

Revisão de Literatura (Engenharias I)

CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE RONDÔNIA¹

CHARACTERIZATION OF GROUNDWATER IN THE STATE OF RONDÔNIA

<http://dx.doi.org/10.31072/rcf.v9i2.679>**Vânia Bogorni Vieira**

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA. E-mail: vaniaariquemes@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5329-2113>.

Daniela dos Santos Reguelin

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA. E-mail: reguelindani@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3024-712X>.

Felipe Cordeiro de Lima

Professor Mestre em Engenharia Civil e Ambiental do Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária da Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA. E-mail: cordeiro.flp@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7345-2011>.

Driano Rezende

Professor Doutor em Engenharia Química do Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária da Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA. E-mail: drizend@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-4294>.

Copyright²: 

Submetido em: 25 out. 2018. Aprovado em: 01 dez. 2018. Publicado em: 15 dez. 2018.
E-mail para correspondência: vaniaariquemes@hotmail.com.

Palavras-chave:

Potabilidade
Qualidade ambiental
Qualidade da água
Aquíferos
Recursos Hídricos

RESUMO: Águas subterrâneas exercem um importante papel na preservação da umidade do solo, do regime fluviométrico dos rios, e na utilização pelo homem em suas atividades, como irrigação, indústrias e consumo doméstico. Por isso, a importância de se analisar a qualidade dessas águas, dessa forma o presente trabalho busca por meio de pesquisas científicas evidenciar a qualidade das águas subterrâneas no estado de Rondônia, verificando os incidentes de contaminação e seus diversos fatores, com o objetivo de contribuir para posteriores estudos que visem o desenvolvimento de métodos de preservação e recuperação desses recursos hídricos. Vários estudos apontam que o Brasil e em especial a região amazônica possui alto potencial hídrico subterrâneo, porém estes nem sempre são tratados de maneira correta, foram evidenciados contaminação por meio de fossas e tanques sépticos como destinação de esgoto doméstico e industrial. Com relação às águas subterrâneas de Rondônia não existem muitos trabalhos científicos referentes. Dos dados de parâmetros bacteriológicos estudados, alguns aspectos de padrões químicos estiveram fora dos percentuais aceitáveis, indicando, circunstancialmente, água para o consumo humano de qualidade imprópria.

Keywords:

Potability
Environmental quality
Water quality
Aquifers
Water resources

ABSTRACT: Groundwater plays an important role in the preservation of soil moisture, river flow regime, and the use of man in their activities, such as irrigation, industries and domestic consumption. Therefore, the importance of analyzing the quality of these waters, in this way, the present research seeks to demonstrate the quality of groundwater in the state of Rondônia, verifying the incidents of contamination and its various factors, with the objective of contributing to further studies aimed at the development of methods of preservation and recovery of these water resources. Several studies indicate that Brazil and especially the Amazon region has high underground water potential, but these are not always treated correctly, contamination was evidenced by septic tanks as disposal of domestic and industrial sewage. With regard to the groundwater of Rondônia, there are not many scientific studies related. From the data of bacteriological parameters studied, some aspects of chemical patterns were out of acceptable percentages, indicating, incidentally, water for human consumption of improper quality.

¹ + equidade entre os autores.

² Atribuição CC BY: Este é um artigo de acesso aberto e distribuído sob os Termos da *Creative Commons Attribution License*. A licença permite o uso, a distribuição e a reprodução irrestrita, em qualquer meio, desde que creditado as fontes originais.

1 INTRODUÇÃO

Águas subterrâneas são recursos imprescindíveis na manutenção da vida e no planeta, esse volume representa mais de 95% da água doce que pode ser captada. De forma relevante, 70% da população depende de manancial subterrâneo, seja abastecimento público ou para o desenvolvimento industrial/rural/urbano⁽¹⁾.

A qualidade do manancial subterrâneo possui correlação direta com características físicas, químicas e microbiológicas, as quais estão interligadas com substâncias de rochas, solo e demais formações geológicas de cada região. Essa interação água/solo/rocha resultada na composição de cada manancial, desse modo influencia as questões ecológicas relacionadas e qualidade de vida onde estão disponíveis⁽²⁾.

