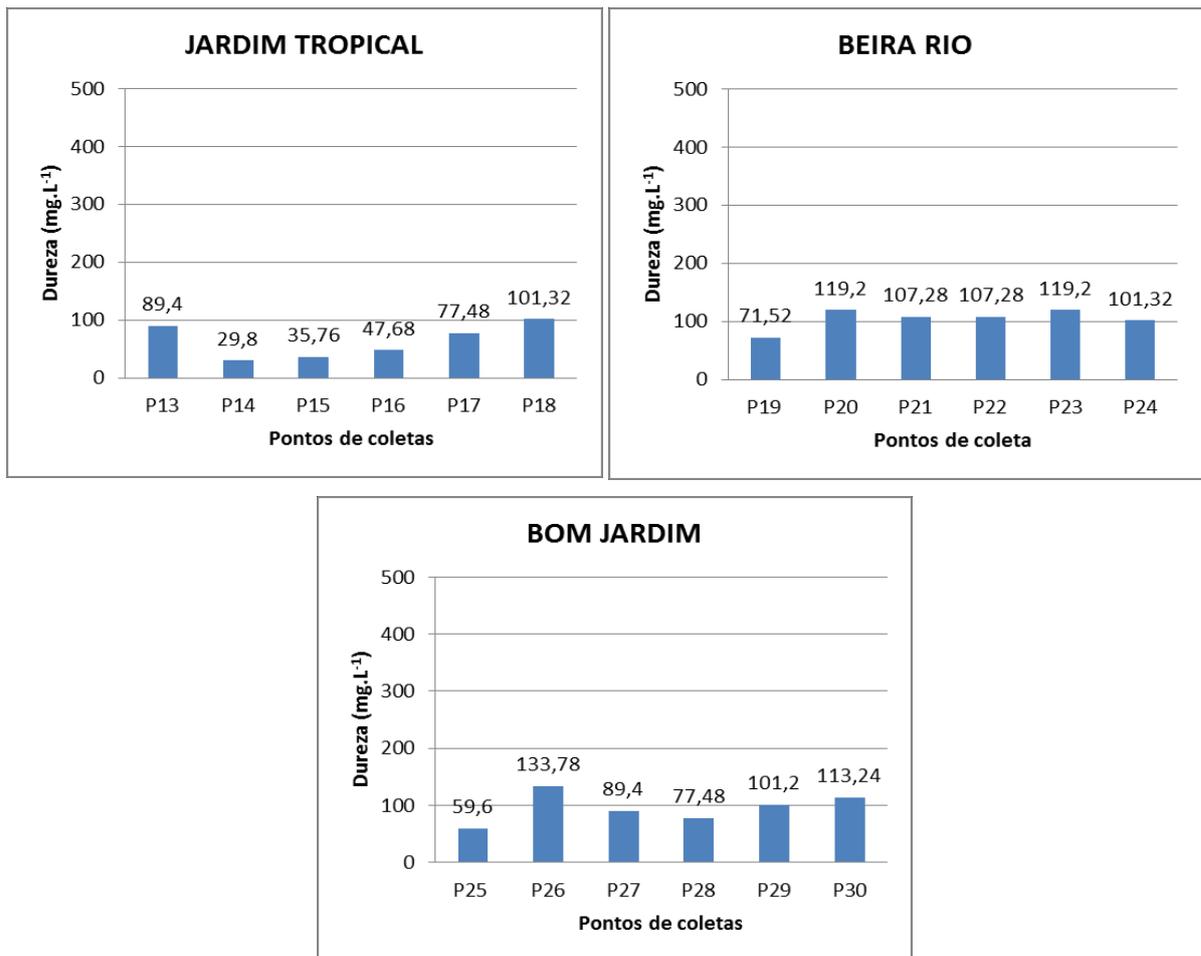
tão claras e os resultados têm ambiguidade, mesmo quando o limite de turbidez é menor que 5 UNT (MANN et al 2007).

Por ser um método de fácil determinação e de medição em tempo real, a turbidez pode ser utilizada como indicador potencial para doenças de veiculação hídrica (PÁDUA; HELLER, 2006).

### 5.5 DUREZA ( $\text{mg.L}^{-1}$ )

A dureza total está relacionada à presença de cálcio e magnésio expressos em termos de uma quantidade equivalente de  $\text{CaCO}_3$  (PÁDUA ; HELLER, 2006) . A relação da dureza com a saúde humana se dá pela redução na formação de espuma no uso de sabão e detergente que venham a poluir a água e a própria higiene pessoal, reduzindo as chances de problemas higiênico-sanitários. O Ministério da Saúde estipula o limite de  $500 \text{ mg.L}^{-1}$  de dureza para águas destinadas ao consumo humano.





**Figura 12: Níveis de dureza (mg.L<sup>-1</sup>) nos trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.**

De acordo com os resultados obtidos, Figura 12, nenhum dos pontos monitorados apresentou águas com teores acima do estabelecido pela legislação vigente, que é de 500 mg.L<sup>-1</sup> (Portaria do MS nº 2914/2011). Dentre os pontos analisados, o ponto P26, bairro Bom Jardim, apresentou a maior concentração de Carbonato de Cálcio e Magnésio, com aproximadamente 133,78 mg.L<sup>-1</sup>. A menor concentração registrada foi de 29,8 mg.L<sup>-1</sup> no ponto (P14) Jardim Tropical.

Os valores médios da dureza encontrados, dos trinta pontos, foram de 84,94 mg.L<sup>-1</sup>, valores superiores ao trabalho realizado por Stachiw et al. (2016), que apresentaram valores médios de 28,75 mg.L<sup>-1</sup>, e Riquelme (2015), a variação da dureza no período de chuva foi de 3,68 à 99,36 mg.L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> com média de 34,72 mg.L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>, e no período de seca 3,8 à 76,56 mg.L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>.

Águas que apresentam quantidades elevadas de sais de Cálcio e Magnésio são denominadas, de acordo com suas concentrações, águas moles até  $50 \text{ mg.L}^{-1}$ , dureza moderada  $50$  a  $150 \text{ mg.L}^{-1}$ , água dura  $150$  a  $300 \text{ mg.L}^{-1}$  e água muito dura acima de  $300 \text{ mg.L}^{-1}$ . Dentre os pontos analisados, classificaram-se os pontos (P7, P9, P14, P15 e P16) como sendo de água mole, por apresentarem dureza abaixo de  $50 \text{ mg.L}^{-1}$ . Os demais pontos como água com dureza moderada por apresentarem dureza entre  $50$  a  $150 \text{ mg.L}^{-1}$ .

A dureza é considerada um parâmetro secundário que não apresenta impacto direto à saúde humana. O sabor da água dura é desagradável, devido às concentrações elevadas de sais. Geralmente, águas de superfície são mais moles que águas de poços (BECHER et al.1981). A dureza da água depende da geologia da região, as águas subterrâneas que são expostas a rochas calcárias, dolomita, mármore ou gesso, apresentam uma dureza maior (MEENA et al. 2012).

O alto nível de dióxido de carbono na terra também contribui para a dureza da água (ATKINSON 1977). Como o Cálcio e o Magnésio são necessários à saúde humana, valores da dureza muito baixos (como no P14) ou muito altos ( $>1000 \text{ mg.L}^{-1}$ ) não são recomendados (WHO, 2011). Água com dureza acima de  $200 \text{ mg.L}^{-1}$  ou concentração menor e com magnésio menor que  $7 \text{ mg.L}^{-1}$  são prejudicial a saúde (NERBRAND et al 2003). Estes mesmos autores mostraram que água dura com altos níveis de Cálcio pode reduzir o colesterol e LDL, mas aumenta a hipertensão.

## **5.6 NITRITO ( $\text{mg.L}^{-1}$ )**

A concentração de nitrito das águas potáveis também é considerada um problema à saúde pública, pois não precisa passar por transformações para ser considerada tóxica ao homem, apresentando, assim, maior risco à saúde em comparação ao nitrato que pode ser derivado de um ânion ácido nitroso, possuindo uma polaridade elevada. A presença do nitrito em águas naturais pode ocorrer pela oxidação microbiana do nitrato, contribuindo para a formação do nitrito (IAP, 2005). A portaria nº 2.914/2011 do MS prevê um limite de  $1 \text{ mg.L}^{-1}$  nas águas destinadas ao consumo humano. A Figura 13 indica as concentrações de nitrito encontradas nos

trinta pontos de coleta, nos cinco bairros selecionados do município de Rolim de Moura.

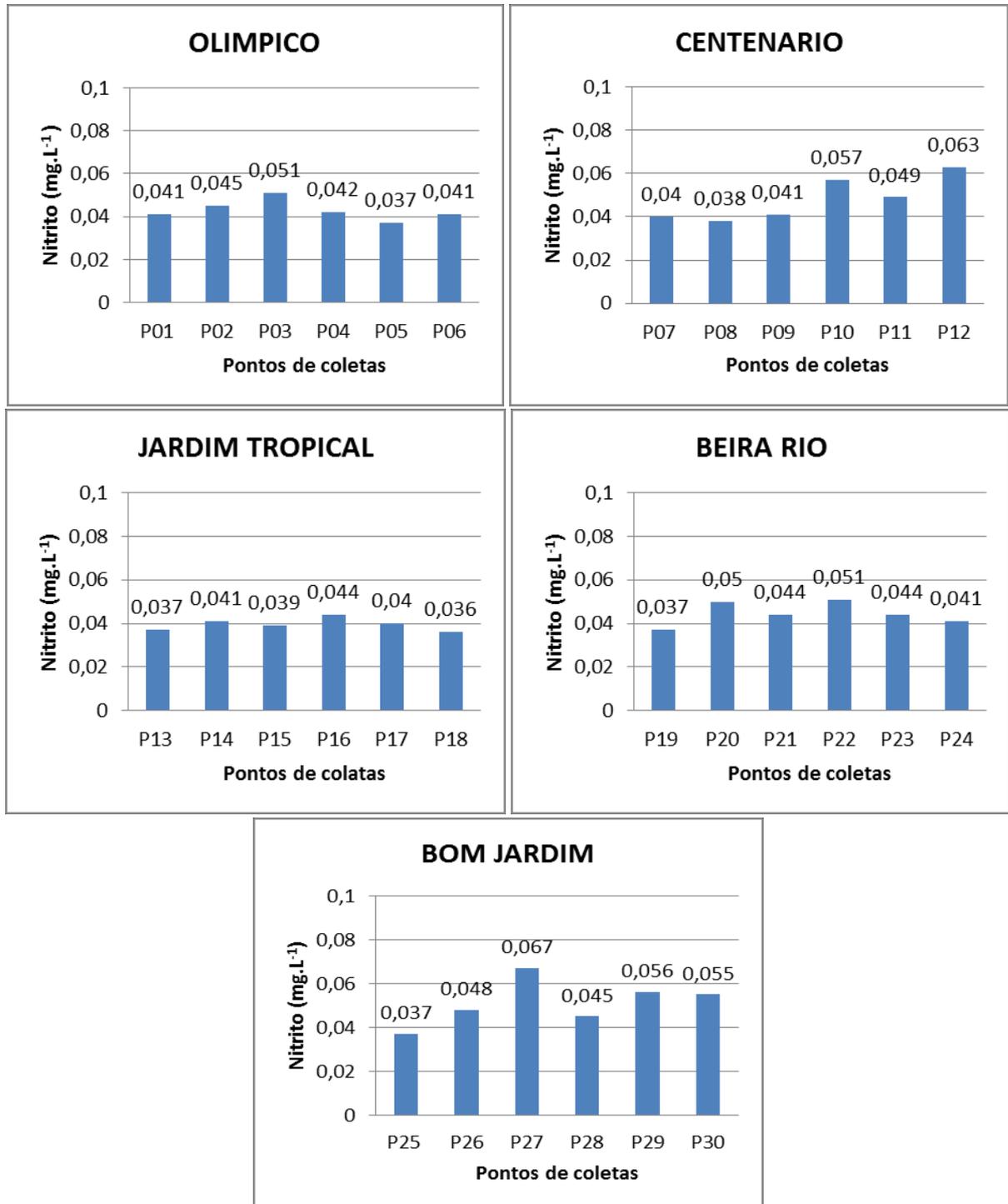


Figura 13: Concentrações de Nitrito (mg.L<sup>-1</sup>) nos trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.

