



Alerta: Os artigos publicados nesta seção não são avaliados por pares e não são indexados. A intenção da seção ECNT é prover um espaço para divulgação de dados e estudos de interesse local, sem caráter científico. Sendo assim, a Revista Águas Subterrâneas não se responsabiliza pelo conteúdo publicado.

Disclaimer: Articles published in this section are not peer-reviewed and are not indexed. The intention of the ECNT section is to provide a space for the dissemination of data and studies of local interest, with no scientific character. Therefore, Revista Águas Subterrâneas is not responsible for this content.

## Análise da qualidade da água subterrânea: Estudo de caso na microbacia do Igarapé Nazaré (Rondônia, Amazônia ocidental)

### Analyses of groundwater quality: Case study in the Nazaré Igarapé microbasin (Rondônia, western Amazon)

Josilena de Jesus Laureano<sup>1</sup>✉, Alan Gomes Mendonça<sup>1</sup>, Daíse da Silva Lopes<sup>2</sup>, Lindolaine Machado de Sousa<sup>2</sup>, Tiago de Oliveira Lima<sup>3</sup>, Ana Lúcia Denardin da Rosa<sup>1</sup>, Wanderley Rodrigues Bastos<sup>4</sup> e Elisabete Lourdes do Nascimento<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, Rondônia.

<sup>2</sup> Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, Rondônia.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, Rondônia

<sup>4</sup> Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Rondônia

✉ [josij.laureano@hotmail.com](mailto:josij.laureano@hotmail.com), [agm.engambiental@gmail.com](mailto:agm.engambiental@gmail.com), [daise\\_dsl2@hotmail.com](mailto:daise_dsl2@hotmail.com), [lindolaine.sousa@gmail.com](mailto:lindolaine.sousa@gmail.com), [tiago.lima@unir.br](mailto:tiago.lima@unir.br), [analucia@unir.br](mailto:analucia@unir.br), [bastoswr@unir.br](mailto:bastoswr@unir.br), [elisabetenascimento@unir.br](mailto:elisabetenascimento@unir.br)

#### Resumo

#### Palavras-chave:

Poços rasos.  
Potabilidade.  
Coliformes totais.  
Nitrato.

Este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade da água subterrânea do aquífero livre na microbacia do Igarapé Nazaré (Ji-Paraná-RO), por meio de análises físico-químicas e microbiológicas. Foram realizadas 4 coletas de amostras de água em 15 poços rasos nos meses de (março, junho, setembro e dezembro de 2019). Os parâmetros condutividade elétrica, temperatura e o pH foram determinadas *in loco* por meio de sonda multiparâmetros. A turbidez e os sólidos totais dissolvidos foram determinados no laboratório com sondas específicas. O oxigênio dissolvido foi determinado pelo método titulométrico, a alcalinidade total foi obtida por titulação potenciométrica. As análises dos nutrientes foram realizadas por métodos espectrofotométricos, e as análises microbiológicas realizadas conforme o método de membrana filtrante em meio cromogênico. De acordo com os Valores Máximos Permitidos estabelecidos pela Portaria de Consolidação n° 5/2017 do Ministério da Saúde e com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA n° 396/2008, estiveram em desconformidade com tais legislações os coliformes totais, *Escherichia coli*, pH, turbidez e o nitrato. A análise de componentes principais não evidenciou diferença entre os períodos avaliados. Os resultados indicaram que a água dos poços encontra-se fora do padrão de potabilidade permitido para o consumo, podendo apresentar riscos à saúde humana.

#### Keywords

Shallow wells.  
Potability.  
Total coliforms.  
Nitrate.

#### Abstract

This work aimed to evaluate the quality of the Groundwater of the free aquifer in the Nazaré Igarapé microbasin (Ji-Paraná-RO), through physical-chemical and microbiological analyses. Four collections of water samples were performed in 15 shallow wells in the months of (March, June, September and December 2019). The electrical conductivity, temperature and pH parameters were determined *in loco* using a multiparameter probe. Turbidity and total dissolved solids were determined in the laboratory with specific probes. The dissolved oxygen was determined by the titrometric method, the total alkalinity was obtained by potentiometric titration. Nutrient analyses were performed using spectrophotometric methods, and microbiological analyses were performed according to the filter membrane method in chromogenic medium. In accordance with the Maximum Permitted Values established by Consolidation Ordinance N° 5/2017 of the Ministry of Health, and with the Resolution of the National Environment Council-CONAMA N° 396/2008, the total coliforms, *Escherichia coli*, did not comply with these laws, pH, turbidity and nitrate. The principal component analysis showed no difference between the periods evaluated. The results indicate that the water in the wells is outside the standard of potability allowed for consumption, and may present risks to human health.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v35i1.29972>

## 1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional e a intensificação dos usos dos recursos hídricos também é crescente a degradação dos corpos hídricos superficiais. Nesse cenário as águas subterrâneas se tornam cada vez mais importantes como fontes alternativas de abastecimento de água e a preservação dos sistemas hidrogeológicos se destaca no contexto de sustentabilidade urbana (MILEK *et al.*, 2014).

No entanto as águas subterrâneas são essenciais não apenas por abastecerem as cidades, o campo e servirem de insumo para atividades econômicas diversas, mas também por sustentarem vários sistemas aquáticos como rios, lagos, mangues e pântanos (HIRATA *et al.*, 2019).

O recurso subterrâneo é quase sempre a única opção de abastecimento de água no campo e nas periferias das cidades, que não dispõem de rede pública de abastecimento de água. Os poços particulares surgem como fonte alternativa complementar em resposta as falhas no abastecimento público ou ao seu menor custo, desse modo, vem atendendo as populações socialmente mais vulneráveis do Brasil (HIRATA *et al.*, 2019).

No cenário atual, a água subterrânea é uma fonte estratégica para diferentes usos, entretanto o seu uso descontrolado e as inadequadas formas de uso e ocupação do solo, podem comprometer a qualidade e a quantidade da água (BARBOSA *et al.*, 2011). Ao longo das últimas décadas, tem-se notado que os aquíferos vêm sofrendo deterioração progressiva, que ocorrem em áreas urbanas e rurais. Dentre elas, as áreas contaminadas apresentam destaque, por serem geradas comumente em ambiente urbano-industrial onde há intensa utilização de água subterrânea por poços de abastecimento privados (BERTOLO *et al.*, 2019).

Ao contrário das águas superficiais, as águas subterrâneas não se revelam facilmente aos olhos, sua natureza velada acoberta sua importância social, ambiental e econômica, bem como dificulta o diagnóstico sobre sua situação e a consolidação de políticas públicas específicas, comprometendo assim sua gestão (HIRATA *et al.*, 2019).

Nas últimas décadas, a legislação e as políticas públicas têm sido aprimoradas, resultando na melhora das ações de gerenciamento das áreas contaminadas. Entretanto, falta à sociedade civil e aos tomadores de decisões a realização de ações efetivas para o aperfeiçoamento da proteção do recurso hídrico subterrâneo. Avalia-se que tal situação seja consequência do desconhecimento pela sociedade do seu real papel e valor (BERTOLO *et al.*, 2019).

Segundo Hirata *et al.* (2019) a percepção da sociedade sobre esse recurso e de sua importância é deficiente mesmo onde essas águas constituem a principal fonte hídrica. De acordo com o autor o desconhecimento sobre seu papel e das ações necessárias para a sua proteção torna os aquíferos mais vulneráveis ao risco de contaminação, podendo acarretar sua superexploração.

O estudo da qualidade da água é fundamental, tanto para se caracterizar as consequências de uma determinada atividade poluidora, quanto para se estabelecer os meios para que se satisfaça determinado uso da água (SPERLING, 2014).

No estado de Rondônia dos 52 municípios existentes, 37 são abastecidos por mananciais superficiais, 10 municípios o abastecimento ocorre através de mananciais subterrâneos e em 5 o sistema é misto, embora como em todo o Brasil é comum que ocorra o abastecimento complementar por poços em algumas regiões (ANA, 2010).