Essa qualidade é traduzida por meio de parâmetros físico-químico e microbiológicos da água para consumo humano, norteadas pelo órgão regulamentador, de acordo com critérios legais. A nível mundial, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece critérios máximos e mínimos para o uso da água para fins potáveis⁽³⁾. No Brasil estes critérios de potabilidade da água são estabelecidos por meio da Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011⁽⁴⁾.

Valores incoerentes aos parâmetros recomendados pela OMS em manancial subterrâneo são comuns, devido a fenômenos naturais e antrópicos. Além disso, a poluição antrópica é crescente em diferentes regiões do mundo e têm se tornado cada vez mais visível. Entre estas substâncias, destacam-se metais pesados, nitrato, pesticidas (atrazina, diuron, glifosato) e hidrocarbonetos (benzeno, tolueno, etil-benzeno e os xilenos). Pesquisas revelam que a contaminação por metais pesados está presente em várias regiões do mundo como no Paquistão, África do Sul, Espanha e no Brasil^(5,6).

Segundo Rebouças⁽⁷⁾, a partir da década de setenta a utilização dos aquíferos tem se fortalecido por diversos motivos, tais como, avanços da hidrogeologia e técnicas de perfuração de poços, redução dos custos de extração, menor vulnerabilidade climática, a qualidade das águas subterrâneas, o aumento da procura, e a degradação das águas superficiais.

Segundo Araújo⁽⁸⁾, na região Norte do Brasil, está localizado o sistema de aquífero Alter do Chão, nos Estados do Amapá, Pará, e Amazonas, sendo ele um dos maiores mananciais de água doce do mundo, estudos demonstram que possui área de 437,5 mil km² com espessura média de 545 metros. O Estado de Rondônia possui grande quantidade de água subterrânea, de modo especial o sistema aquífero Parecis, manifesta-se na região limítrofe das sub-regiões hidrográficas Madeira e Tapajós na orla leste do Estado. Situado entre as bacias do Solimões, Alto

Tapajós e Paraná, ocupa uma área de 500.000 km² cercada pelos cinturões de cisalhamento Rondônia e Guaporé⁽⁹⁾.

Águas Subterrâneas executam uma tarefa muito importante na preservação da umidade do solo, do fluxo dos rios, brejos e lagos. Estas executam uma fase do ciclo hidrológico, já que as mesmas fundam uma parcela da água precipitada⁽¹⁰⁾. Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo realizar uma pesquisa bibliográfica relacionada com a qualidade das águas subterrâneas no estado de Rondônia, aspectos das ocorrências de alteração dos parâmetros de qualidade das águas em diferentes localidades do estado.

2 METODOLOGIA

Este artigo trata-se de uma pesquisa bibliográfica, desenvolvida por meio de levantamento de trabalhos científicos em periódicos eletrônicos, como o Google Acadêmico e Scielo, SciDirect, buscando-se embasamento teórico e científico. Os materiais científicos compreendem publicações entre os anos de 1994 e 2018.

O estudo tem como área de abrangência o estado de Rondônia, abordando sobre a qualidade das águas subterrâneas na região, analisando os respectivos aspectos característicos de potabilidade para o consumo humano, animal e para irrigação.

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Águas subterrâneas no Brasil

Villar⁽¹¹⁾ destaca a relevância estratégica das águas subterrâneas no controle de cheias, fornecimento de água para rios e lagos e, outros diversos abastecimentos como, irrigação, balneoterapia, calefação, engarramento de águas minerais e potáveis de mesa, entre outros. Em virtude do crescimento desenfreado da perfuração de poços tubulares e das atividades antrópicas, que culminam na contaminação de aquíferos, o estudo da qualidade da água subterrânea tem se tornado de extrema importância quando relacionado a gestão dos recursos hídricos no país.