Os resultados expressos obtidos para o nitrito (Figura 13) permitem observar que o ponto (P18) localizado no bairro Jardim Tropical (Figura 6) apresenta a menor concentração, dentre os pontos de análise, as maiores concentrações foram encontradas no bairro Centenário e Bom Jardim nos pontos (P12 e P27). Os valores médios encontrados, nos trinta pontos de análise, correspondem a um valor  $0,045 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Segundo Riquelme (2015), em estudo realizado em Rolim de Moura, encontrou concentrações, no período chuvoso, que variaram de  $0,01$  a  $0,55 \text{ mg.L}^{-1}$  com média de  $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$  e variação de  $0$  a  $0,32 \text{ mg.L}^{-1}$  no período seco, apresentando uma média de  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  neste período.

Segundo Stachiw et al. (2016), os poços analisados no mesmo município apresentaram uma concentração inferior ao VPM de nitrito cuja concentração média, em sua pesquisa, foi de  $0,103 \text{ mg.L}^{-1}$ , observando que 100% de sua amostra ficou abaixo do valor mínimo, atendendo a portaria de 2.914/2011 do MS.

Estudo realizado por Souza (2012) apresentou 100% das amostras em conformidade com a portaria do ministério da saúde, ficando com concentração inferior a  $1 \text{ mg.L}^{-1}$ , como uma variação de  $0,00$  a  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  e média de  $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Segundo a portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, todas as amostras atenderam à resolução, ficando abaixo do valor máximo permitido igual a  $1 \text{ mg.L}^{-1}$ . O que leva a conclusão de que todos atendem à exigência do Ministério da Saúde, sendo classificada como própria ao consumo humano, no que diz respeito à presença de nitrito.

## **5.7 NITRATO ( $\text{mg.L}^{-1}$ )**

Níveis elevados de nitrato podem causar problemas à saúde humana, pois quando entram no trato digestivo podem se transformar em nitrito e, este em excesso, pode causar doenças como a metahemoglobinemia, ou síndrome do Bebê Azul (Williams, 1998).

Adultos podem ingerir água com até  $40 \text{ mg.L}^{-1}$  sem problema, pois o limite de  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  é para bebês com menos de 1 ano. Algumas crianças com mais de um ano podem desenvolver metahemoglobinemia quando a papinha é feita com água

contendo nitratos (WOLFE 2002). Ferver a água não elimina o nitrato, pelo contrário, pode aumentar a concentração. Vale ressaltar que nas águas subterrâneas, sem nenhuma contaminação, o valor máximo de nitrato é  $4 \text{ mg.L}^{-1}$  ou menos (USEPA 1987).

Valores maiores que  $4 \text{ mg.L}^{-1}$  são sempre uma indicação de impacto à atividade humana. Hoje, a poluição das águas por nitrato (superfície e subterrâneo) é um problema mundial (WILLIAMS 1998, SHRESTHA et al. 2002).

A principal causa desta poluição é o uso de fertilizantes que são infiltrados no solo e acabam poluindo as águas subterrâneas (POSTMA et al. 1991) e o vazamento de fossas sépticas (WAKIDA et al. 2005). A quantidade de nitrato que polui a água depende de uma interação complexa de muitos fatores, tais como, utilização da terra, quantidade de nitrogênio no fertilizante, dinâmica de nitrogênio no solo, características físicas, química e profundidade do solo (VINTEN et al. 2001, RIVETT et al. 2008).

Considerando que a Portaria MS nº 2.914/2011 estabelece o limite de  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  de nitrato em águas destinadas ao consumo humano, observou-se que 50% das amostras ficaram com concentração acima do valor máximo permitido, não atendendo à exigência do Ministério da Saúde, sendo classificada imprópria para o consumo (BRASIL, 2009).

Segundo Riquelme (2015), 21,3% dos poços analisados do município de Rolim de Moura encontram-se com valores superiores ao limite estabelecido. Para as análises realizadas, no período de chuva, a variação de concentração foi de 0,10 a  $17,11 \text{ mg.L}^{-1}$ , já no período oposto as concentrações variaram de 0,41 a  $18,17 \text{ mg.L}^{-1}$ , sendo que neste período 40 % dos poços estavam acima do valor recomendado para o consumo humano.

Stachiw et al.(2016) realizaram estudo semelhante no mesmo município, em diferentes poços. Em sua pesquisa, 7 poços (35%) não atenderam o valor mínimo estipulado pela portaria MS nº 2.914/2011. Por sua vez, a maior concentração registrada foi de  $12,69 \text{ mg.L}^{-1}$ , valor muito próximo a  $12,59 \text{ mg.L}^{-1}$ , resultado obtido nesta pesquisa.

Segundo Souza (2012) 16,7% dos poços analisados, não tenderam os limites estabelecido pela portaria 2914 do Ministério da Saúde, ficando com

concentração superior a  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  apresentado com variação de 0,40 a  $11,29 \text{ mg.L}^{-1}$  de nitrato.

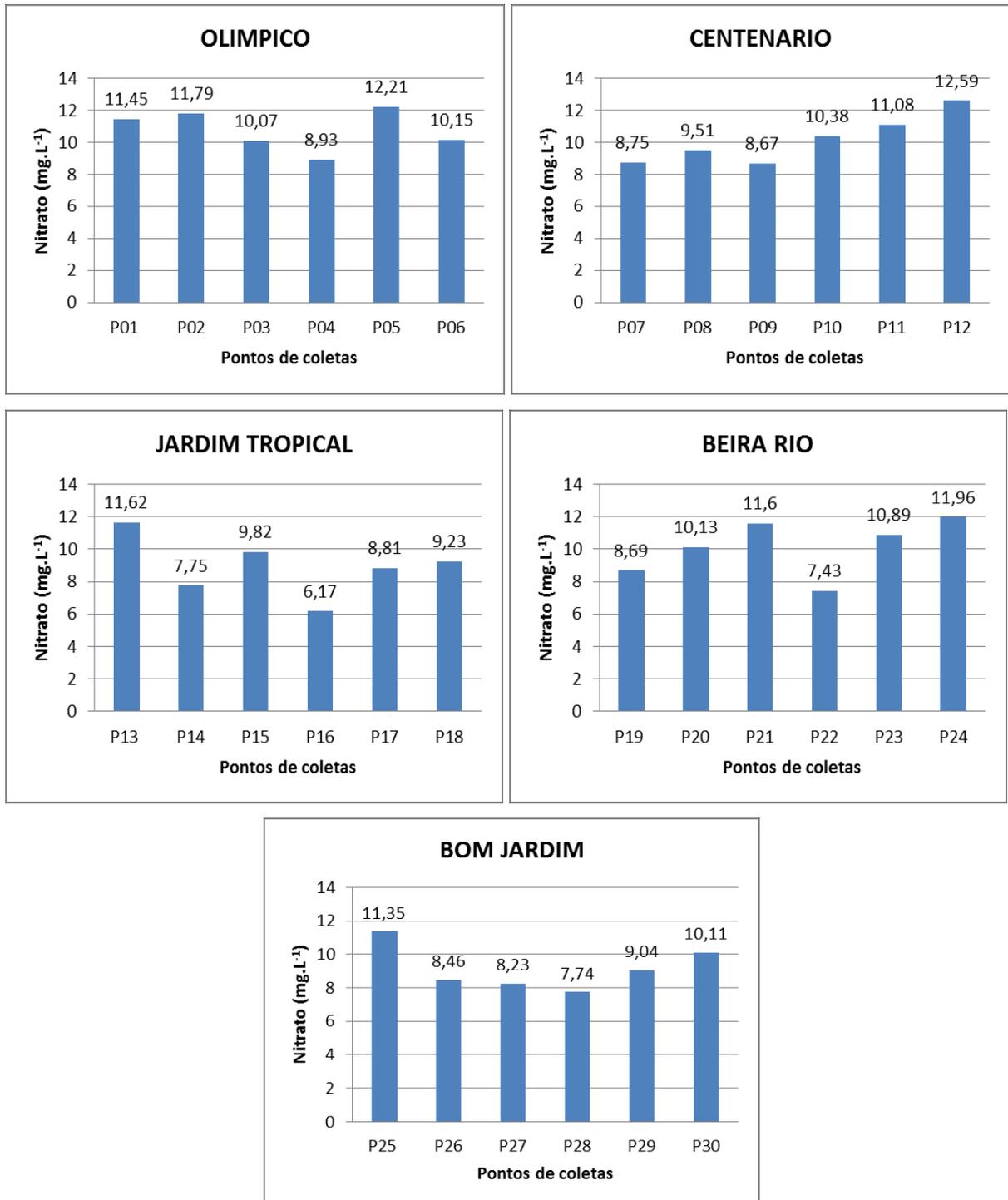


Figura 14: Concentrações de Nitrato ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) nos trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.

De acordo com os resultados obtidos na Figura 14, a maior concentração de Nitrato foi apresentada no ponto de coleta (P12) bairro Centenário, e a menor concentração ficou localizada no (P16) no bairro Jardim Tropical. A média dos poços é de  $9,82 \text{ mg.L}^{-1}$  de nitrato. Dentre os cinco bairros estudados, o bairro Olímpico foi o que mais de desatacou, com cinco poços (83,3%) acima de  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  de nitrato, exceto o ponto de coleta (P4). Já o bairro Jardim Tropical teve o menor número de poços acima do VPM, com apenas um poço (16,6%).

