



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE RONDÔNIA

**CARYNE FERREIRA RAMOS**

**QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DA MICROBACIA  
DO IGARAPÉ DOIS DE ABRIL (JI-PARANÁ/RO): PROPOSTA  
DE PLANO DE AÇÃO COM ENFOQUE AMBIENTAL E DE  
SAÚDE PÚBLICA**

Ji-Paraná  
2021

**PROFÁGUA - MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE  
NACIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE  
RECURSOS HÍDRICOS**

**ProfÁgua**



*Campus Ji-Paraná*

**CARYNE FERREIRA RAMOS**

**QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DA MICROBACIA  
DO IGARAPÉ DOIS DE ABRIL (JI-PARANÁ/RO): PROPOSTA  
DE PLANO DE AÇÃO COM ENFOQUE AMBIENTAL E DE  
SAÚDE PÚBLICA**

Dissertação apresentada ao PROFÁGUA –  
Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão  
e Regulação Dos Recursos Hídricos, como requisito  
parcial à obtenção do título de Mestre em Gestão e  
Regulação dos Recursos Hídricos.

Área de concentração: Instrumentos da política de recursos  
hídricos

Linha de pesquisa: Metodologias para implementação dos  
instrumentos de gestão de recursos hídricos

Orientadora: Elisabete Lourdes do Nascimento

Co-orientadora: Ana Lúcia Denardin da Rosa

Página reservada para a ficha catalográfica a ser solicitada no endereço:  
<http://sistemas.unir.br/fichaCatalografica/>

Página com DECLARAÇÃO da aprovação do trabalho, em modelo de DECLARAÇÃO do SIGAA, que será fornecido pela coordenação do Programa após recebimento da Ata devidamente assinada por todos os membros da banca e pelo mestrando (a).

Dedico à Deus, à meus pais e à meu irmão.

## AGRADECIMENTOS

À Deus que é meu refúgio, meu amparo, minha fortaleza, o tudo em meu nada.

À minha família que sempre me apoia e cuida com tanto zelo.

À meu namorado, Jerônimo Augusto pela compreensão e todo auxílio durante o período de clausura (rsrsrsrs) para conseguir concluir o curso.

Às minhas professoras Elisabete Nascimento e Ana Lúcia Denardin por todo incentivo e confiança, serei sempre grata a vocês, sem vocês esta etapa não estaria acontecendo, muito obrigada.

À Josilena de Jesus Laureano, que mesmo não tão próximas como na graduação foi tão importante quanto para realização desta pesquisa.

Ao Grupo de Pesquisa em Água Superficial e Subterrânea – GPEASS, de modo especial à Daíse da Silva Lopes e Lindolaine Machado de Sousa.

Ao Tiago de Oliveira Lima pela paciência, companheirismo, doação e tantas outras virtudes que não vou conseguir expressar aqui.

Ao Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang Christian Pfeifer-LABGEOq, de modo especial ao professor Wanderley Rodrigues Bastos e ao Walkimar Aleixo da Costa.

A todos os professores da Universidade Federal de Rondônia – UNIR, de modo especial os ligados ao programa de Mestrado: Nara Luisa, João Gilberto, Beatriz Machado, Fernanda Bay, Igor David, Marta Silvana, Núbia Caramello, Patricia Soares, Ronaldo de Almeida e Ana Cristina Strava.

A minha turma de mestrado (Ano 2019) pelo companheirismo, aprendizado, foi maravilhoso ter convivido com vocês, pena que tivemos a limitação da pandemia que reduziu um pouco nossa proximidade. De modo especial agradeço à Naara Ferreira, ao Douglas Linz e a Rafaela Barcelos.

À Calina Grazielli Dias Barros pela contribuição para finalização dos mapas e também pela gentileza e acolhida.

Aos professores Rodrigo Lilla Manzione e Robson Alves de Oliveira por terem aceito participar da banca examinadora, por toda contribuição que prestaram, pela simpatia e disponibilidade.

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

“Os cosmos material apresenta-se à inteligência do homem para que este leia nele os vestígios de seu criador. A luz e a noite, o vento e o fogo, a água e a terra, a árvore e os frutos falam de Deus, simbolizam ao mesmo tempo a grandeza e a proximidade Dele”.

Catecismo da Igreja Católica nº 1.147

## RESUMO

A direção de fluxo e o monitoramento da qualidade da água subterrânea contribuem para direcionamentos da gestão dos recursos hídricos, proporcionando um uso sustentável e eficiente das águas subterrâneas. Por isso esta pesquisa teve como objetivo identificar a tendência da direção de fluxo e realizar análise da qualidade da água subterrânea da microbacia do Igarapé Dois de Abril, no município de Ji-Paraná - RO. Foram realizadas coletas em 15 poços nos meses de fevereiro, março de 2019 (Águas Altas-AA) e setembro de 2019 (Águas Baixas-AB). Foram analisados os seguintes parâmetros: Coliformes Totais-CT e *Escherichia coli* (método da membrana filtrante), Condutividade Elétrica-CE (condutivímetro), Potencial Hidrogeniônico-pH e temperatura (pHmetro), turbidez (turbidímetro), os nutrientes amônia, nitrito, nitrato, fósforo total e dissolvido (espectrofotometria) e elementos-traços (ICP-OS). A tendência de Direção de Fluxo foi obtida pelo conceito de superfície potenciométrica com auxílio do nível estático dos poços do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas-SIAGAS, imagens baixadas pelo TOPODATA para obtenção das cotas altimétricas e krigagem dos resultados e elaboração do mapa por meio do software Surfer 10.0. Os resultados obtidos demonstraram que a água subterrânea desta microbacia se encontra imprópria para o consumo humano devido contaminação por CT em todos os poços amostrados e em ambos períodos analisados e por *E. coli* devido contaminação em 66,7% dos poços nas AA e em 100% nas AB. As médias obtidas para os nutrientes e substâncias inorgânicas analisadas encontram-se dentro dos Valores Máximos Permitidos-VMP pela legislação, porém alguns poços apresentam valores elevados para nitrato, fósforo, alumínio, chumbo, ferro e bário, devido geoquímica do solo e geologia da região, à baixo valores de pH e o uso e ocupação do solo. A tendência de direção de fluxo subterrâneo da microbacia é sentido sul-sudeste, em contribuição ao Rio Machado. Por meio dos resultados obtidos foi possível direcionar ações para o melhor gerenciamento da água subterrânea da microbacia, como o cadastramento dos poços existentes, controle das fontes de contaminação e sensibilização da população.

**Palavras-chave:** consumo humano; poços; recursos hídricos.

## ABSTRACT

Flow direction and groundwater quality monitoring contribute to directing the management of water resources, providing a sustainable and efficient use of groundwater. Therefore, this research aimed to identify a trend in the direction of flow and analyze the quality of groundwater in the Dois de Abril stream microbasin, in the city of Ji-Paraná - RO. Collections were carried out in 15 wells in February, March 2019 (Águas Altas – AA) and September 2019 (Águas Baixas – AB). The parameters were the following parameters: Total Coliform-CT and *Escherichia coli* (filtering membrane method), Electrical Conductivity - EC (conductivity meter), Hydrogenionic Potential-pH and temperature (pHmeter), turbidity (turbidimeter), nutrients ammonia, nitrite, nitrate, total and dissolved phosphorus (spectrophotometry) and trace elements (ICP-OS). The flow direction trend was obtained by the concept of potentiometric surface with the aid of the static level of the wells of the Groundwater Information System - SIAGAS, images downloaded by TOPODATA for the altimetric quotas and kriging of the results and the map using the Surfer software 10.0. The results obtained demonstrated that the groundwater of this microbasin was suitable for human consumption due to contamination by CT in all sampled wells and in both periods of time and by *E. coli* due to contamination in 66.7% of the wells in the AA and in 100% in AB. The averages provided for the nutrients and inorganic substances analyzed qualify within the Maximum Allowable Values-VMP by legislation, but some wells have high values for nitrate, phosphorus, aluminum, lead, iron and barium, due to soil geochemistry and geology of the region, at low pH values and land use and occupation. The tendency of the microbasin's subterranean flow direction is south-southeast direction, contributing to the Machado River. Through the results obtained, it was possible to direct actions for better management of groundwater in the microbasin, such as the registration of existing wells, control of sources of contamination and awareness of the population.

**Keywords:** human consumption; wells; water resources.

# SUMÁRIO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>ARTIGOS.....</b>  | <b>8</b>  |
| 2.1      | ARTIGO 01 – INTERFERENTES NAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO E FÓSFORO EM ÁGUA SUBTERRÂNEA DA REGIÃO AMAZÔNICA OCIDENTAL (JI-PARANÁ/RO), BRASIL .....              | 8         |
| 2.2      | ARTIGO 02 – DIREÇÃO DE FLUXO PARA ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE ELEMENTOS-TRAÇOS NA ÁGUA SUBTERRÂNEA DA REGIÃO OCIDENTAL AMAZÔNICA (JI-PARANÁ/RO), BRASIL ..... | 32        |
| <b>3</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>  | <b>51</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>52</b> |
|          | <b>APÊNDICE A - FICHA DE CAMPO.....</b>  | <b>54</b> |
|          | <b>APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO SOCIO-AMBIENTAL .....</b>   | <b>56</b> |
|          | <b>APÊNDICE C - PROPOSTA DE PLANO DE AÇÃO.....</b>   | <b>59</b> |

# 1 INTRODUÇÃO

Diante da necessidade do desenvolvimento sustentável cada vez mais emergente a água ocupa papel central, pois permite condições de renovação de ciclos e para a sustentabilidade da vida no Planeta (TUNDISI, 2011).

No Brasil, a água se encontra em ampla disponibilidade se comparado aos demais países, mas a distribuição espacial desse recurso no país ocorre de modo desigual, estando disponível em maior quantidade nas regiões que apresentam menores densidades populacionais, como é o caso da região Amazônica, no entanto, está pouco disponível de forma potável, ou seja, atendendo aos parâmetros estabelecidos para o consumo humano (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA, 2012).

A desigualdade em sua distribuição espacial, no desenvolvimento do saneamento básico, na distribuição de água potável à sociedade e conflitos entre demais usos decorrentes destas situações geram a necessidade de ações de gerenciamento (TUNDISI, 2011; ANA, 2020).

Por meio da Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH (BRASIL, 1997) a bacia hidrográfica se torna a unidade territorial para implementação e atuação do gerenciamento dos recursos hídricos, devido às suas características que permitem a integração multidisciplinar entre diferentes sistemas de gerenciamento, estudo e atividade ambiental (TUNDISI, 2011).

Tendo em vista a primitiva deste texto onde se considera a água com papel central para o desenvolvimento sustentável, vale ressaltar que dentre os dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS dois dizem respeito a água.

Os ODS são propostas da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas - ONU à ação para que garanta a erradicação da pobreza, proteção do meio ambiente e do clima e garantia para que todas as pessoas desfrutem de paz e prosperidade (ANA, 2019; ONU, 2021).

Dentre os ODS voltados à água cabe destaque ao de número 6, o qual se refere à água limpa e saneamento. Este objetivo contempla 8 metas sendo as seguintes (ANA, 2019):

- Meta 6.1 - Universalização do abastecimento de água em quantidade e qualidade satisfatórias às necessidades para o consumo humano de forma equitativa;
- Meta 6.2 – Coleta e tratamento dos esgotos domésticos, disponibilidade de instalações que proporcionem hábitos de higiene á população;
- Meta 6.3 - Melhoria da qualidade da água nos corpos hídricos, reduzindo a poluição, eliminando despejos e minimizando o lançamento de materiais e substâncias perigosas, reduzindo pela metade a proporção do lançamento de efluentes não tratados e aumentando substancialmente o reciclo e reuso seguro localmente;
- Meta 6.4 - Aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores, assegurando retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez;
- Meta 6.5 - Implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis de governo, inclusive via cooperação transfronteiriça;
- Meta 6.6 - Proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos, reduzindo os impactos da ação humana;
- Meta 6.A - Ampliar a cooperação internacional e o apoio ao desenvolvimento de capacidades para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados a água e ao saneamento, incluindo, entre outros, a gestão de recursos hídricos, a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso, e;
- Meta 6.B - Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento.

Cada meta possui indicadores que possibilitará monitorar o seu cumprimento ano após ano. A meta 6.1 possui o indicador 6.1.1 que se trata da proporção da população que utiliza serviços de água potável geridos de forma segura.

Esta meta baseia-se na Resolução A/RES/64/292 por meio da qual a Assembleia Geral das Nações Unidas em 28 de julho de 2010 declarou a água limpa e segura e o saneamento um direito humano essencial (ONU, 2010).

De acordo com os dados disponibilizados em ANA (2021) em 2017 o Brasil possuía 97,2% da população atendida por serviços de água potável geridos de forma segura e Rondônia, 98,3%, com um acréscimo de 7 pontos percentuais em 8 anos (91,3% em 2009).

Sobre os elevados percentuais apresentados diante da realidade vivenciada nos domicílios, ANA (2019) faz duas ressalvas quanto: (1) a ausência de dados sobre garantia de qualidade da água consumida pela população que é abastecida pela rede pública de abastecimento ou por fontes alternativas (poços, nascentes, cisternas e/ou outras formas), e (2) a disponibilidade da água, pois ter acesso a rede pública não corresponde diretamente que haverá água sempre disponível aos usuários. Ainda de acordo com ANA (2019) em 2017, da população com acesso à rede pública, somente 86,7% dos domicílios tinham água diariamente.

Quanto a primeira ressalva elencada (ANA, 2019) em Rondônia foram identificados problemas de contaminação da água subterrânea captada por meio de poços para o consumo humano, Martins (2011), analisou a água de pontos de captação do bairro Boa Esperança, em Ji-Paraná/RO e identificou influência do lixão inativo da cidade na qualidade da água desta região, como a presença de metais pesados. Cremonese et al. (2015) estudou a presença de mercúrio na água subterrânea da mesma área que o autor supracitado e também de área próxima ao lixão ativo do município, e foi encontrada presença de mercúrio em todas as amostras, o que se torna preocupante devido a toxicidade e capacidade bioacumulativa desta substância.

Dentre outras pesquisas realizadas no estado, citam-se as realizadas nos municípios de Presidente Médici, por Laureano et al. (2019), de Vilhena, por Oliveira et al. (2015) e na comunidade Santa Rosa, entorno da Reserva Biológico – REBIO Jaru, por Ferreira et al. (2015), em que observaram contaminação da água subterrânea por coliformes totais e *Escherichia coli*, indicando contato destas águas com esgoto doméstico.

Nunes et al. (2012) e Ramos et al. (2021), ao analisarem a água de poços no município de Ji-Paraná, observaram contaminação da água subterrânea por nitrato, o qual é prejudicial à saúde da população devido o risco de metemoglobinemia, linfoma e câncer de estômago, conforme afirma Baird (2011).

Resultados preocupantes quando se considera que cerca de 61% das cidades da região norte do país são atendidas preponderantemente por mananciais subterrâneos (ANA, 2020).

No Brasil foi estimado recentemente entorno de 2,4 milhões de poços, destes apenas 326mil poços estão registrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS (ANA, 2020).

Quanto a segunda ressalva (ANA, 2019) cita-se a cidade de Ji-Paraná, a qual somente neste ano nos últimos quatro meses apresentou duas falhas na distribuição de água, uma relacionada ao baixo nível do corpo hídrico de captação (COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DE RONDÔNIA – CAERD, 2021) e outra relacionada a manutenção na rede (GLOBO, 2021).

A qualidade da água para o consumo humano e outros usos está intimamente relacionada à meta 6.2, a qual possui o indicador 6.2.1 de proporção da população que utiliza serviços de esgotamento sanitário geridos de forma segura, incluindo instalações para lavar as mãos com água e sabão.

Para este indicador o Brasil apresenta 63,5% e a região norte 51,3% da população que utiliza serviços de esgotamento sanitário, dados referentes ao ano de 2016 (ANA, 2021).

Com relação aos valores deste indicador, ressalta-se possíveis informações equivocadas transmitidas pelos entrevistados a nível nacional por desconhecerem as diferenças entre fossas sépticas e rudimentares (ANA, 2019).

Laureano et al. (2020) ao analisarem a qualidade da água subterrânea da microbacia do Igarapé Nazaré em Ji-Paraná/RO coletada de poços utilizados para captação da água para consumo humano visitou 15 residências e destas 100% possuíam fossa rudimentar.

A meta 6.2 e 6.3 também estão intimamente relacionadas, pois a proporção da população com coleta e tratamento de esgoto reflete na qualidade dos corpos hídricos visada na meta 6.3. Tal meta possui dois indicadores sendo o 6.3.1 proporção de águas residuais tratadas de forma segura e 6.3.2 proporção de corpos hídricos com boa qualidade de água.

Para o cálculo do indicador 6.3.1 estão consideradas as parcelas dos volumes de esgotos gerados e tratados em estações de tratamento de esgoto, assim como os esgotos tratados no próprio local de residência do usuário, em fossas sépticas (ANA, 2019).

No Brasil, em 2016 50% das águas residuais geradas possuíam tratamento, Rondônia apresentou uma redução desta proporção entre os anos de 2013 (22%) e 2016 (11%) de 11% (ANA, 2021).

Com relação ao indicador 6.3.2 de proporção de corpos hídricos com boa qualidade da água, no Brasil foi registrado um acréscimo até o ano de 2013 de 10% e posteriormente uma redução de 4%, resultando em 2015 uma proporção de 69% de corpos hídricos com boa qualidade da água (ANA, 2021).

Para região Amazônica entre 2010 (36%) e 2015 (70%) foi registrado um acréscimo de 34% da proporção de corpos hídricos com boa qualidade (ANA, 2021).

Desde 2020 está incluso neste indicador quanto a proporção de corpos hídricos subterrâneos com boa qualidade (ANA, 2019). Sobre esta informação a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM tem sido a responsável por implantar a Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas – RIMAS.

A RIMAS mantém medidas diárias de nível de água, anuais de condutividade elétrica e temperatura e quinquenais para análises químicas de outros 43 parâmetros inorgânicos e alguns orgânicos voláteis e semivoláteis (RIMAS, 2021).

Devido a variedade hidrogeológica do Brasil e as demais divergências econômicas, sociais de uso a RIMAS estabeleceu critérios de priorização de aquíferos a serem monitorados: 1) Aquíferos sedimentares; 2) Importância socioeconômica da água; 3) Uso da água para

abastecimento público; 4) Aspectos de vulnerabilidade natural e riscos; 5) Representatividade espacial do aquífero, e; 6) Existência de poços para monitoramento (RIMAS, 2021).

No Brasil tem ocorrido o monitoramento de 409 poços, em Rondônia há 20 pontos de monitoramento da qualidade da água subterrânea pela RIMAS, sendo 16 no município de Vilhena (aquífero Parecis), 01 em Chupinguaia (aquífero Parecis) e 03 na capital, Porto Velho (coberturas sedimentares) (RIMAS, 2021).

De acordo com CPRM (2012) de modo geral as águas do aquífero Parecis coletadas de poços tubulares são de boa qualidade química, a condutividade elétrica mostraram-se extremamente baixas com médias de  $15,4\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , média de pH ácido (4,65) concentração média de nitrato de  $0,61\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  e concentrações de ferro em média de  $0,06\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Diante da importância da água subterrânea para diversos usos, principalmente na região norte como foi apontado, dos conflitos de lançamento de esgotos sem tratamento, do ainda incipiente monitoramento da qualidade da água subterrânea, da necessidade de estudos para gerar melhor gerenciamento dos recursos hídricos e da bacia hidrográfica ser considerada a unidade de gerenciamento, esta pesquisa teve como objetivo caracterizar a tendência de direção de fluxo subterrâneo e analisar a qualidade da água subterrânea da microbacia do Dois de Abril (Ji-Paraná/RO). Com a finalidade de alcançar o objetivo principal foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Obter informações quanto as práticas e medidas hidrossanitárias utilizadas no abastecimento hídrico e na disposição do esgotamento sanitário nas residências da área estudada;
- Avaliar a qualidade da água subterrânea, por meio de análises físicas, químicas, microbiológicas e elementos-traços;
- Elaborar mapa potenciométrico e caracterizar a tendência de direção do fluxo subterrâneo;
- Propor Plano de Ação para a gestão da água subterrânea da microbacia em estudo com enfoque ambiental e de saúde pública.

A apresentação do material e métodos utilizados e resultados obtidos com o desenvolvimento da pesquisa será realizada por meio de dois artigos. O primeiro com enfoque para as práticas e medidas hidrossanitárias utilizadas nas residências da área estudada e para a qualidade da água subterrânea quanto aos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos e o segundo com enfoque para os elementos-traços e tendência de direção do fluxo subterrâneo.

## 2 ARTIGOS

### 2.1 Artigo 01

O Artigo 01 é intitulado “Interferentes nas concentrações de nitrato e fósforo em água subterrânea da região amazônica ocidental (Ji-Paraná/RO), Brasil”, foi submetido à revista internacional *Environmental Monitoring and Assessment* versão inglês. E como solicitado em diretrizes para Trabalho de Conclusão do Prof. Água segue o formato tal como foi submetido, porém em língua vernácula:

#### Interferentes nas concentrações de nitrato e fósforo em água subterrânea da região amazônica ocidental (Ji-Paraná/RO), Brasil

**RESUMO:** Dentre as variadas substâncias que comprometem a qualidade da água subterrânea para consumo humano se encontram os nutrientes. Por isso esta pesquisa tem como objetivo examinar os interferentes nas concentrações de nitrato e fósforo total em água subterrânea da microbacia do Igarapé Dois de Abril por meio da Análise de Componentes Principais - ACP. Foram realizadas coletas em 15 poços nos meses de fevereiro, março (Águas Altas – AA) e setembro de 2019 (Águas Baixas – AB), em que foram analisados os seguintes parâmetros: os nutrientes amônia, nitrito, nitrato, fósforo total e dissolvido (espectrofotometria), Coliformes Totais – CT, *Escherichia coli* (método da membrana filtrante), turbidez (turbidímetro), Condutividade Elétrica (condutivímetro), Potencial Hidrognônico e temperatura (pHmetro). Os valores obtidos demonstraram que a água se encontra imprópria para o consumo humano devido contaminação por CT em todos os poços amostrados e em ambos os períodos analisados e por *E. coli* devido contaminação em 66,7% dos poços nas AA e em 100% nas AB. As médias obtidas para os nutrientes encontram-se dentro dos Valores Máximos Permitidos pela legislação brasileira para consumo humano, porém alguns poços apresentam valores elevados para estas variáveis, devido a geoquímica do solo e geologia da região, aos baixos valores de pH e o uso e ocupação do solo. Quanto a análise da ACP a contribuição das variáveis analisadas para os eixos somou 39,26%. Por meio desta pesquisa foi possível verificar quais dentre as variáveis analisadas interferem nas concentrações de nitrato e fósforo total em água subterrânea da região amazônica ocidental.

**Palavras-chave:** contaminação, poços, consumo humano.

## **Introdução**

O desenvolvimento urbano e rural exerce pressão constante e crescente sobre os recursos hídricos, no que diz respeito às diversas demandas que esse exige dos corpos d'água (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2011).

Essa pressão também tem afetado as águas subterrâneas em sua qualidade e quantidade. A água subterrânea é de extrema importância para sociedade, pois é a principal responsável pela manutenção dos rios e lagos, a sua captação por meio de poços tem sido importante alternativa econômica para indústrias e empresas, assim como alternativa de abastecimento para aqueles que não possuem atendimento com rede de abastecimento de água tratada (TUCCI; CABRAL, 2003; BRAGA et al., 2005; IRITANI;EZAKI, 2012; SNIS, 2017).

A pressão sobre a água subterrânea tem se intensificado devido diversos fatores, destaca-se a falta de conhecimento das áreas de recarga e da pluma de contaminação, a falta de monitoramento de poços perfurados, a falta de cuidados construtivos dos mesmos e o uso que tem sido realizado da água e do solo (NUNES et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015; LAUREANO et al., 2019).

Dentre as variadas substâncias que comprometem a qualidade da água subterrânea para consumo humano se encontram os nutrientes (World Health Organization - WHO, 2017).

Tais nutrientes são encontrados naturalmente exercendo importante papel no metabolismo de ecossistemas aquáticos. O nitrato e o fósforo têm sido identificados nas águas subterrâneas captadas por poços para consumo humano no estado de Rondônia em elevadas concentrações, como foi divulgado por Baía (2020) e Ribeiro (2019) ao analisarem a qualidade da água da capital Porto Velho, Lautharte (2013) para água subterrânea de Jaci Paraná, distrito de Porto Velho, Lopes (2021) no município de Jaru, Pavanello (2018) para água subterrânea de Ouro Preto d'Oeste, Ramos (2017) nos distritos de Nova Londrina e Nova Colina, pertencentes ao município de Ji-Paraná, Laureano (2017) em poços de Presidente Médici e Bandeira Branca e por Oliveira (2014) para a água subterrânea do município de Vilhena.

O nitrogênio pode ser encontrado sob as formas de nitrogênio orgânico na forma dissolvida, nitrogênio molecular, amônia, nitrito e nitrato. Sendo a amônia, nitrito e nitrato as principais formas (ESTEVES, 2011; LIBANIO, 2005; VON-SPERLING, 2014).