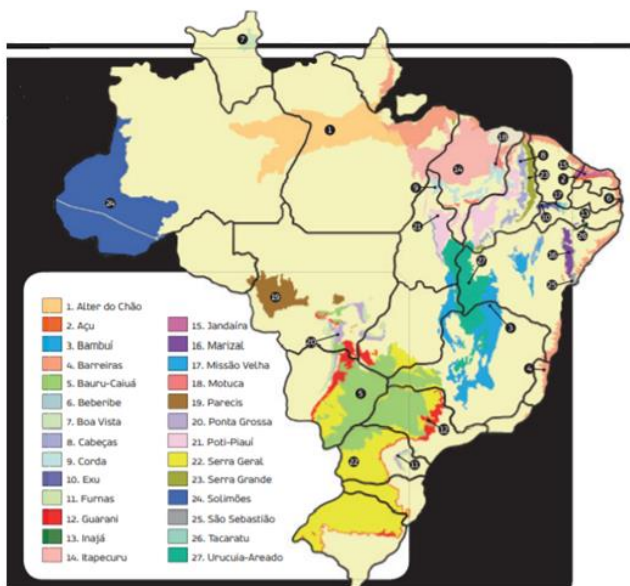
Segundo Zobi⁽¹²⁾ os principais sistemas aquíferos do país estão situados principalmente em bacias sedimentares brasileiras estes denotam ampla distribuição no território nacional e a qualidade destas águas consentem aproveitamentos para diversas finalidades.

Cabe enfatizar o aspecto transfronteiriço dos sistemas aquíferos, ou seja, suas delimitações ultrapassam fronteiras geográficas, dado que a maior parte deles vão além dos limites das regiões hidrográficas.

Ressalta Giraldi ⁽¹³⁾, que os aquíferos brasileiros vão muito além dos mais conhecidos, Guarani e Alter do Chão. O aquífero Jandaíra, por exemplo, contribui significativamente a dois estados que se encontram em estado de escassez de água, Rio Grande do Norte e Ceará. Já o Urucuia, com localização em grande parte do estado da Bahia, executa como fonte de irrigação na agricultura um papel de suma importância na região.

Os aquíferos Bauru e Serra Geral, são cruciais no abastecimento de várias cidades no Sul e Sudeste, estes últimos estão sobrepostos ao aquífero Guarani. A **Figura 1** ilustra o mapa de localização dos principais aquíferos do Brasil.

Figura 1 - Mapa de localização dos principais aquíferos do Brasil



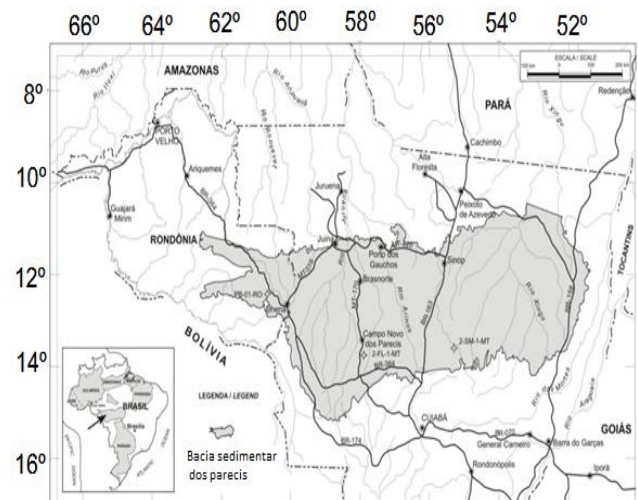
Fonte: Adaptado de Giraldi ⁽¹³⁾

As diferentes circunstâncias geológicas e climáticas do país concederam a criação de sistemas aquíferos, dos citados acima, sejam em quantidade ou qualidade das águas, alguns deles de extensão regional, com aptidão para suprir as diferentes atividades, a exemplo do aquífero Parecis nos Estados de Rondônia e Mato Grosso.

3.2 Sistema aquífero Parecis

A bacia dos Parecis, apresentada na **Figura 2**, é uma das maiores bacias intracratônicas brasileiras. Constitui-se de uma estrutura alongada na direção W-E com dimensão maior que 1.250 km, ocupando uma área de 500.000 km² e abrangendo os estados de Rondônia e Mato Grosso, esta acumula mais de 6.000 m de sedimentos paleozóicos, mesozóicos e cenozóicos, essencialmente siliciclásticos ^(14,15).