Desse modo o estudo qualitativo das águas subterrâneas tem se tornado de grande relevância em termos de saúde pública, principalmente na região norte onde se encontram os menores índices de saneamento básico do país, e a utilização de sistemas alternativos como poços para o abastecimento doméstico e o uso de fossas para a destinação dos esgotos são comuns.

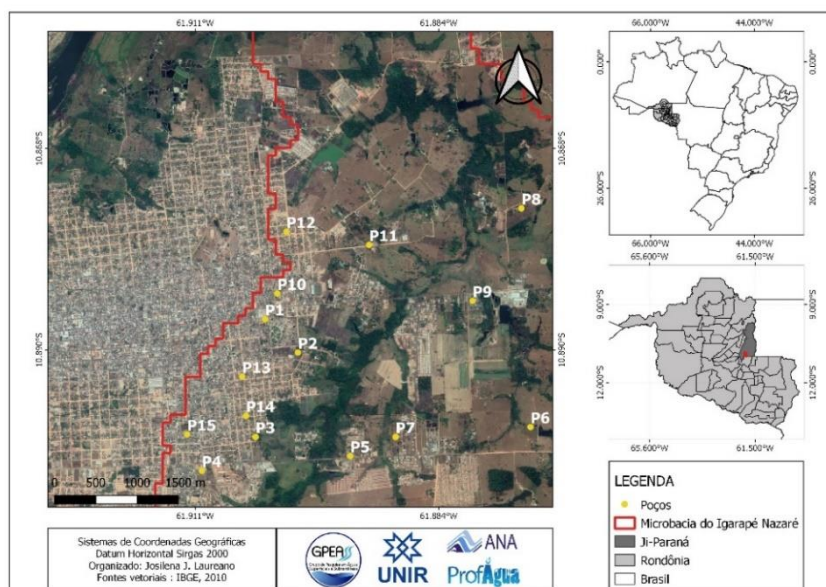
Nesse sentido, esse trabalho objetivou avaliar a qualidade da água subterrânea na microbacia do Igarapé Nazaré (Ji-Paraná-RO) por meio de análises físico-químicas e microbiológicas, utilizando análise de componentes principais para avaliação dos parâmetros. Os dados obtidos foram comparados aos valores orientadores da Portaria de Consolidação n° 5/2017 do Ministério da Saúde, que estabelece padrões de potabilidade da água para consumo humano, e à Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA n° 396 de 2008 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O município de Ji-Paraná está localizado na porção centro-leste do estado de Rondônia (figura 1), no sudoeste da Amazônia Legal Brasileira, possui 116.610 habitantes (IBGE, 2010). A área de estudo compreende a microbacia do Igarapé Nazaré (8° 22', 1° 11'S; 61° 30'O) localizada entre os municípios de Ji-Paraná, onde encontra-se grande parte da bacia e no município de Presidente Médici. Esta possui uma área de aproximadamente 106 km<sup>2</sup>, e as principais atividades econômicas estão associadas a agropecuária, piscicultura e indústrias frigoríficas (MENDONÇA *et al.*, 2020).

**Figura 1-** Localização da microbacia do Igarapé Nazaré em Ji-Paraná Rondônia, Brasil.



Fonte: Os autores.

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante no estado é do tipo Aw-Clima Tropical Chuvoso, com média anual da temperatura do ar entre 24 a 26 °C, e um período seco bem definido durante a estação de inverno, quando ocorre um moderado déficit hídrico com índices pluviométricos inferiores a 50 mm. A média anual da precipitação pluviométrica varia entre 1.400 a 2.600 mm/ano (SEDAM, 2012).

A área em estudo pertence a bacia Hidrográfica do rio Machado o qual é o maior rio estadual em extensão, com aproximadamente 1.243 km (PESACRE, 2007). O rio Machado é o segundo maior afluente do rio Madeira (PESACRE, 2007).

Para garantir uma amostragem homogênea e representativa, foram selecionadas, de maneira aleatória, 15 residências que utilizam poços para captação de água destinada ao consumo humano, e cujos responsáveis aceitaram participar da pesquisa mediante assinatura do termo de livre consentimento, a presente pesquisa foi autorizada pelo comitê de ética em pesquisa (n° parecer 3.941.852).

Foram realizadas 4 coletas que ocorreram no ano de 2019 com o objetivo de amostrar os períodos sazonais. A primeira coleta ocorreu em março, mês representativo do período de águas altas (AA), o mês de junho foi representativo do período de transição de águas altas para águas baixas (AA/AB), setembro foi o mês representativo das águas baixas (AB), e dezembro representando o período de transição entre águas baixas para águas altas (AB/AA).

## 2.2 Análises microbiológicas e físico-químicas

As análises de coliformes totais e *Escherichia coli* foram realizadas conforme o método da membrana filtrante em meio cromogênico, conforme descritos em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1995).

As amostras de água foram coletadas em garrafas de água mineral de 500 mL, lacradas e abertas no momento da coleta, quando a água mineral foi descartada e a garrafa “rinsada” com a água do ponto de coleta. Após, as mesmas foram identificadas e acondicionadas em caixas isotérmicas refrigeradas até o momento da análise, que foi realizada em menos de 24 horas.

As variáveis físico-químicas condutividade elétrica, temperatura e o potencial hidrogênioônico (pH) foram determinadas *in loco* por meio de sonda multiparâmetros (AKSO/AK88) (CETESB, 2011).

A análise de sólidos totais dissolvidos foi realizada utilizando-se sonda multiparâmetros de bancada (Hanna, modelo HI 3512) (CETESB, 2011). As análises de turbidez foram realizadas com auxílio de turbidímetro portátil (HACH, modelo 2100 P) (CETESB, 2011). O oxigênio dissolvido foi determinado pelo método titulométrico (Winkler, 1969 descrito em APHA, 1995). A alcalinidade total foi obtida por titulação potenciométrica com solução de ácido sulfúrico (0,01 N) (APHA, 1995).

As análises dos nutrientes nitrato, nitrito, amônia, fósforo dissolvido e fósforo total foram realizadas por métodos espectrofotométricos descritos em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1995). Para as análises dos nutrientes dissolvidos (nitrato, nitrito, amônia e fósforo dissolvido), utilizou-se amostras previamente filtradas em membranas de acetato de celulose com 0,45 µm de porosidade. Para a análise de fósforo total, utilizou-se amostra de água bruta.

No momento da coleta foram verificadas as características dos poços tais como: revestimento, profundidade, cota do poço e da fossa, condições das tampas.

A coleta da água ocorreu utilizando um coletor adaptado para água subterrânea, a coleta foi realizada diretamente no poço (CETESB, 2011), e todas as análises foram realizadas no Laboratório de Limnologia e Microbiologia-LABLIM na Fundação Universidade Federal de Rondônia-UNIR (campus de Ji-Paraná).

### 2.3 Análise de componentes principais

A fim de verificar a possível formação de padrões temporais dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, e as características dos poços, aplicou-se aos dados a Análise dos Componentes Principais (ACP), via matriz de correlação. Para aplicação da ACP foi utilizado o complemento de análise de dados estatístico XLSTAT (versão free) para o software Excel.

A ACP é uma técnica da estatística multivariada que consiste em transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão denominadas de componentes principais, com o propósito de reter o máximo de informação contida nos dados com a menor perda possível da informação (VARELLA, 2008).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Aspectos hidrossanitários

Quanto ao tipo de poço dos 15 avaliados (tabela 1), dois poços (poço 5 e 15) são poços tubulares apresentando profundidade em torno de 50 m. Os demais poços são poços amazonas apresentam 4 a 19,7 metros de profundidade.