A origem natural do nitrogênio no ambiente vem da decomposição das plantas e animais mortos e da excreção da biota (LIBÂNIO, 2005; VON-SPERLING, 2014).

O fósforo pode ser encontrado sob a forma de fosfato particulado, fosfato orgânico dissolvido, ortofosfato, fosfato total dissolvido e fósforo total (ESTEVES, 2011; VON-SPERLING, 2014).

Dentre as frações do fósforo a de maior relevância é o P-total por ser utilizado como estimativa do grau de fertilização (estado trófico), e o P-orto devido ser a principal forma assimilada pelos vegetais aquáticos, microalgas e bactérias (ESTEVES, 2011).

Além da decomposição de organismos, como o nitrogênio, o fósforo pode ter como fonte natural a dissolução de compostos do solo e rochas (ESTEVES, 2011; VON-SPERLING, 2014).

O grande problema e fator preocupante é o excesso desses nutrientes em ambientes aquáticos, tendo sua causa relacionada principalmente pela emissão de esgotos domésticos e industriais, no caso do fósforo, outra importante fonte antropogênica é o uso de detergentes (ESTEVES, 2011; LIBANIO, 2005; VON-SPERLING, 2014).

O excesso desses nutrientes no meio ambiente podem ocasionar variadas implicações, principalmente o nitrato, pois este pode ocasionar a formação de nitrosaminas carcinogênicas por reação entre aminas dos alimentos com os nitritos ingeridos ou oriundos da transformação de nitratos (HELLER & PÁDUA, 2010).

Porém não há evidências convincentes de associação entre câncer e concentração de nitrito/nitrato na água para consumo humano. Mas devido a possibilidade de ingerido sob condição que resulte na nitrosação endógena, é classificado como grupo 2A, provavelmente cancerígeno para humanos (WHO, 2017).

A ingestão de água com elevadas concentrações de nitrito e/ou nitrato também pode ocasionar a metemoglobinemia (síndrome do bebe azul), que dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea (BAIRD, 2011).

Outro caso adverso relacionado a ingestão de grande quantidade de nitrato refere-se a efeito na tireoide, devido inibição da absorção de iodo (WHO, 2017).

Keeler et al. (2016), estimaram em torno de \$ 50.000.000 o total de custo social no estado americano de Minnesota devido à contaminação da água subterrânea por amônia, nitrito e nitrato, ressaltando que este custo não pode ser generalizado, mas indica como as consequências desta poluição é prejudicial também em termos socioeconômicos.

Quanto ao fósforo, este não apresenta problemas de ordem sanitária, no entanto quando em caso de fluxo de base, pode levar a eutrofização dos recursos superficiais, proporcionando afloramento de microalgas, formação de cianotoxinas e outras implicações ao equilíbrio dos cursos de água e de ordem sanitária (HEREDIA et al., 2010).

Diante disso, compreender a forma com que as variáveis da qualidade da água subterrânea se relacionam contribui para verificar quanto a sua adequação para os diversos usos, assim como, quais variáveis são respostas da interação entre água e rocha/solo e quais são respostas das influências

humanas, resultado que orientará a gestão dos recursos hídricos subterrâneos e servirá como base para outros estudos.

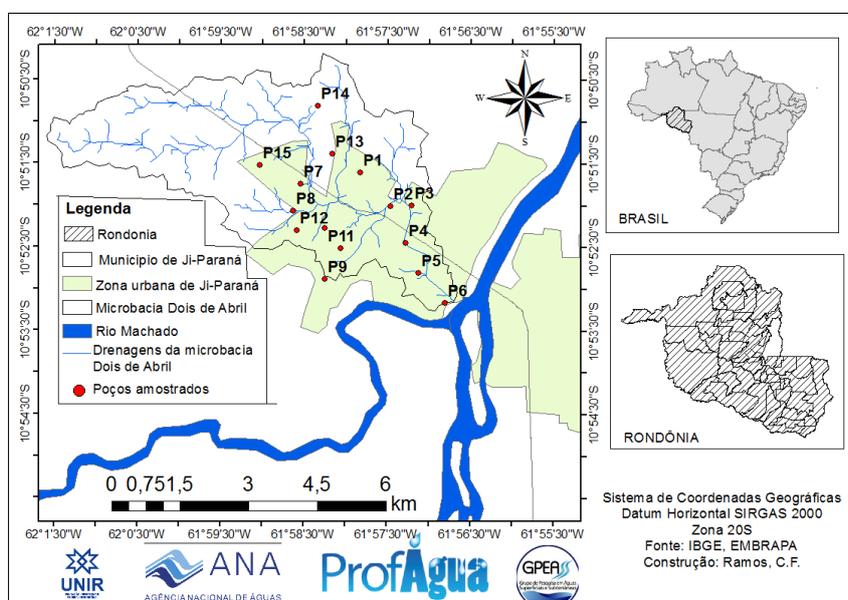
Dentre os variados testes estatísticos que vem sendo utilizados para análise da qualidade de água subterrânea encontra-se a Análise de Componentes Principais – ACP (RASHID et al., 2020; DURRANI; FAROOQI, 2021; ZHANG; ZHANG, 2021).

Por isso esta pesquisa teve como objetivo examinar as condições e variáveis que interferem na concentração de nitrato e fósforo total na água subterrânea da microbacia do igarapé Dois de Abril por meio da Análise de Componentes Principais - ACP.

## Material e métodos

### Área de estudo

A área de estudo compreende a microbacia do Igarapé Dois de Abril do município de Ji-Paraná, localizado na região centro leste do estado de Rondônia (Figura 1), Amazônia Ocidental entre as latitudes 10°51'00.85"S/ 10°55'20.51"S e longitudes 61°59'40.90"O/ 61°55'45.51"O.



**Figura 1:** Localização da área de estudo. Fonte: A autora.

A microbacia do igarapé Dois de Abril é de contribuição da margem esquerda do rio Machado, o qual se encontra inserido na região hidrográfica do Amazonas.

O relevo desta região hidrográfica caracteriza-se como depressão da Amazônia Meridional, com embasamentos em estilos complexos (IBGE, 2006).

O clima predominante é o tropical úmido e quente, sendo que o período de Águas Altas - AA é característico de outubro à abril, a transição entre AA e Águas Baixas – AB, refere-se ao mês de maio, AB de junho a agosto e a transição de AB/AA, o mês de setembro (SEDAM, 2019).

A variável de temperatura média anual no município é de 25°C, com média máxima de 32°C e mínima de 21°C, a precipitação total anual se encontra em torno de 1.962,8mm (SEDAM, 2012).

Quanto ao regime hidrogeológico, a microbacia do Dois de Abril está sob o embasamento cristalino pré cambriano, denominado de complexo Jamari (SILVA, 2008).

O Complexo Jamari é representado por ortognaisses de composição predominantemente granítica a granodiorítica, gnaisses paraderivados, metagabros e metaultramáficas, metamorfasadas em grau médio a alto. Tem sua formação estimada por geocronologia entre 1850 e 1550 *Mega annum* - Ma (SCANDOLARA, 2006).

O domínio geológico, sobre o qual o município de Ji-Paraná se encontra, tem características que pode resultar em solos argilosos com presença de carbonato de cálcio (margas), em algumas regiões haverá prevalência de ferro no solo enquanto em outras, menor concentração deste metal (SCANDOLARA, 2006).

Quanto ao regime hidrogeológico verificou-se por meio da plataforma Sistema de Informação de Águas Subterrâneas - SIAGAS que dos 25 poços com registro de perfil litológico completo, 01 refere-se à aquífero fissural livre, 08 à aquíferos porosos livres e 16 à porosos confinados. Quanto ao nível estático, o maior registrado refere-se à 60,0m, o menor à 2,49m e um valor médio de 12,2m.

De acordo com o Mapa de Solos disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2001), o solo predominante na microbacia do Igarapé Dois de Abril é o Argissolo Vermelho, o qual se refere ao grupo de solos com B textural de argila de atividade baixa, logo são solos onde se verifica pouco movimento de contração quando secos, e de expansão, quando úmidos, também podem apresentar alta atividade de argila, quando combinada à baixa saturação por bases ou com caráter alumínico. Variam desde forte a imperfeitamente drenados, são de forte a moderadamente ácidos, constituídos por material mineral (EMBRAPA, 2018).

Quanto a ocupação e uso do solo da microbacia do Igarapé Dois de Abril, em 2013 possuía em torno de 30.596 habitantes, entretanto este número certamente é maior devido a abertura de novos bairros e crescimento dos que já existiam (JI-PARANÁ, 2013).

Os bairros da cidade de Ji-Paraná que pertencem a microbacia do Dois de Abril são: Residencial Bosque dos Ipês, Colina Park I e II, São Bernardo, Santiago, Jardim Presidencial, Dois de Abril, Centro, parte do bairro Urupá e Casa Preta, que juntos equivalem à uma área aproximada de 23km<sup>2</sup> (JI-PARANÁ, 2013).

Segundo Santos (2018), 43,7% da microbacia do Dois de Abril se encontra urbanizada, 51,5% se encontra coberta por vegetação seja ela rasteira ou densa, 2,48% corresponde à água e 2,28% à solo exposto.

Quanto as Áreas de Preservação Permanente – APP dos cursos de água superficiais desta microbacia, 38,2% se encontra urbanizada, 54,7% coberta por vegetação rasteira e densa, 5,43% corresponde à água e 1,7% de solo exposto (SANTOS, 2018).

Portanto, por meio do levantamento realizado por Santos (2018), verifica-se que a microbacia ainda possui representativa cobertura por vegetação, sendo a maioria, quando comparada a porcentagem de ocupação urbana e solo exposto.

Em se tratando de infraestrutura de saneamento básico, a área urbana da microbacia do Igarapé Dois de Abril possui coleta regular de resíduos sólidos, serviço fornecido pela Prefeitura Municipal. Quanto ao esgoto doméstico, com exceção do residencial Bosque dos Ipês, que possui uma Estação de Tratamento de Esgoto – ETE por Lodos Ativados, os moradores dos demais bairros realizam o lançamento em fossas negras ou sépticas, e ainda ocorrem casos de lançamento direto nos cursos de água superficiais e nas áreas de veredas (buritizais).

A Companhia de Água e Esgoto de Rondônia – CAERD responsável pelo fornecimento de água tratada para o consumo humano do município possui rede nos bairros pertencentes à microbacia do Dois de Abril. Parte dos munícipes tem como principais motivações para o uso da água subterrânea a redução de custos financeiros e por insatisfação quanto ao serviço prestado pela empresa (SILVA, 2008).

### **Delineamento da pesquisa**

#### **Técnica de coleta das amostras**

Foram coletadas 14 amostras de água subterrânea de poços escavados (PE) e 01 amostra de poço tubular (PT). Os poços escavados, também conhecidos como rasos, freáticos ou amazonas são caracterizados por possuir maior diâmetro e menor profundidade, captando água da zona não saturada, os poços tubulares alcançam maiores profundidades e possuem menores diâmetros, captando água do aquífero artesianos ou confinados (BRASIL, 2006).

A amostragem ocorreu com a divisão do mapa da microbacia em quatro, em cada uma dessas regiões alguns moradores foram abordados quanto ao uso de água de poço para consumo, as residências onde foi identificado poço e o responsável pela residência concordou em participar da pesquisa por meio de preenchimento do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE foi realizada a coleta. A pesquisa foi autorizada pelo Comitê de Ética em Pesquisa como consta em Parecer nº 3.941.852.

A amostragem foi realizada em fevereiro e março de 2019, meses representativos do período de Águas Altas – AA na região e em setembro de 2019, mês representativo do período de Águas Baixas – AB.

As amostras foram coletadas diretamente do poço com auxílio de instrumento próprio para amostragem de água subterrânea em frascos plásticos devidamente esterilizados de 500mL para as análises realizadas em laboratório, as quais, posterior a coleta, foram armazenadas à aproximadamente

4°C de acordo com o recomendado por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017) e transportadas para o Laboratório de Limnologia e Microbiologia – LABLIM da Universidade Federal de Rondônia, campus Ji-Paraná.

Com a finalidade de verificar os parâmetros Potencial Hidrogeniônico – pH, Condutividade Elétrica – CE e temperatura as amostras foram coletadas também diretamente do poço em frasco plástico posterior lavagem com água destilada e tríplice lavagem com a própria amostra para obtenção dos parâmetros *in loco* por meio de sondas específicas devidamente calibradas, sendo Amber Science, modelo 2052 para CE e temperatura, e ORION, modelo 250 A para pH.

No momento da coleta foram demarcadas as coordenadas geográficas dos poços utilizando GPS (Garmim Etrex Vista H 2,8”), bem como obtidas as cotas do poço e da fossa. Com uso de trena, foi determinada a distância entre poço e fossa, e o nível de água do poço. Paralelamente a estas medidas, foram observadas as características construtivas dos poços, como a presença e condições do revestimento e da tampa.

### **Análise dos nutrientes**

Os nutrientes dissolvidos (amônia, nitrito, nitrato e ortofosfato) foram obtidos pelo método espectrofotométrico (marca *Kasuki*, modelo IL-226-NM), para tal as amostras foram previamente filtradas em membranas de éster de celulose com 0,45µm de abertura de poro. Para a análise de fósforo total, utilizou-se amostra de água bruta.

A amônia foi determinada pelo método colorimétrico azul de indofenol. A determinação das absorbâncias foi realizada em espectrofotômetro, em comprimento de onda de 630nm. A curva de calibração foi realizada para concentrações entre 5,0 e 100,0 µg.L<sup>-1</sup>.

Com relação a obtenção do nitrito adicionou-se solução de sulfanilamida para formar composto diazônico, o qual reage quantitativamente com n-(1-naftil), para formar um composto fortemente colorido (rósea) onde então foram determinadas as absorbâncias na faixa de 543nm. A curva de calibração foi realizada para concentrações entre 0,50 e 50,0 µg.L<sup>-1</sup>.

O nitrato foi determinado pelo método da Brucina, onde o íon nitrato reage com a Brucina em meio ácido. A coloração amarelada resultante é determinada por espectrofotômetro na faixa de comprimento de onda 410nm. A curva de calibração foi realizada para concentrações entre 0,25 e 30,0 mg.L<sup>-1</sup>.

Para determinar fósforo dissolvido foram adicionadas as amostras uma solução de molibdato de amônio, ácido sulfúrico, ácido ascórbico e solução de tartarato de antimônio e potássio. Posteriormente, as absorbâncias foram obtidas na faixa de 882nm. A curva de calibração foi realizada para concentrações entre 5,0 e 500 µg.L<sup>-1</sup>.

O fósforo total foi obtido adicionando-se as amostras uma solução de persulfato de potássio, as quais foram autoclavadas por 1 hora (100°C e 120atm de pressão), e após resfriamento seguiu-se o procedimento do fósforo dissolvido.

### **Análise microbiológica**

Foram analisadas em menos de 24h posterior a coleta das amostras de água, a densidade de coliformes totais e *Escherichia coli*, conforme a metodologia de membrana filtrante em meio cromogênico, descrito em APHA (2017).

O método consiste em filtrar por uma membrana quadriculada de éster de celulose (porosidade de 0,45µm e diâmetro de 0,47mm) 100mL da amostra com o auxílio de uma bomba a vácuo e sistema kitassato.

Em seguida as membranas são sobrepostas em placas Petri contendo meio de cultura chromocult coliform agar. Posteriormente, as amostras são incubadas em estufa bacteriológica por 24 horas a uma temperatura de 35±2°C.

A contagem do número de colônias formadas nas placas e os resultados obtidos serão expressos em unidades formadoras de colônia por 100mL (UFC/100mL). As UFCs de *E.coli* correspondem às colônias que apresentam coloração violeta/preta e as UFCs de coliformes totais apresentam coloração rosa/lilás somadas às contadas como *E.coli*.

### **Análise estatística**

Os dados foram analisados de acordo com os pressupostos estatísticos para definir se o conjunto de dados é ou não paramétrico, sendo eles: análise de resíduos, outliers, homocedasticidade e normalidade. Todos os testes foram realizados por meio do programa Action, versão 2.8.

Por meio da análise dos pressupostos não foi verificada normalidade dos dados por isso procedeu-se com a utilização de testes não paramétricos. Para identificar relações significativas entre os períodos hidrológicos para as variáveis analisadas foi aplicado o teste de Wilcoxon. Neste teste é verificado se duas médias não diferem significativamente (hipótese nula – H0) ou se diferem (hipótese 1 – H1) entre si. Quando p-valor é menor que o nível de significância adotado (0,05) a H0 é rejeitada, logo há diferença significativa entre as médias em comparação.

Com a finalidade de explicar a variabilidade e correlacionar as variáveis da água subterrânea foi utilizada a Análise de Componentes Principais – ACP realizada por meio do programa XLSTAT versão 2021.3.1, versão gratuita para teste.

A ACP consiste na redução das variáveis em combinações lineares que formam as componentes, possibilitando verificar padrões temporais (períodos analisados) e espaciais (entre os poços). A projeção de cada amostra no novo sistema de eixos gera scores que podem ser organizados em forma de gráfico biplot. O gráfico biplot é formado por vetores que quanto maiores e mais próximos dos

eixos indicam a maior contribuição para os mesmos e quanto menor o ângulo entre os demais vetores indica maior correlação entre as variáveis que representam.

## Resultados e discussão

### Aspectos hidrossanitários

Com relação aos aspectos hidrossanitários dos poços amostrados (Figuras 2 e 3 – informação dividida em duas figuras para melhor resolução da imagem) verificou-se que a menor profundidade se refere à do PE 4, equivalente à 3,4m e a máxima profundidade à do PE 14, de 15,6m, a média de profundidade obtida foi igual à 8,6m.

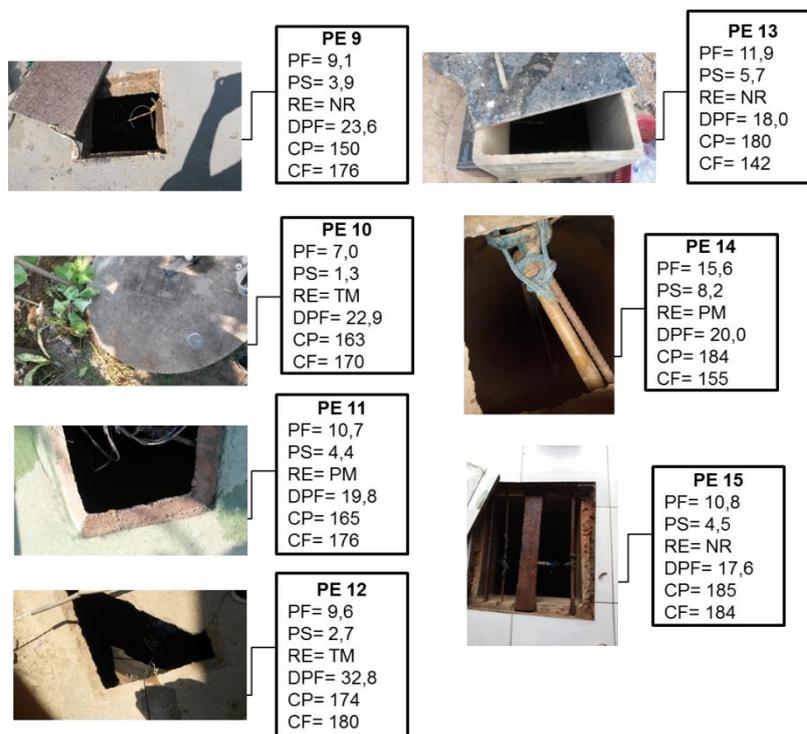
Com relação ao revestimento observou-se que 46,7% dos poços possuem revestimento por manilha, 20% possuem revestimento parcial, 6,67% revestimento de alvenaria, 20% não possuem revestimento, 6,67% não soube informar.

Das condições de tampa, foi possível constatar que em 6,67% dos poços a tampa é de madeira e 93,4% tampa de alvenaria.

Dos poços que possuem tampa, 86,7% foram consideradas como em boas condições e 13,4% em más condições.



**Figura 2:** Registro fotográfico das tampas e aspectos hidrossanitários dos poços 1 ao 8 amostrados na microbacia do Igarapé Dois de Abril. PF= Profundidade de fundo; PS = Profundidade de superfície; RE = Revestimento; DPF= Distância entre o poço e a fossa; CP = Cota Poço; CF= Cota Fossa; TM= Totalmente revestido; PM= Parcialmente revestido; NS= Não soube informar; Alv.= Alvenaria; NI= Fossa não identificada. \* O esgotamento é direcionado para o Igarapé. Fonte: A autora.



**Figura 3:** Registro fotográfico das tampas e aspectos hidrossanitários dos poços 9 ao 15 amostrados na microbacia do Igarapé Dois de Abril. PF= Profundidade de fundo; PS = Profundidade de superfície; RE = Revestimento; DPF= Distância entre o poço e a fossa; CP = Cota Poço; CF= Cota Fossa; TM= Totalmente revestido; PM= Parcialmente revestido; NR= Não revestido. Fonte: A autora.

Quanto a distância entre poço e fossa foi observada menor distância entre a fossa e o PE 3, de 9,4m, a maior distância foi encontrada no PE 12, de 32,8m e a distância média é de 21,2m.

A Norma Brasileira – NBR nº 7229 de 1993 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT recomenda que a distância segura entre o poço e a fossa séptica seja de no mínimo 15m, porém cabe ressaltar que em 14 dos 15 pontos o esgotamento é feito para sumidouros, conhecidos popularmente como fossas negras, que referem-se à fossas sem impermeabilização, tornando qualquer distância insegura para garantia da qualidade da água captada por meio de poços. Em PT 5 o esgotamento do efluente da residência é realizado diretamente para o Igarapé.

Todd (1967) e Silva et al. (2009) observaram que quanto mais superficial o nível de água, não existe cuidados hidrossanitários e distância segura entre o poço e qualquer fonte de contaminação. Azevedo et al. (2006), ao analisarem a água subterrânea de Uruará/AM, constataram que os melhores aquíferos, em termos de qualidade da água, estavam localizados em profundidades superiores a 82m.

Hossain et al. (2016) também observaram em Kumamoto (Japão) uma alteração das características químicas da água subterrânea ao longo da linha de fluxo para os aquíferos rasos e profundos.

## Variáveis físico-químicas e microbiológicas

O resumo estatístico das variáveis físico-químicas e microbiológicas obtidas encontra-se em tabela 1.

**Tabela 1** – Resumo estatístico das variáveis físico-químicas e microbiológicas

| Variáveis         | Mín. |      | Média  |       | Máx.               |        | % superior ao VMP |     | VMP*    | p-valor              |
|-------------------|------|------|--------|-------|--------------------|--------|-------------------|-----|---------|----------------------|
|                   | AA   | AB   | AA     | AB    | AA                 | AB     | AA                | AB  |         |                      |
| TA                | 27,5 | 27,3 | 28,6   | 29,3  | 29,9               | 31,6   | --                | --  | --      | 0,05                 |
| Temperatura do ar | 23,9 | 28,6 | 26,6   | 32,7  | 27,2               | 36,8   | --                | --  | --      | --                   |
| pH                | 4,26 | 3,65 | 5,18   | 4,60  | 7,0                | 6,15   | --                | --  | --      | $6,1 \times 10^{-5}$ |
| Turbidez          | 0,5  | 0,4  | 3,41   | 1,24  | 15,3               | 7,15   | 13,3              | 6,6 | 5,0     | 0,005                |
| CE                | 37,9 | 31,1 | 191,3  | 192,9 | 369,2              | 348,0  | --                | --  | --      | 0,98                 |
| PS                | 0,64 | 0,99 | 2,91   | 5,29  | 8,24               | 11,97  | --                | --  | --      | $2,4 \times 10^{-4}$ |
| Coliformes totais | 86   | 103  | 23.332 | 3.492 | $>3,2 \times 10^5$ | 20.000 | 100               |     | Ausente | 0,12                 |
| <i>E. coli</i>    | A    | 10   | 23.621 | 980   | 205.000            | 9.900  | 33,3              | 100 | Ausente | 0,80                 |

TA= Temperatura da amostra; pH = Potencial Hidrogeniônico; CE = Condutividade Elétrica; PS= Profundidade de Superfície; AA = Águas Altas; AB = Águas Baixas; VMP = Valor Máximo Permitido; A = Ausente.

\*VMP para consumo humano determinado pela Portaria GM/MS nº 888/21 e Resolução CONAMA nº 396/08.

Fonte: A autora, com exceção para a temperatura do ar obtida em Climatempo (2021).

Em análise aos resultados apresentados em Tabela 1 verificou-se que as médias de temperatura, coliformes totais, *E. coli* e condutividade elétrica não diferem significativamente (p-valor  $\geq 0,05$ ) entre os períodos hidrológicos, indicando que o período hidrológico não interfere para variação desses parâmetros.

Em contrapartida, por meio do teste estatístico de Wilcoxon foi possível constatar que as médias de profundidade de superfície - PS, pH e turbidez diferem significativamente entre os períodos hidrológicos estudados.

Diante desses resultados foi possível inferir que o período hidrológico interfere no nível de água dos poços, representado pela PS, sendo menor no período de AB, e que esta variável exerce influência na variação dos valores de pH e turbidez.