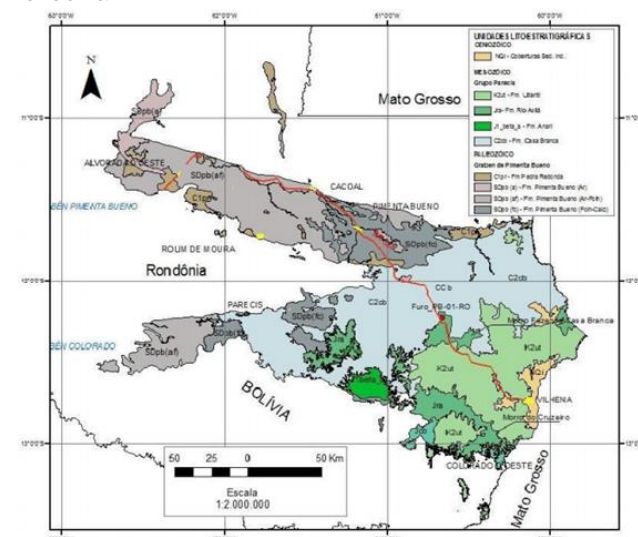
Figura 2 - Localização e extensão da Bacia Sedimentar dos Parecis



Fonte: Adaptado de CPRM ⁽⁹⁾

No Mapa Geológico de Rondônia mencionado por Quadros e Rizzotto ⁽¹⁶⁾ (**Figura 3**) indica que a bacia dos Parecis está individualizada do topo para base da seguinte maneira: Coberturas Cenozoicas (Coberturas Sedimentares Indiferenciadas), Sedimentos Mesozoicos do Grupo Parecis (formações Utiariti e Rio Ávila) e os Sedimentos Paleozóicos (formações Fazenda Casa Branca, Pedra Redonda e Pimenta Bueno). Esta bacia é caracterizada por uma grande extensão de depósitos sedimentares. Na **Figura 3** é ilustrado unidades litoestratigráficas no estado de Rondônia.

Figura 3 - Mapa das unidades litoestratigráficas estado de Rondônia



Fonte: Adaptado de Quadros e Rizzotto ⁽¹⁶⁾

O abastecimento (recarga) deste sistema acontece basicamente pela infiltração direta das águas precipitadas. No período de estiagem ocorre incapacidade hídrica e já no restante do ano percebe-

se significativos excessos de águas na camada subterrânea, acima de 900 mm/ano, que viabilizam a recarga dos aquíferos ⁽⁹⁾. Segundo Morais ⁽¹⁷⁾ esse sistema aquífero é considerado contínuo, pois apresenta elevada permeabilidade, proporção regional, livre a confinado, tem transmissividade média de $2,38 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ alta e competências específicas em parte consideráveis, que tem variação de 1 a 20 $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$.

As características das formações geológicas da bacia dos Parecis, aliadas às condições climáticas favoráveis à recarga, fazem com que esta bacia reserve para Rondônia a maior riqueza, em recursos hídricos subterrâneos, nesta região a agricultura desenvolvida proporciona o desenvolvimento do estado ⁽¹⁵⁾.

3.3 Qualidade e caracterização

O Estado de Rondônia se localiza na fração sudoeste da Amazônia Legal Brasileira, e engloba 52 municípios. Denota características específicas, como por exemplo: ser uma área de transição entre os domínios morfoclimáticos amazônico e do cerrado, apresentando diversas subdivisões geomorfológicas; e possuir um clima considerado quente, com período mais chuvoso de outubro a abril, repercutindo essencialmente na vegetação, recarga dos aquíferos e drenagem superficial ^(18,19).

De acordo com Silva ⁽²⁰⁾, inúmeros fatores podem comprometer e prejudicar a qualidade da água do lençol freático, como, a disposição indevida ou inadequada de substâncias sólidas urbanas e industriais, além do despejo em fossas e tanques sépticos, destino final para o esgoto doméstico e industrial. Outro fator a ser considerado como fonte de

contaminação das águas subterrâneas devido à ocorrência de substâncias orgânicas e inorgânicas, bactérias e vírus patogênicos, são os postos de combustíveis, o avanço e a modernização da agricultura em grande parte do país.

Segundo Oliveira ⁽²¹⁾, desta maneira, desenvolve-se a preocupação e o cuidado a respeito das águas subterrâneas no quesito contaminação e preservação, corroborado pela implantação de legislações que abordam o gerenciamento desses recursos hídricos, de forma a garantir às gerações futuras a preservação deste bem, tanto em grau de quantidade quanto em qualidade satisfatória para o abastecimento humano.