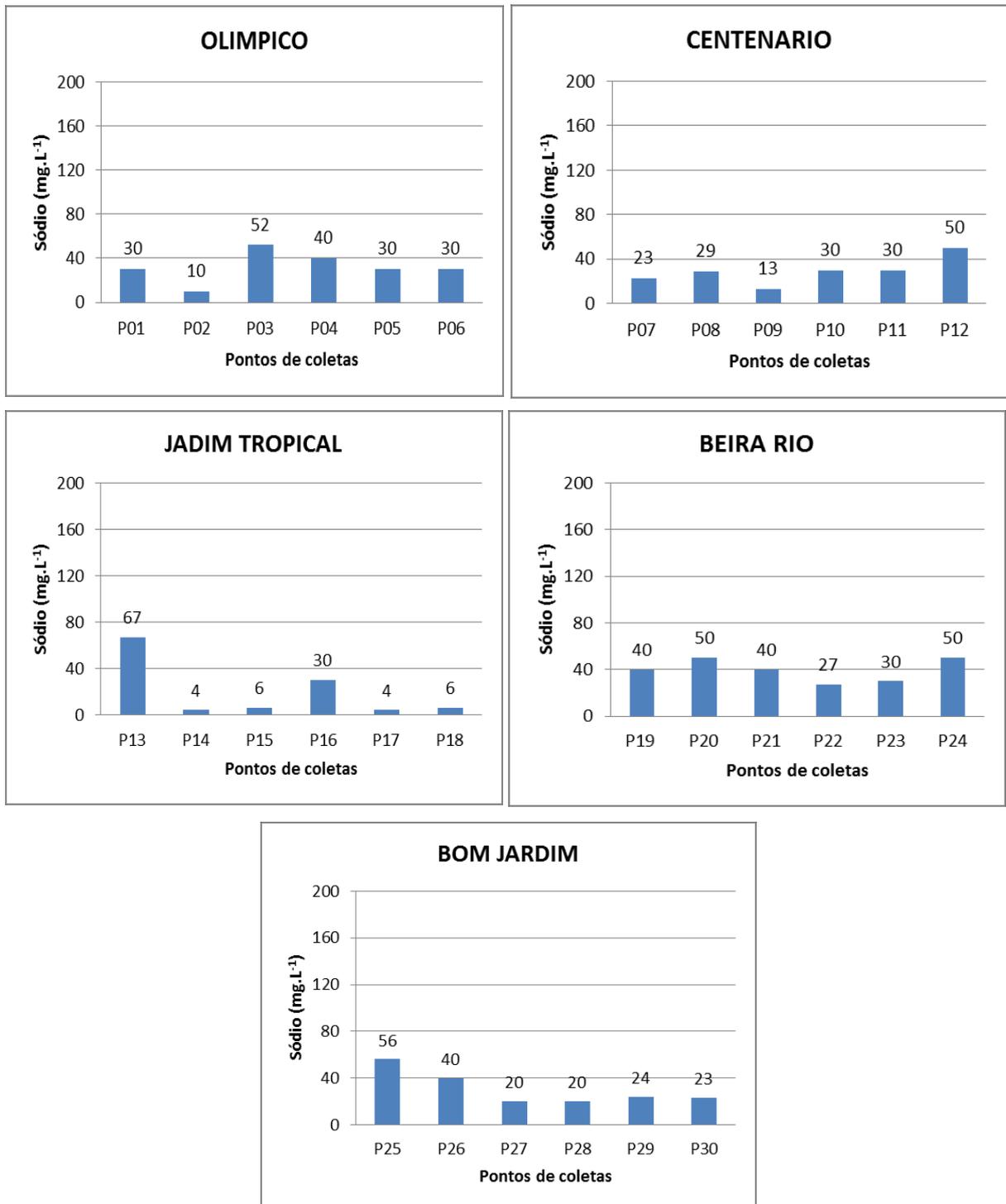
O consumo de águas dos poços que apresentaram concentração acima do permitido, segundo a Portaria MS nº 2914/2011 pode desenvolver doenças relacionadas ao excesso de nitrato, como metahemoglobinemia, nitrosaminas e nitrosamidas. Esse problema ocorre porque bactérias do sistema digestivo convertem nitrato em nitrito, que após absorção, tornam a hemoglobina incapaz de liberar oxigênio produzindo sintomas de asfixia (GIACOMETTI, 2001).

## 5.8 SÓDIO ( $\text{mg.L}^{-1}$ )

O sódio pode encontrar-se associado à aníons, principalmente o cloreto, sulfato, carbonato, bicarbonato, nitrato (FALCÃO, 1978). Em águas subterrâneas, a concentração de sódio varia entre 0,1 e  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ , havendo um enriquecimento gradativo a partir das zonas de recarga (PEDROSA; CAETANO, 2002).

O Sódio não é carcinogênico, mas pode aumentar a carcinogenicidade de alguns químicos como N-metil-N'-nitro-N-nitrosguanidno pela irritação de trato gastroduodenal, e assim aumentar a exposição de células epiteliais para carcinógeno (TAKAHASHI et al., 1983.).

O elemento Sódio é essencial à saúde humana, o limite de ingestão diária ainda é controverso. O máximo é 120-400mg para bebês e crianças, e 500mg para adultos (NRC 1989). Em geral, o excesso do sódio na dieta é excretado pelos rins, mas pode causar morte (ELTON et al. 1963). No momento, não há detalhes em relação ao excesso de sódio na água potável, afetando a saúde e causando hipertensão (HOFMAN et al. 1980). Níveis de sódio maiores que  $200 \text{ mg.L}^{-1}$  podem alterar o sabor da água e por isso o limite geral é  $200 \text{ mg.L}^{-1}$  segundo a Portaria MS nº 2914/2011.



**Figura 15: Níveis de sódio (mg.L<sup>-1</sup>) nos trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.**

Os resultados obtidos (Figura 15), para o sódio foram expressas em mg.L<sup>-1</sup>, observando que 100% das amostras analisadas ficaram abaixo do VMP. O bairro Jardim Tropical (Figura 6) apresentou as menores concentrações com média de 23,4

mg.L<sup>-1</sup>. Em sete amostras (23,3%) houve concentrações semelhantes a 30 mg. L<sup>-1</sup>, localizados nos pontos (P1, P5, P6, P10, P11, P16 e P23). A maior concentração (P13) e menor (P14 e P17) foram localizados nos bairros Jardim Tropical.

Trabalho semelhante realizado por Lauthartte (2013) em Jaci Paraná, encontrou, concentração mínima e máxima de 0,038 e 50,11 mg. L<sup>-1</sup>, com média de 7,17 mg. L<sup>-1</sup>, media inferior a 30,1 mg. L<sup>-1</sup> encontrada no presente, podemos observar que os resultados encontrados para as concentrações mínimas e máximas, são superiores as os resultados de Lauthartte (2013), podendo concluir que as águas de Rolim de moura, apresentam um nível maior de sódio em comparação ao município de Jaci Paraná.

### **5.9 POTÁSSIO (mg.L<sup>-1</sup>)**

O Potássio é usualmente encontrado na forma iônica e os sais são altamente solúveis. Ele pode ser incorporado a estruturas minerais e acumulado pela biota aquática, pois é um elemento nutricional essencial. O valor de potássio nas águas naturais é menor que 10 mg.L<sup>-1</sup>. Concentrações entre 100 e 25.000 mg.L<sup>-1</sup> podem atuar como indicador de ocorrência de fontes quentes e salmouras.

No momento não há muitas evidencias de que água tratada com permanganato de potássio é um risco à saúde. OMS não estabeleceram limites para este parâmetro. Em geral, os rins de pessoas saudáveis podem excretar o excesso de potássio e, em grande quantidade, pode induzir vômito (GOSSELIN, SMITH; HODGE, 1984).

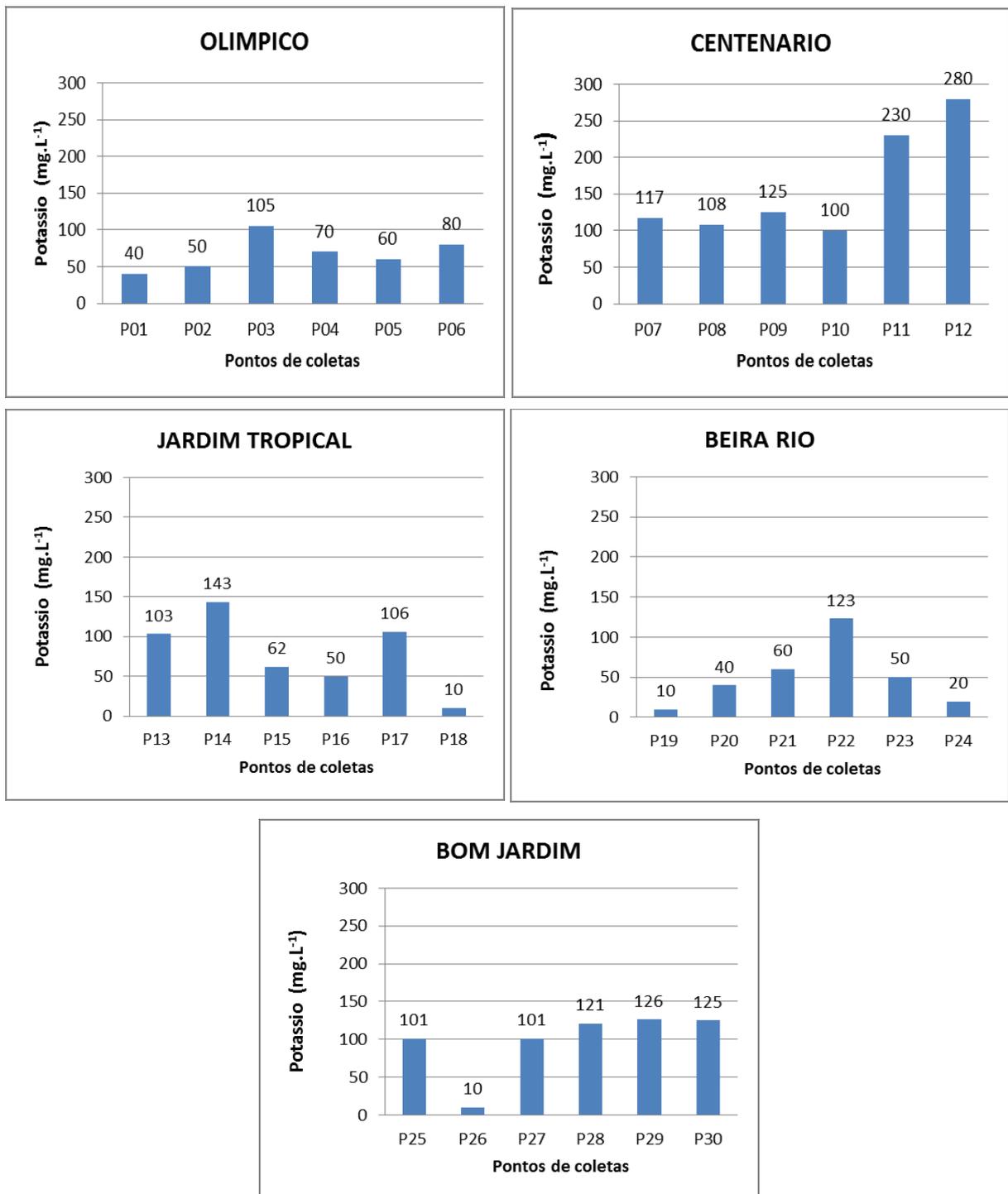


Figura 16: Níveis de Potássio (mg.L<sup>-1</sup>) nos Trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.

Os resultados obtidos (Figura 16), demonstraram que 3 amostras (10%) apresentaram concentrações iguais a 10 mg.L<sup>-1</sup>, 11 amostras (36,7%) entre 10 mg.L<sup>-1</sup> a 100 mg.L<sup>-1</sup> e 16 amostras (53,3%) acima de 100 mg.L<sup>-1</sup>. Dentre os bairros

selecionados, o Bom Jardim e Centenario apresentaram 5 amostras (83,3%) acima de 100 mg.L<sup>-1</sup>.

Lauthartte (2013) encontrou em Jaci Paraná, concentrações de 0,032 a 44,51mg.L<sup>-1</sup> para mínima e máxima, e média geral dos poços foram de 2,33 mg.L<sup>-1</sup>. Média inferior a 90,86 mg.L<sup>-1</sup> encontrada no presente estudo, pode-se observar que os resultados encontrados por Lauthartte (2013), são inferiores, podendo concluir que as águas dos poços analisados em Rolim de Moura apresentam uma elevada concentração de potássio, em comparação as dados obtido por Lauthartte (2013).