Silva et al. (2009) observaram que as variações do pH para água subterrânea do bairro Nova Brasília, em Ji-Paraná/RO se deve ao caráter dinâmico do aquífero livre localizado numa região de alta precipitação pluviométrica e a sua pouca profundidade. Nunes et al. (2012) ao estudar a água subterrânea de uma área próxima a uma horta no município de Ji-Paraná em outra microbacia verificou que a alteração do nível da água tem pouca influência neste parâmetro.

Diversos são os fatores que podem explicar o nível da água subterrânea, Manzione et al. (2020) por meio de um modelo estatístico híbrido, baseado em regressão linear, explicaram o comportamento dos níveis freáticos na Estação Ecológica de Santa Bárbara e na Floresta Estadual de Santa Bárbara (município de Águas de Santa Bárbara- SP) considerando aspectos texturais do solo e resposta da

vegetação, mas também apontam que variáveis, como precipitação e evapotranspiração, pode acrescentar informações aos resultados obtidos.

O aprofundamento sobre estas questões para a microbacia do igarapé Dois de Abril pode contribuir para melhor compreensão do comportamento do nível de água e como esta variável altera a sua qualidade.

Com relação à qualidade microbiológica, conclui-se que a água subterrânea da microbacia do igarapé Dois de Abril se encontra imprópria para consumo humano sem o devido tratamento prévio, tendo em vista a presença de coliformes totais em 100% dos poços amostrados em ambos os períodos hidrológicos e de *E.coli* em 100% dos poços no período de AB.

Estes grupos de bactérias são indicadores de que a água possui presença de nutrientes (coliformes totais) e de que teve contato com fezes de animais de sangue quente (*E.coli*) (VON-SPERLING, 2014), por isso devem estar ausentes na água para consumo humano de acordo com o determinado em Portaria GM/MS n° 888/21.

Laureano et al. (2020) e Ramos et al. (2021) também observaram a presença de coliformes totais e *E.coli* na água subterrânea de diferentes microbacias do município de Ji-Paraná.

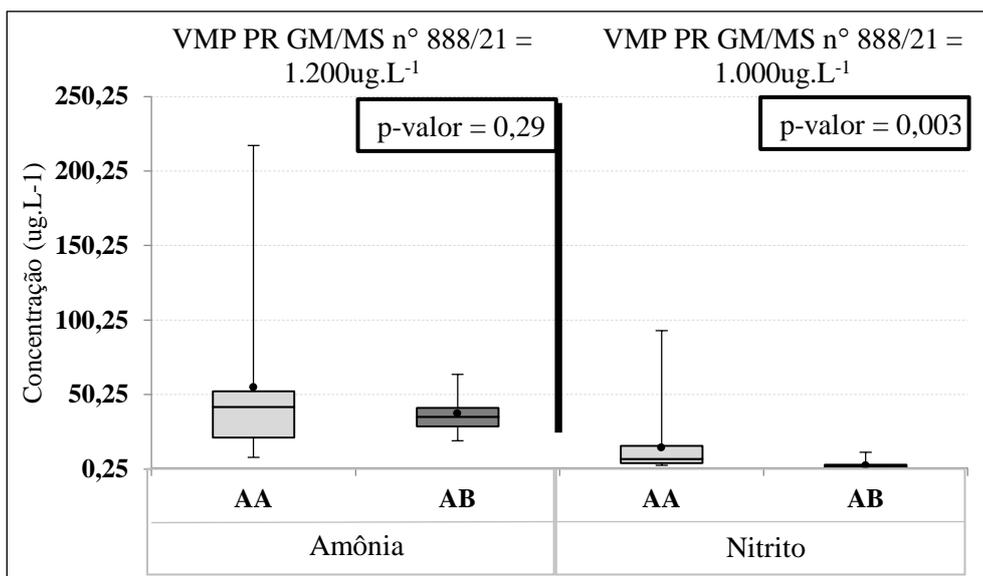
### **Nutrientes**

Com relação aos nutrientes analisados, não foram verificadas concentrações elevadas para amônia e nitrito, em todos os poços amostrados a concentração para estes dois íons apresentou-se inferior à  $217,5\mu\text{g.L}^{-1}$  para amônia e à  $93,2\mu\text{g.L}^{-1}$  para nitrito.

Ainda para nitrito 33,4% dos poços apresentaram concentração inferior ao limite de detecção no período de AA (PE 3, 7, 8, 11 e 15) e 86,7% no período de AB (PE 1-4; 6, 7, 9-15).

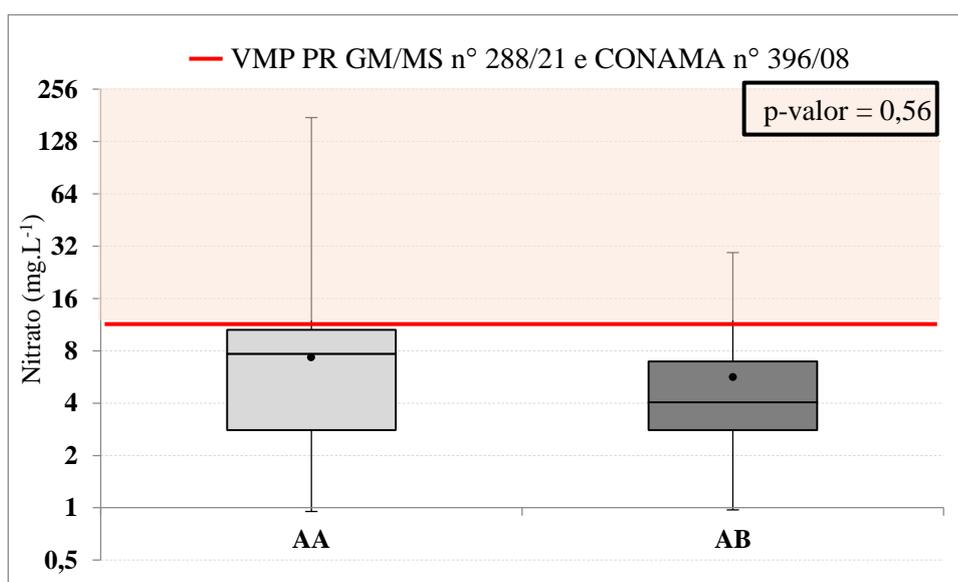
Em Figura 4 encontra-se o Box plot com o p-valor obtido por meio do teste de Wilcoxon para as médias dos períodos hidrológicos analisados.

Por meio do p-valor encontrado para as médias de amônia nos períodos hidrológicos estudados, verifica-se que não foi observada diferença significativa (p-valor > 0,05). Logo a amônia pertence ao grupo da temperatura, coliformes totais, *E. coli* e CE, já o nitrito apresentou p-valor inferior à 0,05 indicando que sofre interferência do período hidrológico, com concentrações maiores nas AA.



**Figura 4:** Box Plot das concentrações de amônia e nitrito ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nos períodos de Águas Altas – AA e Baixas – AB. VMP PR GM/MS = Valor Máximo Permitido Portaria GM/MS n° 888/2021. Fonte: A autora.

As médias de nitrato para os períodos hidrológicos não apresentaram diferença significativa ( $p\text{-valor} > 0,05$ ) em Figura 5 consta Box Plot das concentrações encontradas nos poços amostrados e o p-valor obtido com o teste de Wilcoxon.



**Figura 5:** Box Plot da concentração de nitrato ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) nos períodos de Águas Altas – AA e Águas Baixas – AB. VMP PR GM/MS= Valor Máximo Permitido Portaria GM/MS n° 888/21. Fonte: A autora.

Lagoun et al. (2021) também verificaram que não houve diferença sazonal significativa entre as concentrações de nitrato nas estações de seca e chuva no norte da Argélia, no aquífero Mitdija. Os

autores relacionaram o resultado à contribuição contínua de poluição advinda de redes de esgoto e fossas que independem da estação pluviométrica.

O mesmo pode ser considerado para a área de estudo em questão, por isso justifica-se que a concentração de amônia e as densidades de coliformes totais e *E.coli* não tenham apresentado diferença significativa entre os períodos, pois são variáveis relacionadas a contaminação contínua pelos sumidouros (fossas rudimentares).

Diferente do concluído por Narany et al. (2013) para as águas subterrâneas do Irã, onde foi observada diferença significativa entre as médias dos períodos hidrológicos estudados, sendo que a concentração de nitrato foi maior na estação chuvosa. Os autores associaram ao aumento do escoamento de terras irrigadas.

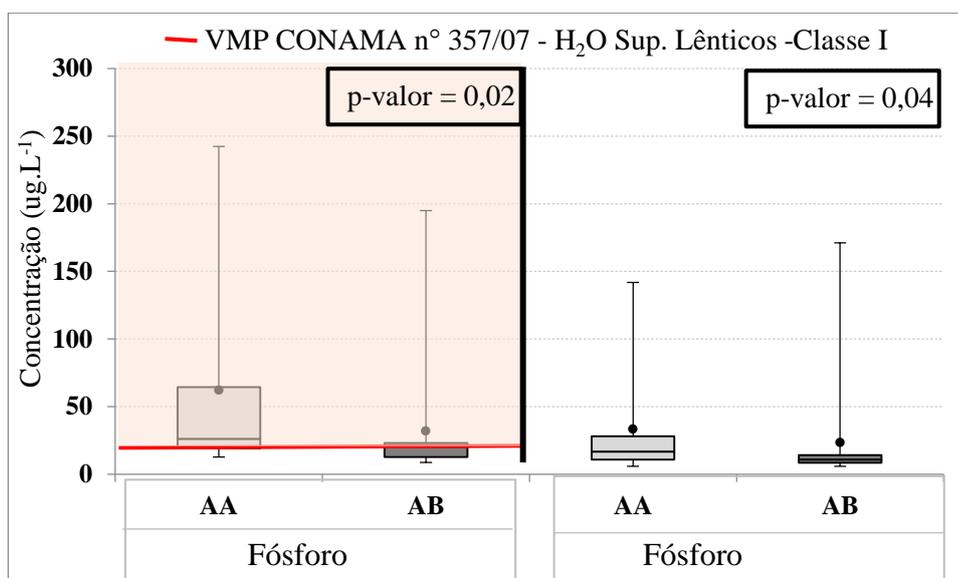
O nitrito para água subterrânea da microbacia do igarapé Dois de Abril apresentou comportamento diferente das outras formas de nitrogênio certamente devido à sua rápida oxidação a nitrato, ou a redução à amônia, a depender da característica do meio, assim como pela facilidade com que é adsorvido pelas partículas do solo (Wilhelm, Schiff e Cherry, 1996).

Esta discussão leva a considerar que os valores de condutividade elétrica estão relacionados à principal fonte de contaminação da microbacia do que aos constituintes do solo/rocha local.

Em se tratando das concentrações de nitrato, ocorreu uma variação de  $0,95\text{mg.L}^{-1}$  (PE 6) à  $21,3\text{mg.L}^{-1}$  (PE 3), com média de  $7,34\text{mg.L}^{-1}$  e 26,7% dos poços (PE 3, 10, 11 e 15) com concentrações superiores à  $10\text{mg.L}^{-1}$  (VMP pela Portaria GM/MS nº 888/21 para consumo humano) nas AA e entre  $0,97\text{mg.L}^{-1}$  (PE 10) à  $21,7\text{mg.L}^{-1}$  (PE 3), média de  $5,64\text{mg.L}^{-1}$  e 6,67% dos poços (PE 3) acima do VMP nas AB.

Ressalta-se que as maiores concentrações de nitrato tanto no período das Águas Altas, como nas Baixas ocorreu no PE 3, isto pode estar relacionado por ser o poço com profundidade de 4,2m e, dentre os poços amostrados, ser o que está à menor distância do sumidouro (fossa negra), 9,4m.

Com relação a fósforo total foi possível detectar a concentração em todos os poços amostrados, para fósforo dissolvido 13,2% dos poços (PE 1 e 2) apresentaram concentração inferior ao limite de detecção. Em Figura 6 consta o Box Plot com o p-valor obtido por meio do teste de Wilcoxon entre as médias dos períodos hidrológicos analisados.



**Figura 6:** Box Plot da concentração de Fósforo total e dissolvido ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) nos períodos de Águas Altas – AA e Águas Baixas – AB. VMP = Valor Máximo Permitido; Sup.= Superficial. Fonte: A autora.

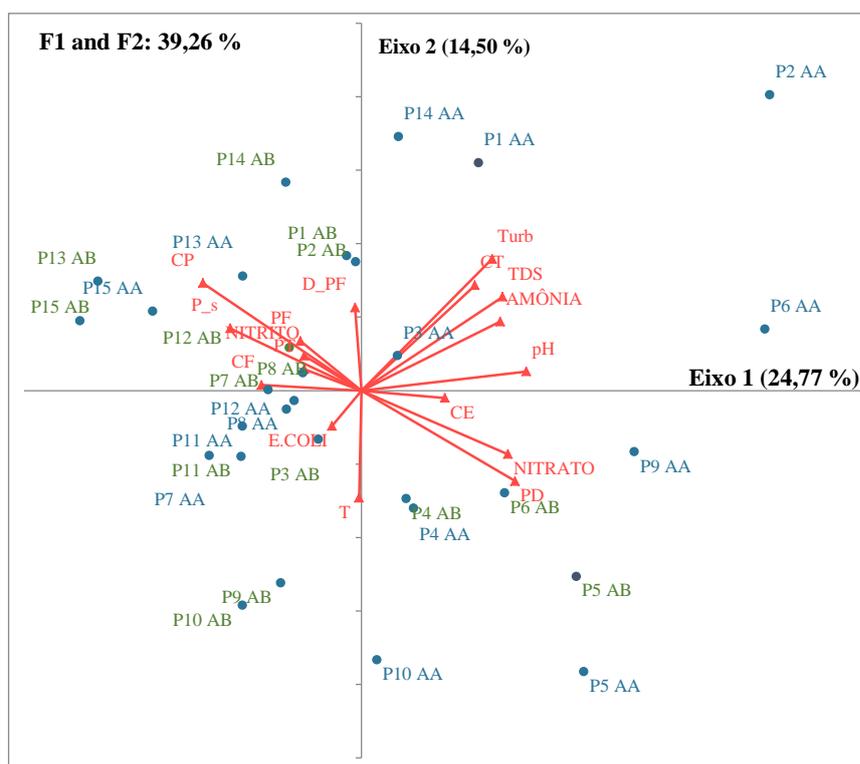
Devido p-valor inferior à 0,05 obtido tanto para fósforo total como para o dissolvido, verifica-se que o fósforo possui fonte de contribuição que varia com a sazonalidade. Tendo ainda observado que as médias são maiores no período de AA, a contribuição de fósforo para a água subterrânea da microbacia do Dois de Abril pode estar relacionada, além da contaminação por fossas, com o processo de lixiviação do solo, assim como do escoamento superficial.

Devido à ausência de risco sanitário, não há padrão de fósforo para água destinada ao consumo humano, porém por ser o principal nutriente que favorece o desenvolvimento de microalgas, o que pode levar a eutrofização de rios e lagos o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA determinou por meio da Resolução n° 357/07 que as concentrações de fósforo em águas superficiais não devem ultrapassar  $20\mu\text{g.L}^{-1}$  em ambientes lênticos de classe I (águas que podem ser destinadas ao consumo humano, posterior tratamento simplificado).

Diante desse padrão verifica-se que 73,4% dos poços (PE 1-4, PT 5, PE 10 e 12) nas AA e 53,4% (PE 3-4, PT 5, PE 6, PE 8 -9, 12 e 14) nas AB estão representando risco de contaminação para os cursos hídricos superficiais em caso de fluxo de base.

### **Análise multivariada**

Por meio da análise de componentes principais, verificou-se que os parâmetros analisados explicam 39,26% da variabilidade da qualidade da água subterrânea da microbacia do igarapé Dois de Abril (Figura 7).



**Figura 7:** Biplot dos pontos de coleta da microbacia do igarapé Dois de Abril em relação aos valores médios dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados nos períodos de Águas Altas – AA e Águas Baixas – AB. Fonte: A autora.

O eixo 1 foi formado pelas variáveis: pH (0,735), sólidos totais dissolvidos – TDS (0,629), amônia (0,619), turbidez – turb. (0,582) e coliformes totais – CT (0,506) que explicam 24,77% da variação da qualidade da água para os pontos PE 1, 2, 3, 6 e 14 nas AA e a *E.coli* (-0,132) para os pontos PE 7, 8, 11 nas AA e PE 3, 9, 10 e 11 nas AB. Os valores entre parênteses diz respeito a contribuição da variável para o eixo, especificada em Tabela 2.

O eixo 2 foi formado por: cota poço – CP (0,551), distância poço x fossa – D\_PF (0,426), profundidade de superfície – PS (0,319), profundidade de fundo – PF (0,254), nitrito (0,178), fósforo total – PT (0,109) e cota fossa - CF (0,028) para os pontos PE 13 e 15 nas AA e PE 1, 2, 7, 8, 12, 13, 14 e 15 nas AB e por fósforo dissolvido – PD (-0,464), nitrato (-0,326) e condutividade elétrica – CE (-0,038) que explicam 14,50% da variação da qualidade da água para os pontos PE 4, PT 5, PE 9 e 10 nas AA e PE 4, PT 5, PE 6 nas AB.

**Tabela 2:** Contribuição das variáveis (loadings) nos dois primeiros eixos da análise de componentes principais para as variáveis físicas, químicas e microbiológicas para a água subterrânea da microbacia do igarapé Dois de Abril

| Variáveis                  | Abreviações | Componentes Principais |        |
|----------------------------|-------------|------------------------|--------|
|                            |             | Eixo 1                 | Eixo 2 |
| Profundidade de Fundo      | PF          | -0,272                 | 0,254  |
| Profundidade de Superfície | P_s         | -0,586                 | 0,319  |
| Distância poço x fossa     | D_PF        | -0,029                 | 0,426  |
| Cota Fossa                 | CF          | -0,445                 | 0,028  |
| Cota Poço                  | CP          | -0,707                 | 0,551  |
| Temperatura da amostra     | T           | -0,011                 | -0,549 |
| Potencial Hidrogeniônico   | pH          | 0,735                  | 0,098  |
| Condutividade Elétrica     | CE          | 0,372                  | -0,038 |
| Sólidos Totais Dissolvidos | TDS         | 0,629                  | 0,480  |
| Turbidez                   | Turb        | 0,582                  | 0,674  |
| Coliformes Totais          | CT          | 0,506                  | 0,540  |
| <i>Escherichia coli</i>    | E.COLI      | -0,132                 | -0,182 |
| Amônia                     | AMÔNIA      | 0,619                  | 0,354  |
| Nitrito                    | NITRITO     | -0,255                 | 0,178  |
| Nitrato                    | NITRATO     | 0,652                  | -0,326 |
| Fósforo Dissolvido         | PD          | 0,685                  | -0,464 |
| Fósforo Total              | PT          | -0,254                 | 0,109  |

Fonte: A autora.

A contribuição das componentes principais para explicar a variação da qualidade da água subterrânea demonstrou-se baixa, tendo em vista que os modelos de ACP são adotados quando explicam aproximadamente 80% da variação total em análise (HONGYU et al., 2015).

A baixa contribuição das variáveis analisadas para qualidade da água pode ser explicada pela quantidade de variáveis (17 variáveis) ser maior que a unidade amostral (15 poços), tendo em vista a consideração de Hongyu et al. (2015) de que a ACP não é recomendada nestes casos.

Laureano et al. (2019) para água subterrânea de Presidente Médici, município de Rondônia/BR também avaliou maior quantidade de variáveis (19) quando comparado à quantidade de poços (11) e aplicou a análise de componentes principais, obtendo uma contribuição de 63,7% dos dois primeiros eixos.

Laureano (2017) ao analisar a água subterrânea do distrito de Bandeira Branca (Presidente Médici) encontrou uma contribuição para os dois primeiros eixos de 48,8%, também nesta pesquisa foi analisada maior quantidade de variáveis (19) e menor de poços (10).

Pavanello (2018) estudou a qualidade da água subterrânea do município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia/BR, também aplicou a ACP como análise estatística dos dados e obteve uma contribuição

de 49,27% para os dois eixos, a quantidade de variáveis analisadas foi de 30 e a quantidade de pontos amostrados foi igual a 20.

Ramos et al. (2021) analisaram a qualidade da água subterrânea em 20 poços e 11 variáveis no distrito de Nova Londrina e em 15 poços e 15 variáveis em Nova Colina, pertencentes ao município de Jiparaná – RO/BR e obtiveram uma contribuição dos dois primeiros eixos de 42,75% para Nova Londrina e de 49,56% para Nova Colina.

Durrani e Farooqi (2021) analisaram a qualidade da água subterrânea de 87 poços para 13 variáveis da bacia sedimentar do vale de Quetta, Paquistão por meio da ACP e obtiveram uma contribuição de 70,012%.

Diante dos resultados das pesquisas supracitadas verifica-se que a proporção entre variáveis e unidade amostral pode ter interferência na contribuição dos eixos para qualidade da água subterrânea, sendo mais confiável utilizar uma unidade amostral muito superior ao número de variáveis analisadas.

Outro fator possível de considerar por meio da ACP para qualidade da água subterrânea refere-se as variáveis analisadas, tendo em vista o objetivo da análise de agrupar os dados, verifica-se a importância de se analisar variáveis hidrogeoquímicas como realizado por Rashid et al. (2020) para água subterrânea de Dargai (Paquistão) e Akakuru et al. (2021) para água subterrânea do sudoeste da Nigéria, para que se possa diferenciar quais variáveis estão mais relacionadas à característica natural da água subterrânea e quais às fontes de contaminação da microbacia.

Diante da realidade do consumo humano da água subterrânea da microbacia do Igarapé Dois de Abril com presença de nitrato se vislumbra a necessidade de pesquisas voltadas para a remediação in situ de águas subterrâneas com contaminação por nitrato, dentre as que se tem aplicado neste sentido, Ma et al. (2015) concluíram que a combinação de bactérias desnitrificantes com ferro zero valente em nanoescala de oleato de sódio (SONZVI) é uma abordagem potencial, sendo importante ainda o aprofundamento sobre o método no ambiente da água subterrânea e melhor análise sobre os inibidores e constituintes que aceleram a degradação química do nitrato.

## **Conclusões**

Por meio dos resultados da pesquisa foi possível constatar que a água subterrânea da microbacia do Igarapé Dois de Abril se encontra com presença de indicadores de contaminação por esgoto doméstico. Sendo eles, a elevada densidade de Coliformes Totais e *E.coli*, assim como pela presença de nutrientes como o nitrato e o fósforo.

Tendo como base os aspectos hidrossanitários, conferidos à maioria dos poços como em boas condições, atribui-se como causa à contaminação observada, o fato do nível de água ser próximo à superfície e pela destinação do esgoto ocorrer por fossas rudimentares e sépticas.

Sobre do teste de Wilcoxon aplicado, foi possível concluir que as médias dos períodos hidrológicos analisados de profundidade de superfície, pH, turbidez, nitrito, fósforo total e dissolvido diferem significativamente indicando que sofrem interferências de fatores que alteram entre os períodos, podendo ser atribuído ao nível de água e eventos como lixiviação e escoamento superficial.

Enquanto as médias entre os períodos de condutividade elétrica, Coliformes totais, *E.coli*, temperatura, amônia e nitrato não apresentaram diferença significativa indicando estarem relacionadas a um fator constante entre os períodos, tendo sido atribuído a contribuição pelas fossas.

Quanto a Análise de Componentes Principais – ACP demonstrou-se não ser o teste mais adequado ao conjunto de dados, devido a baixa contribuição aos eixos 1 e 2. A baixa contribuição pode estar relacionada à maior quantidade de variáveis quando comparada a unidade amostral utilizadas nesta pesquisa.

### **Referências**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7229/93**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. ABNT, 1993.

APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. Edition 27. Washington, 2017.

AZEVEDO, R. P. Uso de água subterrânea em sistema de abastecimento público de comunidades na várzea da Amazônia central. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 3, Manaus, 2006.

AKAKURU, O.C.; AKUDINOBI, B.; OPARA, A.I.; ONYEKURU, S.O.; AKAKURU, O.U. Hydrogeochemical facies and pollution status of groundwater resources of Owerri and environs, Southeastern Nigeria. **Environmental Monitoring Assessment**, setembro, 2021.

BAÍA, C.C. **Qualidade microbiológica e físico-química das águas subterrâneas da cidade de Porto Velho – RO**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente). Núcleo de Ciências Exatas e da Terra. Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2020.

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

BRAGA, B; HESPANHOL, I; CONEJO, J. G. L; MIERZWA, J. C; BARROS, M. T. L; SPENCER, M; PORTO, M; NUCCI, N; JULIANO, N; EIGER, S. **Introdução a Engenharia Ambiental**. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Ministério da Saúde - MS, Secretária de Vigilância em Saúde. Brasília: MS, 2006.

BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Diário Oficial da União, n. 53, 18 mar, 2005, págs. 58-63.

BRASIL. Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, n. 85, 04 maio 2021, 127p.

CLIMATEMPO. Climatologia em Ji-Paraná. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/340/ji-parana-ro>>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2021 às 20h49min.