A Lei que constitui a política Rondoniense de Recursos Hídricos, que dispõe objetivos básicos para estimular o uso racional, múltiplo, e a gestão integrada das águas de domínio do Estado, subterrâneas e superficiais, em seu Art. 3º define a seguinte diretriz ⁽²²⁾:

No decreto nº 10.114 foi determinado que o órgão gestor estadual é a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM), bem como é definida o fracionamento hidrográfico do Estado de Rondônia. Dentre as sete bacias hidrográficas em que o Estado está dividido encontra-se: rio Guaporé com 59 339.3805 km^2 , rio Mamoré com 22 790.6631 km^2 , rio Abunã com 4 792.2501 km^2 , rio Madeira com 31 422.1525 km^2 , rio Jamari com 29 102.7078 km^2 , rio Machado com 75 838.3162 km^2 e rio Roosevelt com 15 638.1922 km^2 ⁽²²⁾.

O **Quadro 1**, apresenta resultados sobre análises realizadas por Zuffo ⁽²³⁾ no ano de 2010 sobre a potabilidade das águas subterrâneas das bacias hidrográficas localizadas sob o domínio do Estado de Rondônia.

Quadro 1 – Parâmetros de qualidade de águas subterrâneas

| Bacia Hidrográfica | Área Analisada | Resultado (s) |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rio Abunã, e bacias adjacentes | Nova Califórnia – (Distrito de Porto Velho) | Contaminação das cacimbas por fossas domésticas e outras fontes poluentes, para consumo é necessário coloração ou fervura. |
| | Extrema (Distrito de Porto Velho) | |
| Bacia do Rio Madeira | Porto Velho | Presença de nitrato e bactérias do grupo coliforme |
| | Porto Velho - Bairros São João Bosco e Liberdade | 70% das amostras de nitrato apresentaram valores acima de 3 mgN/l |
| | Porto Velho - Bairro Vila Tupi | Presença de óleos, graxas e de hidrocarbonetos. |
| | Porto Velho - Bairro Eletronorte | 80% das amostras apresentam indicativo de alteração antrópica na qualidade das águas subterrâneas. |
| | Porto Velho - Zona Sul | Concentração de nitrato acima de 10 mg/l , valor máximo permitido no Brasil |
| | Porto Velho | Indicação contaminação bacteriológica |
| | Porto Velho | Indicação de valores de pH abaixo do recomendado para consumo humano. |

| | | |
|-----------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bacia do Rio Jamari | Buritis | Presença de coliformes totais. |
| | Campo Novo de Rondônia | Contaminação das cacimbas por fossas domésticas e outras fontes poluentes. |
| | Ariquemes | Concentração de nitrato próximos do limite máximo aceitável para águas subterrâneas. |
| Bacia do Rio Machado | Pimenta Bueno | Presença elevada no teor de sais. |
| | Ji-Paraná | Índices de coliformes e nitrato, extremamente elevados. Presença de ecossistema vulnerável, frente aos parâmetros de contaminação. |
| | Mirante da Serra | Concentração elevada de cloretos, nitratos e parâmetros bacteriológicos. |

Fonte: Adaptado de Zuffo(23)

Conforme **Quadro 1**, observa-se que em todas as bacias hidrográficas foi identificada alterações na qualidade das águas subterrâneas, oriundas de poços rasos para uso doméstico. Na área urbana do Município de Porto Velho – RO, localizada nos domínios das Bacias Hidrográficas do Rio Madeira e do Rio Abunã, onde foi realizado um maior quantitativo de análises é possível observar alterações principalmente no parâmetro nitrato, provenientes da contaminação por efluentes domésticos.

O aquífero Jaciparaná ainda pouco estudado exibe uma vazão média de 15 m³ /hora, sendo capaz de em algumas áreas alcançar a vazão de 60 m³ /hora. Estudos evidenciam alterações na qualidade das águas desse aquífero, considerado o principal fornecedor de água subterrânea para a população da capital do Estado de Rondônia. Tal problemática é reflexo do saneamento precário do município (24,25).

Cerca de 2,17% do município de Porto Velho podiam contar com rede coletora de esgoto, no entanto os dejetos são somente coletados, não exibem nenhum tipo de tratamento. Segundo dados do IBGE, 2000, por volta de 52% da população dispunham de fossas sépticas, 35% fossas rudimentares e cerca de 4% não possuíam qualquer tipo de esgotamento sanitário (26).