Um das hipóteses que justificam essa concentração elevada são as possíveis, contaminações das águas naturais por fertilizantes aplicados na agricultura e os minerais de feldspatos de potássio. Entretanto, sais de potássio são largamente usados na indústria e em fertilizantes para a agricultura e entram nas águas doces através de descargas industriais e lixiviação das terras agrícolas.

## **5.10 COR (UT)**

A cor aparente, quando presente, é sempre uma indicação de má qualidade da água e indica a presença de matéria dissolvida, tais como minerais (Ferro, Cobre e Zinco etc.) ou materiais orgânicos dissolvidos como tanino ou lignina. Água transparente não é, necessariamente, água limpa, pois pode haver poluentes dissolvidos em água que não altera cor.

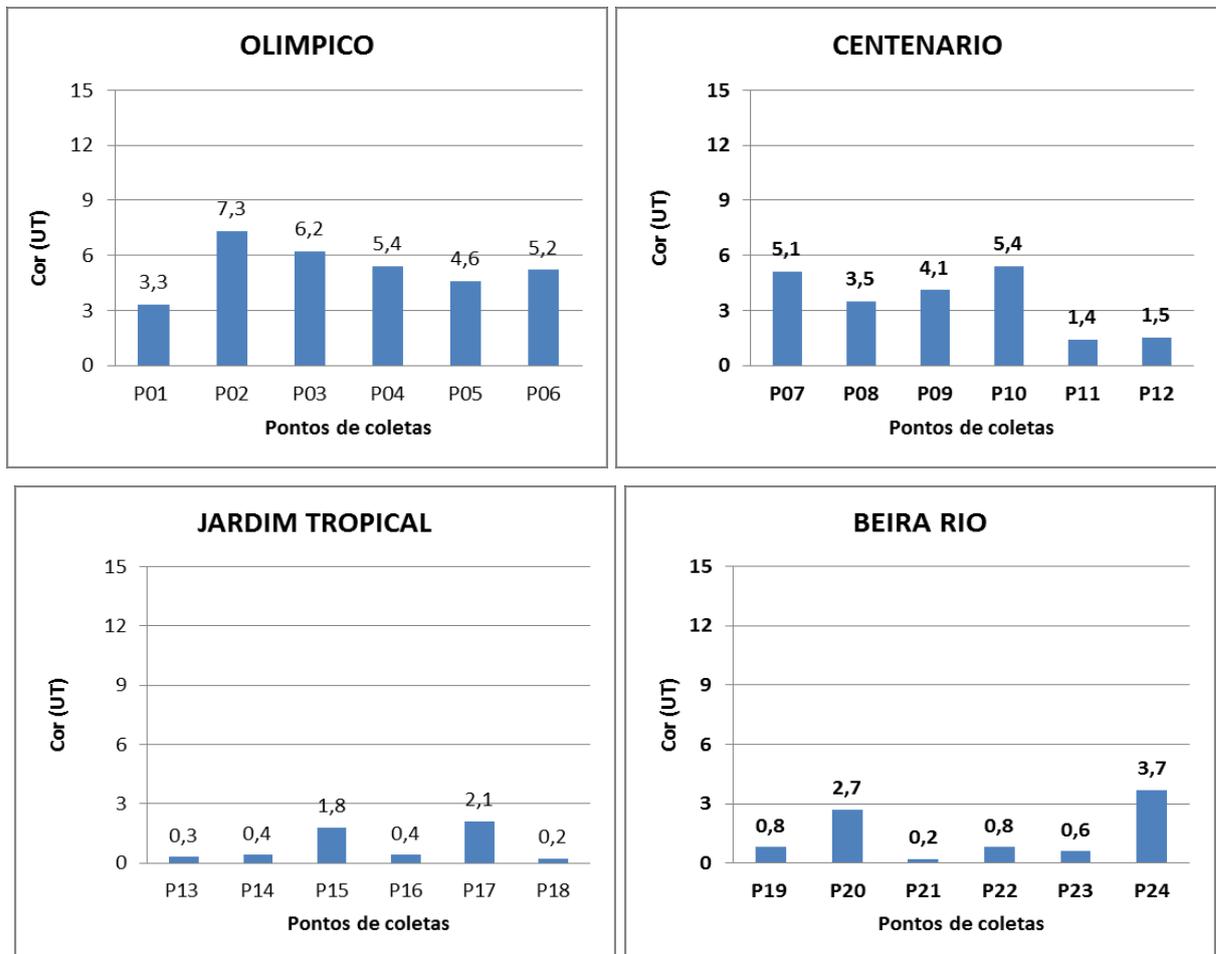
A cor aparente é um parâmetro exigido pelo Ministério da Saúde para classificar o grau de potabilidade da água destinada ao consumo humano, tem como valor máximo permitido de 15 UT estabelecido pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2009).

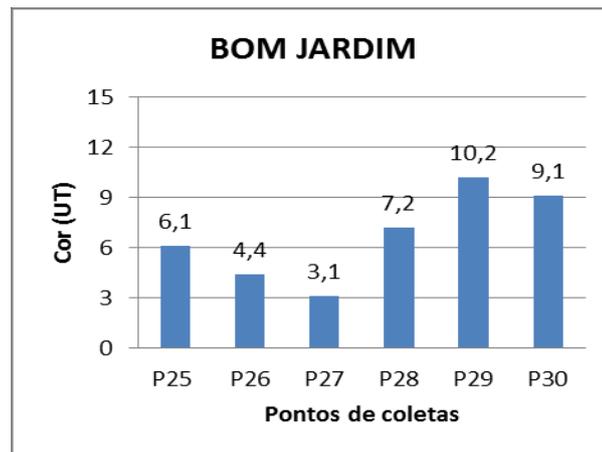
Dentre as amostras analisadas, constatou-se que 100% das amostras analisadas estavam de acordo com a exigência do MS, ficando com concentração abaixo de 15 UT, estando em consonância com os resultados obtidos por Stachiw et al. (2016) nos quais 100% das amostras atenderam o VMP.

Segundo dados obtidos por Riquelme (2015), no período chuvoso a cor aparente variou de 0 a 32 UT, demonstrando que 78,7 % dos poços da área urbana do Município de Rolim de Moura encontram-se acima de 15 UT. Em contrapartida,

durante o período de estiagem, 72,2% dos poços apresentaram valores acima de 15 UT, com uma pequena redução em 6,5% dos poços analisados.

Os resultados do presente estudo foram obtidos através de pesquisa realizada no mesmo período do ano e, comparando-os aos índices apresentados por Riquelme (2015), observa-se que houve uma redução na coloração das águas, ocorrendo uma melhoria de qualidade, já que os resultados demonstram que 100% das amostras atenderam à portaria do Ministério da Saúde, enquanto para Riquelme (2015) apenas 21,3%. Podemos relacionar cor aparente e Turbidez como um importante parâmetro para o aspecto visual da água, tornando um bom indicador de contaminação das águas.





**Figura 17: Resultados de Cor (UT) aparente nos trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.**

Segundo os valores obtidos para cor aparente (Figura 17), os bairros Jardim tropical e Beira Rio, em quatro pontos de coleta (66,6%) apresentaram valores inferiores a 1,0 UT. As maiores concentrações foram localizadas no bairro Bom Jardim onde quatro amostras (66,6 %) ficaram acima de 6 UT.

As menores e maiores concentrações foram encontrados nos pontos (P18 e P21), (P29 e P30). Comparando os valores obtidos para Turbidez (Figura 11) com os valores obtidos para cor aparente, percebe-se que os pontos (P29 e P30) apresentaram as maiores concentrações de Turbidez e cor aparente.

A Cor é geralmente um indicador de matéria orgânica e metais. Água com elevado teor de turbidez é indicativo de um alto conteúdo orgânico e inorgânico suspenso que pode servir de abrigo para microrganismos e diminuir a eficiência do tratamento químico ou físico da água (SPERLING, 2005). As águas que apresentam uma concentração de matéria orgânica elevada apresentam influência direta na turbidez.

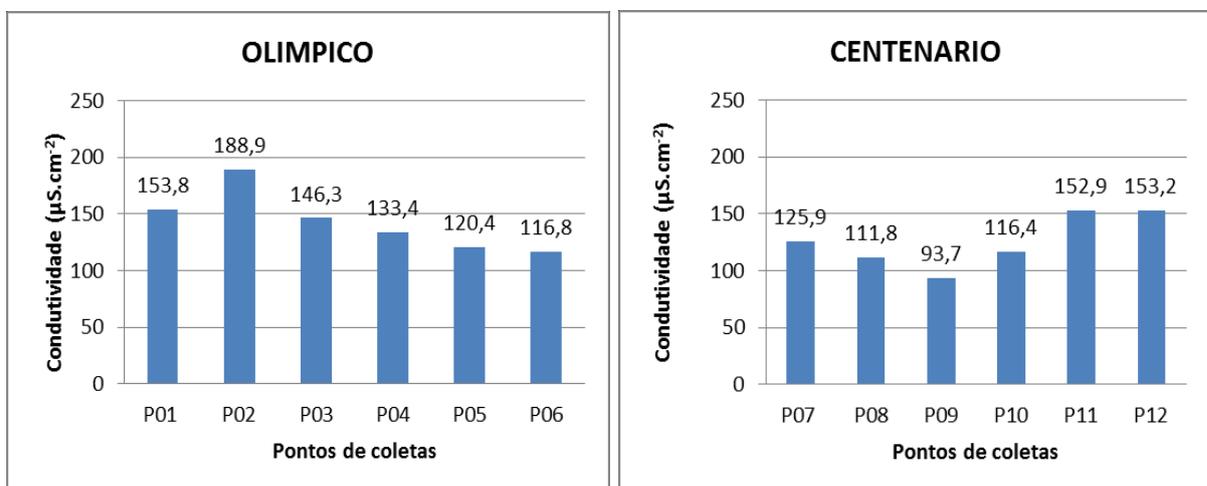
### 5.11 CONDUTIVIDADE ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$ )