DURRANI, T.S.; FAROOQI, A. Groundwater fluoride concentrations in the watershed sedimentary basin of Quetta Valley, Pakistan. **Environmental Monitoring and Assessment**. September, 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

ESTEVES, F.A. Fundamentos de Limnologia. 3º ed., Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

HELLER, L.; PÁDUA, V.L. **Abastecimento de água para consumo**. 2ª Edição. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

HEREDIA, O.S; FRESINA, M.E; SANTA CRUZ, J.N; SILVA BUSSO, A.A. Nitratos y fósforo en el agua subterránea de un área antropizada de La region Pampeana -Buenos Aires Republica Argentina. In: Joint World Congresson Groundwater, 1., 2010. **Anais...** 2010.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V.L.M.; OLIVEIRA JUNIOR, G.J. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **Engineering and Science**, v. 5, n.1, 2015.

HOUSSAIN, S.; HOSONO, T.; YANG, H.; SHIMADA, J. Geochemical Processes Controlling Fluoride Enrichment in Groundwater at the Western Parto f Kumamoto. **Water Air Soil Pollut**, setembro, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Geociencias – Cartas e Mapas – Brasil: Informações Ambientais – Unidades de Relev – Relevo\_2006.pdf. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15827-unidades-de-relevo.html?=&t=downloads>>. Acesso em 30 de novembro de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE - EMBRAPA - Mapa de Solos do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2001 - Escala 1:5.000.000. Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/mapa\\_solos.php](http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/mapa_solos.php)>. Acesso em: 24 de agosto de 2021.

IRITANI, M. A; EZAKI, S. As águas subterrâneas do estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA, 3 ed., 2012.

Ji-PARANÁ. **Plano municipal de saneamento básico drenagem urbana e manejo de águas pluviais – Ji-Paraná**. Fundamento MCP: 2013.

KEELER, B. L; GOUREVITCH, J.D; POLASKY, S; ISBELL, F; TESSUM, C.W; HILL, J.D; MARSHALL, J.D. The social costs of nitrogen. **Science Advances**, v. 2, 2016.

LAGOUN, A.M; BOUZID-LAGHA, S; BENDJABALLAH-LALAOUI, N; SAIBI, H. Geographic information system-based approach and statistical modeling for assessing nitrate distribution in the Mitidja aquifer, Northern Algeria. **Environmental Monitoring and Assessment**, setembro, 2021.

LAUREANO, J.J. **Qualidade da água subterrânea no município de Presidente Médici – RO**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Sanitária Ambiental), Universidade Federal de Rondônia. Ji-Paraná/RO, 2017.

LAUREANO, J.J; RAMOS, C.F; LOPES, D.S; SOUSA, L.M; RECKTENVALD, M.C.N.N; JÚNIOR, W.A.C; ROSA, A.L.D; GOMES, B.M; MENDONÇA, A.P; LEITE, N.K; BASTOS, W.R; NASCIMENTO, E.L. Qualidade das águas subterrâneas e fluxo subterrâneo no sul da Amazônia, Brasil. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 10, n. 6, out-nov. 2019.

LAUREANO, J.J; MENDONÇA, A. G; LOPES, D.S; SOUSA, L. M; LIMA, T. O; ROSA, A. L. D; BASTOS, W. R; NASCIMENTO, E.L. Análise da qualidade da água subterrânea: Estudo de caso na microbacia do Igarapé Nazaré (Rondônia, Amazônia ocidental). **Revista Brasileira de Águas Subterrâneas**, Seção de Estudos de Caso e Notas Técnicas, 2020.

LAUTHARTE, L.C. **Avaliação da qualidade de água subterrânea no distrito de Jaci-Paraná, município de Porto Velho – RO**. Dissertação (Mestrado) Núcleo de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2013.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Editora Atomo, 2005

LOPES, D.S. Qualidade da água subterrânea no município de Jaru (RO). Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária), Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2021.

MA, Z.; YANG, Y.; JIANG, Y.; XI, B.; LIAN, X.; XU, Y. Effects of anions on bio-chemical degradation of nitrate in groundwater. **Environmental Earth Sciences**, maio, 2015.

MANZIONE, R.L; NAVA, A; SARTORI, M.M.P. Modelo Híbrido de oscilação de níveis freáticos a partir de diferentes variáveis ambientais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 03, 2020.

NARANY, T.S.; RAMLI, M. F.; ARIS, A.Z.; SULAIMAN, W.N.A.; FAKHARIAN, K. Assessment of the Potential Contamination Risk of Nitrate in Groundwater Using Indicator Kriging (in Amol–Babol Plain, Iran). **Water**, v. 6, pág. 68-85, dezembro, 2013.

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, 2012.

OLIVEIRA, G. A. Avaliação da qualidade da água subterrânea: Estudo de caso de Vilhena – RO. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2014.

OLIVEIRA, G.A; NASCIMENTO, E.L; ROSA, A.L.D; LAUTHARTTE, L.C; BASTOS, W. R; BARROS, C.G.D; CREMONESE, E.R; BENT, 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.

PAVANELLO, L. F. S. **Qualidade da água subterrânea no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Sanitarista e Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2018.

RAMOS, C. F. Estudo da Direção de fluxo e das variáveis físicas, químicas e microbiológicas da água subterrânea dos distritos de Nova Londrina e Nova Colina (Ji-Paraná/RO). Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Sanitarista e Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2017.

RAMOS, C. F; LAUREANO, J.J; ROSA, A.L.D; GOMES, B.M; GOMES, J.P.O; OLIVEIRA, G.A; MENDONÇA, A.P; BASTOS, W.R; NASCIMENTO, E.L. Avaliação da qualidade da água subterrânea no município de Ji-Paraná, Rondônia, região Amazônica brasileira. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 7, julho, 2021.

RASHID, A.; FAROOQI, A.; GAO, X.; ZAHIR, S.; NOOR, S.; KHATTAK, J. A. Geochemical modeling, source apportionment, health risk exposure and control of higher fluoride in groundwater of sub-district Dargai, Pakistan. **Chemosphere**, 243, 2020.

RIBEIRO, V.A. Poluentes Orgânicos e Inorgânicos nas águas subterrâneas da cidade de Porto Velho – RO. Dissertação (Mestrado). Núcleo de Ciências Exatas e da Terra. Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, 2019.

SANTOS, T.A. **Diagnostico ambiental e modelagem matemática aplicada em microbacias urbanas no município de Ji-Paraná (RO): subsídios ao enquadramento normativo.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Sanitarista e Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2018.

SCANDOLARA, J. E. **Geologia e evolução do terreno Jamari, embasamento da faixa sunsas/aguapeí, centro leste de Rondônia, sudoeste do cráton amazônico.** Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências, Universidade Federal de Brasília, 2006.

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL – SEDAM. **Boletim Climatológico de Rondônia - 2010.** Porto Velho: 2012.

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL – SEDAM. **Boletim Informativo Climático do estado de Rondônia nº 5.0 – Período seco de 2019.** Porto Velho: 2019.

SILVA, A.C. Estudo da contaminação do lençol freático através da integração de técnicas geoquímicas e geofísicas em Ji-Paraná – RO. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2008.

SILVA, A.C.S; 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 (online)**, v. 11, n.2, p. 101-112, 2009.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015. Disponível em: <<http://snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>>. Acesso em: 03 de abr. de 2017.

TODD, D.K. **Hidrologia de águas subterrâneas.** Agência Norte-Americana para o Desenvolvimento Internacional – USAID, Rio de Janeiro, 1967.

TUNDISI, J.G; MATSUMURA - TUNDISI, T.M. Recursos Hídricos no Século XXI. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

VON-SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** UFMG/Belo Horizonte-MG, 470p, 2014.

WILHELM, S. R; SCHIFF, S.L; CHERRY, J.A. Biogeochemical evolution of domestic wastewater in septic systems:1 Conceptual Model. **GroundWater**, 32 (6): 906- 916. 1996.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. WHO: Genebra, 2017.

ZHANG, Q.; ZHANG, X. Quantitative source apportionment and ecological risk assessment of heavy metals in soil of a grain base in Henan Province, China, using PCA, PMF modeling, and geostatistical techniques. **Environmental Monitoring and Assessment**, setembro, 2021.

## 2.2 Artigo 02

O Artigo 02 é intitulado “Direção de fluxo para análise da concentração de elementos-traços na água subterrânea da região ocidental amazônica (Ji-Paraná/RO), Brasil”, será submetido à revista internacional *Environmental Earth Sciences*. E como solicitado nas diretrizes para Trabalho de Conclusão do Prof. Água segue o formato tal como será submetido, porém em língua vernácula:

### Direção de fluxo para análise da concentração dos elementos-traços na água subterrânea da região ocidental amazônica (Ji-Paraná/RO), Brasil

**RESUMO:** Os metais, normalmente presentes em pequenas concentrações no ambiente, por isso também conhecidos por elementos-traços, referem-se a um dos principais e mais perigosos grupos de contaminantes da água, por isso esta pesquisa teve como objetivo investigar a água subterrânea da microbacia do igarapé Dois de Abril quanto a presença de elementos-traços e a distribuição espacial dos elementos quanto a direção de fluxo subterrâneo. Para tanto foram realizadas coletas em 15 poços nos meses de fevereiro, março de 2019 (Águas Altas – AA) e setembro de 2019 (Águas Baixas – AB). As amostras foram analisadas quanto a 14 elementos-traços por meio de Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES). E por meio do software Surfer 10.0 foi obtida a direção do fluxo utilizando a superfície potenciométrica dos poços tubulares cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS. Foram aplicados os testes de Wilcoxon e Spearman para discussão dos resultados. As médias obtidas encontram-se dentro dos Valores Máximos Permitidos – VMP pela legislação para consumo humano nacional, porém alguns poços apresentaram valores elevados para Alumínio, Ferro, Chumbo e Bário, devido a geoquímica e geologia da região, à baixo valores de pH e ao uso e ocupação do solo. A tendência da direção de fluxo subterrâneo do município contribui para o principal rio que transpassa a cidade. A direção de fluxo e os testes estatísticos aplicados foram suficientes para discutir os resultados.

**Palavras-chave:** chumbo, poços, consumo humano.

#### Introdução

Os metais estão entre os elementos químicos inorgânicos amplamente utilizados na indústria e em materiais residenciais, detectados normalmente nos corpos hídricos em pequenas concentrações, por isso também conhecidos por elementos-traços (WHO, 2017).

Devido as suas principais características, como brilho, dureza, resistência, dentre outras, foram vastamente utilizados desde a Antiguidade, sendo que seus usos foram intensificados posteriormente a Revolução Industrial e como consequência resultou na alteração dos ciclos hidrogeoquímicos naturais e atualmente referem-se a um dos principais e mais perigosos grupos de contaminantes (SISINNO et al., 2013).

Os metais, uma vez lançados no ambiente, não podem ser degradados ou decompostos em formas menos tóxicas, resultando em sua permanência no ambiente ou ainda com a possibilidade, para alguns

elementos, em conversão para formas ainda mais tóxicas, por meio de processos naturais (SISINNO et al., 2013).

Devido a sua permanência no meio e nos organismos passam a exercer efeitos tóxicos, que podem ser desde manifestações na pele até efeitos carcinogênicos e até mesmo a morte (VON-SPERLING, 2014).

A toxicidade dos metais presentes em curso de água natural dependerá de alguns fatores, como principalmente o pH, a quantidade de carbono dissolvido e em suspensão (BAIRD, 2011; WHO, 2017).

Algumas pesquisas foram desenvolvidas no estado de Rondônia a cerca da presença de elementos-traços na água subterrânea, onde foram detectadas concentrações de alumínio, cobre e manganês na água subterrânea de Porto Velho (BAÍÁ, 2020) e também cromo (RIBEIRO, 2019), alumínio, arsênio, bário, manganês, níquel, chumbo e zinco na água subterrânea do município de Ouro Preto do Oeste (PAVANELLO, 2018) e ferro e chumbo na água subterrânea de Ji-Paraná nas proximidades do lixão inativo (Martins, 2011).

Dentre as várias formas utilizadas para compreender a contaminação da água subterrânea encontra-se os modelos matemáticos de direcionamento de fluxo. Além de contribuir na compreensão da pluma de contaminação, por meio da direção de fluxo subterrâneo torna-se possível identificar as regiões mais adequadas para empreendimentos, indústrias, postos de combustível, cemitérios, depósitos de resíduos e demais atividades potencialmente poluidoras da água subterrânea (ROCHA E HORBE, 2006; SANTOS et al., 2015).

Predominantemente as águas subterrâneas se originam na parte mais alta do terreno (planalto), devido as águas de precipitação que se infiltram na superfície do solo e tendem a se mover para a coluna de água mais baixa, normalmente os percursos que a água trafega são irregulares, devido aos diversos materiais de subsuperfície e suas respectivas condutividades hidráulicas (FITTS, 2015).

O controle do fluxo subterrâneo por variações na elevação da superfície do lençol freático ocorre predominantemente quando nível de água é superficial, esse mecanismo de controle é conhecido por fluxo controlado pela topografia, pois a elevação do lençol freático segue a mesma disposição da elevação da superfície do solo (BROWN, 2000; FITTS, 2015).

Nestes casos o conceito de superfície potenciométrica definirá a direção do fluxo subterrâneo, pois refere-se a diferença entre a cota do terreno e o nível de água, e o nível de água pode ser obtido através da profundidade de fundo do poço e a de superfície da água (HEATH, 1982).

Existem variados softwares e métodos para obtenção da direção de fluxo subterrâneo dentre eles cita-se o Surfer, que tem sido amplamente utilizado, Ramos et al. (2021), para qualidade da água subterrânea dos distritos de Nova Londrina e Nova Colina, Laureano et al. (2019) para avaliação da

qualidade da água subterrânea de Presidente Médici, Silva et al. (2008), para qualidade da água subterrânea da bacia hidrográfica do rio Quaraí, Rio Grande do Sul e Bettú et al. (2005) ao utilizarem o software alcançaram os objetivos propostos em suas pesquisas.

Diante da realidade de ampla captação da água subterrânea por meio de poços para consumo humano na região norte esta pesquisa teve como objetivo investigar a água subterrânea da microbacia Dois de Abril existente no município de Ji-Paraná/RO, Brasil quanto a presença de elementos-traços, e a distribuição espacial destes elementos em função da direção do fluxo subterrâneo.

## Material e métodos

### Área de estudo

A área de estudo compreende a microbacia do Igarapé Dois de Abril do município de Ji-Paraná, localizado na região centro leste do estado de Rondônia (Figura 1) entre as latitudes  $10^{\circ}51'00.85''S$ / $10^{\circ}55'20.51''S$  e longitudes  $61^{\circ}59'40.90''O$ / $61^{\circ}55'45.51''O$ . A microbacia do igarapé Dois de Abril é de contribuição da margem esquerda do rio Machado, o qual se encontra inserido na região hidrográfica do Amazonas.

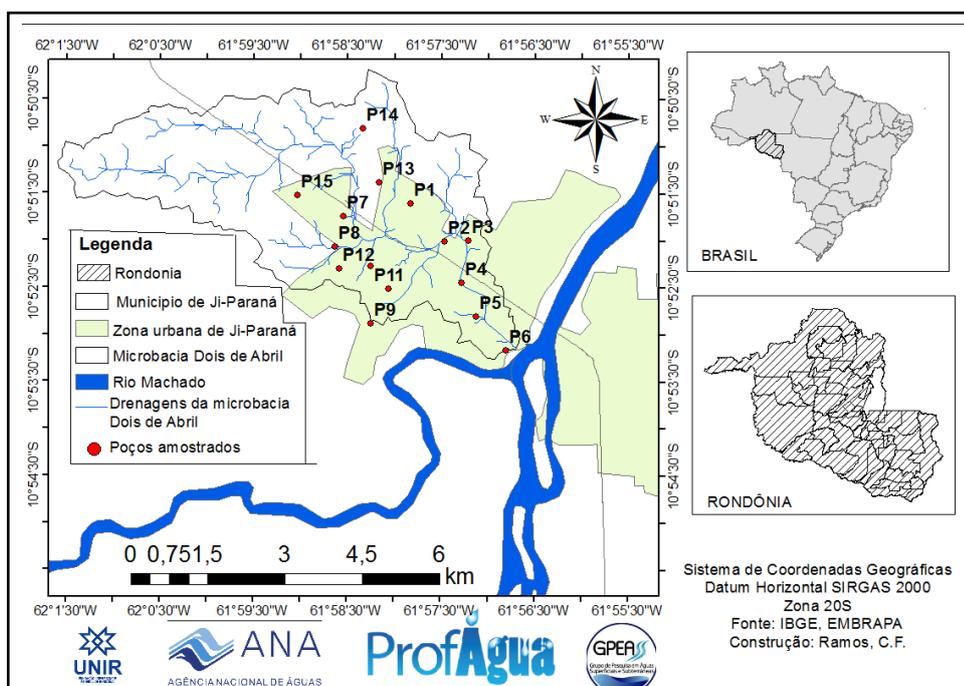


Figura 1: Localização da área de estudo. Fonte: A autora.

O relevo desta região hidrográfica caracteriza-se como depressão da Amazônia Meridional, com embasamentos em estilos complexos (IBGE, 2006).

O clima predominante é o tropical úmido e quente, sendo que o período de Águas Altas - AA é característico de outubro à abril, a transição entre AA e Águas Baixas - AB, refere-se ao mês de maio, AB de junho a agosto e a transição de AB/AA, o mês de setembro (SEDAM, 2019).

A variável de temperatura média anual no município é de 25°C, com média máxima de 32°C e mínima de 21°C, a precipitação total anual se encontra em torno de 1.962,8mm (SEDAM, 2012).

Quanto ao regime hidrogeológico, a microbacia do Dois de Abril está sob o embasamento cristalino pré cambriano, denominado de complexo Jamari (SILVA, 2008).

O Complexo Jamari é representado por ortognaisses de composição predominantemente granítica a granodiorítica, gnaisses para derivados, metagabros e metaultramáficas, metamorfisadas em grau médio a alto. Tem sua formação estimada por geocronologia entre 1850 e 1550 *Mega annum* - Ma (SCANDOLARA, 2006).

O domínio geológico, sobre o qual o município de Ji-Paraná se encontra, tem características que pode resultar em solos argilosos com presença de carbonato de cálcio (margas), em algumas regiões haverá prevalência de ferro no solo enquanto em outras, menor concentração deste metal (SCANDOLARA, 2006).

Quanto ao regime hidrogeológico verificou-se por meio da plataforma Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS que dos 25 poços com registro de perfil litológico completo, 01 refere-se à aquífero fissural livre, 08 à aquífero poroso livre e 16 à poroso confinado. Quanto ao nível estático, o maior registrado refere-se à 60,0m, o menor à 2,49m e um valor médio de 12,2m.

De acordo com o Mapa de Solos disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2001) o solo predominante na microbacia do Igarapé Dois de Abril é o Argissolo Vermelho, o qual se refere ao grupo de solos com B textural de argila de atividade baixa, logo são solos onde se verifica pouco movimento de contração quando secos, e de expansão, quando úmidos, também podem apresentar alta atividade de argila, quando combinada à baixa saturação por bases ou com caráter alumínico. Variam desde forte a imperfeitamente drenados, são de forte a moderadamente ácidos, constituídos por material mineral (EMBRAPA, 2018).

Quanto a ocupação e uso do solo da microbacia do Igarapé Dois de Abril, em 2013 possuía em torno de 30.596 habitantes, entretanto este número certamente é maior devido a abertura de novos bairros e crescimento dos que já existiam (JI-PARANÁ, 2013).

Os bairros da cidade de Ji-Paraná que pertencem a microbacia do Dois de Abril são: Residencial Bosque dos Ipês, Colina Park I e II, São Bernardo, Santiago, Jardim Presidencial, Dois de Abril, Centro, parte do bairro Urupá e Casa Preta, que juntos equivalem à uma área aproximada de 23km<sup>2</sup> (JI-PARANÁ, 2013).

Segundo Santos (2018), 43,7% da microbacia do Dois de Abril se encontra urbanizada, 51,5% se encontra coberta por vegetação seja ela rasteira ou densa, 2,48% corresponde à água e 2,28% à solo exposto.

Quanto as Áreas de Preservação Permanente – APP dos cursos de água superficiais desta microbacia, 38,2% se encontra urbanizada, 54,7% coberta por vegetação rasteira e densa, 5,43% corresponde à água e 1,7% de solo exposto (SANTOS, 2018).

Portanto, por meio do levantamento realizado por Santos (2018), verifica-se que a microbacia ainda possui representativa cobertura por vegetação, sendo a maioria, quando comparada a porcentagem de ocupação urbana e solo exposto.

Em se tratando de infraestrutura de saneamento básico, a área urbana da microbacia do Igarapé Dois de Abril possui coleta regular de resíduos sólidos, serviço fornecido pela Prefeitura Municipal. Quanto ao esgoto doméstico, com exceção do residencial Bosque dos Ipês, o qual possui uma Estação de Tratamento de Esgoto – ETE por lodos ativados, os moradores dos demais bairros realizam o lançamento em fossas rudimentares ou sépticas, e ainda ocorrem casos de lançamento direto nos cursos de água superficiais e nas áreas de veredas (buritizais).

A Companhia de Água e Esgoto de Rondônia – CAERD responsável pelo fornecimento de água tratada para o consumo humano do município possui rede nos bairros pertencentes à microbacia do Dois de Abril. Parte dos munícipes tem como principais motivações para o uso da água subterrânea a redução de custos financeiros e por insatisfação quanto ao serviço prestado pela empresa (SILVA, 2008).

### **Delineamento da pesquisa**

#### **Técnica de coleta das amostras**

Foram coletadas 14 amostras de água subterrânea de poços escavados (PE) e 01 amostra de poço tubular (PT). Os poços escavados, também conhecidos como rasos, freáticos ou amazonas são caracterizados por possuírem maior diâmetro e menor profundidade, captando água da zona não saturada, os poços tubulares alcançam maiores profundidades e possuem menores diâmetros, captando água do aquífero artesianos ou confinado (BRASIL, 2006).

A amostragem ocorreu com a divisão do mapa da microbacia em quatro e estando nestas divisões alguns moradores foram abordados quanto o uso de água de poço para consumo, as residências onde foi identificado poço e o responsável pela residência concordou em participar da pesquisa por meio de preenchimento do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE foi realizada a coleta.

A amostragem foi realizada em fevereiro e março de 2019, meses representativos do período de Águas Altas – AA na região e em setembro de 2019, mês representativo do período de Águas Baixas – AB.

As amostras foram coletadas diretamente do poço com auxílio de instrumento próprio para amostragem de água subterrânea em frascos plásticos devidamente esterilizados de 500mL para as análises realizadas em laboratório, as quais, posterior a coleta, foram armazenadas à aproximadamente 4°C de acordo com o recomendado por *Standard Methods for the Examination of Water and*

*Wastewater* (APHA, 2017) e transportadas para o Laboratório de Limnologia e Microbiologia – LABLIM da Universidade Federal de Rondônia - UNIR, campus Ji-Paraná.

No momento da coleta foram demarcadas as coordenadas geográficas dos poços utilizando GPS (Garmim Etrex Vista H 2,8”).

#### **Determinação da concentração dos elementos-traços**

No LABLIM um volume parcial das amostras foi filtrado por meio de membrana de celulose de 0,45µm para obtenção da fração dissolvida dos elementos traço analisados. As amostras brutas e filtradas foram armazenadas em tubos *Falcon* de 15mL e acidificadas com 100µL de ácido nítrico, armazenadas em caixa térmica com gelo e encaminhadas ao Laboratório de Biogeoquímica da UNIR, campus Porto Velho.

No Laboratório de Biogeoquímica as amostras foram analisadas por Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES), marca Perkin Elmer, modelo Optima 8300 com amostrador automático modelo S10. Com utilização do software WinLab 32 para ICP versão 5.5.0.0174 da Perkin Elmer.

A curva de calibração foi obtida com as seguintes concentrações: 20, 40, 80, 200, 400, 800, 1200 µg.L<sup>-1</sup>. Para controle da qualidade analítica dos resultados foram utilizados dois brancos controles.

Foram analisados os seguintes elementos-traços: Alumínio – Al, Arsênio – As, Bário – Ba, Cádmio – Cd, Cobalto – Co, Cromo – Cr, Cobre – Cu, Ferro – Fe, Manganês – Mn, Níquel – Ni, Chumbo – Pb, Estrôncio – Sr, Vanádio – V e Zinco – Zn.

#### **Direção de Fluxo subterrâneo**

A direção do fluxo subterrâneo foi obtida por meio das coordenadas geográficas e a superfície potenciométrica (relação entre altimetria do poço e o nível estático da água – Equação 1), e, a partir do programa Surfer 10.0 (GOLDEN SOFTWARE, 2011), foram gerados os mapas de tendência da direção de fluxo das águas subterrâneas.

#### **Equação 1:**

$$Sp = Cp - NE$$

Sp = Superfície Potenciométrica

Cp= Cota poço

NE= Nível Estático

Tendo em vista a necessidade do nível estático da água foram utilizados os poços cadastrados no Sistema de Informações de Água Subterrânea – SIAGAS mantido pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2021).

Na data de 15 de novembro de 2021 foi verificado registro de 101 poços, destes 57 possuem informação de nível estático, os quais foram os utilizados para a pesquisa.

Para obtenção da cota altimétrica foram adquiridas as cenas 11S63ZN e 10S63ZN, as quais referem-se ao município de Ji-Paraná, com uma resolução de 30m, por meio do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil no site do projeto TOPODATA do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2021). E com auxílio do software QGIS 3.4 as imagens foram processadas por mosaico (para união das cenas) e extração de contornos (para obtenção das cotas altimétricas dos poços).