Segundo o Instituto Trata Brasil (27), o município de Porto Velho possui taxa mínima de saneamento básico e água tratada, em um Ranking de Saneamento nos 100 maiores municípios do Brasil. Porto Velho ainda, permanece na última colocação do ranking com 3,39% de coleta e tratamento de esgoto. Em relação aos investimentos, o município se encontra entre as 10 cidades que menos investiram no setor, com média de apenas 6,10% de investimento.

Afirma SEDAM (28), que as bacias dos rios Machado e Jamari despertam preocupação em virtude do desmatamento, a retirada das matas ciliares dos rios e igarapés e a crescente demanda por água nas regiões em que estão localizados; ao passo que desde as cabeceiras de seus rios, a bacia do rio Machado é a mais impactada. Esta é considerada a maior bacia em extensão, com 80.630,56 km² abrange cerca de 33 municípios.

Ela sofre os impactos de uma colonização que falhou pela falta de conscientização sobre o uso adequado de seus rios, e planejamento nos assentamentos rurais e urbanos. Segundo Reis et al. (23), foram registrados na cidade de Pimenta Bueno, área de extensão da bacia do rio Machado, ao se analisar as águas subterrâneas, elevado teor de sais, o que a torna imprópria para o consumo humano, animal e para irrigação.

3.4 Aptidão das águas subterrâneas para consumo humano

De acordo com Zuffo (19), com evidência as principais restrições ao uso baseando-se nas características físicas e químicas relacionadas, foi utilizado como orientação o padrão de potabilidade constante na Portaria nº. 518/2004 do Ministério da Saúde, mencionado no Quadro 2 onde apresentam os limites máximos aceitável de alguns parâmetros, dando procedimento com o mesmo padrão empregado nas observações dos resultados das águas subterrâneas de Rondônia.

Segundo Zuffo (23), no contexto deste estudo, mais de 48% das amostras manifestaram cor igual a 5 ppm de Pt e 10% apresentaram valores maior que 5 ppm de Pt, passando a ser apontado o maior valor de cor na bacia do rio Madeira (500 mg/l de Pt) em Porto Velho, indo além da linha considerada de potabilidade firmados em até 15 mg/l de Pt, o específico caso, que extrapolou o valor médio registrado em Rondônia.

É necessário que as águas de poços com índices de cor maior que 15 mg/l obtenham sua cor associada à permanência de substâncias dissolvidas em soluções orgânicas ou inorgânicas. Essas substâncias devem sua ocorrência, na maioria dos casos, à dissolução do Fe⁺⁺ ou de seus complexos metálicos, o que lhes admitem uma pigmentação característica de águas que percolam solos lateríticos (28,29).

No **Quadro 2** segue organizado informações sobre avaliação físico-química de águas subterrâneas no Estado de Rondônia.

Tabela 1 - Informações sobre as características físico-químicas de águas subterrâneas

| Parâmetros | VMP | Observações (Estado de Rondônia) |
|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Cor | 15 mg Pt/l | Valores excessivos pouco frequentes |
| Turbidez | 5 UT | Valores elevados em algumas amostras |
| pH | 6.0 a 9.5 | Em geral valores muito baixos são frequentes. Com restrições locais |
| Sólidos totais dissolvidos | 1000 mg/l | Sem restrições |
| Dureza total | 500 mg/l de CaCO ₃ | Sem restrições |
| Cloretos | 250 mg/l | Valores elevados em algumas amostras |
| Sulfatos | 250 mg/l | Sem restrições |
| Nitratos | 10 mg/l | Restrições locais. Teores excessivos são comuns em algumas áreas |
| Ferro total | 0.3 mg/l | Valores elevados em algumas amostras |

VMP = Valor máximo permitido pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde