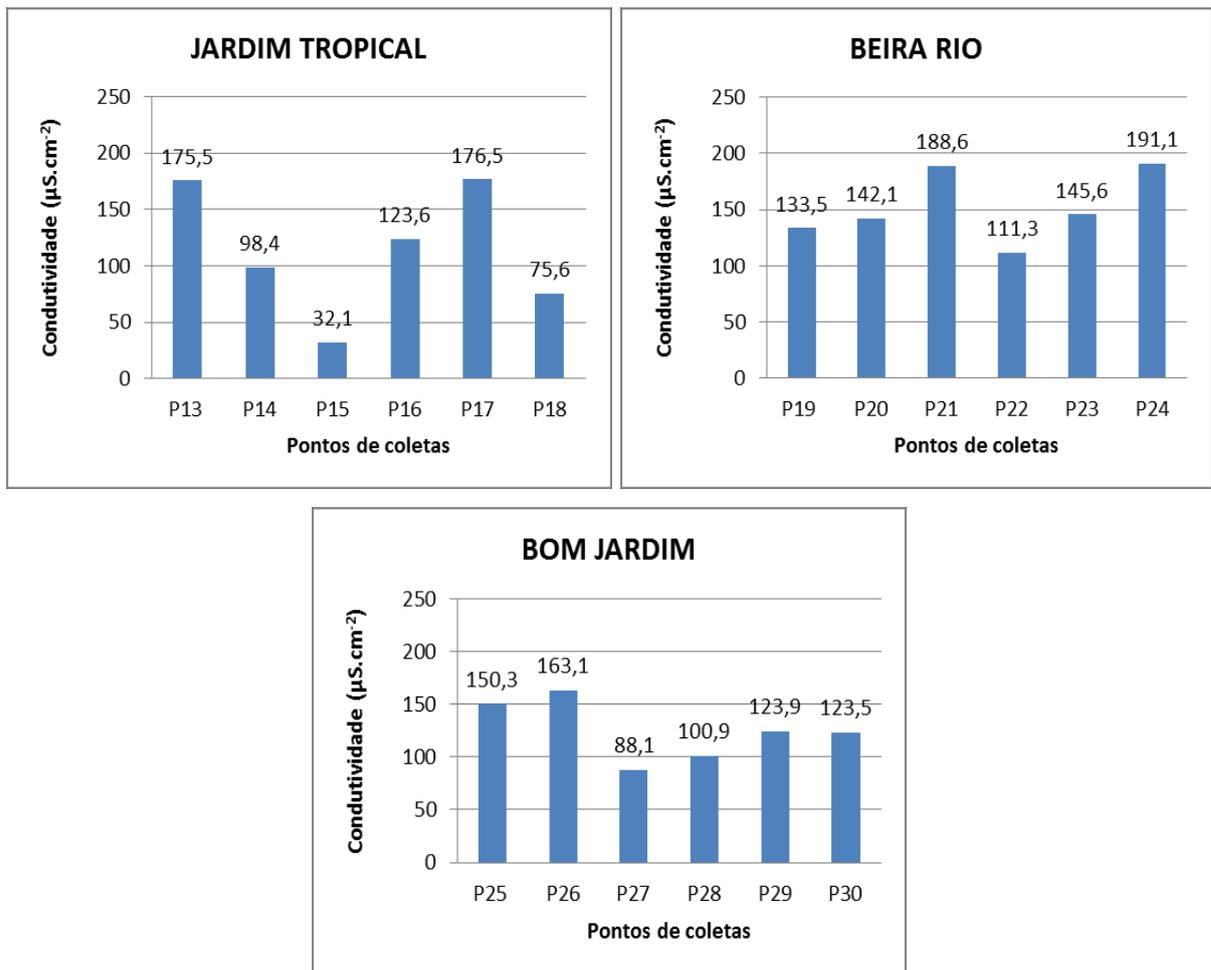
A condutividade elétrica expressa a capacidade de condução de corrente elétrica do corpo hídrico que varia em função da concentração dos íons presentes, associada às concentrações de sais, ácidos e bases dissolvidos em águas naturais. A poluição em águas naturais pode ser detectada pelo aumento de condutividade elétrica no curso d'água (VANZELA, 2004).

A condutividade por si mesma não é importante para qualidade de água, mas é um bom indicador de quantidade de sólidos dissolvidos. Certa porção de material dissolvido (tais como o de origem vegetal) não está ionizada. Uma boa aproximação para sólidos dissolvidos é a Condutividade ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$ )  $\times 2/3 =$  sólidos dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ). A relação entre condutividade e sólidos dissolvidos não é linear quando a salinidade da água é muito alta ou baixa e pode resultar nos erros de até 30% (WALTON et al 1989; MCNEIL; OX,2000).

Os valores expressos (Figura 18) para condutividade ficaram entre 32,1 a 191,1  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$  com média geral de 131,9  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$ , valores superiores à média apresentada por Stachiw et al. (2016). Houve uma variação de 1,0 a 220  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$  e média de 101,3  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$ , observa-se que a média do presente trabalho, foram superiores a de Stachiw et al. (2016). Considerando que as análises foram realizadas no período chuvoso, fator este, que possa ter contribuído para o aumento de íons de sais dissolvido em água, sendo trazidos por enxurradas e ocorrendo infiltração para os poços, contribuindo para o aumento da condutividade das águas dos poços.

Rodrigues et. al (2014) encontrou valores para condutividade em análise espacial dos poços rasos de Porto Velho, valores médio de 46,3  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$ , com variação de 9,42 a 73,12  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$ . As três maiores CE registradas foram para os Pontos (P21 e P24) bairro Beira Rio e (P17) Jardim Tropical. As três menores CE ficaram (P9 Centenário) e (P15 e P18 Jardim Tropical).





**Figura 18: Resultados de condutividade elétrica (CE) nos Trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.**

Verificou-se, ainda, uma estreita relação entre a condutividade elétrica e o pH da água nos pontos (P13, P17 e P21). Amostras de água com pH próximo ou maior que 6,0 apresentaram valores de condutividade elétrica acima de 175  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$ . Da mesma forma, as águas com pH mais elevado apresentaram também uma elevação nos valores de condutividade, decorrente de um maior teor de sais.

Enquanto as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$ , em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais, os valores podem chegar até 1.000  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$  (BRASIL, 2009).

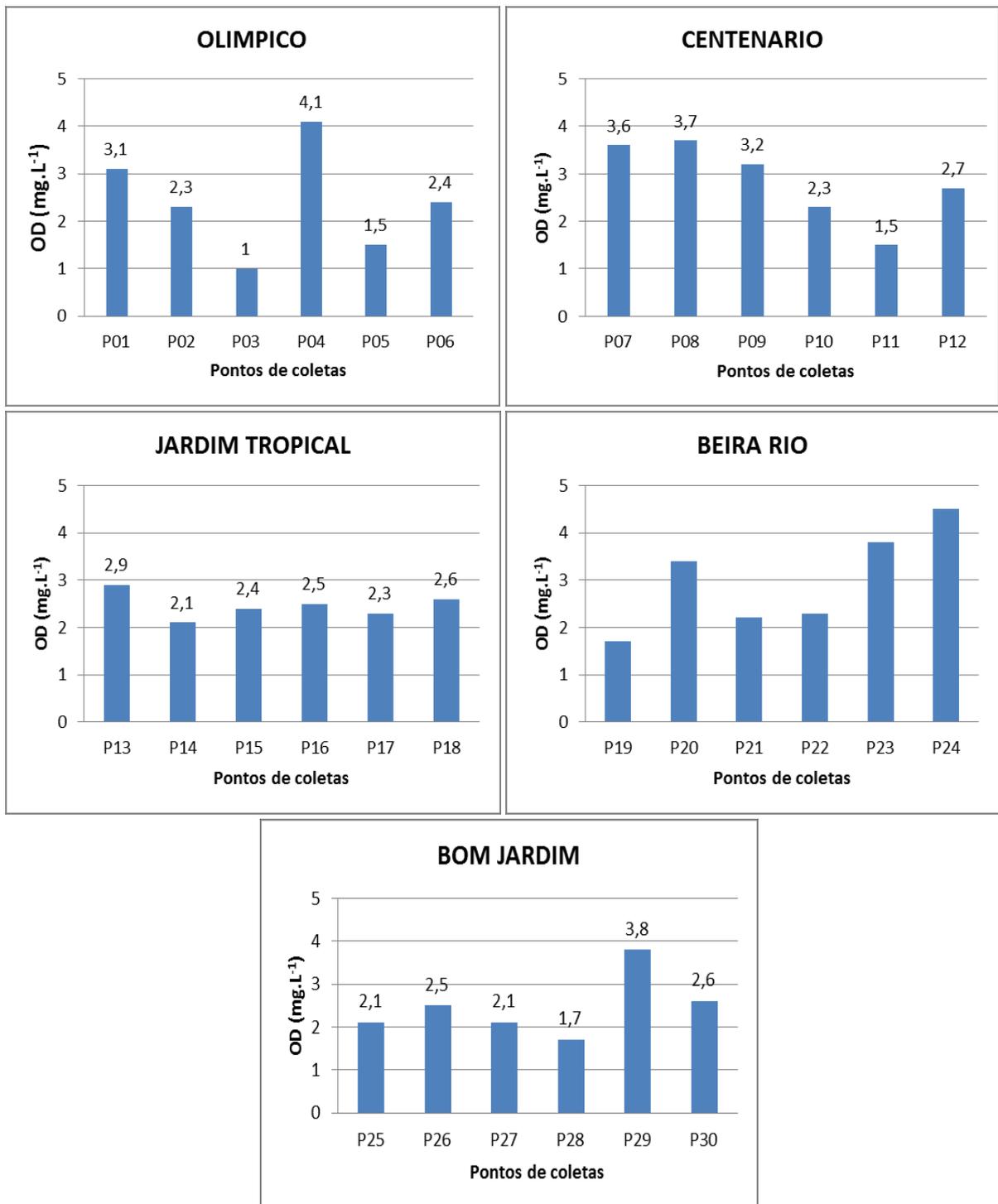
## 5.12 OXIGÊNIO DISSOLVIDO ( $\text{mg.L}^{-1}$ )

A portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece valor mínimo de 5  $\text{mg.L}^{-1}$  de OD. O nível baixo de oxigênio dissolvido é decorrente da oxidação da matéria orgânica, indicando a presença de agentes patogênicos, e sua concentração na água está relacionada pela temperatura, pressão e salinidade (WETZEL; LIKENS, 2003).

As águas com baixos níveis de OD tem mau gosto. Em geral, água subterrânea apresenta concentrações menores de OD em comparação a águas de superfície. Isso ocorre devido às águas subterrâneas não estarem expostas à atmosfera, não havendo a reação e fotossíntese. Além disso, água que infiltra para recarregar os lençóis freáticos perdem a maior parte de oxigênio para microrganismos nas camadas superiores do solo, e o pouco que sobra é oxidado nas camadas mais profundas.

Quanto maior a profundidade do poço que não está próximo ao mar, menores serão as concentrações de OD (MALARD; HERVANT 1999). Geralmente, para poços com mais de 5 metros de profundidade, a média de OD é 1.2  $\text{mg.L}^{-1}$  (MALARD; HERVANT 1999). Mas há casos em que OD, nos lençóis freáticos, tem até 8  $\text{mg.L}^{-1}$  (WINOGRAD; ROBERTSON 1982).

Segundo Datry et al. (2004), altos níveis de OD nos poços rasos (<9m) ocorrem quando o OD, nas águas de chuva, não está utilizado por causa da baixa quantidade de microrganismos ou qualidade do solo. As águas poluídas são geralmente aquelas que apresentam uma concentração baixa de OD, decorrente da decomposição de compostos orgânicos, por sua vez, águas limpas apresentam concentrações elevadas de OD, chegando próximas ao valor da concentração de saturação que é de 9,2  $\text{mg.L}^{-1}$ , para temperatura da água de 20°C (CETESB, 2009).



**Figura 19: Níveis de Oxigênio Dissolvido (OD) nos Trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.**

De acordo com os resultados apresentados (Figura 19) nos trinta pontos de coleta, observou-se que os pontos no bairro Olímpico (P4) e Beira Rio (P24) apresentaram as maiores concentrações de oxigênio dissolvido, superior a 4 mg.L<sup>-1</sup>.

As menores concentrações de OD, foram detectadas nos pontos P3, P5, P11, P19 e P28, com concentrações abaixo de  $2 \text{ mg.L}^{-1}$ . A média geral dos trintas pontos apresentou concentração de  $2,63 \text{ mg.L}^{-1}$  de oxigênio dissolvido. Todos os poços ficaram abaixo do valor mínimo estabelecido pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde que estipula valor mínimo de  $5 \text{ mg.L}^{-1}$  de oxigênio para água destinada para o consumo humano.

Media semelhante encontrada por Rodrigues et al. (2014), cuja media das suas análises foram de  $2,75 \text{ mg.L}^{-1}$ , ficando 100% das amostras abaixo do limite estipulado pelo ministério da saúde portaria 2914/2011. A menor concentração encontrada foi de  $1,57 \text{ mg.L}^{-1}$ , valor superior a  $1 \text{ mg.L}^{-1}$  menor concentração encontrada no presente trabalho.