**Tabela 1-** Características dos poços amostrados.

Poço	Profundidade Poço (m)	Tipo de revestimento	Tampa/Condições	Distância Poço-fossa	Cota poço	Cota fossa	Tipo fossa
1	11,40	Manilha	Alvenaria/más	16,5	177	185	Negra
2	8,83	Não	Madeira/más	29,1	180	173	Negra
3	4	Manilha	Alvenaria/ boas	14,74	165	177	Negra
4	12,24	Manilha	Alvenaria/más	69	174	175	Negra
5	50	Tubular	Lacrado	24,5	168	170	Negra
6	4,98	Não	Alvenaria/boas	50,2	160	164	Negra
7	6,31	Manilha parcial	Alvenaria/más	13,11	159	164	Negra
8	11,90	Alvenaria	Madeira/más	100,6	166	175	Negra
9	4,5	Alvenaria	Alvenaria/ boas	15,4	165	159	Negra
10	19,70	Não	Alvenaria/boas	26,30	181	181	Negra
11	12,22	Não	Alvenaria/más	28,40	180	183	Negra
12	14,64	Manilha	Alvenaria/boas	19	182	193	Negra
13	+16	Alvenaria	Alvenaria/más	20,4	185	189	Negra
14	7,72	Não	Alvenaria/boas	20	175	180	Negra
15	>50	Tubular	Lacrado	13,20	183	184	Negra

Fonte: Os autores.

Conforme observado na tabela 1 cerca 33% (5 poços) não possuem nenhum tipo de revestimento, 53% apresentam revestimento de manilha ou alvenaria.

Com relação as tampas dos poços 73,3% (11 poços) possuem tampas de alvenaria destes 33% as tampas encontram-se em más condições apresentando rachaduras, orifícios ou próxima a superfície do terreno. Os poços 2 e 8 possuem tampas de madeira e em más condições.

Foi observado que 20% dos poços apresentam distância em relação a fossa inferior a distância recomendada de 15 m pela NBR 7.229/93, que trata de Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.

Em 86,6% dos casos as fossas encontram-se em cota superior a do poço ou na mesma cota, essa situação favorece o fluxo do efluente doméstico para o interior do poço, agindo em alguns casos como possível foco de contaminação das águas subterrâneas.

Pesquisas indicam que os aspectos construtivos são um dos principais fatores que contribuem para a contaminação da água subterrânea. Uma vez que os padrões inadequados de construção dos poços podem agir como facilitador para a contaminação da água (FRANCO *et al.*, 2018; GROTT *et al.*, 2018; MESQUITA *et al.*, 2014; CREMONESE, 2014).

### 3.2 Avaliação microbiológica

Os coliformes totais (CT) são os principais indicadores de contaminação utilizados, é um grande grupo de bactérias que tem sido isolada de amostras de água e solo poluídos e não poluídos, bem como de fezes de seres humanos e animais de sangue quente, são organismos de vida livre e não intestinal, podendo ser entendidos como coliformes “ambientais” (SPERLING, 2014).

A principal bactéria do grupo de coliformes termotolerantes é a *Escherichia coli* (*E. coli*), essa bactéria é encontrada em fezes humanas e de animais de sangue quente, é a única que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal, no entanto não garante que a contaminação seja de origem humana (SPERLING, 2014).

No presente estudo foram avaliados a presença de coliformes totais (CT) e *Escherichia coli* (*E. coli*). Os resultados dos CT encontram-se na tabela 2.

**Tabela 2-** Resultado de coliformes totais e os valor recomendado pelas legislações.

Poços	AA	AA/AB	AB	AB/AA
	CT UFC/100mL	CT UFC/100mL	CT UFC/100mL	CT UFC/100mL
1	38.000	3.300	14.000	22.000
2	5.000	5.500	7.700	18.000
3	5.000	700	6.500	26.000
4	8.059	1.900	12.300	8.000
5	45	500	521	5.000
6	159	13	800	6.000
7	4.000	200	5.100	34.000
8	10.021	8.900	4.100	9.000
9	1.430	7.400	18.500	118.000
10	18.013	500	350	18.000
11	1.001	200	220	34.000
12	2.001	40	225	7.000
13	2.356	2.100	1.509	16.000
14	36.000	1.100	820	3.053
15	Ausente	3	Ausente	*
Portaria PRC MS n° 5/2017	Ausente/100mL			
Resolução CONAMA n° 396/2008	Ausente/100mL			

(\*) = residência encontrava-se fechada. Fonte: Os autores.

Foi observada a ausência desse grupo bacteriano apenas no poço 15 nos períodos de águas altas e águas baixas.

Com relação aos resultados obtidos para o período de AA o máximo valor foi 38.000 UFC/100ml no poço 1, no período de AB todos os poços apresentaram contaminação variando de 3 UFC/100ml (poço 15) a 8.900 UFC/100ml (poço 8), no período de AB o máximo valor de coliformes totais ocorreu no poço 9 (18.500 UFC/100ml). No período de AB/AA novamente o poço 9 apresentou valor máximo (118.000 UFC/100 ml).

Os altos valores encontrados nos poços 1 e 9 podem ser explicados quando observados as características construtivas dos mesmos como, o poço 1, como pode ser observado na tabela 1 a tampa encontra-se em condições inadequadas, a fossa está localizada em cota superior a cota do poço, e no terreno foi observado a presença de animais domésticos e acúmulo de matéria orgânica. O poço 9 apresenta pouca profundidade (4,5 m) e está localizado nas proximidades de um igarapé que recebe grande quantidade de despejos de efluentes diversos.

A profundidade é uma característica que pode estar relacionada a qualidade da água, uma vez que pode reduzir a possibilidade de contaminação por substâncias que possuem baixa mobilidade no solo (CAPP *et al.*, 2012).

Nos poços 8, 10, 13, 14 houve uma variação da densidade de coliformes totais entre os períodos analisados, onde os meses de ocorrência de chuvas (março e dezembro) apresentaram valores elevados em relação aos encontrados no período com menor frequência delas (junho e setembro), esse resultado pode ser explicado pela redução das chuvas na região diminuindo assim a influência da água infiltrada no solo.

O aumento significativo nos meses chuvosos, ocorre devido ao carreamento da água da superfície para dentro dos poços, muitas vezes indevidamente vedados (FRANCO *et al.*, 2018; GROTT *et al.*, 2018; MESQUITA *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2009).

No mês de março (tabela 3) os poços (3, 6 e 15) apresentaram ausência de *Escherichia coli* (*E. coli*), o máximo valor do período analisado ocorreu no poço 14 (17.000 UFC/100ml). Em junho foi observado ausência da bactéria nos poços (1, 7 e 11), e a densidade máxima encontrada 1.700 UFC/100 mL foi no poço 8 (tabela 3). No mês de setembro o máximo valor encontrado foi observado no poço 7 (2.600 UFC/100 mL), o único poço com ausência de *E. coli* foi o poço 15. Em dezembro todos os poços analisados apresentaram contaminação e a máxima densidade encontrada foi observada no poço 9 com 24.000 UFC/100 mL.

Semelhante ao que ocorreu para as análises de coliformes totais os poços 13 e 14 novamente apresentaram uma variação da densidade de *E. coli* refletindo a variação sazonal, apresentando aumento e redução da densidade conforme ocorrem as chuvas da região.

**Tabela 3-** Resultado de *Escherichia coli* (*E. coli*) e os valor recomendado pelas legislações.

Poços	AA	AA/AB	AB	AB/AA
	<i>E. Coli</i> UFC/100mL	<i>E. Coli</i> UFC/100mL	<i>E. Coli</i> UFC/100mL	<i>E. Coli</i> UFC/100mL
1	2.000	Ausente	1.100	2.000
2	1.000	100	1.000	1.000
3	Ausente	700	500	8.000
4	59	100	300	1.000
5	4	100	21	2.000
6	Ausente	1	600	2.000
7	1.000	Ausente	2.600	20.000
8	21	1.700	900	2.000
9	1.000	300	700	24.000
10	13	100	50	3.000
11	1	Ausente	20	6.000
12	1	5	25	2.000
13	2.000	1.100	9	4.000
14	17.000	400	20	53
15	Ausente	1	Ausente	*
Portaria PRC MS n° 5/2017	Ausente/100mL			
Resolução CONAMA n° 396/2008	Ausente/100mL			

(\*) = residência encontrava-se fechada. Fonte: Os autores.