Fonte: Adaptado de Zuffo ⁽²³⁾

A maior parte das restrições diz respeito aos valores de pH considerados muito baixos e os teores exorbitantes de ferro total e nitrato, compostos químicos altamente resistentes que não desaparecem com a fervura, nem com a filtragem da água. Em segundo caso, localizam-se como fatores restritivos, concentração elevada dos limites de cor, turbidez e cloretos, em parte das amostras. De acordo com Faustino ⁽³⁰⁾, foram registrados relatos de contaminação também das águas subterrâneas (lençol freático) da região de Ariquemes/RO, isto devido à ocorrência de fossas domésticas, além do fato de grande parte da população da cidade consumir água oriunda de poços rasos sem tratamento adequado. Fator que pode causar danos à saúde da população. Os riscos do consumo das águas subterrâneas na região na saúde pública consistem em uma área de pesquisa necessitada de informações.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil denota ainda uma deficiência no que se refere ao conhecimento de seus recursos hídricos, bem como seus aquíferos, a qualidade de suas águas e o potencial de exploração destes, apesar da extrema importância das águas subterrâneas para o desenvolvimento socioeconômico. São poucos os estudos feitos na região e boa parte já encontram-se

defasados. Boa porção dos estudos publicados recentemente de qualidade da água subterrânea apresentam características mais localizadas.

Com relação às águas subterrâneas de Rondônia não existem muitos trabalhos científicos referentes. Dentre os trabalhos existentes, alguns são relatórios técnicos do Serviço Geológico do Brasil – Residência de Porto Velho. Outra parte são dissertações, artigos, teses ou monografias, incluso a estes a maioria encontram-se nas proximidades dos maiores municípios do Estado, a capital Porto Velho e a cidade de Ji-Paraná.

Dos dados de parâmetros bacteriológicos estudados nas bacias, os indicativos de contaminação por fezes, estão divididos de modo não muito homogêneo. Alguns aspectos de padrões químicos estiveram fora dos percentuais aceitáveis, indicando, circunstancialmente, água para o consumo humano de qualidade imprópria.

Tendo em vista que as bacias do rio Madeira e do rio Machado apresentam a maior concentração populacional do Estado e não foram adotadas dimensões satisfatórias para utilização racional dos recursos hídricos, foram detectados perda de qualidade dos recursos subterrâneos destas bacias, bem como apresentaram maiores alterações no conjunto de informações estudadas, particularmente nos teores de pH, cloreto e nitrato.

REFERÊNCIAS

1. Libânio M. (2008). Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 4ª ed. Campinas (SP): Átomo; 2016.
2. Di Bernardo L, Paz LPS. (2008). Seleção de tecnologias de tratamento de Água. 1ª Ed. São Carlos (SP): LDiBe 2008.

3. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition. Geneva:World Health Organization; 2011.
4. Brasil. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2011.