Posteriormente os dados foram organizados em Surfer 10.0 no workshet, por ponto, coordenada geográfica e superfície potenciométrica e salvo como arquivo BLN. Em file foi aberto um new plot, onde foi aberto o documento salvo como GRID e escolhido o método de krigagem para interpolação dos dados.

O método da krigagem consiste uma média ponderada em que os pesos são escolhidos de forma que o erro associado seja menor do que qualquer outra soma linear, os pesos dependem da localização dos pontos usados (CRESSIE, 1990).

Este método comparado aos demais produz mapas visualmente atraentes, pois tenta expressar as tendências sugeridas nos dados de modo que os pontos altos são conectados ao longo de uma crista, ao invés de contornos isolados do tipo “olho de boi” (GOLDEN SOFTWARE, 2011).

Além disso, o algoritmo de krigagem incorpora quatro detalhes essenciais, ao calcular os pesos de interpolação: (1) considera o espaçamento entre o ponto a ser interpolado e as localizações dos dados; (2) considera os espaçamentos entre os dados; (3) considera a escala de comprimento inerente dos dados, e (4) considera a confiabilidade inerente dos dados (GOLDEN SOFTWARE, 2011).

Após a krigagem realizada, foi selecionada a opção contours, map, new vector e os vetores que indicam a direção do fluxo subterrâneo são adicionados ao mapa.

### **Análise estatística**

Os dados foram analisados de acordo com os pressupostos estatísticos para definir se o conjunto de dados é ou não paramétrico, sendo eles: análise de resíduos, outliers, homocedasticidade e normalidade. Todos os testes foram realizados por meio do programa Action, versão 2.8 (ESTATCAMP, 2014).

Por meio da análise dos pressupostos não foi verificada normalidade dos dados por isso procedeu-se com a utilização de testes não paramétricos. Para identificar relações significativas entre os períodos hidrológicos para as variáveis analisadas foi aplicado o teste de Wilcoxon. Neste teste é verificado se duas médias não diferem significativamente (hipótese nula – H<sub>0</sub>) ou se diferem (hipótese 1 – H<sub>1</sub>) entre si. Quando p-valor é menor que o nível de significância adotado (0,05) a H<sub>0</sub> é rejeitada, logo há diferença significativa entre as médias em comparação.

Com a finalidade de explicar a variabilidade e correlacionar as variáveis analisadas foi aplicado o teste de correlação de Spearman. O coeficiente de Spearman varia entre -1 à 1, sendo que 0 indica a ausência de correlação, quanto mais próximo de -1 indica correlação forte negativa e de 1 indica correlação forte positiva (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

O nível de significância adotado também será de 0,05, porém a hipótese do teste de correlação difere. A H0 é de que a correlação obtida é casual e a H1 é de que a correlação obtida é significativa, quando p-valor menor que 0,05, então rejeita-se a H0 (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

## Resultados e discussão

Foram analisados 14 elementos-traços para a água subterrânea da microbacia Dois de Abril e foi detectada presença de todos, alguns foram detectados somente em um dos períodos hidrológicos analisados sendo os seguintes: Arsênio (As) – detectado nas AA e em sua fração dissolvida nas AB - Cádmio (Cd) – detectado somente nas AA – Cromo (Cr) – detectado nas AA e em sua fração dissolvida nas AB – Vanádio (V) – detectado somente nas AB.

Dos 14 elementos-traço analisados, 12 possuem padrão para consumo humano determinado pela Portaria GM/MS n° 888/2021 (BRASIL, 2021), a qual estabelece o padrão de potabilidade da água, e/ou Resolução CONAMA n° 396/2008 (BRASIL, 2008) que trata do enquadramento das águas subterrâneas.

Se tratando do padrão de potabilidade, as médias se apresentaram inferiores ao VMP para todos os elementos analisados. Alguns poços apresentaram concentrações superiores para Alumínio (Al), Bário (Ba), Ferro (Fe) e Chumbo (Pb). Estas informações podem ser visualizadas por meio da Tabela 2.

**Tabela 2:** Concentrações mínimas, médias, máximas, inferiores ao LDT e superiores ao VMP para os elementos–traço analisados

| Parâmetro                   | Valor | AA - Totais | AA - Dissolvidos         | AB - Totais | AB - Dissolvidos |
|-----------------------------|-------|-------------|--------------------------|-------------|------------------|
| Al ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) | Mín.  | 22,7        | 3,22                     | 16,2        | 12,2             |
|                             | Médio | 162,9       | 166,2                    | 126,7       | 102,6            |
|                             | Máx.  | 680,8       | 693,4                    | 506         | 561,9            |
|                             | < LDT | 7,69%       | 6,67%                    | 0,0%        | 0,0%             |
|                             | >VMP  | 20%         | 20%                      | 13,4%       | 13,4%            |
| VMP PR n° 888/2021          |       |             | 200 $\mu\text{g.L}^{-1}$ |             |                  |
| VMP CONAMA n° 396/2008      |       |             | 200 $\mu\text{g.L}^{-1}$ |             |                  |
| As ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) | Mín.  | 0,73        | 0,16                     | --          | 0,35             |
|                             | Médio | 0,78        | 1,83                     | --          | 0,02             |
|                             | Máx.  | 2,56        | 5,42                     | --          | 0,35             |
|                             | < LDT | 53,8%       | 26,7%                    | 100%        | 93,4%            |
|                             | >VMP  | 0,0%        | 0,0%                     | 0,0%        | 0,0%             |
| VMP PR n° 888/2021          |       |             | 100 $\mu\text{g.L}^{-1}$ |             |                  |
| VMP CONAMA n° 396/2008      |       |             | 100 $\mu\text{g.L}^{-1}$ |             |                  |
| Ba ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) | Mín.  | 8,50        | 6,10                     | 26,9        | 2,70             |
|                             | Médio | 75,67       | 73,4                     | 191,7       | 182,3            |
|                             | Máx.  | 163,3       | 271,3                    | 1.131       | 1.217            |
|                             | < LDT | 0,0%        | 0,0%                     | 0,0%        | 0,0%             |
|                             | >VMP  | 0,0%        | 0,0%                     | 6,67%       | 6,67%            |
| VMP PR n° 888/2021          |       |             | 700 $\mu\text{g.L}^{-1}$ |             |                  |
| VMP CONAMA n° 396/2008      |       |             | 700 $\mu\text{g.L}^{-1}$ |             |                  |

Continua...

| Parâmetro                   | Valor | AA - Totais | AA - Dissolvidos | AB - Totais                 | AB - Dissolvidos |
|-----------------------------|-------|-------------|------------------|-----------------------------|------------------|
| Cd ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) | Mín.  | 0,33        | 0,28             | --                          | --               |
|                             | Médio | 0,46        | 0,49             | --                          | --               |
|                             | Máx.  | 0,62        | 0,62             | --                          | --               |
|                             | < LDT | 0,0%        | 0,0%             | 100%                        | 100%             |
|                             | >VMP  | 0,0%        | 0,0%             | 0,0%                        | 0,0%             |
| VMP PR n° 888/2021          |       |             |                  | 3 $\mu\text{g.L}^{-1}$      |                  |
| VMP CONAMA n° 396/2008      |       |             |                  | 5 $\mu\text{g.L}^{-1}$      |                  |
| Co ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) | Mín.  | 0,15        | 0,64             | 1,48                        | 2,04             |
|                             | Médio | 1,44        | 1,27             | 0,64                        | 0,57             |
|                             | Máx.  | 5,56        | 4,12             | 3,28                        | 3,39             |
|                             | < LDT | 38,5%       | 46,7%            | 73,4%                       | 80%              |
|                             | >VMP  | --          | --               | --                          | --               |
| VMP PR n° 888/2021          |       |             |                  | Não estabelecido            |                  |
| VMP CONAMA n° 396/2008      |       |             |                  | Não estabelecido            |                  |
| Cr ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) | Mín.  | 0,10        | 0,06             | --                          | 1,90             |
|                             | Médio | 0,23        | 0,69             | --                          | 0,13             |
|                             | Máx.  | 2,39        | 7,03             | --                          | 1,90             |
|                             | < LDT | 69,2%       | 66,7%            | 100%                        | 93,4%            |
|                             | >VMP  | 0,0%        | 0,0%             | 0,0%                        | 0,0%             |
| VMP PR n° 888/2021          |       |             |                  | 50 $\mu\text{g.L}^{-1}$     |                  |
| VMP CONAMA n° 396/2008      |       |             |                  | 50 $\mu\text{g.L}^{-1}$     |                  |
| Cu ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) | Mín.  | 2,71        | 0,69             | 0,09                        | 1,48             |
|                             | Médio | 0,55        | 0,59             | 8,09                        | 6,96             |
|                             | Máx.  | 4,48        | 3,55             | 96,8                        | 84,4             |
|                             | < LDT | 84,6%       | 73,3%            | 66,7%                       | 73,4%            |
|                             | >VMP  | 0,0%        | 0,0%             | 0,0%                        | 0,0%             |
| VMP PR n° 888/2021          |       |             |                  | 2.000 $\mu\text{g.L}^{-1}$  |                  |
| VMP CONAMA n° 396/2008      |       |             |                  | 2.000 $\mu\text{g.L}^{-1}$  |                  |
| Fe ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) | Mín.  | 24,6        | 19,1             | 11,6                        | 18,9             |
|                             | Médio | 537,7       | 534,8            | 66,3                        | 81,3             |
|                             | Máx.  | 3.492       | 2.461            | 387,4                       | 903,6            |
|                             | < LDT | 7,69%       | 0,0%             | 20%                         | 46,7%            |
|                             | >VMP  | 6,67%*      | 6,67%*           | 0,0%                        | 0,0%             |
| VMP PR n° 888/2021*         |       |             |                  | 2.400 $\mu\text{g.L}^{-1}$  |                  |
| (1) CONAMA n° 396/2008      |       |             |                  | 300 $\mu\text{g.L}^{-1}$    |                  |
| Mn ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) | Mín.  | 4,72        | 15,6             | 7,39                        | 5,96             |
|                             | Médio | 69,6        | 94,5             | 65,4                        | 59,7             |
|                             | Máx.  | 195         | 324,2            | 209,4                       | 261,2            |
|                             | < LDT | 0,0%        | 0,0%             | 0,0%                        | 0,0%             |
|                             | >VMP  | 0,0%        | 0,0%             | 0,0%                        | 0,0%             |
| VMP PR n° 888/2021          |       |             |                  | 400 $\mu\text{g.L}^{-1}$    |                  |
| (1) CONAMA n° 396/2008      |       |             |                  | 100 $\mu\text{g.L}^{-1}$    |                  |
| Ni ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) | Mín.  | 0,42        | 0,10             | 0,06                        | 0,043            |
|                             | Médio | 2,52        | 0,47             | 0,19                        | 0,91             |
|                             | Máx.  | 19          | 2,90             | 2,06                        | 3,01             |
|                             | < LDT | 30,8%       | 66,7%            | 73,4%                       | 6,67%            |
|                             | >VMP  | 0,0%        | 0,0%             | 0,0%                        | 0,0%             |
| VMP PR n° 888/2021          |       |             |                  | 70 $\mu\text{g.L}^{-1}$     |                  |
| (2) CONAMA n° 396/2008      |       |             |                  | 20 $\mu\text{g.L}^{-1}$     |                  |
| Pb ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) | Mín.  | 0,66        | 0,28             | 0,08                        | 0,67             |
|                             | Médio | 2,81        | 4,39             | 0,65                        | 1,78             |
|                             | Máx.  | 13,22       | 18,9             | 6,89                        | 9,48             |
|                             | < LDT | 38,5%       | 46,7%            | 73,4%                       | 66,7%            |
|                             | >VMP  | 6,67%       | 13,4%            | 0,0%                        | 0,0%             |
| VMP PR n° 888/2021          |       |             |                  | 10 ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) |                  |
| VMP CONAMA n° 396/2008      |       |             |                  | 10 ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) |                  |
| Sr ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) | Mín.  | 11,1        | 4,48             | 8,68                        | 2,86             |
|                             | Médio | 75,4        | 61,7             | 52,8                        | 56,9             |
|                             | Máx.  | 161,2       | 237,5            | 124,5                       | 149,9            |
|                             | < LDT | 0,0%        | 0,0%             | 0,0%                        | 0,0%             |

|                             |       |             |                            |             |                  | Conclusão |
|-----------------------------|-------|-------------|----------------------------|-------------|------------------|-----------|
| Parâmetro                   | Valor | AA - Totais | AA - Dissolvidos           | AB - Totais | AB - Dissolvidos |           |
|                             | >VMP  | --          | --                         | --          | --               |           |
| VMP PR n° 888/2021          |       |             | Não estabelecido           |             |                  |           |
| VMP CONAMA n° 396/2008      |       |             | Não estabelecido           |             |                  |           |
| V ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )  | Mín.  | --          | --                         | 8,0         | 6,92             |           |
|                             | Médio | --          | --                         | 9,02        | 8,16             |           |
|                             | Máx.  | --          | --                         | 11,5        | 11,5             |           |
|                             | < LDT | 100%        | 100%                       | 0,0%        | 0,0%             |           |
|                             | >VMP  | 0,0%        | 0,0%                       | 0,0%        | 0,0%             |           |
| VMP PR n° 888/2021          |       |             | Não estabelecido           |             |                  |           |
| VMP CONAMA n° 396/2008      |       |             | 50 $\mu\text{g.L}^{-1}$    |             |                  |           |
| Zn ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) | Mín.  | 8,61        | 12,7                       | 31,9        | 11,2             |           |
|                             | Médio | 49,2        | 83,3                       | 83,6        | 109,5            |           |
|                             | Máx.  | 214,8       | 490,5                      | 285,2       | 364              |           |
|                             | < LDT | 7,69%       | 0,0%                       | 0,0%        | 0,0%             |           |
|                             | >VMP  | 0,0%        | 0,0%                       | 0,0%        | 0,0%             |           |
| (1) PR n° 888/2021          |       |             | 5.000 $\mu\text{g.L}^{-1}$ |             |                  |           |
| (1) CONAMA n° 396/2008      |       |             | 5.000 $\mu\text{g.L}^{-1}$ |             |                  |           |

(1) Padrão Organoléptico; (2) Máxima concentração de substância na água de irrigação em 20 anos de irrigação (proteção de plantas e outros organismos). Fonte: A autora.

Os pontos que apresentaram concentrações de Al superiores ao VMP foram o Poço Escavado - PE 3 – fração total – FT ( $251,3 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) e dissolvida – FD ( $362,3 \mu\text{g.L}^{-1}$ ), PE 11 FT ( $298,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) e FD ( $639,4 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) e PE 15 FT ( $680,8 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) e FD ( $626,3 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas AA e PE 3 FT ( $258,6 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) e FD ( $276,2 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) e PE 15 FT ( $506 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) e FD ( $561,9 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas AB.

Ribeiro (2019) e Baía (2020) para água subterrânea de Porto Velho, capital de Rondônia e Pavanello (2018) para água subterrânea de Ouro Preto do Oeste/RO também detectaram Al pontualmente excedente e relacionaram à característica do solo da região.

Com relação ao Ba somente o PE 3 nas AB em sua fração total ( $1.131 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) e dissolvida ( $1.217 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) apresentou concentração superior ao VMP de  $700 \mu\text{g.L}^{-1}$ . A presença de bário em maior concentração no período de AB no PE 3 pode estar relacionado ao pH mais ácido que a água deste poço apresentou, pois de acordo com *World Health Organization* – WHO (2016) o Ba apresenta maior solubilidade em pH menores.

O fato do PE 3 ter apresentado a maior concentração de Ba pode estar relacionado à alguma fonte de contaminação apesar do Ba compor 0,05% da crosta terrestre, presente nas rochas ígneas e sedimentares (WHO, 2017), pois Ribeiro (2019) e Baía (2020) para água subterrânea de Porto Velho não encontraram poços com concentrações expressivas para este elemento e ainda Pavanello (2018) para a água subterrânea de Ouro Preto relacionou a possível contaminação da água pelo chumbo advindo do lixão existente na cidade.

Von-Sperling (2014) também apresenta como fontes de Ba os pesticidas e fertilizantes. Por isso acredita-se que com o mapa de direção de fluxo subterrâneo e a correlação entre os elementos-traços poderá ser concluído melhor quanto a contribuição do Ba para o PE 3.

As maiores concentrações de Fe acima do VMP foram observadas nos PE 4 FT ( $3.492 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) e PE 14 FD ( $2.461 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) nas AA. Estes valores também podem expressar contribuição natural do solo, tendo

em vista que Chaves (2013) ao analisar amostra de solo de algumas regiões de conflito de Ji-Paraná detectou elevada concentração de Fe e atribuiu como característica do solo. Ainda sobre a concentração de ferro, Scandolara (2006) constatou que o município está sobre o domínio geológico com características que podem resultar em prevalência de ferro no solo de algumas regiões.

Quanto ao Pb, verificaram-se concentrações acima do VMP nos PE 9 FT (13,22  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) e FD (18,58  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) e PE 15 FD (18,99  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) no período hidrológico das AA.

Próximo ao PE 15 há residências e também atividade rural, o que pode justificar a elevada concentração de Pb, tendo em vista que defensivos agrícolas e fertilizantes também são consideradas importantes fontes de contaminação (WHO, 2017).

Ao aplicar o teste de Wilcoxon com a finalidade de averiguar a diferença significativa entre as médias dos períodos analisados, verificou-se que as médias da fração total de As, Cd, Cr, Fe, Ni e Pb tendem a ser significativamente superiores no período hidrológico de Águas Altas, o que pode ser um indicativo de que esses elementos são incorporados à água subterrânea por processos como escoamento e lixiviação.

Os elementos V e Zn tendem a ser significativamente superiores no período de AB, indicando que o processo de diluição interfere mais nas concentrações destes elementos.

O comportamento de alguns elementos se altera quando observada a sua fração dissolvida. Como fração dissolvida somente os elementos As, Cd, Co e Fe apresentaram diferenças significativas, com médias superiores nas AA e somente o V para AB. Em Tabela 3 encontram-se os p-valores obtidos por meio do teste de Wilcoxon. As médias para cada período constam em Tabela 2.

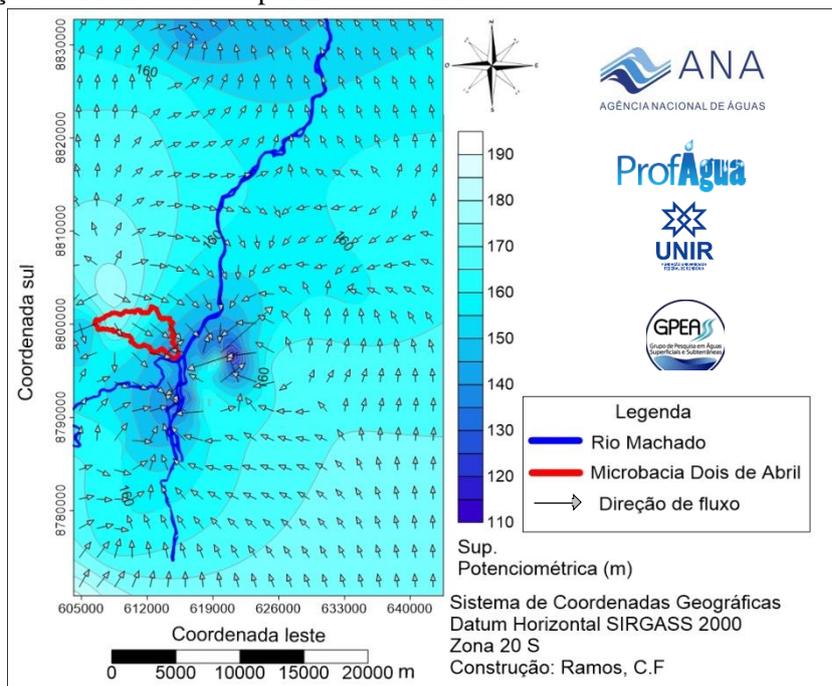
**Tabela 3:** P-valores obtidos por meio do teste de Wilcoxon para as médias nos períodos hidrológicos analisados

| <b>Elemento traço</b> | <b>p-valor - Fração Total</b> | <b>p-valor – Fração Dissolvida</b> |
|-----------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Al                    | 0,65                          | 0,08                               |
| As                    | <b>0,004</b>                  | <b>0,003</b>                       |
| Ba                    | 0,22                          | 0,12                               |
| Cd                    | <b>0,000001</b>               | <b>0,00006</b>                     |
| Co                    | 0,12                          | <b>0,02</b>                        |
| Cr                    | <b>0,025</b>                  | 0,21                               |
| Cu                    | 0,27                          | 0,35                               |
| Fe                    | <b>0,028</b>                  | <b>0,025</b>                       |
| Mn                    | 0,72                          | 0,36                               |
| Ni                    | <b>0,0079</b>                 | 0,13                               |
| Pb                    | <b>0,038</b>                  | 0,22                               |
| Sr                    | 0,20                          | 0,80                               |
| V                     | <b>0,000002</b>               | <b>0,00006</b>                     |
| Zn                    | <b>0,007</b>                  | 0,56                               |

Fonte: A autora.

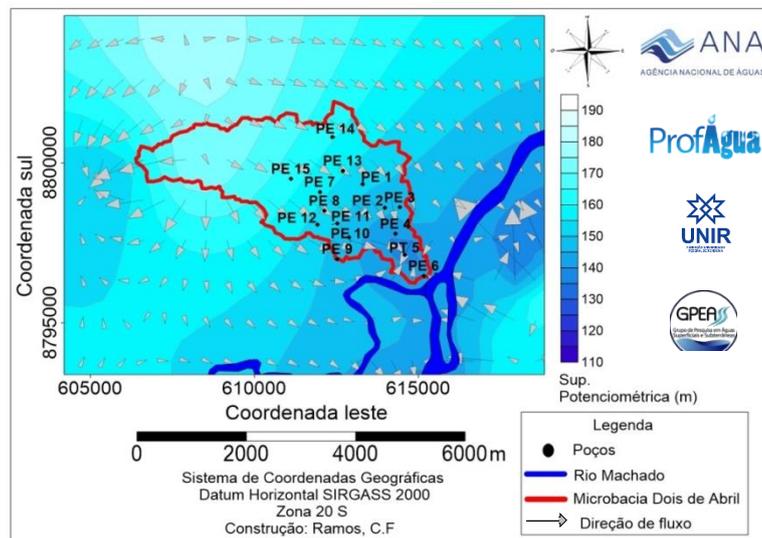
Com relação aos níveis estáticos obtidos por meio dos poços cadastrados na plataforma do SIAGAS, verificou-se que o menor valor foi 2,49m e o maior à 60m, tendo sido obtida uma média de 11,4m. Os

valores de superfícies potenciométricas variaram entre 105m à 188,26m. Em Figura 2 encontra-se o Mapa de Direção de Fluxo obtido a partir destes valores.



**Figura 2:** Mapa de Direção de Fluxo obtido a partir das superfícies potenciométricas dos poços tubulares cadastrados no SIAGAS. Organizado por: A autora.

Por meio da Figura 2 é possível verificar que a tendência da direção de fluxo da água subterrânea do município de Ji-Paraná é em contribuição ao Rio Machado, localizado na região de convergência do fluxo identificado no mapa. Logo o Rio Machado e as áreas úmidas formadas ao seu redor referem-se a corpos hídricos efluentes, pois recebem a água do subsolo, como definido em Manzione (2014). Ao aproximar a imagem com enfoque à microbacia do Igarapé Dois de Abril obtém-se a Figura 3.



**Figura 3:** Aproximação do Mapa de Direção de Fluxo com enfoque para a microbacia do Igarapé Dois de Abril. Fonte: A autora.

A partir da Figura 3 foi possível identificar que a direção de fluxo na microbacia é predominante para o sentido sul-sudeste, dos pontos amostrados localizados nas regiões com as maiores superfícies potenciométricas em análise na microbacia urbana destacam-se: PE 15, PE 14, PE 13, PE 7, PE 8 e PE 3. E nas regiões com as menores superfícies potenciométricas: PE 1, PE 2, PE 11, PE 9 e PE 6.

Recorda-se que os pontos com as maiores concentrações de elementos-traços referem-se aos PE 3, PE 11 e PE 15 para alumínio, PE 4 e PE 14 para ferro e PE 9 e PE 15 para chumbo. Para os pontos de PE 15 e PE 3 a elevada concentração do alumínio pode estar relacionada a característica do solo/rocha como discutido anteriormente, assim como a presença de ferro no PE 4 e PE 14 e de bário no PE 3.

Com relação ao chumbo, no PE 9 pode ser justificável por se tratar de um dos pontos amostrados com as menores superfícies potenciométricas da microbacia, ou seja recebe contribuição das atividades desenvolvidas no subsolo da microbacia, a qual apresenta diversas atividades de mecânicas, lavadores de automóveis, cerâmica, postos de combustíveis, hospitais, indústrias de alimento, empresas de tratamento de resíduos perigosos, empresas de artefatos de cimento, madeireiras, empreendimentos de comércio de sucatas (ferro velhos) dentre outros. A elevada concentração de chumbo no PE 15 pode estar relacionada a contaminação pela parte rural da microbacia e pelas microbacias ao redor que tem predominância de produção agrícola e pecuária, e também os fertilizantes e pesticidas são uma importante fonte de chumbo ao meio ambiente (SISINNO et al., 2013; WHO, 2017).