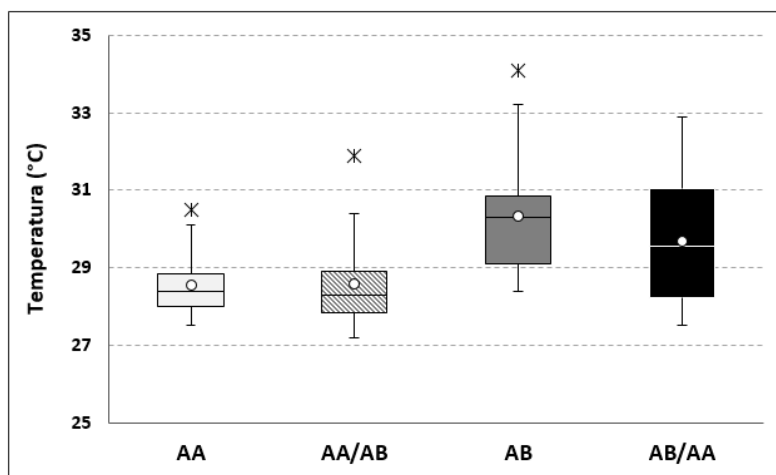
A Portaria de Consolidação n° 5/2017 do Ministério da Saúde, e a Resolução do CONAMA n° 396/2008 estabelece que a água destinada ao consumo humano deve estar ausentes desses dois grupos bacterianos para atender aos padrões de potabilidade exigidos, portanto a água subterrânea encontra-se imprópria para o consumo humano, podendo oferecer riscos à saúde pública se caso for consumida sem tratamento adequado.

Essa situação é recorrente em diversas cidades brasileiras, na pesquisa realizada por Meschede *et al.* (2018) foi encontrada presença de *E. coli* em 47% das amostras de água de escolas no município de Santarém no Pará. Lauthartte *et al.* (2016) detectaram contaminação da água por *E. coli* em 100% dos poços de 82 residências no Distrito de Jaci-Paraná, em Rondônia. Ramos *et al.* (2017) no distrito de Nova Colina em Ji-Paraná encontraram contaminação em 100% dos poços avaliados e os valores máximos de CT 58.000 UFC/100 mL e *E. coli* de 38.000 UFC/100 mL associando a contaminação ao nível freático raso e a falta de saneamento. Oliveira *et al.* (2015), encontraram no município de Vilhena contaminação por coliformes em ambos os períodos estudados, e *E. coli* em 66% dos poços estudados, assim como no presente estudo os poços que apresentaram maior contaminação foram os do tipo amazonas.

### 3.3 Avaliação físico-química

Conforme pode ser observado na figura 2 a temperatura da água subterrânea variou entre 27,5 a 30,5 °C no período das AA, de 27,2 a 31,9 °C AA/AB, 28,4 a 34,1 °C AB, e de 27,5 a 32,9 °C no período de transição AB/AA. O valor médio encontrado por período foi de 28,5, 28,5, 30,3 e 32,9 °C respectivamente, a legislação não estabelece limite para a temperatura das águas para consumo humano.

**Figura 2-** Gráficos Box-Plot de temperatura nos períodos analisados.



Fonte: Os autores.

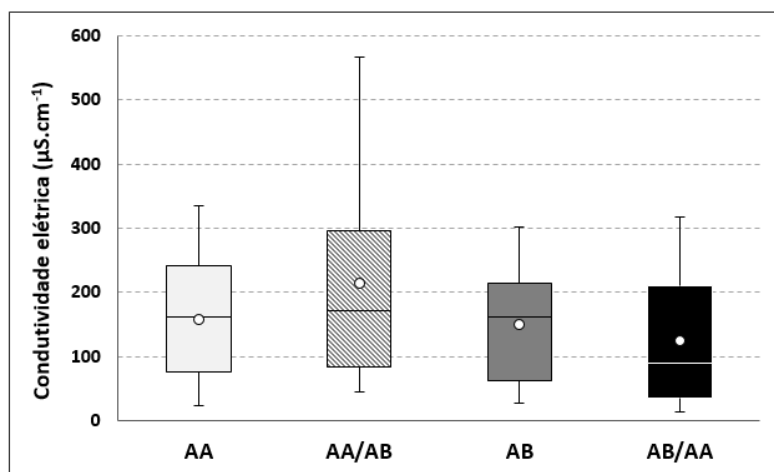
Segundo Santos (2008) a amplitude térmica anual das águas subterrâneas em geral é baixa (de 1 a 2 °C) e independe da temperatura atmosférica, mas nos casos dos aquíferos freáticos, a temperatura é pouco superior à da superfície, fato que pode ser observado nos dados aqui apresentados, uma vez que os maiores valores de temperatura ocorreram no mês de setembro (AB) onde a temperatura atmosférica é elevada na região.

Os resultados de condutividade elétrica (CE) da presente pesquisa encontram-se na figura 3. Foram encontrados valores máximos por períodos de 335, 4  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  e média de 157,55  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  no período de AA, AA/AB 567  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  com média de 214,61  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , no período AB de 302  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  e média de 149,4  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , e na transição entre AB/AA 318  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  com média de 124,2  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

O período de AB apresentou menor variabilidade dos dados, e de AA/AB a maior variabilidade, em todos os períodos foram observados valores acima de 100  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

A legislação não estabelece valor máximo para CE, no entanto as águas doces apresentam variação da condutividade entre 10 a 100  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (microSiemens) (BRASIL, 2006).

Figura 3- Gráficos Box-Plot de Condutividade elétrica nos períodos analisados.



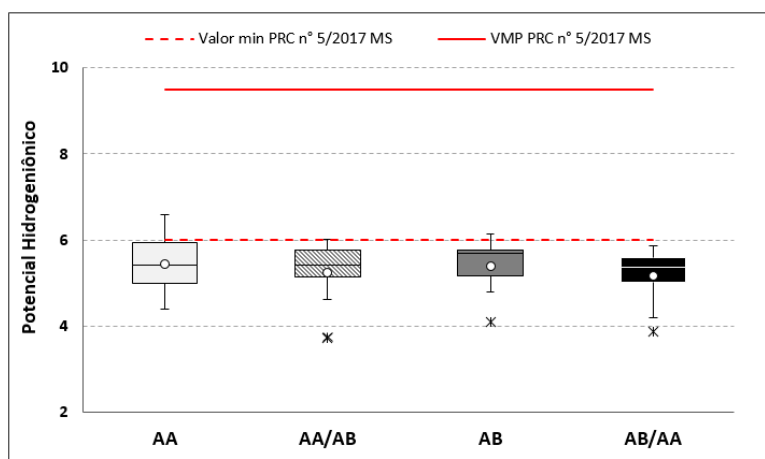
Fonte: Os autores.

Assim como na presente pesquisa Franco et al. (2018) em pesquisa realizada no Acre encontraram valores acima de 100  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  em mais de 50% dos poços avaliados demonstrando ação antrópica na alteração da qualidade ambiental local. Bahia et al. (2011) no Pará encontraram valores médios para o período chuvoso de 94,27  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  e de 74,8  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  para período de estiagem. Já Lauthartte et al. (2016) em Jaci-Paraná observaram valores entre 14,70  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a 1.084  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

O potencial hidrogeniônico indica a concentração de íons hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) e indica as condições de acidez, neutralidade e alcalinidade da água podendo variar de 0 a 14,  $\text{pH}=7$  é neutro,  $\text{pH}<7$  indica acidez, e maiores indicam alcalinidade (SPERLING, 2014).

Os resultados encontrados (figura 4) para o período de AA apontam que 26,6% dos poços encontram-se dentro do intervalo de 6 a 9,5 estabelecido pela Portaria de consolidação n° 5 de 2017.

**Figura 4-** Gráficos Box-Plot do pH nos períodos analisados.



Fonte: Os autores.

No período de transição entre AA/AB esse percentual cai para 13,3% estando em conformidade apenas 2 poços. Nas AB apenas 1 poço apresenta em conformidade com valor de pH de 6,13. E no período de AB/AA 100% dos poços estiveram abaixo do limite permitido pela legislação.