Os valores inferiores obtidos são característicos de ambientes com carga orgânica elevada, uma vez que organismos decompositores consomem altas concentrações de oxigênio na estabilização da matéria orgânica (MOTA, 1995).

O baixo índice de OD está relacionado à presença de carga bacteriana *E.Coli* e Coliformes Termotolerantes (Figura 20 e 21). Quanto maior a quantidade de matéria orgânica, maior será o crescimento das bactérias e mais intensa sua atividade decompositora, podendo levar a graves reduções na massa de oxigênio dissolvido no corpo d'água ou, até mesmo, ao seu desaparecimento (condição de anaerobiose). Durante a estabilização aeróbica da matéria orgânica, as bactérias decompositoras fazem uso do oxigênio em seus processos respiratórios, podendo diminuir sua presença no meio. Concentrações elevadas de oxigênio dissolvido são indicativas de vegetais fotossintéticos, o nível baixo de oxigênio indica a presença de matéria orgânica, proveniente de esgotos e fossas sépticas, e contribui para a alta quantidade de biomassa de bactéria aeróbica (O'CONNOR, 1967).

### 5.13 MICROBIOLÓGICO

As Figuras (20 e 21) mostram os resultados quanto aos testes de *Escherichia coli* (*E. coli*) e de Coliformes totais.

### 5.13.1 E. COLI (UFC/100 mL)

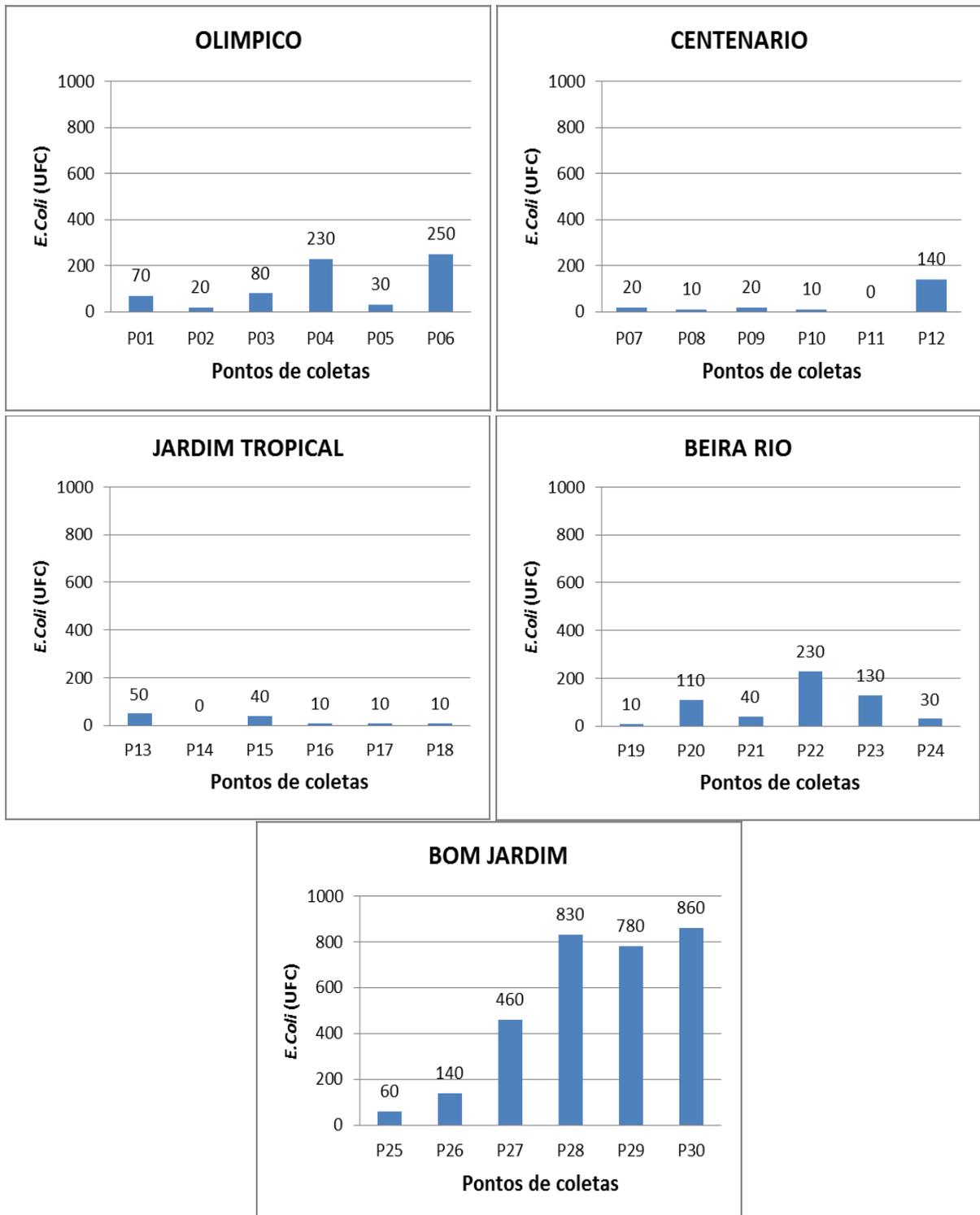


Figura 20: Níveis de E. Coli(UFC) nos Trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.

### 5.13.2 COLIFORMES TOTAIS (UFC/100 mL)

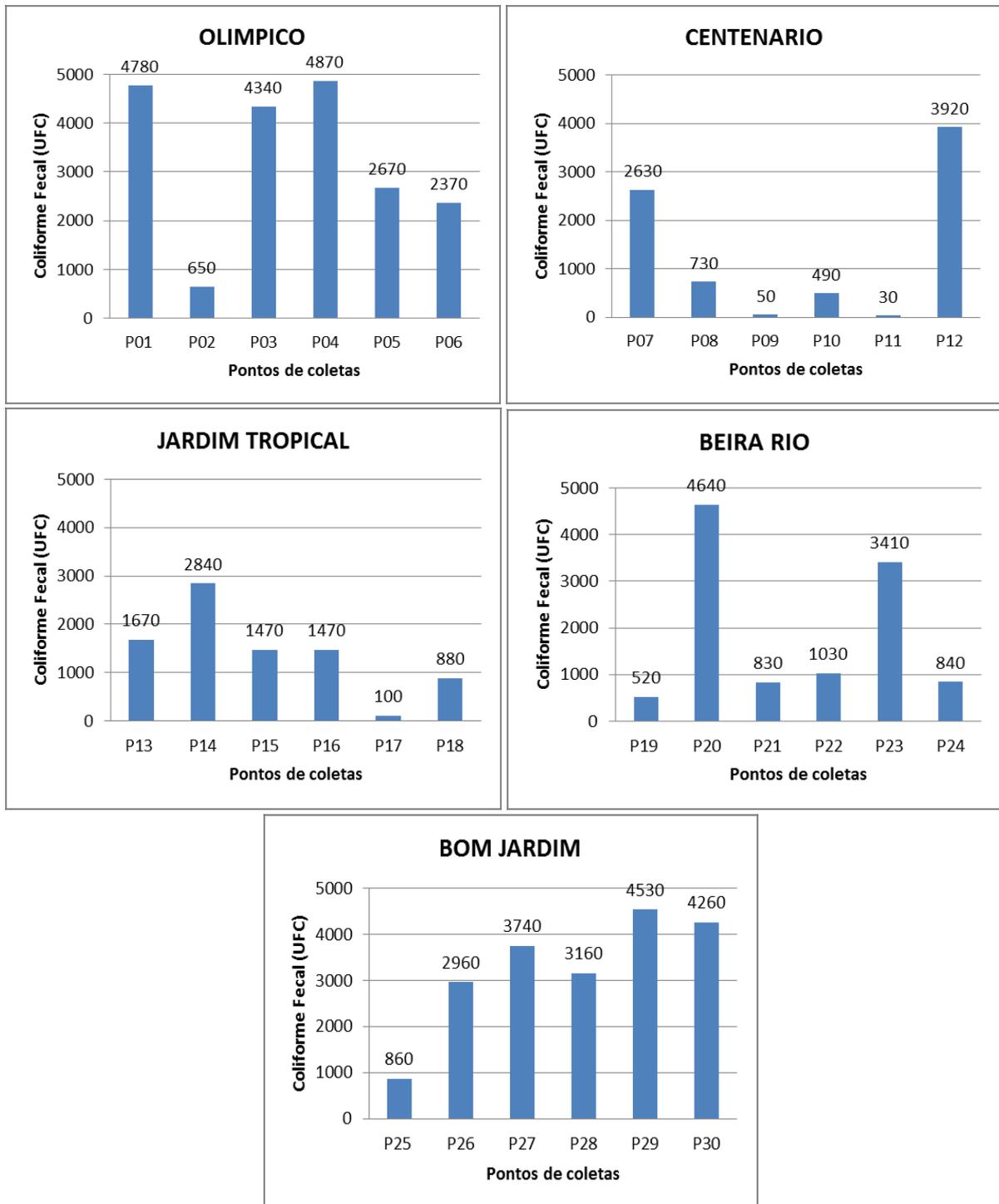


Figura 21: Incidência de Coliformes termos tolerantes (UFC) nos trinta pontos de coleta em cinco diferentes bairros de Rolim de Moura – RO.

Verificou-se que 100% das amostras analisadas deram positivo para coliformes totais e fecais e vinte e oito das amostras (93,3%) deram positivo quanto à presença de *Escherichia coli*, que é o principal contaminante fecal.

Pesquisa realizada por Riquelme (2015), em Rolim de Moura, no período chuvoso, constatou que 41 poços (67%) estavam contaminados por *E.Coli* e 63 poços (100%) das amostras contaminados por coliformes totais. Comparando os dados de 2015 e 2017 observa-se que não houve redução dos índices de contaminação.

Segundo estudo realizado por Souza (2012), apresentou índice de contaminação inferior, ao trabalho de Riquelme (2015) e o presente trabalho. Os índices de contaminação foram de 66,7% para coliformes totais e 28,6% para *E.Coli*, destacando que 14 poços (33,3%) apresentaram ausência de coliformes e *E.Coli*.

Os parâmetros coliformes e *E. Coli* apresentam relevância fundamental neste trabalho, pois mostram que as águas de 30 poços, distribuídos em cinco bairros de Rolim de Moura, estão expostos a agentes patogênicos do gênero fecal., sendo que a descrição *in loco* já apontava para uma possível contaminação, ou seja, os resultados comprovam hipótese levantada antes das análises.

As águas do bairro Bom Jardim se destacaram como sendo a pior água, pois possuem maior quantidade de coliformes termos tolerantes e *E.Coli*, apresentando variações entre 2960 e 4530 UFC/100 ml para Coliformes e 60 a 860 UFC/100 ml para *E.Coli*. Já o bairro Centenário e Jardim tropical se destacaram entre os demais, pois apresentaram as menores concentrações para coliforme e *E. Coli*.

O fator que contribuiu para a elevação da carga bacteriana, no bairro Bom Jardim, pode estar associado à proximidade dos poços com as fossas sépticas e ao fato de ser este o bairro mais carente dentre os Bairros selecionados. Vale ressaltar que o bairro Centenário é também considerado um bairro carente, porém está situado numa área plana, facilitando o escoamento das águas das chuvas e evitando a infiltração de dejetos que possam contribuir para a proliferação de microrganismos.