Verifica-se que os quatro poços que apresentaram concentração detectável de chumbo no período de AB (PE 3= 0,084; PE 13= 2,49; PE 14= 0,25 e PE 15= 6,89  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ), refere-se à 4 dos 6 pontos com as maiores superfícies potenciométricas da área de estudo.

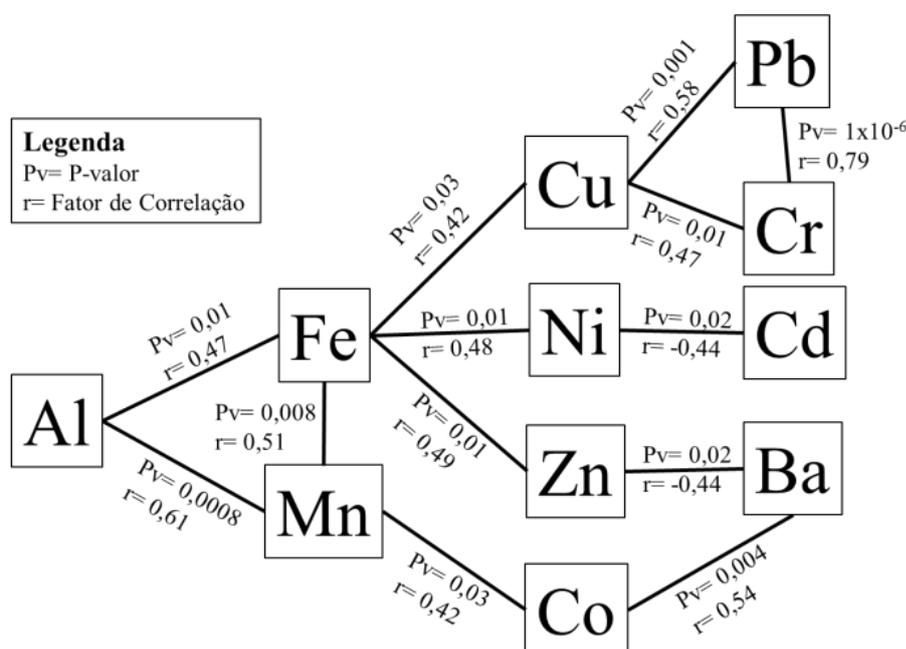
Os quatro pontos de amostragem possuem outro fator em comum, estão localizados próximos a chaminés de indústrias, os PE 13 e 15 próximos à chaminés de madeireiras, o PE 3 à chaminé de uma cerâmica e o PE 14 localiza-se próximo à chaminés do setor industrial da cidade, o que pode

justificar os resultados obtidos é a possível contaminação desses poços por fumaça/cinzas com presença de chumbo.

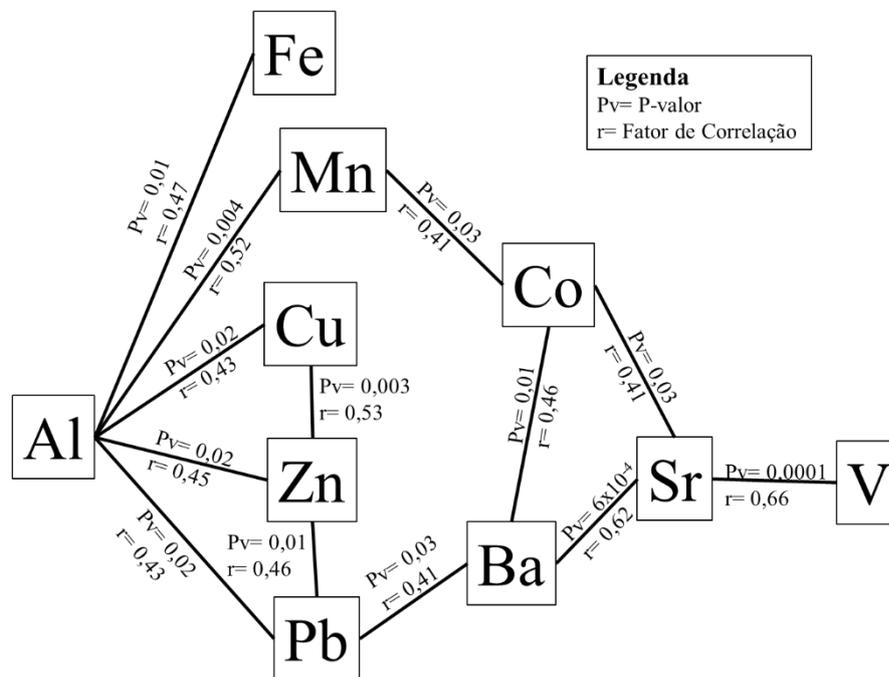
Khalil (2012) atribuiu a contaminação do lençol freático de Cairo (Egito) por chumbo à fumaça emitida por chaminés e/ou poeira soprada de minério que atingem a água subterrânea por três canais: (1) por meio dos poços; (2) das fossas rudimentares, e; (3) das águas superficiais quando em regime de curso influente.

Também para área em estudo pode-se atribuir a contaminação de Pb na água subterrânea por fumaça/poeira nestes pontos.

Se tratando da correlação entre os elementos-traços, foi verificada significância entre as correlações representadas em Figuras 4 para o período de AA e 5, nas AB.



**Figura 4:** Organograma das correlações significativas entre as concentrações de elementos-traços obtidas no período de Águas Altas. Fonte: A autora.



**Figura 5:** Organograma das correlações significativas entre as concentrações de elementos-traços obtidas no período de Águas Baixas. Fonte: A autora.

Os resultados representados nas figuras 4 e 5 indicam que a presença dos elementos-traços que apresentaram correlação significativa variando de regular a forte possuem as mesmas fontes, podendo ser atribuídas às fossas rudimentares, ao uso do solo no entorno, como existência de mecânicas, lavadores de veículos, cerâmicas, madeiras, atividade rural com intenso uso de defensivos agrícolas e fumaças/poeiras.

### Conclusão

Por meio desta pesquisa foi detectada a presença de elementos-traços na água subterrânea da microbacia do igarapé Dois de Abril, estando esta água com concentrações acima do VMP para os seguintes elementos: Al (P3, P11 e P15), Pb (P9, P15), Fe (P4, P14) e Ba (P3).

As médias para concentrações de As, Cd, Co, Cr, Fe, Ni, Pb, V e Zn apresentaram diferença significativa entre os períodos analisados, sendo que V e Zn possuem maiores concentrações no período de águas baixas e as demais substâncias no período de águas altas.

A direção de fluxo subterrâneo predominante do município de Ji-Paraná ocorre em contribuição ao Rio Machado, que para a microbacia do igarapé Dois de Abril refere-se ao sentido sul-sudeste. Os pontos amostrados localizados nas regiões com as maiores superfícies potenciométricas da microbacia em estudo são: PE 15, PE 14, PE 13, PE 7, PE 8 e PE 3. E os com as menores são: PE 1, PE 2, PE 11, PE 9 e PE 6.

Foi detectada presença de Pb em 4 dos 6 pontos com as maiores superfícies potenciométricas no período de AB, tendo sido relacionada a contaminação por meio de fumaça/poeira de chaminés e queimadas intensamente realizadas neste período na região.

As demais correlações significativas encontradas entre as substâncias analisadas indicam mesma fonte tendo sido atribuída a geoquímica do solo e geologia da região, à baixos valores de pH encontrados na água subterrânea e o uso e ocupação do solo da região da microbacia do Igarapé Dois de abril, que tem característica rural e urbana.

### **Referências**

APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. Edition 27. Washington, 2017.

BAÍÁ, C.C. **Qualidade microbiológica e físico-química das águas subterrâneas da cidade de Porto Velho – RO**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente). Núcleo de Ciências Exatas e da Terra. Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2020.

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

BRASIL. Resolução nº 396 de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Diário Oficial da União, n. 66, 07 abr, 2008a. 66p.

BRASIL. Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, n. 85, 04 maio 2021, 127p.

BROWN, G; tradução e adaptação: CROSTA, A. P. Os recursos físicos da terra – Bloco 4 Parte 1 Recursos Hídricos. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2000.

CALLEGARI-JACQUES, S.M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CHAVES, C.L. Avaliação das concentrações de metais pesados em áreas de deposição de lixo no município de Ji-Paraná – Rondônia. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2013.

CRESSIE, N. The Origins of Kriging. **Mathematical Geology**, v. 22, n.3, 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

*ESTATCAMP. Software Action. Estatcamp- Consultoria em estatística e qualidade, São Carlos - SP, Brasil, 2014.* Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/>

FIITS, C.R. **Águas Subterrâneas**, 2ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

GOLDEN SOFTWARE. Software Surfer. Golden Software, Golden, Colorado, 2011. Disponível em: < [www.goldensoftware.com](http://www.goldensoftware.com)>.

HEATH, R. C. **Hidrologia Básica de Água Subterrânea**. Título original: Geological Survey Water Supply Paper. Trad. WREGGE, M. & POTTER, P. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas Núcleo Sul-ABAS, 1982.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Geociências – Cartas e Mapas – Brasil: Informações Ambientais – Unidades de Relevo – Relevo\_2006.pdf. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15827-unidades-de-relevo.html?=&t=downloads> >. Acesso em 30 de novembro de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE - EMBRAPA - Mapa de Solos do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2001 - Escala 1:5.000.000. Disponível em: < [http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/mapa\\_solos.php](http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/mapa_solos.php)>. Acesso em: 24 de agosto de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAIS. INPE. *TOPODATA Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil*. Disponível em < <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>>. Acesso 15 de novembro de 2021.

Ji-PARANÁ. **Plano municipal de saneamento básico drenagem urbana e manejo de águas pluviais – Ji-Paraná**. Fundamento MCP: 2013.

KHALIL, M. Magnetic, geo-electric, and groundwater and soil quality analysis over a landfill from a lead smelter, Cairo, Egypt. **Journal of Applied Geophysics**, n. 86, 2012.

LAUREANO, J.J; RAMOS, C.F; LOPES, D.S; SOUSA, L.M; RECKTENVALD, M.C.N.N; JÚNIOR, W.A.C; ROSA, A.L.D; GOMES, B.M; MENDONÇA, A.P; LEITE, N.K; BASTOS, W.R; NASCIMENTO, E.L. Qualidade das águas subterrâneas e fluxo subterrâneo no sul da Amazônia, Brasil. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 10, n. 6, out-nov. 2019.

MANZIONE, R.L. **Águas Subterrâneas: Conceitos e Aplicações sob uma visão multidisciplinar.** Paco Editorial: São Paulo, 2014.

PAVANELLO, L. F. S. **Qualidade da água subterrânea no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Sanitarista e Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2018.

RAMOS, C. F.; LAUREANO, J.J; ROSA, A.L.D; GOMES, B.M; GOMES, J.P.O; OLIVEIRA, G.A; MENDONÇA, A.P; BASTOS, W.R; NASCIMENTO, E.L. Avaliação da qualidade da água subterrânea no município de Ji-Paraná, Rondônia, região Amazônica brasileira. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 7, julho, 2021.

RIBEIRO, V.A. Poluentes Orgânicos e Inorgânicos nas águas subterrâneas da cidade de Porto Velho – RO. Dissertação (Mestrado). Núcleo de Ciências Exatas e da Terra. Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, 2019.

ROCHA, L. C. R.; HORBE, A. M. C. Contaminação provocada por um depósito de lixo no aquífero Alter do Chão em Manaus-AM. **Acta Amazonica**. Manaus 2006, vol.36(3). p. 307-312.

SANTOS, T.A. **Diagnostico ambiental e modelagem matemática aplicada em microbacias urbanas no município de Ji-Paraná (RO): subsídios ao enquadramento normativo.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Sanitarista e Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2018.

SCANDOLARA, J. E. **Geologia e evolução do terreno Jamari, embasamento da faixa sunsas/aguapeí, centro leste de Rondônia, sudoeste do cráton amazônico.** Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências, Universidade Federal de Brasília, 2006.

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL – SEDAM. **Boletim Climatológico de Rondônia - 2010.** Porto Velho: 2012.

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL – SEDAM. **Boletim Informativo Climático do estado de Rondônia nº 5.0 – Período seco de 2019.** Porto Velho: 2019.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. CPRM. *Sistema de informações de águas subterrâneas-SIAGAS.*

Disponível em < [http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa\\_complexa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php)>  
Acesso 15 de novembro de 2021.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – SIAGAS. Pesquisa Geral. Disponível em: < [http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa\\_complexa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php)>.

SILVA, A.C. Estudo da contaminação do lençol freático através da integração de técnicas geoquímicas e geofísicas em Ji-Paraná – RO. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2008.

SILVA, A.C.S; 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 (online)**, v. 11, n.2, p. 101-112, 2009.

SISINNO, C. L. S; OLIVEIRA-FILHO, E.C. **Princípios de Toxicologia Ambiental**, 1 ed. Editora Interciência, 2013.

VON-SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. UFMG/Belo Horizonte-MG, 470p, 2014.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. Barium in Drinking – water. WHO: Genebra, 2016

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. WHO: Genebra, 2017.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do desenvolvimento desta pesquisa elenca-se as principais problemáticas observadas na microbacia com relação a qualidade da água subterrânea e o consumo humano desta água:

- Qualidade imprópria da água subterrânea para consumo humano;
- Ausência de monitoramento da qualidade da água subterrânea consumida pela população rural e urbana;
- Ausência de orientação à população quanto a cuidados construtivos dos poços, tratamentos simples da água antes do consumo, como cloração e filtração, entre outros;
- Ausência de informação quanto a quantidade de pessoas que adere ao uso de poços para captação da água para consumo e a motivação para o uso, tendo em vista que a área urbana se trata de uma região provida de rede de distribuição de água;
- Lançamento de esgoto *in natura* no solo;
- Ausência de ações de educação ambiental quanto aos cuidados que a população pode exercer para reduzir a contaminação da água subterrânea;
- Funcionamento sem o devido licenciamento ambiental de empresas como mecânicas, lavadores de veículos que podem estar contribuindo para a contaminação da água subterrânea, e;
- Ausência de controle de fumaças/gases, monitoramento de chaminés e partículas lançadas na atmosfera.

Diante das problemáticas observadas foi proposto um Plano de Ação para gestão da água subterrânea da microbacia, por meio do qual pretende-se apresentar etapas e materiais que ao serem cumpridos irá contribuir para reduzir o contato da população à água subterrânea contaminada e reduzir a contaminação da água subterrânea.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS E DE SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012**. Ed. Especial – Brasília: ANA, 2012. 215 p. ISBN 978-85-89629-89-8.

ANA. **ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores**. Brasília: ANA, 2019. 100 p. ISBN 978-85-8210-058-5.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informa anual**. Brasília: ANA, 2020. 118 p.

ANA. Indicadores dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS para o Brasil e regiões. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNmRkN2JjWQ4OWViOGUwIiwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItNDY5YS04YjRkLTY2N2ZjZDFiYWY4OCJ9>>. Acesso em: 18 de novembro de 2021.

BRASIL. Lei nº 94.33, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União de 09 de janeiro de 1997**.

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DE RONDÔNIA – CAERD. Ji-Paraná - Aviso de redução no abastecimento 26/08/2021. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNmRkN2JjMzctMzU2Mi00ODBmLTk3NDgtODFmMWQ4OWViOGUwIiwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItNDY5YS04YjRkLTY2N2ZjZDFiYWY4OCJ9>>. Acesso em: 18 de novembro de 2021.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico Sistema Aquífero Parecis no Estado de Rondônia, Bacia Sedimentar dos Parecis. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012.

CREMONESE, E.R; NASCIMENTO, E.L; ROSA, A.L.D; LAUREANO, J.J; OLIVEIRA, G.A; FERREIRA, R.F; MENDONÇA, A.P; NARCISO, F.D.S; BASTOS, W.R. Avaliação da concentração de mercúrio total em águas subterrâneas dos lixões ativo e desativado do município de Ji-Paraná – RO. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 21., 2015, Brasília. **Anais...** Brasília: ABRH, 2015.

FERREIRA, R.F; MENDONÇA, A.P; ROSA, A.L.D; NASCIMENTO, E.L; MARINHO, L.L.E; NASCIMENTO, R.K; MACHADO, I; LAUREANO, J.J; RAMOS, C.F; BUTZKE, K; BASTOS, W.B; STACHIW, R. Análise microbiológica da água subterrânea da comunidade Santa Rosa, entorno da Reserva Biológica do Jaru, Rondônia. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 21., 2015, Brasília. **Anais...** Brasília: ABRH, 2015.

GLOBO. Manutenção na CAERD deixa 7 mil casas sem abastecimento de água em Ji-Paraná – RO. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2021/10/14/manutencao-na>>

caerd-deixa-7-mil-casas-sem-abastecimento-de-agua-em-ji-parana-ro.ghtml>. Acesso em: 18 de novembro de 2021.

LAUREANO, J.J; RAMOS, C.F; LOPES, D.S; SOUSA, L.M; RECKTENVALD, M.C.N.N; JÚNIOR, W.A.C; ROSA, A.L.D; GOMES, B.M; MENDONÇA, A.P; LEITE, N.K; BASTOS, W.R; NASCIMENTO, E.L. Qualidade das águas subterrâneas e fluxo subterrâneo no sul da Amazônia, Brasil. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 10, n. 6, out-nov. 2019.

LAUREANO, J.J; MENDONÇA, A. G; LOPES, D.S; SOUSA, L. M; LIMA, T. O; ROSA, A. L. D; BASTOS, W. R; NASCIMENTO, E.L. Análise da qualidade da água subterrânea: Estudo de caso na microbacia do Igarapé Nazaré (Rondônia, Amazônia ocidental). **Revista Brasileira de Águas Subterrâneas**, Seção de Estudos de Caso e Notas Técnicas, 2020.

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

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, 2012.

OLIVEIRA, G.A; NASCIMENTO, E.L; ROSA, A.L.D; LAUTHARTTE, L.C; BASTOS, W. R; BARROS, C.G.D; CREMONESE, E.R; BENT, 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.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. Resolução A/RES/64/292 de 28 de julho de 2010. Declara a água limpa e segura e o saneamento um direito humano essencial para gozar plenamente a vida e todos os outros direitos humanos. Programa da Década da Água da ONU – Água sobre Advocacia e Comunicação (UNW-DPAC). 2010.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 18 de novembro de 2021.

RAMOS, C. F; LAUREANO, J.J; ROSA, A.L.D; GOMES, B.M; GOMES, J.P.O; OLIVEIRA, G.A; MENDONÇA, A.P; BASTOS, W.R; NASCIMENTO, E.L. Avaliação da qualidade da água subterrânea no município de Ji-Paraná, Rondônia, região Amazônica brasileira. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 7, julho, 2021.

REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – RIMAS. Principal. Disponível em:< <http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/index.php>>. Acesso em: 18 de novembro de 2021.

TUNDISI, J.G; MATSUMURA - TUNDISI, T.M. Recursos Hídricos no Século XXI. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

**APÊNDICE A**  
**FICHA DE CAMPO**



**Fundação Universidade Federal de Rondônia**  
**MESTRADO PROFISSIONAL PROFÁGUA**

**Laboratório de Limnologia e Microbiologia Ambiental-LABLIM**

**Ficha de campo**

**Projeto:** AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA MICROBACIA DO IGARAPÉ DOIS DE ABRIL.

Data da coleta: \_\_\_\_\_ responsável pelas anotações: \_\_\_\_\_

Coordenadas: fossa \_\_\_\_\_ poço \_\_\_\_\_

Cota: fossa \_\_\_\_\_ poço \_\_\_\_\_

1) O poço possui revestimento? ( ) sim ( ) não

Se sim: ( ) manilha ( ) alvenaria ( ) outro \_\_\_\_\_

2) O poço possui tampa? ( ) sim ( ) não

Se sim: ( ) tampa de madeira ( ) tampa de alvenaria ( ) outra

3) Condições de manutenção da tampa: ( ) em boas condições ( ) em más condições  
(tampas quebradas com orifícios, etc)

4) Retirada da água do poço: ( ) manualmente com balde ( ) bombeamento para caixa  
d'água ( ) outro \_\_\_\_\_

5) Profundidade poço: \_\_\_\_\_ profundidade superfície: \_\_\_\_\_

6) Tipo de esgotamento sanitário utilizado:

( ) fossa negra ( ) fossa séptica ( ) lançamento em corpos d'água ( ) rede de esgoto

7) Distância poço-fossa: \_\_\_\_\_

observações:

---

---

---

Variáveis:

1° coleta: OD \_\_\_\_\_ T° \_\_\_\_\_ pH \_\_\_\_\_ CE \_\_\_\_\_ TDS \_\_\_\_\_

2° coleta: OD \_\_\_\_\_ T° \_\_\_\_\_ pH \_\_\_\_\_ CE \_\_\_\_\_ TDS \_\_\_\_\_

**APÊNDICE B**  
**QUESTIONÁRIO SOCIO-AMBIENTAL**



**Fundação Universidade Federal de Rondônia**  
**MESTRADO PROFISSIONAL PROFÁGUA**

**Laboratório de Limnologia e Microbiologia Ambiental-LABLIM**  
**Questionário sócio-ambiental**

**Projeto:** AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA MICROBACIA DO IGARAPÉ DOIS DE ABRIL.

**Data da coleta:** \_\_\_\_\_

**Nome do responsável:** \_\_\_\_\_ **Idade:** \_\_\_\_\_

**Endereço:** \_\_\_\_\_ **telefone:** \_\_\_\_\_

8) Tipo instalação predial:

( ) residência de alvenaria ( ) residência de madeira

( ) comércio tipo: \_\_\_\_\_

Outros: \_\_\_\_\_

9) Quantas pessoas moram na residência?

Crianças (menores de 12 anos): \_\_\_\_\_

Jovens (13 a 17 anos): \_\_\_\_\_

Adultos: \_\_\_\_\_

10) Há quanto tempo reside ( trabalha, caso comércio) nesta área?

( ) menos de 5 anos

( ) de 5 a 10 anos

( ) de 10 a 20 anos

( ) mais de 20 anos

11) Como foi a aquisição do terreno?

( ) comprou ( ) ganhou ( ) grilou

12) Qual é a fonte de água que é utilizada pela família?

( ) poço ( ) CAERD ( ) outra fonte

13) Se for poço, faz algum tipo de tratamento da água antes de consumir?

adição de cloro na caixa d'água  adição de cloro na água  
 filtragem  ferve a água  não trata

14) Se adiciona cloro, qual a frequência?

1 vez por mês  1 vez a cada 15 dias  1 vez por semana  
 outros \_\_\_\_\_

15) Qual a destinação final do lixo doméstico da sua residência?

16) Se houver coleta pela prefeitura, qual a frequência?

1x/ semana  2x/semana  3x/ semana  mais 3x por semana

17) Existe rede de esgoto no seu bairro?

sim  não

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

fossa negra  rio ou outro corpo d'água  outro \_\_\_\_\_

19) Na sua família houve ou há frequência nos casos de doenças como:

diarreia  coceira na pele/alergia após contato com a água

vômito  dor de estomago  câncer  dor de cabeça frequente.

Observações:

---

---

---

---

**APÊNDICE C**  
**PROPOSTA DE PLANO DE AÇÃO**

**Autores:**

Caryne Ferreira Ramos

Josilena de Jesus Laureano

Elisabete Lourdes do Nascimento

Ana Lúcia Denardin da Rosa



**Plano de Ação para a gestão da água subterrânea da  
microbacia do igarapé Dois de Abril (Ji-Paraná): enfoque  
ambiental e de saúde pública.**

Ji-Paraná

2021



## Apresentação

Este Plano de Ação consiste em um produto da pesquisa realizada para verificar a qualidade da água subterrânea da microbacia do igarapé Dois de Abril em Ji-Paraná, Rondônia, desenvolvida através do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos-Prof<sup>á</sup>gua oferecido por meio da Fundação Universidade Federal de Rondônia-UNIR, campus Ji-Paraná. O desenvolvimento do projeto contou com o apoio do Grupo de Pesquisa em Águas Superficiais e Subterrâneas-GPEASS, do Grupo de Pesquisa do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang Christian Pfeifer-LABGEOq, do Departamento de Engenharia Ambiental-DAEA e da UNIR. Também teve o apoio financeiro do Prof<sup>á</sup>gua (Projeto CAPES/ANA AUXPE 2717-2015) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq (Edital Universal 2018, Processo n° 432074/2018-0).

A microbacia do igarapé Dois de Abril é importante contribuinte para a bacia hidrográfica do rio Machado. É responsável pela drenagem dos bairros em Ji-Paraná: Residencial Bosque dos Ipês, Colina Park I e II, São Bernardo, Santiago, Jardim Aurélio Bernardi, Jardim Presidencial, Dois de Abril, Centro, parte do bairro Urupá e Casa Preta, alcançando uma extensão de aproximadamente 23km<sup>2</sup>.

A qualidade da água subterrânea da microbacia foi avaliada com base em 15 amostras de água coletadas em poços de residências urbanas, utilizados para captação da água para o consumo humano.