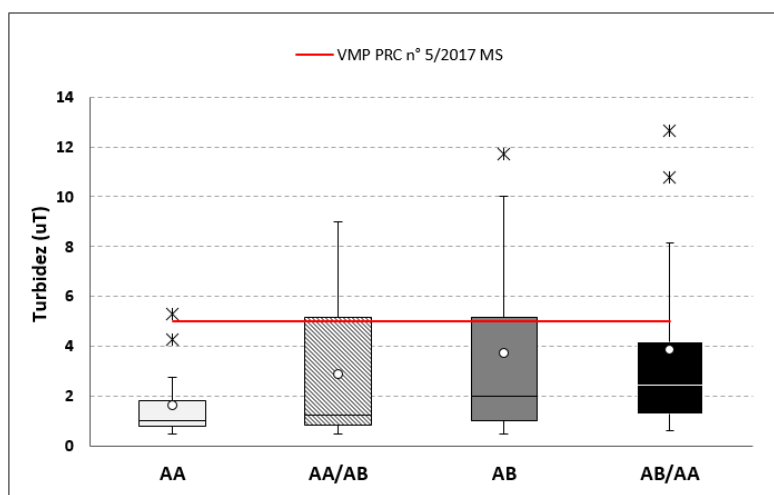
Segundo Santos (2008) a maioria das águas subterrâneas tem pH entre 5,5 e 8,5, mas em casos excepcionais, podem variar entre 3 e 11. Diversos estudos apontam valores baixos de pH para água subterrânea no estado de Rondônia. Oliveira *et al.* (2015) no município de Vilhena registraram valores máximos de 4,94. Lauthartte *et al.* (2016) em Jaci-Paraná observaram valores entre 2,61 a 5,21. Silva *et al.* (2009) observaram pH médio de 4,30 no município de Ji-Paraná. Leite *et al.* (2011) encontraram valores médios de pH de 5,4 em poços rurais em Ji-Paraná.

Baixos valores de pH são característicos de climas tropicais com abundantes precipitações, que atingem facilmente o lençol freático, e com a decomposição da matéria orgânica ocorre o aumento de substâncias ácidas e a redução do pH (FARIAS *et al.*, 2003; BAHIA *et al.*, 2011).

No período de AA a turbidez máxima observada foi de 5,32 uT, e um poço esteve acima do limite de 5 uT permitido pela legislação (figura 5). Nas AA/AB o valor máximo foi de 9 uT e 33,3% dos poços (5 poços) estiveram acima do VMP. No período de AB o valor máximo foi 11,7 uT, e 4 poços (26,6%) estiveram em desacordo. E no período de transição entre AB/AA 20% estiveram acima do valor estabelecido, com máximo valor de 12,65 uT.



Figura 5- Gráficos Box-Plot de turbidez nos períodos analisados.



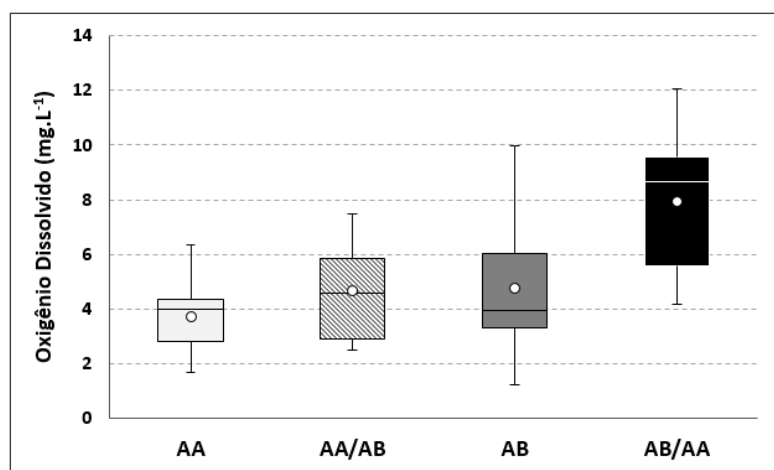
Fonte: Os autores.

Entre os poços que apresentaram valores de turbidez acima do VMP pode-se destacar as características de construção de alguns poços como do poço 2 que além da pouca profundidade, não possui revestimento, e a tampa se apresenta em más condições de uso.

Assim como na presente pesquisa Grott *et al.* (2018) também encontrou maiores valores de turbidez no período seco, em seu estudo 9,61% das amostras estiveram em desacordo no período seco e 5,76% no período úmido.

Os valores máximos de oxigênio encontrados na presente pesquisa (figura 6) foram 6,3 mg.L<sup>-1</sup>, 7,5 mg.L<sup>-1</sup>, 10 mg.L<sup>-1</sup> e 12,07 mg.L<sup>-1</sup> para os períodos de AA, AA/AB, AB e AB/AA respectivamente. As médias por período foram de 3,7 mg.L<sup>-1</sup>, 4,6 mg.L<sup>-1</sup>, 4,7 mg.L<sup>-1</sup>, e 7,95 mg.L<sup>-1</sup>, a Portaria do MS e a CONAMA não estabelece limite de valores para o OD.

Figura 6- Gráficos Box-Plot de oxigênio dissolvido nos períodos analisados.

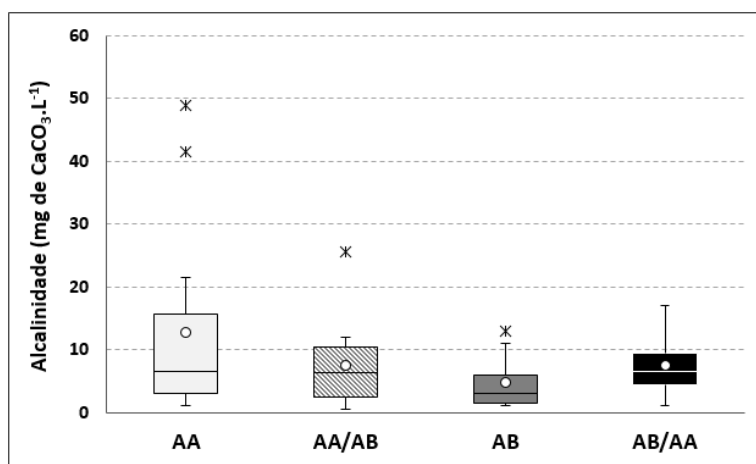


Fonte: Os autores.

Segundo Santos (2008) o OD apresenta pequenas concentrações na água subterrânea, com concentrações entre 0 e 5 mg.L<sup>-1</sup>, pois a maior parte do oxigênio dissolvido na água, que infiltra no solo, é consumida na oxidação da matéria orgânica, durante a trajetória da água subterrânea na zona de aeração. No entanto os altos valores aqui encontrados ocorrem devido alguns poços serem lacrados e a coleta ter sido realizada diretamente na torneira, causando uma maior aeração da amostra e elevando o resultado do OD.

Os valores encontrados para alcalinidade da água subterrânea na microbacia do igarapé Nazaré são apresentados na figura 7.

Figura 7- Gráficos Box-Plot de alcalinidade nos períodos analisados.

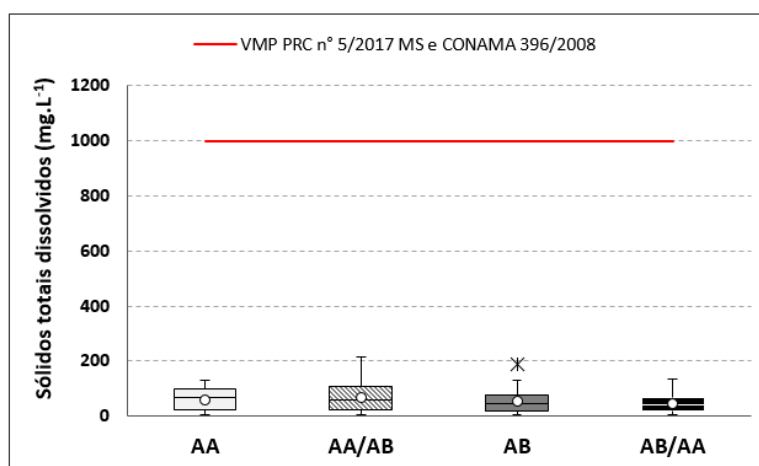


Fonte: Os autores.