5. Agência Nacional de Águas. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. Brasília (DF): Agência Nacional de Águas; 2005.
6. Roychoudhury AN, Petersen J. (2014). Geochemical evaluation of soils and groundwater affected by infiltrating effluent from evaporation ponds of a heavy mineral processing facility, West Coast, South Africa. *Jour. of Geoch.* 2014; 144(C): 478-491.
7. Rebouças AC, Braga B, Tundisi JG. Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação. 3 ed. São Paulo (SP): Escrituras; 2006.
8. Araujo EMF. A importância da educação ambiental na utilização consciente dos recursos hídricos visando sua preservação [Monografia]. Rio de Janeiro: Universidade Cândido Mendes; 2010.
9. Serviço Geológico do Brasil. Estratigrafia e Evolução da Bacia dos Parecis Região Amazônica. Brasília (DF): CPRM; 2004
10. Rondônia. Portal do governo do Estado de Rondônia. Águas Subterrâneas- CAERD [internet]. [Acesso em 8 de abr. de 2018] . Disponível em: <http://www.rondonia.ro.gov.br/caerd/institucional/meio-ambiente/aguassubterraneas/>.
11. Villar PC. As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. *Amb. e Soc.* 2016; 19(41): 83-102.
12. Zoby JLG. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. In: Anais do XV congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008; Natal (RN): Associação Brasileira de Águas Subterrâneas; 2008. P. 1-20.
13. Giraldi A. A Água que ninguém vê [Internet]. UNESP; 2013. [Acesso em 07 de outubro de 2018]. Disponível em: http://www.abas.org/arquivos/unesp-ciencia_052013.pdf.
14. Bahia RBC, Martins Neto MA, Barbosa SMC, Pedreira JP. Revisão estratigráfica da bacia dos Parecis – Amazônia. *Ver. Bra. de Geoc.* 2006; 36(4): 692-703
15. Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas. Relatório Diagnóstico Sistema Aquífero Parecis no Estado de Rondônia. Belo Horizonte (MG); 2012.
16. Quadros ML, Rizzotto GJ [CD-Rom]. Geologia e recursos minerais do Estado de Rondônia: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais do Estado de Rondônia. Porto Velho: CPRM; 2007.
17. Moraes PRC. Mapa hidrogeológico do Estado de Rondônia [mapa] [Internet]. Porto Velho: CPRM, Escala 1:1.000.000. [Acesso em: 08 abr. 2018]. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/5364>.
18. Zuffo CE. Gestão integrada das águas em Rondônia [Tese] [Internet]. Belém (PA): Universidade Federal do Pará. Belém; 2010. [Acesso em: 08 abr. 2018]. Disponível em: <http://docplayer.com.br/5541091-Gestao-integrada-das-aguas-em-rondonia.html>.
19. Vasconcelos YB, Cardoso RNC, Neves RR, Barros SQ. Avaliação da sustentabilidade do uso dos recursos hídricos no município de Porto Velho RO. In: Anais do Congresso Brasileiro de Meio Ambiente e Energias Renováveis, 2016. Belem (PA): Universidade Federal Rural da Amazônia. 2016. P. 1-12.
20. Silva DD, Migliorini RB, Silva EC, Lima ZM, Moura IB. Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático: região do Bairro Pedra Noventa, Cuiabá (MT). *Ver. Eng. San. e Amb.* 2014; 19(1): 43-52.
21. Oliveira GA, Nascimento EL, Rosa ALD, Lauthartte LC, Bastos WR, Barros CGD, Cremonese ER, Bent AQ, Malm O, Georgin J, Corti AM. Avaliação da qualidade da água subterrânea: estudo de caso de Vilhena – RO. *Agu. Sub.* 2015; 29(2): 213-223.
22. Rondônia. Decreto nº 10.114 de 20 de setembro de 2002. Porto Velho (RO): Governo do Estado de Rondônia; 2002.
23. Zuffo CE, Abreu FAM, Cavalcante IN, Nascimento GF. Águas subterrâneas em Rondônia: análise estatística de dados hidroquímicos, organolépticos e bacteriológicos. *Ver. do Inst. Geo.* 2015; 30(1/2): 45-59.
24. Nóbrega II M et al. Recarga do aquífero na cidade de Porto Velho – RO. In: Anais do 13º Simpósio de Geologia da Amazônia, 2013; Belém (PA): Universidade federal do Pará; 2013. P. 1-5.
25. Melo Junior HR. Amazônia planeta água – paradoxos sobre a gestão das águas subterrâneas na maior bacia hidrográfica do Planeta: estudos de casos em Porto Velho (RO) e Rio Branco (AC). In: Anais do 10º Simpósio de geologia da Amazônia, 2007; Porto Velho (RO): Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Norte, 2007. p.503-505.
26. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Brasília (DF): Ministério das Cidades; 2006.
27. Instituto Trata Brasil. Porto Velho está entre as 10 piores cidades no Ranking do Saneamento [Internet]. São Paulo (SP): Instituto Trata Brasil; 2018. [Acesso em 07 de outubro de 2018]. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2018/05/24/porto-velho-piores-no-ranking-saneamento-2018/>.
28. Secretaria de Desenvolvimento Ambiental. Bacias dos rios Machado e Jamarí são as mais impactadas do total de sete existentes em Rondônia. Porto Velho (RO): Secretaria de Desenvolvimento Ambiental; 2017.
29. Companhia de Pesquisa de recursos Minerais. Programa de integração mineral em municípios da Amazônia – Primaz. Porto Velho (RO): Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais; 1994.
30. Faustino E, Vanzella M, Jesus MA, Meneguetti DUO, Zan RA. Avaliação da qualidade de águas de poços rasos ou comuns da cidade de Ariquemes, Rondônia, Brasil. *Ver. Cient. da Fac. de Edu. e Mei. Amb.* 2013; 4(2): 65-78.

Como citar (Vancouver)

Vieira VB, Reguelin DS, Lima FC, Rezende D. Caracterização das águas subterrâneas no estado de Rondônia. *Rev Cient Fac Educ e Meio Ambiente* [Internet]. 2018;9(2): 760-766. doi: <http://dx.doi.org/10.31072/rcf.v9i2.679>