Apesar de todas as amostras não estarem atendendo à Portaria MS nº 2.914/2011 que estabelece a qualidade da água destinada ao consumo humano em qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas e nascentes, devem ter ausência de Coliformes Fecais e *Escherichia coli*. As águas devem ser monitoradas durante um período do ano, para a comprovação mais precisa.

Entretanto, estes resultados servem como sinal de alerta, visando a medidas de prevenção e melhorias da qualidade das águas.

Estes resultados indicam que as águas de poço podem ter sido contaminadas por agentes patogênicos, provenientes de fossas ou dejetos de animais, conforme constatação da proximidade de fossas sépticas aos poços. Outro fator a ser levado em conta é o fato das amostras serem coletadas em um período chuvoso, o que pode ter contribuído para o deslocamento de dejetos por enxurrada, devido à falta de rede de saneamento básico. Um dos maiores problemas das fontes de água é a ausência ou irregularidade do monitoramento de sua qualidade (CAPPI et al.2011)

Fossas sépticas, com dejetos de animais e humanos e, em condições inadequadas, podem contribuir para a contaminação das águas por micro-organismos de origem fecal, *Escherichia coli* e enterococos, que são carreados do solo para fontes de águas superficiais, como córregos, minas, represas e poços, ocorrendo o processo de percolação, atingindo os lençóis de água superficial, causando contaminação, principalmente em época chuvosas (COGGER, 1988).

Vários fatores podem contribuir para a contaminação das águas por coliformes termos tolerantes, fatores estes: a falta de manutenção do reservatório; localização inadequada dos poços próxima a fossas ou rede de esgoto. Tem sido associadas, doenças de veiculação hídrica, principalmente em locais desprovidos de rede de saneamento básico (COLVARA et al., 2009).

## 6.0 CONCLUSÃO

Os resultados encontrados no presente estudo confirmam a hipótese de contaminação das águas, tendo em vista as características dos bairros e poços. As maiorias deles não apresentavam qualquer tipo de proteção contra agentes contaminantes e infiltração, proveniente de fossas sépticas e rede de esgoto a céu aberto, ficando vulnerável à ação de microrganismo.

Os parâmetros físicos químicos: Temperatura, Dureza, Cor, Condutividade, Nitrito, Sódio e Potássio se encontram dentro dos limites estabelecidos pela Portaria MS nº 2.914/2011.

Em termos de pH, somente 6,7% dos poços tiveram variação entre 6 a 9, ficando dentro dos limites estabelecidos pela Portaria MS nº 2.914/2011. Em água potável o pH não apresenta um impacto direto para a saúde humana, é considerado um parâmetro desejado, mas não obrigatório. Os fatores naturais e antropogênicos contribuem para a acidificação das águas, assim como a absorção de gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica e despejos de esgotos domésticos.

O nível de OD em 100% dos poços não atenderam os limites estabelecidos pela portaria MS nº 2.914/2011, ficando com concentração inferior a 5 mg.L<sup>-1</sup>. Águas poluídas são um indicador de nível baixo de Oxigênio Dissolvido, conseqüentemente está relacionada à presença de carga bacteriana e oxidação da matéria orgânica.

Para o nitrato, 50% dos poços não atenderam a portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, apresentando uma concentração superior a 10 mg.L<sup>-1</sup>. Os maiores índices de contaminação estão localizados no bairro Olímpico, com 83,3% das amostras contaminadas, por sua vez os menores índices de contaminação foram constatado no bairro Jardim Tropical com 16,6% das amostras.

Concentração de nitrato acima de 4 mg.L<sup>-1</sup> sempre indica poluição pela atividade humana. A principal causa desta poluição: fertilizantes que por lixiviação para água subterrânea e vazamento de fossas sépticas.

Os parâmetros microbiológicos coliformes fecais e *E.Coli* apresentaram altos índices de contaminação em todos os pontos de coletas. Das trinta amostras analisadas 100% estavam contaminadas por Coliforme Fecal e 93,3% por *E.Coli*, sendo que os maiores índices de contaminação estão localizados no bairro Bom Jardim, considerado o bairro mais carente dentre os analisados. Dessa forma, pode-se afirmar que as águas locais encontram-se contaminadas, apesar de haver alguns indícios pontuais de contaminação. De fato, a descrição *in loco* já apontava para uma possível contaminação, pela falta de saneamento e estrutura física dos poços. Assim, os resultados comprovam a hipótese levantada antes das análises. O período de chuva pode ter contribuído para o deslocamento de dejetos por enxurradas, devido à falta de rede de saneamento básico.

A análise ocorreu em um período chuvoso no estado de Rondônia, fator que possivelmente contribuiu para o aumento dos índices de contaminação por microrganismo, acidificação (pH), Nitrato, Turbidez, Cor e redução do nível de oxigênio dissolvido (OD), pelo volume elevado de chuva, deixando os poços

vulneráveis à infiltração de águas contaminadas por microrganismos, fertilizante, partículas em suspensão, dejetos humano e de animais. Além disso, outro fator que pode ter contribuído para os índices de contaminação seria o vazamento das fossas sépticas, devido ao volume excessivo de água das chuvas.

Considerando todos os resultados, há a necessidade de monitorar a qualidade de água dos poços durante um período de um ano, principalmente na época de estiagem, para determinar se há contaminação biológica, química e física, pela água da chuva, falta de saneamento ou vazamento de fossas sépticas. Há, também, necessidade de investigar a qualidade de revestimento dos poços, das fossas sépticas e a qualidade de solo para que providências sejam tomadas no sentido de melhorar a qualidade de água dos poços.

## 7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, A. W. W. A. WPCF. **Standard Methods For Examination of Water And Wastewater, 21 th. Ed. New York: APHA, AWWA, WPCR, v. 1. 2005.**
2. APHA, Awwa. WPCF, 1998. **Standard methods for the examination of water and wastewater, v. 20, 1998.**
3. ATKINSON, T. C. Carbon dioxide in the atmosphere of the unsaturated zone: an important control of groundwater hardness in limestones. **Journal of Hydrology**, v. 35, n. 1-2, p. 111-123, 1977.
4. BROMBERG, M. **Safe drinking water: Microbial Standards Help Ensure Water Quality for Consumers.** Disponível em:<<http://www.purdue.edu/>>. Acesso em: 26 out. 2016.
5. BECHER, Albert E.; ROOT, Samuel I. Groundwater and geology of the Cumberland valley, Cumberland county, Pennsylvania. **Available from State Book Store P. O. Box 1365, Harrisburg, PA 17125. Pennsylvania Geological Survey, Fourth Series, Water Resource Report 50, 1981. 94 p, 14 Fig, 3 Plates, 14 Tab, 51 Ref, Append., 1981.**
6. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/** Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, p.47, 2006.
7. BRASIL, Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. **Manual Prático de Análise de Água:** Manual de Bolso, 2ª ed. Brasília - DF, 2006.
8. BRASIL, Agência Nacional de Águas (ANA) Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2009 / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, p.204, 2009

9. BASTOS, R. P. Anfíbios do cerrado. **Herpetologia no Brasil II. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Herpetologia**, p. 87-100, 2007.
10. BRANCO, Samuel Murgel: Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Ambiental. **São Paulo: CETESB**, 1978.
11. BATALHA, Ben Hur Luttembarck; PARLATORE, Antônio Carlos; DE SANEAMENTO AMBIENTAL, Companhia de Tecnologia. Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano; bases conceituais e operacionais. In: **Controle da qualidade da água para consumo humano; bases conceituais e operacionais**. Cetesb, 1977.
12. CHARRIERE, G. et al. Assessment of the marker value of various components of the coli-aerogenes group of Enterobacteriaceae and of a selection of Enterococcus spp. for the official monitoring of drinking water supplies. **Journal of Applied Microbiology**, v. 76, n. 4, p. 336-344, 1994.
13. CALIJURI, Maria Lúcia et al. Estudo de indicadores de saúde ambiental e de saneamento em cidade do Norte do Brasil. **Eng Sanit Ambient**, v. 14, n. 1, p. 19-28, 2009.
14. CONSOLI, M.A.F. *et al.* Estudo Introdutório sobre o uso de Petrifilm como meio base para a Utilização de Membrana Filtrante na Análise de Água. Rio de Janeiro-RJ. **Revista Analytica**. p.70-75, 2006.
15. COGGER, C. On-site septic systems: the risk of groundwater contamination. **Journal of Environmental Health**, v. 51, n. 1, p.12-16, 1988.
16. CONAMA, N°. 357/2005-" Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências." **Data da legislação**, v. 17, n. 03, 2005.

17. CASALI CA. Qualidade da água para consumo humano oferta em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul. Dissertação – Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008; 178 pp.
18. COLVARA, J. G.; LIMA, Andréia S.; SILVA, Wladimir P. Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 2, p. 11-14, 2009.
19. CASARINI, Dorothy Carmen Pinatti et al. Relatório de estabelecimento de valores orientados para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. In: **Série Relatórios Ambientais**. CETESB, 2009.
20. CAPPI, Nanci et al. Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS). **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 16, n. 3, p. 77-92, 2012.
21. DATRY, T.; MALARD, Florian; GIBERT, Janine. Dynamics of solutes and dissolved oxygen in shallow urban groundwater below a stormwater infiltration basin. **Science of the Total Environment**, v. 329, n. 1, p. 215-229, 2004.
22. DAHL, Lewis K. et al. Effects of chronic excess salt ingestion. Modification of experimental hypertension in the rat by variations in the diet. **Circulation Research**, v. 22, p. 11-18, 1968.
23. DAHI, E. **Water Supply in Developing Countries**: Problems and Solutions. Lyngby: Eds. Technical, University of Denmark, 1992.
24. ESTEVES, Francisco de Assis. Fundamentos de limnologia. In: **Fundamentos de limnologia**. Interciência/Finep, p.575, 1998.
25. ELTON, Norman W. et al. Pathology of acute salt poisoning in infants. **American journal of clinical pathology**, v. 39, p. 252-264, 1963.

26. FALCÃO, Helena. **Perfil analítico de águas minerais**. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral, 1978.
27. GUIMARÃES-SILVA, Aline Kelly et al. A qualidade das águas na região dos garimpos de topázio imperial na sub-bacia do rio da Ponte, Ouro Preto-MG. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 60, n. 4, 2007.
28. GIACOMETTI, L.; MUTTON, M. J. R.; AMARAL, L. A. Qualidade microbiológica de águas minerais no município de Jaboticabal, SP. *Hig. Alim.*, v.19, p.58-62, 2005.
29. GERGEL, Sarah E. et al. Landscape indicators of human impacts to riverine systems. **Aquatic Sciences**, v. 64, n. 2, p. 118-128, 2002.
30. GOSSELIN, Robert E.; SMITH, Roger P.; HODGE, Harold C. **Clinical toxicology of commercial products**. Williams & Wilkins, 1984.
31. HERB, William R. et al. Ground surface temperature simulation for different land covers. **Journal of Hydrology**, v. 356, n. 3, p. 327-343, 2008.
32. HOFMAN, A.; VALKENBURG, H. A.; VAANDRAGER, G. J. Increased blood pressure in schoolchildren related to high sodium levels in drinking water. **Journal of Epidemiology & Community Health**, v. 34, n. 3, p. 179-181, 1980.
33. HELLER, Léo; DE PÁDUA, Valter Lúcio. **Abastecimento de água para consumo humano**. Editora UFMG, 2006.
34. IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Resultados do Censo Demográfico. Rio de Janeiro: 2016.
35. LUANA, Marlucio. **Água: fonte de vida (e de lucro)**. 2007. Disponível em: <[http://www.multirio.rj.gov.br/sec21/chave\\_artigo.asp?cod\\_artigo=969](http://www.multirio.rj.gov.br/sec21/chave_artigo.asp?cod_artigo=969)> Acesso em: 23 abril 2017.