Os valores máximos encontrados por período foram de 49 mg de  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$  nas AA, no período de AA/AB (25,5 mg de  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$ ), e nos períodos de AB e AB/AA com valores de 13 mg de  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$  e 17 mg de  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$  respectivamente. As legislações aqui citadas não estabelecem VMP para valores de alcalinidade.

Com relação aos valores de sólidos totais dissolvidos encontrados, todos os poços estiveram no intervalo preconizado pela Portaria de Consolidação n° 5 de 2017 do MS e com a CONAMA 396/08, que estabelece valor máximo de até 1.000  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ .

Figura 8- Gráficos Box-Plot de sólidos totais dissolvidos nos períodos analisados.



Fonte: Os autores.

Os STD apresentaram valores máximos de 129,6  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 214  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 89,7  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 136,9  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  respectivamente. O período com a menor variabilidade dos dados foi nas AA, e o de maior variabilidade foi o de transição entre AA/AB.

Entre os nutrientes avaliados na presente pesquisa a tabela 4 apresenta o resumo dos resultados do fósforo total e dissolvido, amônia e nitrito.

Com relação ao fósforo total o máximo valor ocorreu no período de transição entre AB/AA com 395  $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ , e valor médio no período de 56,1  $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ . Já o fósforo dissolvido apresentou maior valor de 49,8  $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  nas AB, como pode ser observado cerca de mais de 60% dos poços apresentaram valores abaixo do limite de detecção do método para os períodos de AA e AB, e 40% para os períodos de transição AA/AB e AB/AA. As legislações aqui apresentadas não estabelecem limite de concentração de fósforo na água de consumo humano.

**Tabela 4:** Resultados dos nutrientes fósforo total, fósforo dissolvido, amônia, nitrito para os períodos avaliados.

Parâmetro	Valor	AA	AA/AB	AB	AB/AA
PT ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Min	6,29	5,57	5,5	7,7
	Médio	25,3	18,7	20,1	56,1
	Max	61,8	42	54,3	395
	<5 $\mu\text{g.L}^{-1}$ LD	0%	0%	0%	0%
VMP PRC n° 5/2017		Não estabelecido			
VMP CONAMA 396/2008		Não estabelecido			
PD ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Min	9,85	5,57	7,7	7
	Médio	7,6	6,69	5,8	11,2
	Max	32	30,5	49,8	45,5
	<5 $\mu\text{g.L}^{-1}$ LD	60%	40%	66%	40%
VMP PRC n° 5/2017		Não estabelecido			
VMP CONAMA 396/2008		Não estabelecido			
NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Min	10,3	10,3	5,89	9,22
	Médio	10,39	14,67	15,39	28,7
	Max	100,67	145,1	122,8	67
	<5 $\mu\text{g.L}^{-1}$ LD	66%	60%	66%	0%
VMP PRC n° 5/2017		1,5 $\text{mg.L}^{-1}$			
VMP CONAMA 396/2008		Não estabelecido			
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Min	7,3	5,6	7,8	7,9
	Médio	34	1,43	1,42	1,42
	Max	397	9,6	13,6	11,9
	<5 $\mu\text{g.L}^{-1}$ LD	53%	80%	86%	80%
VMP PRC n° 5/2017		1 $\text{mg.L}^{-1}$			
VMP CONAMA 396/2008		1 $\text{mg.L}^{-1}$			

Fonte: Os autores.

Com relação aos valores de amônia nos períodos de AA, AA/AB e de AB foram observados que mais de 60% dos poços avaliados estiveram abaixo do limite de detecção do método utilizado, e o valor máximo encontrado foi de 145,1  $\mu\text{g.L}^{-1}$  no período de transição entre AA/AB.

A Portaria do MS n° 5/2017 estabelece um limite de 1,5  $\text{mg.L}^{-1}$  de amônia na água de consumo humano, o valor máximo encontrado nesta pesquisa foi de 0,145  $\text{mg.L}^{-1}$ , estando cerca de 10x abaixo do limite estabelecido.

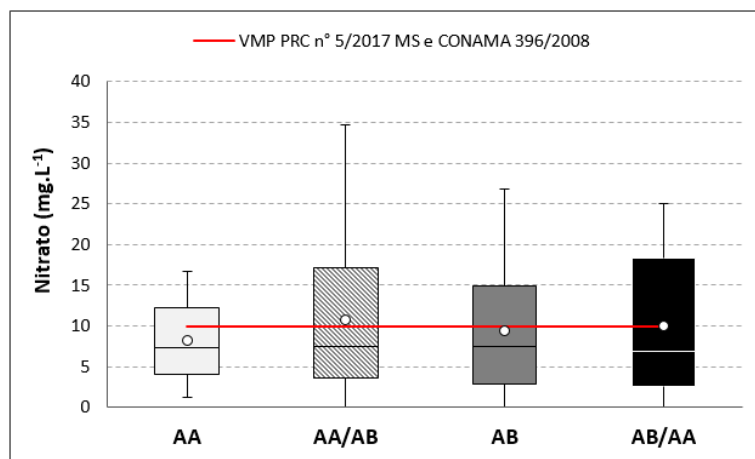
Os valores encontrados para o nitrito revelam que o máximo valor ocorreu no período de AA 397  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , no período de AA 53% dos poços apresentaram concentrações abaixo do limite de detecção, nos demais períodos esse percentual foi superior a 80%. O valor máximo permitido em ambas as legislações são de 1  $\text{mg.L}^{-1}$ , portanto em todos os poços o nitrito esteve abaixo do valor estabelecido para o consumo humano.

Os resultados obtidos para o parâmetro nitrato encontram-se na figura 9, no período das águas altas apresentou valor máximo de 16,76  $\text{mg.L}^{-1}$  e média de 8,21  $\text{mg.L}^{-1}$ , no período de transição entre águas altas para águas baixas 34,64  $\text{mg.L}^{-1}$  e média de 10,82  $\text{mg.L}^{-1}$ , três poços apresentaram valores abaixo do limite de detecção do método que é 1  $\text{mg.L}^{-1}$  nesse período. No período de águas baixas 2 poços apresentaram valores abaixo do limite de detecção, o valor máximo foi de 26,8  $\text{mg.L}^{-1}$  e média de 9,46  $\text{mg.L}^{-1}$ . No período de transição AB/AA 24,9  $\text{mg.L}^{-1}$  o valor médio foi de 10  $\text{mg.L}^{-1}$ .

O valor máximo permitido estabelecido pela Portaria de consolidação n° 5/2017 e pela CONAMA 396/2008 para a presença de nitrato na água de consumo humano é de 10  $\text{mg.L}^{-1}$ , como pode ser observado na figura 9 em todos os períodos avaliados foram encontrados valores de nitrato acima do permitido pela legislação, no período de AA e AB 40% dos poços estiveram em desconformidade, já nos períodos de transição de AA/AB e de AB/AA cerca de 46% e 33% dos poços estiveram em desconformidade respectivamente.

Silva *et al.* (2009), em Ji-Paraná, encontraram 78% dos poços amazonas em desconformidade, com a maior concentração de 239  $\text{mg.L}^{-1}$ . Nunes *et al.* (2012), encontraram valores máximos de nitrato de 26,2  $\text{mg.L}^{-1}$ . Leite *et al.* (2011) em poços rurais em Ji-Paraná encontrou valor de 11,5  $\text{mg.L}^{-1}$ , assim como no presente estudo ocorreu a predominância do nitrato, enquanto o amônio foi encontrado em concentrações pequenas. Os autores associaram a contaminação a utilização de sistemas rudimentares para disposição do esgoto, poços com instalações inadequadas, influência de áreas de pastagens e ao cultivo de hortaliças.

**Figura 9-** Gráficos Box-Plot de nitrato nos períodos analisados.



Fonte: Os autores.