Os poços/residências foram escolhidos aleatoriamente onde os responsáveis concordaram com a coleta e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa conforme consta em Parecer n° 3.941.852. As coletas foram realizadas nos meses de fevereiro e março de 2019, os quais representam o período hidrológico de intensidade pluviométrica e em setembro de 2019, o qual representa o período de menor pluviosidade.

Foram realizadas análises *in loco*, como condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico e temperatura, por meio de sondas específicas. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Limnologia e Microbiologia-LABLIM/UNIR,

campus Ji-Paraná. As análises realizadas foram: coliformes totais, *Escherichia coli*, turbidez, amônia, nitrito, nitrato, fósforo total e dissolvido. Tais análises foram realizadas de acordo com os métodos descritos em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017).

Também foram realizadas análises de elementos-traços (alumínio-Al, arsênio-As, cádmio-Cd, cromo-Cr, manganês - Mn, chumbo-Pb, zinco-Zn, Bário-Ba, cobalto-Co, cobre-Cr, estrôncio-Sr, vanádio-V e níquel-Ni), através da técnica de ICP-OS (Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Acoplado Indutivamente, Perkim Elmer). Estas análises foram realizadas no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental-LABIOGEOQ da UNIR, campus Porto Velho.

Os resultados obtidos demonstraram que a água subterrânea da microbacia do igarapé Dois de Abril se encontra com presença de indicadores de contaminação por esgoto doméstico. Sendo eles, a elevada densidade de unidades formadoras de colônia de Coliformes Totais e *E.coli*, assim como pela presença de nutrientes como o nitrato e o fósforo.

Tendo como base os aspectos hidrossanitários (condição da tampa e revestimento do poço), conferidos à maioria dos poços como em boas condições (86,7%), atribui-se como causa à contaminação observada e com base nos resultados disponíveis, o fato do nível da água ser próximo à superfície e pela destinação do esgoto ocorrer por fossas rudimentares e sépticas.

Em alguns poços, foram constatadas concentrações superiores ao Valor Máximo Permitido-VMP para os seguintes elementos-traços: Alumínio (20%), Bário (6,67%), Ferro (6,67%) e Chumbo (13,4%), indicando que a ocorrência destes contaminantes para água subterrânea da microbacia do Dois de Abril é pontual.

Tendo em vista que esta água subterrânea é utilizada para consumo humano por parte da população da microbacia, e que na maioria dos casos não é realizada qualquer forma de tratamento da água, vê-se a necessidade de ações que sejam realizadas conjuntamente para reduzir e/ou extinguir o contato da população à água subterrânea contaminada e contribuir para redução desta contaminação, diante deste contexto apresenta-se este Plano de Ação.

O Plano de Ação é constituído de 7 capítulos sendo eles: 1. Justificativa; 2. Objetivos; 3. Etapas da Ação; 4. Diretrizes de capacitação; 5. Monitoramento e avaliação; 6. Organograma da ação, e; 7. Referências.



## Sumário

|  |    |
|--|----|
| <b>1 - Justificativa</b> .....   | 6  |
| <b>2 - Objetivos</b> .....   | 7  |
| <b>3 – Ações para alcance dos objetivos</b> .....                              | 8  |
| <b>3.1 Especificação da ação 1</b> .....                                       | 9  |
| <b>3.2 Especificação da ação 2</b> .....                                       | 9  |
| <b>3.3 Especificação da ação 3</b> .....                                       | 10 |
| <b>3.4 Especificação da ação 4</b> .....                                       | 11 |
| <b>3.5 Materiais para ação 1</b> .....   | 12 |
| 3.5.1 Ficha para cadastramento dos poços .....                                 | 12 |
| 3.5.2 Mapa da microbacia do igarapé Dois de Abril.....                         | 13 |
| <b>3.6 Materiais para ação 2</b> .....   | 17 |
| 3.6.1 Definição da quantidade e distribuição dos poços para amostragem .....   | 14 |
| 3.6.2 Coleta de água subterrânea – equipamentos e procedimentos .....          | 17 |
| 3.6.3 Parâmetros a serem analisados.....                                       | 19 |
| 3.6.4 Ficha de Campo.....  | 21 |
| <b>3.7 Materiais para ação 3</b> .....   | 21 |
| 3.7.1 Levantamento das escolas públicas e privadas .....                       | 21 |
| 3.7.2 Levantamento dos Centros de Referência de Assistência Social - CRAS..... | 23 |
| 3.7.3 Levantamento das Igrejas .....   | 24 |
| 3.7.4 Divulgação nas Unidades Básicas de Saúde - UBS.....                      | 25 |
| <b>4 – Diretrizes para capacitação</b> .....                                   | 26 |
| <b>4.1 Conteúdo para capacitação 01</b> .....                                  | 27 |
| <b>4.2 Conteúdo para capacitação 02</b> .....                                  | 27 |
| <b>4.3 Conteúdo para capacitação 03</b> .....                                  | 28 |
| <b>5 – Monitoramento e avaliação</b> .....                                     | 29 |
| <b>6 – Organograma da ação</b> .....   | 30 |
| <b>7 – Referências</b> .....   | 31 |



## **1 - Justificativa**

Devido o acesso à água potável e ao esgotamento sanitário ser garantia de saúde e redução de agravos e doenças de transmissão hídrica, constitui um dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável–ODS. Corresponde ao Objetivo 6–Assegurar a disponibilidade e a gestão da água e saneamento para todos, e a meta 6.1 almeja alcançar o acesso universal e equitativo à água potável, segura e acessível para todos até 2030.

Como consequência da necessidade de se garantir a qualidade da água para consumo humano, a fim de evitar a ocorrência de fatos epidemiológicos, o Ministério da Saúde ficou responsável, por meio do Decreto nº 79.367 de 09 de março de 1977, à estabelecer normas e padrão de potabilidade, assim como fiscalizar e controlar para garantir o cumprimento das normas e do padrão de potabilidade, em conjunto com órgãos e entidades dos Estados, Municípios e Territórios.

Neste sentido foi criado o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano - Vigiágua. Dentre os objetivos do Vigiágua destaca-se:

- i. Diagnosticar a situação do abastecimento de água, avaliar e gerenciar os riscos à saúde a partir das informações geradas e da avaliação do cumprimento da norma de potabilidade vigente;
- ii. Cobrar dos responsáveis pelo abastecimento de água providências para melhoria das condições sanitárias das formas de abastecimento de água;
- iii. Subsidiar a participação e o controle social por meio da disponibilização de informações à população sobre qualidade da água consumida.

De acordo com as informações contidas no Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano - SISAGUA (2019), aproximadamente 7 milhões de brasileiros consomem água sem atender as exigências mínimas dos padrões de potabilidade, destes, em torno de 38% encontram-se na região norte. O estado de Rondônia consta com a ausência de informação sobre o abastecimento de 39,31% da população.

O restante da população se dividi em 50,23% abastecida por Sistema de Abastecimento de Água–SAA, 4,17% por Sistemas Alternativos Coletivos–SAC e 6,29% por Sistemas Alternativos Individuais–SAI, dentre os quais encontra-se a captação da água subterrânea por meio de poços.

Diante desses dados, observa-se três problemáticas para o estado de Rondônia, a primeira é referente à falta de informação quanto à forma de abastecimento de água de 39,31% da população, a segunda quanto à vigilância da água distribuída pelos SAA à 50,23% e a terceira diz respeito a necessidade de inspecionar o abastecimento de 10,46% da população.

Inspeção que se demonstra extremamente necessária tendo em vista os resultados encontrados para qualidade da água subterrânea captada de 15 poços da microbacia do Igarapé Dois de Abril, que a população desta região está usando para consumo, leia mais sobre no tópico da Apresentação deste Plano de Ação.

A elaboração e execução deste Plano de Ação justificam-se pela existência das problemáticas elencadas durante este tópico, pela qualidade da água subterrânea encontrada na microbacia do Igarapé Dois de Abril, assim como para contribuir no cumprimento das metas e objetivos do VIGIÁGUA apresentados.



## **2 - Objetivos**

Diante das problemáticas verificadas durante a realização da pesquisa da qualidade da água subterrânea da microbacia do igarapé Dois de Abril, este Plano de Ação tem como objetivo apresentar etapas e materiais que ao serem cumpridos irá contribuir para:

- Reduzir o contato da população à água subterrânea contaminada;
- Reduzir a contaminação da água subterrânea.



### 3 – Ações para alcance dos objetivos

Com a finalidade de alcançar os objetivos traçados este plano foi dividido em quatro ações, sendo elas:

**1. Cadastramento dos poços existentes na microbacia:** Esta ação se faz necessária para tomar conhecimento de quantos residentes dos bairros localizados na microbacia do Igarapé Dois de Abril utilizam a água subterrânea para consumo humano por meio da captação por poços, qual o motivo para o uso da água de poço, qual a característica socioeconômica da população, qual uso para a água captada dos poços entre outros discriminados na Ficha de Cadastro (Pág. 12). A partir disso poderão ser melhor definidas as próximas ações, e haverá o diagnóstico do abastecimento de água da bacia produzindo informações que poderão contribuir com o programa Vigiágua.

**2. Coleta e análise da água subterrânea:** Esta ação se faz necessária, pois posterior ao cadastramento dos poços se tornará conhecido o número total de poços existentes na microbacia e desta forma poderá ser escolhida uma quantidade que possa representar o todo, assim como pela importância de se realizar constantemente análise da qualidade da água no decorrer dos anos nos diferentes períodos hidrológicos para certificar, contrariar e/ou complementar os resultados obtidos por meio da pesquisa em questão na microbacia;

**3. Educação ambiental com os usuários dos poços:** Posterior a confirmação quanto à qualidade da água subterrânea deverá ser repassada a informação aos usuários da água, cumprindo um dos objetivos do Vigiágua apresentados na Justificativa deste Plano de Ação (Pág. 6). Além disto, será repassado aos moradores os riscos ao se ingerir água subterrânea contaminada e os cuidados que os mesmos podem exercer para reduzir a sua contaminação;

**4. Licenciamento ambiental dos empreendimentos e comércios existentes na microbacia:** Por meio desta ação serão verificados quais empreendimentos e comércios possuem licença ambiental para operação. Os que não possuem serão incentivados a buscar a regularização. O empreendimento/comércio possuindo licença ambiental garantirá um monitoramento para evitar a contaminação do lençol freático por meio de lançamento de efluentes sem tratamento diretamente no solo, assim como para

regularizar o uso de poços para captação da água subterrânea para desenvolvimento das atividades econômicas.

A seguir a especificação de cada ação:

**AÇÃO 1:**

**CADASTRAMENTO DOS POÇOS**

**3.1 Especificação da ação 1**

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <b>DESCRIÇÃO:</b>  |  | <b>CADASTRAMENTO DOS POÇOS EXISTENTES NA MICROBACIA</b>  |  |
| <b>Atores da ação:</b>   |  | Secretaria de Saúde  |  |
| <b>FERRAMENTAS E RECURSOS</b>  |  | <b>COMO FAZER</b>  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipe capacitada;</li> <li>• Pranchetas;</li> <li>• Mapas da microbacia com roteiro de cadastro;</li> <li>• Ficha para cadastro, e;</li> <li>• Canetas.</li> </ul> |  | A equipe capacitada irá nas residências e/ou comércio seguindo um roteiro do mapa organizado para preenchimento das fichas de cadastro. As fichas podem compor um arquivo digital, planilha ou outro que possibilite a geração de gráficos e outras formas de resumo, descrição e análise das informações. |  |
| <b>Parceiros:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidade;</li> <li>• Estagiários;</li> <li>• Funcionários da Secretaria Municipal de Saúde</li> </ul> |  |  |

**AÇÃO 2:**

**COLETA E ANÁLISE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA**

**3.2 Especificação da ação 2**

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <b>DESCRIÇÃO:</b>   |  | <b>COLETA E ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DE MAIS POÇOS DA MICROBACIA</b>   |  |
| <b>Atores da ação:</b>  |  | Secretaria de Saúde em conjunto com a Universidade e instituições de pesquisa  |  |
| <b>FERRAMENTAS E RECURSOS</b>   |  | <b>COMO FAZER</b>  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipe capacitada;</li> <li>• Amostra escolhida (poços) com base no total de poços existentes na microbacia, distribuídos estrategicamente para representar a qualidade da água subterrânea em toda extensão da microbacia, utilizar as fichas de cadastro como base para escolha;</li> <li>• Escolha dos meses representativos dos períodos hidrológicos para realizar a coleta;</li> <li>• Pranchetas;</li> <li>• Canetas;</li> <li>• Mapa da microbacia com demarcação dos poços escolhidos para serem amostrados;</li> <li>• Coletor específico para profundidade;</li> <li>• Estabelecimento dos parâmetros a serem analisados com base na disponibilidade dos atores e parceiros da ação e exigido pela Portaria MS nº 888/2021;</li> <li>• Material para coleta conforme recomendado em Guia</li> </ul> |  | A equipe capacitada, tendo como base as fichas de cadastro, irá escolher uma amostra em quantidade aproximada à obtida por meio de fórmula disponibilizada em Materiais para ação, a distribuição da amostra deve representar a qualidade da água em toda extensão da microbacia. Posterior escolha dos pontos, serão inseridos no mapa da microbacia para facilitar no momento da coleta. Os meses em que ocorrerá a coleta e os parâmetros que serão analisados deverão ser escolhidos de acordo com a disponibilidade de materiais e recursos dos atores e parceiros da ação, de forma a atender a Portaria MS nº 888/2021. Antes da coleta deverão ser organizados os materiais e equipamentos para a coleta e a análise. Será realizada coleta seguindo as recomendações do Guia Nacional de Coleta e Preservação de amostras (ANA, 2011) com auxílio de um coletor de profundidade e fichas de campo |  |

Continua...

|   |  |
|---|--|
| <p>Nacional de Coleta e Preservação de amostras (ANA, 2011) de acordo com os parâmetros escolhidos;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichas de campo;</li> <li>• Materiais e equipamentos para procedimentos em laboratório conforme o recomendado por <i>Standard methods for the examination of water and wastewater</i> (APHA, 2017).</li> </ul> | <p>para anotação dos parâmetros obtidos <i>in loco</i>. O acondicionamento das amostras e procedimentos em laboratório deverá seguir as recomendações de <i>Standard methods for the examination of water and wastewater</i> (APHA, 2017).</p>   |
| <p>Parceiros:</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidade;</li> <li>• Estagiários;</li> <li>• Laboratórios de água e esgoto de iniciativa privada e pública existentes no município</li> <li>• Secretaria Municipal de Meio Ambiente;</li> <li>• Funcionários da Secretaria Municipal de Saúde;</li> </ul> |

**AÇÃO 3:**  
**EDUCAÇÃO AMBIENTAL COM OS USUÁRIOS DOS POÇOS**

| 3.3 Especificação da ação 3   |  |
|---|--|
| DESCRIÇÃO:  | EDUCAÇÃO AMBIENTAL COM USUÁRIOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA  |
| Atores da ação:   | Secretaria de Saúde e Secretaria de Educação   |
| FERRAMENTAS E RECURSOS  | COMO FAZER   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipe capacitada;</li> <li>• Materiais para alcançar a população por meio das escolas públicas e privadas existentes na microbacia;</li> <li>• Materiais para alcançar a população por meio de eventos em praças públicas existentes na microbacia;</li> <li>• Materiais para alcançar a população por meio das mídias sociais para sensibilização através de postagens;</li> <li>• Materiais para alcançar a população por meio dos Centros de Referência de Assistência Social - CRAS;</li> <li>• Materiais para alcançar a população por meio das igrejas existentes na microbacia e que se fizerem parceiras;</li> <li>• Materiais de divulgação para disponibilizar nas Unidades Básicas de Saúde – UBS existentes na microbacia.</li> </ul> | <p>A equipe capacitada irá analisar a Ficha para cadastramento dos poços para saber qual melhor linguagem a ser utilizada, observando a faixa etária, escolaridade, renda entre outras informações socioambientais da população. A Equipe com auxílio dos parceiros da ação irá preparar os materiais para as ações específicas e realizar as ações. Ideias e sugestões constam no tópico Materiais para Ação.</p> |
| <p>Parceiros:</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidade;</li> <li>• Estagiários;</li> <li>• Funcionários da Secretaria Municipal de Saúde;</li> <li>• Funcionários da Secretaria de Saúde;</li> <li>• Assessoria de Comunicação Social da Prefeitura;</li> <li>• Representantes das igrejas</li> <li>• Professores das escolas públicas e privadas;</li> <li>• Funcionários da Secretaria de Cultura</li> </ul>      |

**AÇÃO 4:****LICENCIAMENTO  
AMBIENTAL DE  
EMPREENDIMENTOS  
/COMÉRCIOS****3.4 Especificação da ação 4**

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <b>DESCRIÇÃO:</b>  |  | LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS E COMÉRCIOS EXISTENTES NA MICROBACIA  |  |
| <b>Atores da ação:</b>   |  | Secretaria de Saúde e Secretaria Municipal de Meio Ambiente  |  |
| <b>FERRAMENTAS E RECURSOS</b>  |  | <b>COMO FAZER</b>  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipe capacitada;</li> <li>• Por meio da ficha de cadastro (Ação 1) selecionar as empresas/comércios e realizar consulta ao registro de empresas licenciadas e/ou em licenciamento nos órgãos ambientais competentes;</li> <li>• Relação das empresas/comércios que não possuem regularização ambiental;</li> <li>• Ação de notificação por parte da Secretaria de meio ambiente estabelecendo prazo para regularização ambiental das empresas.</li> </ul> |  | <p>A equipe capacitada com base na ficha de cadastro irá selecionar as empresas/comércios existentes na microbacia e verificar se possuem licenciamento ambiental concluído ou em andamento. Posterior a equipe irá fazer relação das empresas que não se encontram regularizadas e passarão à Secretaria de Meio de Ambiente, a qual deverá notificar as empresas para dentro de determinado prazo busquem regularizar a atividade.</p> |  |
| <b>Parceiros:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidade;</li> <li>• Estagiários;</li> <li>• Funcionários da Secretaria Municipal de Saúde</li> <li>• Secretaria Municipal de Meio Ambiente;</li> </ul> |  |  |

**AÇÃO I:****CADASTRAMENTO  
DOS POÇOS****3.5 Materiais para ação I****3.5.1 Ficha para cadastramento dos poços**

|  |  |                                    |   |
|--|--|------------------------------------|---|
| <b>INFORMAÇÕES GERAIS</b>  |  | <b>NÚMERO DA FICHA:</b>            | <b>01</b>   |
| Data: / /  | Responsável pelas anotações:   |                                    |   |
| Nome do entrevistado:  |  |                                    |   |
| Telefone:  | Coord. Geográfica:   |                                    |   |
| Endereço:  |  |                                    |   |
| <b>IDENTIFICAÇÃO SOCIOAMBIENTAL</b>  |  |                                    |   |
| Tipo de instalação predial:  | <input type="checkbox"/> residência de alvenaria <input type="checkbox"/> residência de madeira <input type="checkbox"/> comércio, tipo: _____<br><input type="checkbox"/> outros: _____   |                                    |   |
| Quantas pessoas moram na residência:   | <input type="checkbox"/> Crianças (menores de 12 anos): _____<br><input type="checkbox"/> Jovens (13 a 17 anos): _____<br><input type="checkbox"/> Adultos: _____  | Há quanto tempo reside nesta área: | <input type="checkbox"/> menos de 10 anos;<br><input type="checkbox"/> entre 10 e 20 anos;<br><input type="checkbox"/> mais de 20 anos. |
| Como foi a aquisição do terreno:   | <input type="checkbox"/> Comprou <input type="checkbox"/> Ganhou <input type="checkbox"/> Grilou   |                                    |   |
| Escolaridade:  | <input type="checkbox"/> Nível fundamental ( <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> C) <input type="checkbox"/> Nível Médio ( <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> C) <input type="checkbox"/> Nível Superior ( <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> C)<br>I = Incompleto; C = Completo.  |                                    |   |
| Renda mensal da família:   | R\$ _____  |                                    |   |
| Qual destinação do lixo doméstico da sua residência:                                   |  |                                    |   |
| Se houver coleta pela Prefeitura, qual a frequência:                                   | <input type="checkbox"/> 1x/semana <input type="checkbox"/> 2x/semana <input type="checkbox"/> 3x/semana <input type="checkbox"/> mais de 3x/semana  |                                    |   |
| Qual destino do esgoto gerado na sua residência:                                       | <input type="checkbox"/> Rede de esgoto <input type="checkbox"/> Fossa negra <input type="checkbox"/> Rio <input type="checkbox"/> Outro: _____  |                                    |   |
| Nos moradores da sua residência houve ou há frequência dos seguintes sintomas/doenças: | <input type="checkbox"/> Diarréia <input type="checkbox"/> Coceira na pele/alergia após contato com a água <input type="checkbox"/> Vômito<br><input type="checkbox"/> Dor de estômago <input type="checkbox"/> Câncer <input type="checkbox"/> Dor de cabeça <input type="checkbox"/> Problemas renais  |                                    |   |
| <b>IDENTIFICAÇÃO DA FORMA DE ABASTECIMENTO</b>   |  |                                    |   |
| Forma de abastecimento   | <input type="checkbox"/> Sistema de Abastecimento de Água - SAA <input type="checkbox"/> Sistema Alternativo Coletivo - SAC<br><input type="checkbox"/> Sistema Alternativo Individual - SAI   |                                    |   |
| Tipo de abastecimento  | <input type="checkbox"/> Água Subterrânea <input type="checkbox"/> Água Superficial  |                                    |   |
| <b>PREENCHIMENTO EM CASO DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA</b>                           |  |                                    |   |
| Qual motivo para uso da água subterrânea:  | <input type="checkbox"/> Insatisfação com água ofertada pelo sistema de abastecimento<br>( <input type="checkbox"/> qualidade ruim <input type="checkbox"/> intermitência do serviço <input type="checkbox"/> Outro: _____)<br><input type="checkbox"/> Ausência de rede de abastecimento de água <input type="checkbox"/> Economia<br><input type="checkbox"/> Acreditar que a água subterrânea tem melhor qualidade<br><input type="checkbox"/> Outro: _____ |                                    |   |
| Se água subterrânea:   | <input type="checkbox"/> Poço Amazonas <input type="checkbox"/> Poço Tubular   | Possui revestimento:               | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não   |
| Se possui revestimento:  | <input type="checkbox"/> de manilha <input type="checkbox"/> de alvenaria <input type="checkbox"/> Outro: _____  |                                    |   |
| Possui tampa:  | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não  | Se possui tampa:                   | <input type="checkbox"/> de madeira <input type="checkbox"/> de alvenaria <input type="checkbox"/> outra: _____                         |
| Condições de manutenção da tampa:  | <input type="checkbox"/> boas condições <input type="checkbox"/> más condições (tampas quebradas, orifícios, insetos)  |                                    |   |
| Faz algum tipo de tratamento da água antes de consumir:                                | <input type="checkbox"/> Adição de cloro na caixa de água <input type="checkbox"/> Adição de cloro no poço<br><input type="checkbox"/> Filtração <input type="checkbox"/> Fervura da água <input type="checkbox"/> Não trata   |                                    |   |

Continua...

|  |   |
|--|---|
| Se adiciona cloro, qual frequência:    | <input type="checkbox"/> 1 vez por mês <input type="checkbox"/> 1 vez a cada 15 dias <input type="checkbox"/> 1 vez por semana <input type="checkbox"/> Outra: ____ |
| Possui informação sobre litologia      |   |
| Possui informação sobre nível estático |   |

Elaborado por Grupo de Pesquisa em Águas Superficiais e Subterrâneas – GPEASS



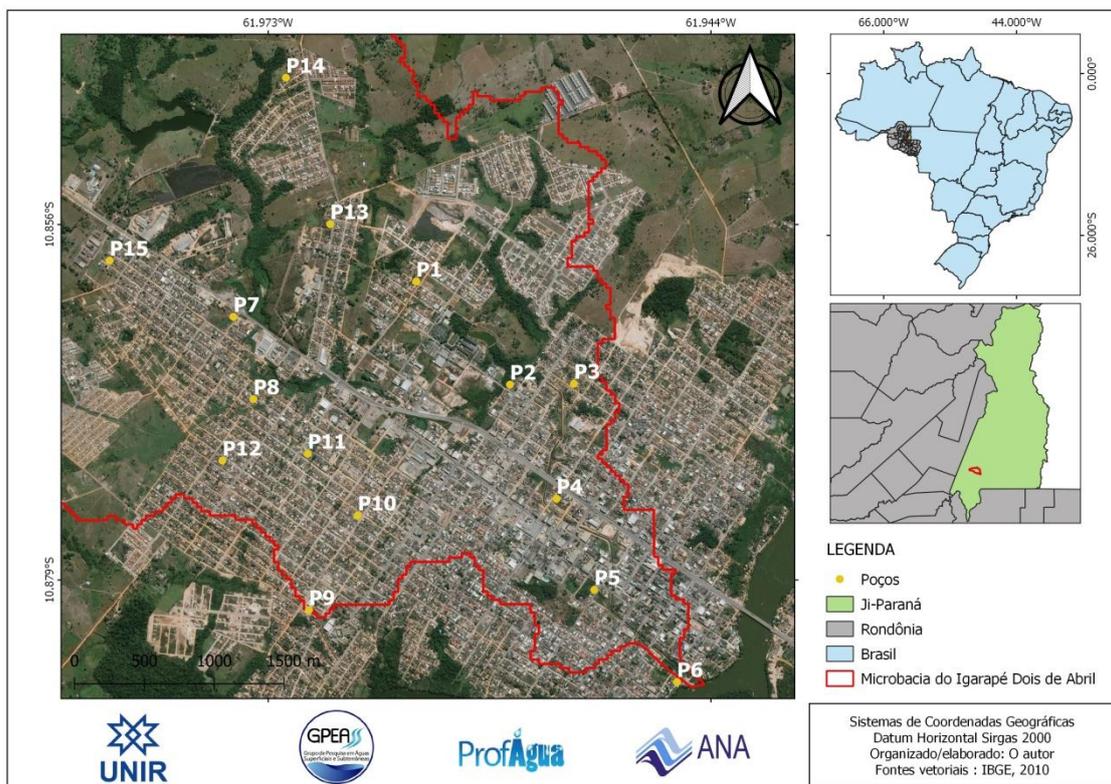



**AÇÃO 1:**  
**CADASTRAMENTO DOS POÇOS**

**3.5 Materiais para ação 1**

**3.5.2 Mapa da microbacia do igarapé Dois de Abril**

A partir do mapa com a delimitação da microbacia Dois de Abril (Figura 1) a Equipe capacitada deverá elaborar um roteiro de cadastramento para cada grupo envolvido na ação.