36. LAUTHARTTE, LEIDIANE C. **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA; DE JACI-PARANÁ, NO DISTRITO; VELHO-RO, MUNICÍPIO DE PORTO.** 2013.67 f. Dissertação (DESENVOLVIMENTO REGIONAL E MEIO AMBIENTE) – Universidade Federal de Rondônia-UNIR. Porto Velho, 2013.
37. LIMA, Luiz M. Q – **Tratamento de Lixo.** 3ª ed., Editora Hemus, São Paulo, p. 11-14, 1991.
38. MAGALHÃES JUNIOR, A. P. A situação do monitoramento das águas no Brasil–Instituições e Iniciativas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 3, p. 113-135, 2000.
39. MALARD, Florian; HERVANT, Frederic. Oxygen supply and the adaptations of animals in groundwater. **Freshwater Biology**, v. 41, n. 1, p. 1-30, 1999.
40. MCNEIL, V. H.; COX, M. E. Relationship between conductivity and analysed composition in a large set of natural surface-water samples, Queensland, Australia. **Environmental Geology**, v. 39, n. 12, p. 1325-1333, 2000.
41. MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos.** 2.ed. Rio de Janeiro : ABES, p.187, 1995.
42. MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos.** 2.ed. Rio de Janeiro: ABES, p.7, 1995.
43. MARTINS, Alex. O planeta está sedento. **Folha Universal**, v. 16, p. 2A, 2003.
44. MEYBECK, M.; KIMSTACH, V.; HELMER, R. Strategies for water quality assessment. **Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring.** 2nd edition, Chapman & Hall, London, p. 23-57, 1996.

45. MEENA, K. S. et al. The problem of hardness in ground water of Deoli Tehsil (Tonk District) Rajasthan. **Journal of Current Chemical and Pharmaceutical Sciences**, v. 2, n. 1, 2012.
46. MANN, Andrea G. et al. The association between drinking water turbidity and gastrointestinal illness: a systematic review. **BMC public health**, v. 7, n. 1, p. 256, 2007.
47. MIERZWA, F. A **poluição das águas. 2001**. Disponível em: < <http://www.phd.poli.usp.br/phd/grad/phd2218/material/Mierzwa/Aula4OMeioAquaticolL.pdf> >. Acesso em: 16/08/2016.
48. MORAES, AJ de. Manual para avaliação da qualidade da água. **São Carlos: Rima**, v. 500, p. 45, 2001.
49. MACÊDO, JAB de. **Águas & águas**. Belo Horizonte: CRQ-MG. p.1043, 2007.
50. NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production**. St. Joseph: ASAE, 1986.
51. NERBRAND, Christina et al. The influence of calcium and magnesium in drinking water and diet on cardiovascular risk factors in individuals living in hard and soft water areas with differences in cardiovascular mortality. **BMC public Health**, v. 3, n. 1, p. 21, 2003.
52. NBR 12619/1992 - ABNT - ÁGUA – Determinação de nitrito – método da sulfanilamida e N-(1-naftil)-etilenodiamina - Método de ensaio.
53. NBR 12620/1992 – ABNT -ÁGUA - Determinação de nitrato -Métodos do ácido cromotrópico e do ácido fenoldissulfônico.
54. O'CONNOR, Donald J. The temporal and spatial distribution of dissolved oxygen in streams. **Water Resources Research**, v. 3, n. 1, p. 65-79, 1967.

55. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE - OMS. Diretrizes para a qualidade da água potável, Recomendações, Brasília: Ministério da Saúde, 2004.
56. OMS, Diretrizes para a qualidade da água potável. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.
57. PEREIRA, R. S. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistema hídricas**. Revista Eletrônica de Recurso Hídricos.IPH-UFRGS. v. 1. p. 20-36. 2004.
58. Prat, N. & JV Ward. The Tamed River. Em Margalef, R. (ed.), Lymnology agora é um Paradigma de Problemas Planetários. Elsevier Science: pp219-236. 1994
59. PINTO, F. R. et al. Características da água de consumo animal na área rural da microbacia do córrego rico, Jaboticabal, SP. **Ars Veterinaria**, v. 26, n. 3, p. 153-159, 2011.
60. POSTMA, Dieke et al. Nitrate reduction in an unconfined sandy aquifer: water chemistry, reduction processes, and geochemical modeling. **Water Resources Research**, v. 27, n. 8, p. 2027-2045, 1991.
61. PÁDUA, H.B. (2015). A química da água (hidroquímica) e suas situações físicas, sentido e temperatura. Sistemas aquáticos-aquicultura. Parte 3 - Série: Variáveis químicas, físicas e biológicas. [www.potalbonito.com.br/colunas/helcias.asp?id=61](http://www.potalbonito.com.br/colunas/helcias.asp?id=61) acessado em dezembro de 2015.
62. PEDROSA, A.C.; CAETANO, F.A. **Águas subterrâneas. Agência Nacional de Águas (ANA)**. Superintendência de Informações Hidrogeológicas. p. 85, 2002.
63. REBOUÇAS, Aldo da C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. **Bahia análise & dados**, v. 13, p. 341-345, 2003.

64. RIQUELME, Maciel A. **Avaliação da contaminação por nitrato (NO<sub>3</sub>) em poços cacimba no perímetro urbano do município de Rolim de Moura - Rondônia**. 2015.90 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Rondônia-UNIR. Porto Velho, 2015.
65. ROITMAN, I.; TRAVASSOS, R. L.; AZEVEDO, J. L. **Tratado de microbiologia**. Volume 1. São Paulo: Manole 1988.
66. RICHTER, Carlos A.; NETTO, José M. de A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1999.
67. RIVETT, Michael O. et al. Nitrate attenuation in groundwater: a review of biogeochemical controlling processes. **Water research**, v. 42, n. 16, p. 4215-4232, 2008.
68. RESENDE, Helder Canto et al. Diagnóstico e ações de conservação e recuperação para as nascentes do Córrego-Feio, Patrocínio, MG. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 5, 2009.
69. RODRIGUES, E. R. D. et al. Distribuição espacial da qualidade de água subterrânea na área urbana da cidade de Porto Velho, Rondônia. **Sci Amaz**, v. 3, p. 97-105, 2014.
70. STACHIW R., et al. **Mapeamento E Determinação Da Qualidade De Água Subterrânea Da Cidade De Rolim De Moura – RO – Brasil**. In: CARMELLO, Nubia et al (Orgs.), **Amazônia: Instrumento para gestão Recursos Hídricos**, Curitiba: Editora CRV, Curitiba-PR, Brasil, p. 157-168. 2016.
71. SHRESTHA, R. K.; LADAH, J. K. Nitrate pollution in groundwater and strategies to reduce pollution. **Water science and technology**, v. 45, n. 9, p. 29-35, 2002.

72. SCHWARTZ, Joel; LEVIN, Ronnie; GOLDSTEIN, Rebecca. Drinking water turbidity and gastrointestinal illness in the elderly of Philadelphia. **Journal of Epidemiology & Community Health**, v. 54, n. 1, p. 45-51, 2000.
73. SANTOS, Vanessa Oliveira. Análise Físico-Química da água do rio Itapetininga-SP: Comparação entre dois pontos. **Revista Eletrônica de Biologia (REB). ISSN 1983-7682**, v. 3, n. 1, p. 99-115, 2009.
74. SOUZA, Ranieli dos Anjos de. Bio-físico-química de poços cacimba do centro urbano de Ouro Preto do Oeste - RO: Uma análise sócio espacial. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós- Graduação- Mestrado em Geografia da Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR) 110p. Porto Velho, 2012.
75. SAWYER, Clair N. **Chemistry for environmental engineering and science**. McGraw-Hill, 2003.
76. DA SILVA, Rita de Cássia Assis; DE ARAÚJO, Tânia Maria. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003.
77. SCOPEL, Rejane Maria; TEIXEIRA, Elba Calessio; BINOTTO, Raquel Barros. Caracterização hidrogeoquímica de água subterrânea em área de influência de futuras instalações de usinas hidrelétricas–bacia hidrográfica do rio taquari-antas/rs, BRASIL. **Quim. Nova**, v. 28, n. 3, p. 383-392, 2005.
78. TAKAHASHI, Michihito et al. Effect of high salt diet on rat gastric carcinogenesis induced by N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine. **GANN Japanese Journal of Cancer Research**, v. 74, n. 1, p. 28-34, 1983.
79. TAYLOR, Craig A.; STEFAN, Heinz G. Shallow groundwater temperature response to climate change and urbanization. **Journal of Hydrology**, v. 375, n. 3, p. 601-612, 2009.

80. TUCCI, C.E.M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre: Ed. UFRGS/ABRH, p.669, 1998.
81. UFV – Universidade Federal de Viçosa. **Qualidade da água**. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/lqa/qualidade.htm>> Acesso em: 23 jul 2016.
82. USEPA. **Estimated national occurrence and exposure to nitrate and nitrite in public drinking water supplies**. Washington: United States Environmental Protection Agency, Office of Drinking Water, 1987.
83. VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG, 1996.
84. VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG, 2005.
85. VANZELA, S. L. **Qualidade da água para irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marianópolis, SP**. Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da UNESP. Concentração em Sistema de Produção. Ilha Solteira, 2004.
86. VITORAZI, R. T. M. **Estudo da qualidade da água consumida pela população de Cachoeira de Itapemirim**. 2007. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Faculdade Integrada de Jacarepaguá, 2007.
87. VINTEN, A. J. A.; DUNN, S. M. Assessing the effects of land use on temporal change in well water quality in a designated nitrate vulnerable zone. **Science of the Total Environment**, v. 265, n. 1, p. 253-268, 2001.
88. WETZEL, Robert G.; LIKENS, Gene. **Limnological analysis**. 3° Ed. Springer Verlag. New York (USA). P.419. 2000.

89. WILLIAMS, A. E. Natural and anthropogenic nitrate contamination of groundwater in a rural community, California. **Environmental Science & Technology**, v. 32, n.1, p. 32-9, 1998.
90. WAKIDA, Fernando T.; LERNER, David N. Non-agricultural sources of groundwater nitrate: a review and case study. **Water research**, v. 39, n. 1, p. 3-16, 2005.
91. WALTON, N. R. G. Electrical conductivity and total dissolved solids—What is their precise relationship?. **Desalination**, v. 72, n. 3, p. 275-292, 1989.
92. WOLFE, Amir H.; PATZ, Jonathan A. Reactive nitrogen and human health: acute and long-term implications. **Ambio: A journal of the human environment**, v. 31, n. 2, p. 120-125, 2002.
93. WINOGRAD, ISAAC; ROBERTSON F., **Deep oxygenated ground water anomaly or occurrence?** **Science**, vol 216, issue 4551, pp1227-1230, DOI: 10.1126/science. 216.4551.1227, 1982.
94. WINTON, E. F. *et al.* Nitrate in drinking water. **Journal American Water Works Association**, n. 63, p. 95-98, 1971.
95. WORLD HEALTH ORGANIZATION Hardness in drinking-water: Background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. 2011.
96. WHO, **Sodium, chlorides and conductivity in drinking water**: Report on a WHO working Group, Copenhagen, Euro Reports and Studies No.2 (1979).