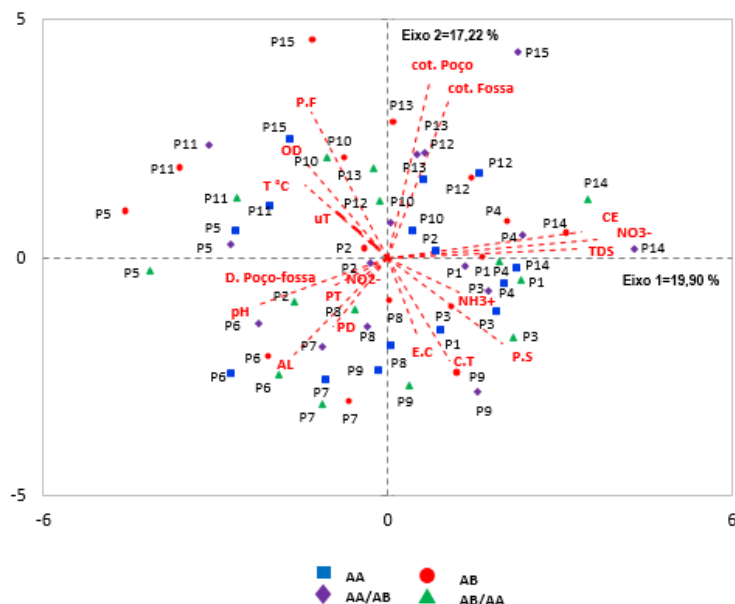
O nitrato é um componente de origem antrópica, relacionadas as atividades agrícolas e aos problemas relativos ao saneamento básico (vazamento das redes de esgoto) e manejo de resíduos sólidos em áreas urbanas e rurais (QUAGGIO *et al.*, 2018). Sendo utilizado mundialmente, como indicador de contaminação devido sua alta mobilidade, podendo atingir extensas áreas, comprometendo a qualidade da água subterrânea (VANIER *et al.*, 2010). Podendo provocar a indução a metemoglobinemia, e a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas (ALABURDA & NISHIHARA, 1998).

### 3.4 Análise das componentes principais (ACP)

A matriz para a realização da ACP foi constituída por valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológico nos períodos sazonais em estudo, bem como das características dos poços.

Na figura 10 é apresentada a projeção dos dados da análise de componentes principais para as variáveis e os períodos aqui observados. A proximidade entre os poços nos diferentes períodos amostrados demonstra que eles apresentam características similares ao longo do ano, não apresentando influência das variações sazonais.

**Figura 10-** Projeção dos dados da Análise das Componentes Principais (ACP) da microbacia do Igarapé Nazaré nos períodos analisados.



Fonte: Os autores.

Como pode ser observado na figura 10 e na tabela 5, o total da variância explicada foi de 37,12%, sendo que o eixo 1 explicou 19,9% da variância dos dados, e o eixo 2 explicou 17,2%.

**Tabela 5:** Correlação das variáveis em estudo, nos eixos 1 e 2 resultantes da Análise das Componentes Principais (ACP).

Variáveis	Abreviatura	Coeficiente de correlação	
		Eixo 1	Eixo 2
Coliformes totais	CT	0,267	-0,504
<i>Escherichia coli</i>	EC	0,133	-0,396
Temperatura	T°	-0,359	0,351
pH	pH	-0,557	-0,226
Condutividade elétrica	CE	<b>0,841</b>	0,123
Turbidez	uT	-0,221	0,221
Sólidos Totais Dissolvidos	STD	<b>0,828</b>	0,045
Oxigênio Dissolvido	OD	-0,364	<b>0,474</b>
Alcalinidade	AL	-0,405	-0,472
Fosforo total	PT	-0,253	-0,151
Fosforo dissolvido	PD	-0,239	-0,337
Amônia	NH4+	0,310	-0,171
Nitrato	NO3-	-0,002	-0,001
Nitrato	NO3-	<b>0,905</b>	0,086
Cota do poço	CP	0,178	<b>0,846</b>
Cota da fossa	CF	0,266	<b>0,775</b>
Profundidade de fundo	PF	-0,332	<b>0,701</b>
Profundidade de superfície	PS	<b>0,498</b>	-0,419
Distância entre poço e fossa	D. poço-fossa	-0,139	-0,127
Variância explicada		19,90%	17,22
Total da variância explicada			37,12%

Fonte: Os autores.

As variáveis mais representativas para a formação do eixo 1 foram nitrato (0,905) a CE (0,841), STD (0,828) e profundidade de superfície (0,498), fortemente relacionadas, indicando que os mesmos são os mais significativos na caracterização da qualidade da água em estudo. Já o eixo 2 foi formado pelas variáveis cota do poço (0,846), cota da fossa (0,775), profundidade de fundo (0,701) e oxigênio dissolvido (0,474). Evidenciando alta correlação entre características como, profundidade e cota da fossa e do poço na influência dos valores OD, temperatura e turbidez da água analisada.

A análise de componentes principais indicou também uma correlação inversa entre os parâmetros microbiológicos e a profundidade do poço, evidenciando assim que essa característica pode atuar como fator de redução da contaminação.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados evidenciaram que as águas subterrâneas da microbacia do Igarapé Nazaré encontram-se inadequadas para o consumo humano, pois constatou-se a presença de bactérias do grupo coliformes totais e *E. coli* em todos os poços avaliados em algum dos períodos avaliados. Sendo assim a água encontra-se em desacordo com a Portaria de Consolidação n° 5/2017/MS e com a Resolução CONAMA n° 396/08 uma vez que se é requerido a ausência de ambos os grupos na água destinada ao consumo humano, podendo oferecer riscos à saúde humana uma vez que são consumidas sem tratamento adequado.

Constatou-se também que a contaminação pode estar ocorrendo devido à baixa profundidade apresentada pelos poços, visto que poços profundos apresentam menos densidade de bactérias que os poços rasos. A presença de sistemas alternativos e rudimentares para disposição do esgoto doméstico atua como foco de contaminação assim como as características precárias de construções e vedação dos poços atuam como um potencializador da contaminação da água subterrânea.

Os valores encontrados para os parâmetros pH, turbidez estiveram fora dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria de Consolidação n° 5/2017/MS. O parâmetro nitrato apresentou desconformidade em ambas as legislações, evidenciando também a sua não potabilidade.

A presença do nitrato acima dos valores de concentrações permitidos pelas legislações pertinentes reforça a possibilidade da contaminação ter origem nas fossas rudimentares utilizadas para suprir a falta de saneamento adequado.

De modo geral, o uso da ACP mostrou correlações entre as variáveis e as características em estudo, no entanto não foram observadas variações significativas entre os períodos sazonais em estudo.

Conclui-se que a água encontra-se fora dos padrões de potabilidade, e imprópria para o consumo humano sem que haja tratamento prévio adequado, apresentando potencial risco a saúde humana.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Prof. Água, Projeto CAPES/ANA Agência Nacional de Águas e Saneamento, AUXPE nº 2717/2015. Ao campus Ji-Paraná da Fundação Universidade Federal de Rondônia.

## REFERÊNCIAS

- ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. *Revista de Saúde Pública*. v. 32, n. 2. p.160-165. 1998.
- APHA, AWWA, WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Edition 19<sup>a</sup>. Washington, 1995.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. *Atlas Brasil. Abastecimento Urbano de Água: panorama nacional/* Agência Nacional de Águas; Engecors/Cobrape.- Brasília: ANA: 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. (1993). *NBR 7.229*. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.
- BAHIA, V. E.; FENZL, N.; LEAL, L. R. B.; MORALES, G. P.; LUIZ, J. G. Caracterização hidrogeoquímica das águas subterrâneas na área de abrangência do reservatório de abastecimento público do Utinga-Belém (PA). *Rev. Águas Subterrâneas*, v.25, n.1, p. 43-56, 2011.
- BARBOSA, M. C.; CARVALHO, A. M.; IKEMATSU, P.; FILHO, J. L. A.; CAVANI, A. C. M. Avaliação do perigo de contaminação do sistema aquífero Guarani em sua área de afloramento do estado de São Paulo decorrente das atividades agrícolas. *Revista Águas Subterrâneas*, v. 25, n.1, p.1-14, 2011.
- BERTOLO, R. A.; HIRATA, R.; JUNIOR, O. A. Método de valoração da água subterrânea impactada por atividades contaminantes no Estado de São Paulo. *Revista Águas Subterrâneas*, v. 33, n. 3, p.303-313, 2019.
- BRASIL. *Vigilância e controle da qualidade de água para consumo humano*. Ministério da Saúde (MS). Brasília: MS, 2006. 212p.
- BRASIL. Portaria de consolidação nº 5, de 3 de outubro de 2017 (anexo XX). Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde (MS). *Diário Oficial da União*, 03 outubro de 2017.
- BRASIL. Resolução nº 396 de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). *Diário Oficial da União*, n. 66, 7 abr, 2008, 66p.
- CAPP, N.; AYACH, L. R.; SANTOS, T. M. B.; GUIMARÃES, S. T. L. Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS). *Revista de Geografia Ensino & Pesquisa*, vol. 16, n. 3, 2012.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO-CETESB. *Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*. Organizadores: Carlos Jesus Brandão, et al. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.
- CREMONESE, E. R. *Avaliação da qualidade da água de poços localizados próximos as áreas de deposição de resíduos sólidos do município de Ji-Paraná (RO)*. Ji-Paraná-RO. UNIR 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental). Departamento de Engenharia Ambiental. Fundação Universidade Federal de Rondônia. 2014, 73p.
- ESTEVES, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. 3<sup>o</sup> ed., Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
- FARIAS, W. M.; MARTINS, E. S.; CARDOSO, F. B. F. & CARVALHO, J. C. A influência do oxi-hidróxido de Fe matricial no comportamento mecânico de solos tropicais em áreas de disposição de resíduos sólidos. *Espaço e Geografia*, v. 6, n. 2, p. 115-131, 2003.
- FRANCO, A.O.; ARCOS, F.O.; PEREIRA, J.S. Uso do solo e a qualidade da água subterrânea: estudo de caso do aquífero Rio Branco, Acre, Brasil. *Águas Subterrâneas*, Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v32i3.29178>.
- GROTT, S.L., FAÇANHA, E.B. ; FURTADO, R.N. ; CUNHA, H.F.A.; CUNHA, A.C. Variação espaço-sazonal de parâmetros da qualidade da água subterrânea usada em consumo humano em Macapá, Amapá, Brasil. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 23, n.4, p. 645-654, 2018. DOI: 10.1590/S1413-41522018162018.
- GRUPO DE PESQUISA E EXTENSÃO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS DO ACRE-PESACRE. *Plano territorial de desenvolvimento rural sustentado*. Secretaria de Desenvolvimento Territorial- Ministério do Desenvolvimento Agrário. Território central-Estado de Rondônia, 2007.
- HIRATA, R.; SUHOGUSOFF, A.; MARCELLINI, S. S.; VILLAR, P. C.; MARCELLINI, L. *As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil*. São Paulo: Universidade de São Paulo/ Instituto de Geociências, 2019. ISBN digital 978-85-63124-07-4. Doi: 10.11606/9788563124074
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. (2010) *Cidades*. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/ji-parana/panorama>>. Acesso em: 30 de junho de 2020.

LAUTHARTTE, L.C.; HOLANDA, I.B.B.; LUZ, C.C.; MUSSY, M.H.; PANSINI, S.; MANZATTO, A.G.; YAMASHITA, M.; BASTOS, W.R. Avaliação da qualidade da água subterrânea para consumo humano: estudo de caso no Distrito de Jaci-Paraná, Porto Velho-RO. *Revista de Águas Subterrâneas*, v. 30, n. 2, p. 246-260, 2016. DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v30i2.28547>.

LEITE, N. K., KRUSCHE, A. V., CABIANCHI, G. M., BALLESTER, M. V. R., VICTORIA, R. L., MARCHETTO, M., & SANTOS, J. G. D. (2011). Groundwater quality comparison between rural farms and riparian wells in the western Amazon, Brazil. *Rev Química Nova*, 34(1), 11-15.

MENDONÇA, A. G.; LAUREANO, J. J., COSTA, I. D.; LOPES, D. S.; SOUSA, L. M.; LIMA, T. O.; ROSA, A. L. D.; NASCIMENTO, E. L. Uso e ocupação do solo da microbacia do igarapé Nazaré, Ji-Paraná, Rondônia: subsídio para o enquadramento. *Revista Gaia Scientia*, v.14, n. 3, p. 189-209, 2020. doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2020v14n3.52610

MESCHEDE, M.S.C.; FIGUEIREDO, B.R.; ALVES, R.I.S.; SEGURA-MUÑOZ, S.I. Drinking water quality in schools of the Santarém region, Amazon, Brazil, and health implications for school children. *Revista Ambiente & Água*, v. 13, n. 6, 2018. DOI: 10.4136/ambi-agua. 2218

MESQUITA, K.F.C.; SANTOS, M.L.S.; PEREIRA, J.A.R.; FIGUEIREDO, B.L. Avaliação da qualidade microbiológica da água consumida pela população da região amazônica um estudo de casos na ilha de Mosqueiro PA. *Revista Scientia Amazonia*, v. 3, n.3, p. 27-31, 2014.

MILEK, C. B.; KISHI, R. T.; GOMES, J. Avaliação do risco de contaminação da água subterrânea do aquífero cárstico no Município de Almirante Tamandaré/PR com o Uso de Mapa de índices de risco. *RBRH-Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 19, n. 2- abr/jun, p. 89-100, 2014.

NUNES, M.L.A.; GOMES, J.B.; WEBLER, A.D.; ANDRADE, L.R.; MARCHETTO, M. Comprometimento da qualidade da água subterrânea por nitratos. *Revista Nucleus* v.9 n° 1. p.63-72. 2012.

OLIVEIRA, G.A.; NASCIMENTO, E.L.; ROSA, A.L.D.; LAUTHARTTE, L.C.; BASTOS, W.R.; BARROS, C.G.D.; CREMONESE, E.R.; BENTO, A.Q.; MALM, O.; GEORGIN, J.; CORTI, A.M. Avaliação da qualidade da água subterrânea: Estudo de caso de Vilhena – RO. *Revista Brasileira das Águas Subterrâneas*, v. 29, n.2, p. 213-223, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v29i2.28399>.

QUAGGIO, C. S.; GASTMANS, D.; KIRCHHEIM, R.; BATISTA, L. V. Variações na composição das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral em território brasileiro e sua relação com anomalias hidrogeoquímica. *Revista Águas Subterrâneas*, v. 32, n. 3, p.283-294, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v32i3.29085>.

RAMOS, C. F.; NASCIMENTO, E. L.; LAUREANO, J. J.; OLIVEIRA, L. E.; PAVANELLO, L. F. S.; MENDONÇA, A. P. Avaliação da qualidade da água subterrânea para consumo humano no Distrito de Nova Colina, Ji-Paraná –RO. *South American Journal of Basic Education, Technical and Technological*, v. 4, p. 190-198, 2017.

SANTOS, A. C. Qualidade das águas subterrâneas. In: FERNANDO A. C. FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J, M.; FEITOSA, E, C.; DEMETRIO, J. G. A. *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. 3° ed. revisada e ampliada. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. p.812.

SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL-SEDAM. *Boletim climatológico de Rondônia- Ano 2010*. COGEO- SEDAM/ Coordenadoria de Geociências- Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental- Porto Velho. v.12, 2010. 89p.

SILVA, A.C.; DOURADO, J.C.; KRUSCHE, A.V.; GOMES, B.M. Impacto físico-químico da deposição de esgotos em fossas sobre as águas de aquífero freático em Ji-Paraná – RO. *Revista de Estudos Ambientais*, v. 11, n.2, p. 101-112, 2009.

SPERLING, Marcos Von. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte - MG: UFMG, 2014.

VANIER, C.; IRITANI, M.A.; VIOTTI, M.; ODA, G.H.; FERREIRA, L.M.R. Nitrato nas águas subterrâneas do sistema aquífero Bauru, área urbana do município de Marília (SP). *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo. v.31, n° 1/2,p.1-21. 2010.

VARELLA, C.A.A. *Análise de Componentes Principais*. Análise Multivariada Aplicada as ciências Agrárias. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ. 2008, 12p.