**Figura 1:** Mapa de localização da microbacia Dois de Abril e pontos amostrados em pesquisa. Fonte: A autora.

Para contribuir também sugere-se acesso ao Mapa Ambiental de Ji-Paraná disponível em: <http://transparencia.ji-parana.ro.gov.br/transparencia/mapaambiental/>.

3.6.1 Definição da quantidade e distribuição dos poços para amostragem

Diante da impraticidade de se realizar coleta e análise da água subterrânea de todos os poços cadastrados na microbacia, por questões logísticas, entende-se a necessidade de realizar uma amostragem.

A amostragem deverá ocorrer em quantidade e distribuição representativa, para isso deverão ser observados alguns critérios da estatística, matéria que se preocupa em estudar a variabilidade e incerteza presentes nos dados recolhidos sobre determinado acontecimento, no caso em questão, quanto a qualidade da água subterrânea da microbacia.

Sobre a quantidade de poços que deverão ser amostrados a estatística fornece uma multiplicidade de raciocínios, tendo em vista o objetivo da ação 2 de caracterizar a qualidade da água subterrânea indica-se o seguinte:

$$n_0 = \frac{1}{E_0^2} \quad n = \frac{N \cdot n_0}{N + n_0}$$

N= Tamanho da população (número de poços existentes na microbacia);

$E_0$  = Erro amostral (sugere-se adotar erro de 0,05 para garantir 95% de um intervalo de confiança);

$n_0$  = Primeira aproximação do tamanho da amostra

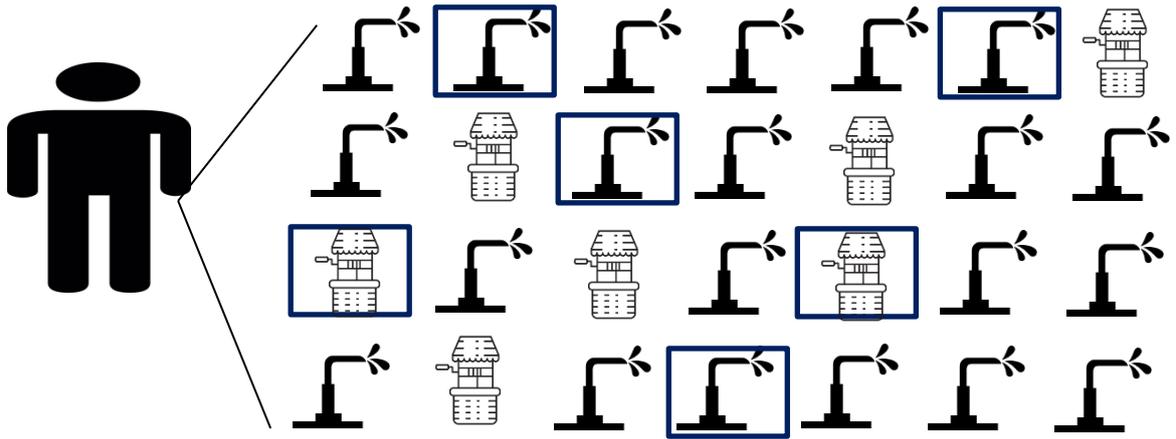
n= Tamanho da amostra

(CALLEGARI-JACQUES, 2003)

Tendo em vista que o tamanho da população se tornará conhecido por meio da ação 1 (Pág. 9) se torna possível aplicar a fórmula e descobrir a quantidade de poços que deverão ser amostrados.

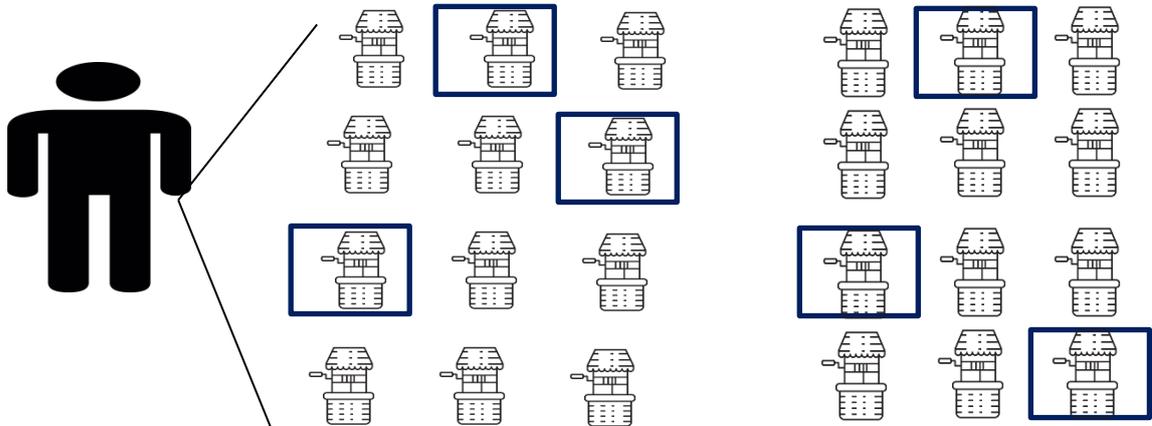
Conhecendo o tamanho da amostra pode-se definir como ocorrerá a amostragem, existem as seguintes formas profundamente descritas em Callegari-Jaques (2003):

- Amostra aleatória simples: Cada membro da população possui a mesma chance de ser incluído na amostra (Figura 2). Por exemplo, pode ocorrer por meio de sorteio da população, para isso se faz necessário que a população esteja organizada, por isso a importância da numeração da ficha cadastral (Pág. 12) aplicada na ação 1;



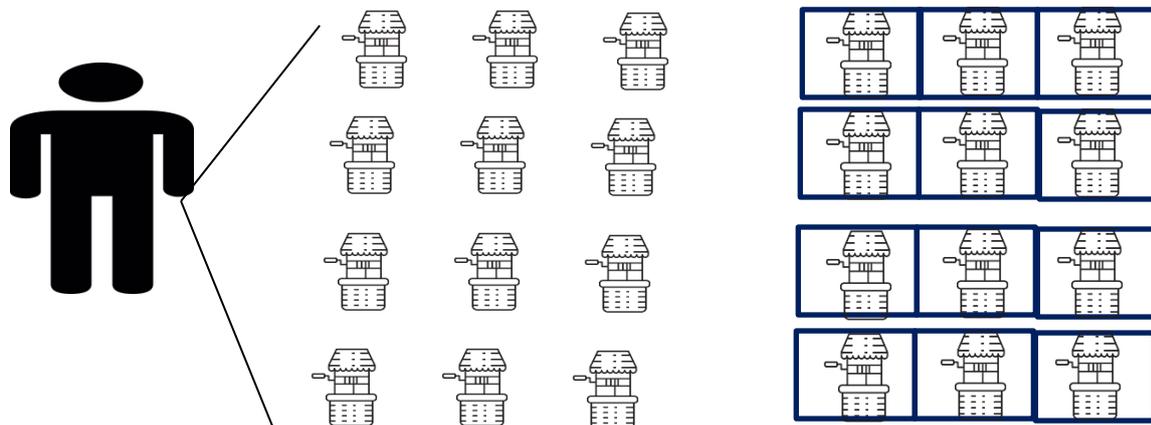
**Figura 2:** Representação ilustrativa de uma amostragem aleatória simples. **Fonte:** Os autores.

- Amostra aleatória estratificada: Para este método a população deverá ser primeiramente dividida em grupos, que apresente comportamentos diferentes, a amostra refere-se a alguns membros de cada grupo, os membros são escolhidos aleatoriamente (Figura 3). Esta amostragem poderá ser aplicada sorteando os membros de cada grupo, ou sorteando dentro da população e preenchendo os espaços reservados para cada grupo;



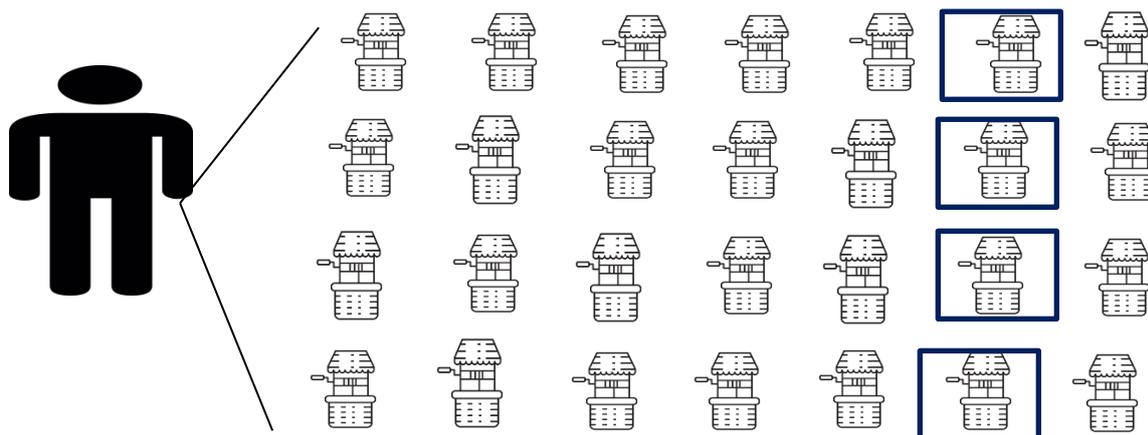
**Figura 3:** Representação ilustrativa de uma amostragem aleatória estratificada. **Fonte:** Os autores.

- Amostra aleatória por agrupamento: Este método de agrupamento é semelhante ao anterior, a diferença é que posterior a divisão da população em grupos serão escolhidos alguns grupos, de forma que todos os membros dos grupos escolhidos (sorteados) participarão da amostragem (Figura 4);



**Figura 4:** Representação ilustrativa de uma amostragem aleatória por agrupamento. **Fonte:** Os autores.

- Amostra aleatória sistemática: Os membros da população são colocados em uma determinada ordem, um ponto inicial é escolhido aleatoriamente e sempre o determinado membro posterior aquele poderá ser escolhido, por exemplo sempre o 6º membro posterior ao ponto inicial escolhido fará parte da amostragem (Figura 5).



**Figura 5:** Representação ilustrativa de uma amostragem aleatória sistemática. **Fonte:** Os autores.

Dentre as formas de amostragem sugere-se que se utilize a amostragem aleatória estratificada. Os grupos que podem ser formados diz respeito às regiões da microbacia que pode ser dividida em 4 quadrantes, no caso será tratado como grupos, e as fichas são sorteadas conforme a quantidade de amostra para cada quadrante.

A divisão da microbacia em quadrantes e a amostragem de quantidade igualitária para cada quadrante contribui para uma amostragem representativa de toda extensão da microbacia, o que poderia não ocorrer se utilizada a amostragem aleatória simples.

Se com o cadastramento for identificada distribuição de poços entre os setores censitários, aconselha-se tomar como grupos estes setores.

Consultar a malha censitária do município mais atual disponível através do link: [https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloadsgeociencias.html?caminho=organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_de\\_setores\\_censitarios\\_\\_divisoes\\_intramunicipais/2020/Malha\\_de\\_setores\\_\(kml\)\\_por\\_municipios](https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloadsgeociencias.html?caminho=organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_de_setores_censitarios__divisoes_intramunicipais/2020/Malha_de_setores_(kml)_por_municipios).

## **AÇÃO 2:**

### **COLETA E ANÁLISE DE ÁGUA SUBTERRÂNEA**

## **3.6 Materiais para ação 2**

### **3.6.2 Coleta de água subterrânea – equipamentos e procedimentos**

A fim de garantir a confiabilidade dos resultados de uma análise de qualidade de água fazem-se necessários cuidados desde a preparação dos materiais para coleta.

As recomendações descritas neste tópico têm como referencial teórico o apresentado no documento intitulado Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011), aprovado pela Resolução ANA n° 724/2011 como referência nacional para o monitoramento da qualidade das águas, disponível em:

<https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf>.

Apresenta-se aqui um passo a passo para realização da coleta:

- **Antes da coleta (no laboratório):**

- 1 – Escolha dos parâmetros a serem analisados (em tópico seguinte haverá sugestão);
- 2 – Preparação dos equipamentos de coleta e análise *in loco* (limpeza dos frascos, baldes, pipetas, identificação dos frascos, entre outros) de acordo com as especificações do guia para cada parâmetro constantes nas páginas 292 à 314;
- 3 – Verificação dos reagentes, se dentro do prazo de validade para uso, quando for o caso;

- **Durante a coleta (em campo):**

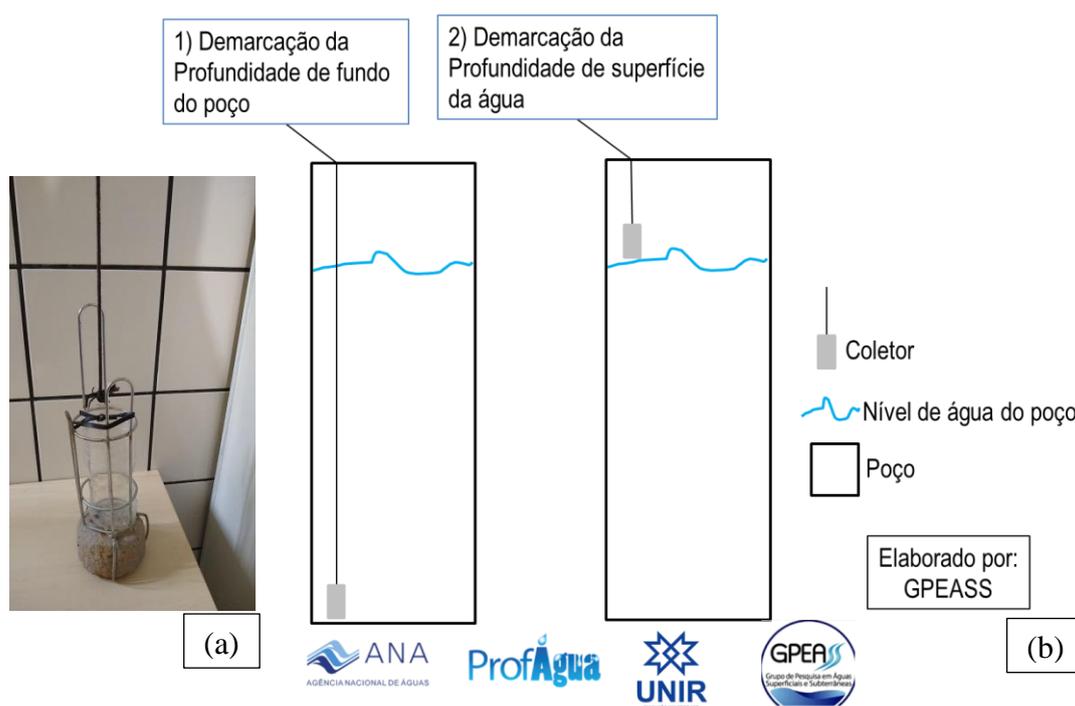
- 4 – Coletar um volume de amostra suficiente para realização dos ensaios em duplicidade, caso haja necessidade;

5 – A amostra que será utilizada para medição dos parâmetros em campo deve ser diferente da amostra que será utilizada para as análises realizadas no laboratório;

6 – Acondicionar em caixas térmicas com gelo.

A coleta da água subterrânea deve ocorrer preferencialmente do poço por meio de um coletor de profundidade (Figura 6a). Só deverá ocorrer coleta da torneira quando poços lacrados, nestes casos realizar a coleta da primeira torneira posterior captação da água, antes do armazenamento na caixa de água e/ou reservatório.

No momento da coleta da água deverá ocorrer a medição do nível de água do fundo e da superfície. Essa medição ocorre com a marcação na corda do coletor quando o mesmo alcança o fundo e a superfície da água (Figura 6b). Posteriormente, com auxílio de uma fita métrica obtém-se a medida da profundidade de fundo e de superfície da água do poço.



**Figura 6:** (a) Exemplo de coletor de profundidade. (b) Ilustração de como proceder para obter a profundidade de fundo do poço e a de superfície da água. **Fonte:** Os autores.

**AÇÃO 2:****COLETA E ANÁLISE  
DE ÁGUA  
SUBTERRÂNEA****3.6 Materiais para ação 2****3.6.3 Parâmetros a serem analisados**

Os parâmetros de qualidade de água para consumo humano atualmente são determinados pela Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021. São mais de 70 parâmetros, destes o programa VIGIÁGUA considera como básicos para monitoramento mensal de um sistema de abastecimento de água para consumo humano: turbidez, cor aparente, pH, Fluoreto, Cloro residual livre, Coliformes totais e *Escherichia coli*.

Com o entendimento de que monitorar os mais de 70 parâmetros estabelecidos pela Portaria é dispendioso e distante da realidade local, sugere-se a realização de variáveis que caracterizem a água e que são conhecidos como indicadores, por sua presença indicar o contato da água com esgoto doméstico e/ou outros contaminantes, que tornem a água imprópria para consumo.

Tendo como base os parâmetros adotados pelo Programa VIGIÁGUA e os amplamente utilizados nas diversas pesquisas realizadas sobre qualidade de água subterrânea captada para consumo humano sugere-se que sejam monitorados os seguintes: Turbidez, pH, Coliformes totais, *E. coli*, Condutividade Elétrica, Amônia, Nitrito, Nitrato, Fósforo Total e Dissolvido. A motivação que justifica o monitoramento dos parâmetros sugeridos encontra-se em Quadro 1.

**Quadro 1:** Informações referentes aos parâmetros sugeridos para análise em plano de ação

| Parâmetros               | Conceito  | Origem natural   | Origem antropogênica              | Importância  | Valor Máximo Permitido – VMP* |
|--------------------------|---|--|-----------------------------------|--|-------------------------------|
| <b>Turbidez</b>          | Interferência da concentração de partículas suspensas na água           | Partículas de rocha, argila, silte, restos de plantas e organismos                 | Despejos domésticos e erosão      | Esteticamente desagradável, pode servir de abrigo para os microrganismos patogênicos, diminui eficiência da desinfecção          | 5, 0 uT                       |
| <b>pH</b>                | Concentração de íons H <sup>+</sup> , a qual determina a acidez da água | Dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica | Despejos domésticos e industriais | Interfere nas etapas de tratamento. Se extremamente baixo pode implicar em corrosividade nas tubulações, e se alto, incrustações | --                            |
| <b>Coliformes totais</b> | Grupo de bactérias  | Solos, matéria orgânica, folhas  | Despejos domésticos e             | Indica possível excesso de   | AUSENTE                       |

Continua...

|                               | presente no ambiente  |  | industriais   | nutrientes   |                        |
|-------------------------------|---|--|---|--|------------------------|
| <b><i>E. coli</i></b>         | Principal bactéria do grupo de coliformes termotolerantes                           | Abundante nas fezes humanas e de animais de sangue quente            | Esgotos, efluentes tratados e água naturais sujeitas à contaminação recente por humanos, atividades agropecuárias, animais selvagens e pássaros | Garante contaminação exclusivamente fecal, não dá garantia que a contaminação seja humana  | AUSENTE                |
| <b>Condutividade Elétrica</b> | Capacidade da solução de conduzir corrente elétrica. Concentração de íons presentes | Relacionado a presença de sólidos totais dissolvidos                 | Presença de nitrito, nitrato, ortofosfato de origem de esgotos domésticos e/ou industriais  | Indica contato com esgoto doméstico/ industrial  | --                     |
| <b>Amônia</b>                 | Nutrientes  | Decomposição das plantas e animais mortos e da excreção da biota     | Despejos de esgotos domésticos e industriais  | Podem ocasionar efeitos tóxicos, formação de nitrosaminas carcinogênicas, relacionados à doenças como síndrome do bebe azul, linfoma | 1,2 mg.L <sup>-1</sup> |
| <b>Nitrito</b>                |   |  |   |  | 1,0 mg.L <sup>-1</sup> |
| <b>Nitrato</b>                |   |  |   |  | 10 mg.L <sup>-1</sup>  |
| <b>Fósforo total</b>          |   | Decomposição de organismos, dissolução de compostos do solo e rochas | Despejos de esgotos domésticos e industriais e uso de detergentes   | Indica contato com esgoto doméstico  | --                     |

Referências utilizadas para compor o quadro: Esteves (2011); Von-Sperling (2014). \*VMP pela Portaria nº 888/2021. Organizado por: Os autores.

Também sugere-se que a cada seis meses seja monitorado quanto à presença de substâncias químicas inorgânicas que representam risco a saúde estabelecidos pela Portaria tais como cobre, chumbo, cromo, cádmio, arsênio, substâncias orgânicas, como tolueno, xilenos, benzeno e de alguns agrotóxicos e metabólitos com base em dados dos receituários agronômicos sobre quais os mais utilizados para a região dentre os listados pela Portaria.

Sugere-se que seja escolhida menor quantidade de poços para realizar estas investigações específicas e de locais que podem apresentar presença em concentração superior à permitida. Por exemplo, que a investigação de tolueno, xilenos, benzeno ocorra de poços próximos à postos de combustíveis e de elementos como cromo e chumbo sejam realizados em poços próximos às áreas de depósito de resíduos como lixões.

**AÇÃO 2:****COLETA E ANÁLISE  
DE ÁGUA  
SUBTERRÂNEA****3.6 Materiais para ação 2****3.6.4 Ficha de Campo**

|  |                     |  |                          |   |                     |
|--|---------------------|--|--------------------------|---|---------------------|
| <b>INFORMAÇÕES GERAIS</b>  |                     | <b>NÚMERO DA FICHA DE CAMPO</b>  | <b>01</b>                | <b>NÚMERO DA FICHA DE CADASTRO:</b>   | <b>01</b>           |
| Data:  | / /                 | Responsável pelas anotações:   |                          |   |                     |
| Nome morador que acompanhou a coleta:  |                     |  |                          |   |                     |
| Coord. Geográfica-Poço:  |                     |  | Coord. Geográfica-Fossa: |   |                     |
| Cota - Poço:   |                     |  | Cota - Fossa:            |   |                     |
| Retirada da água do poço   |                     | <input type="checkbox"/> Manualmente com balde <input type="checkbox"/> Bombeamento para caixa de água <input type="checkbox"/> Outro: _____ |                          |   |                     |
| Tempo desde desligamento da bomba:   |                     |  |                          |   |                     |
| Possui tampa:  |                     | Se possui tampa:   |                          | Outra: _____  |                     |
| Condições de manutenção da tampa:  |                     | <input type="checkbox"/> boas condições <input type="checkbox"/> más condições (tampas quebradas, orifícios, insetos)                        |                          |   |                     |
| Profundidade de fundo:   |                     | Profundidade de superfície:  |                          |   |                     |
| <b>PARÂMETROS OBTIDOS EM CAMPO</b>   |                     |  |                          |   |                     |
| Temperatura:   | Valor quantificado: | pH:  | Valor quantificado:      | Cond. Elétrica:   | Valor quantificado: |
|  | °C                  |  |                          |   | uS.cm <sup>-1</sup> |
| Elaborado por: Grupo de Pesquisa em Águas Superficiais e Subterrâneas - GPEASS   |                     |  |                          |   |                     |
| <br><small>AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS</small>                                    |                     |   |                          | <br><small>FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE<br/>FEDERAL DE RORAIMA</small> |                     |
| <br><small>Grupo de Pesquisa em Águas<br/>Superficiais e Subterrâneas</small> |                     |  |                          |   |                     |

**AÇÃO 3:****EDUCAÇÃO  
AMBIENTAL COM  
OS USUÁRIOS DOS  
POÇOS****3.7 Materiais para ação 3****3.7.1 Levantamento das escolas públicas e privadas**

Dentre os meios de alcançar os usuários dos poços da microbacia do Igarapé Dois de Abril sugere-se a realização de atividades nas escolas públicas e privadas existentes na microbacia e nas proximidades, também recomenda-se que estas atividades sejam desenvolvidas junto a Secretaria de Educação do município, professores e diretores de cada escola.

Por isso apresenta-se neste tópico, através do Quadro 2, levantamento das escolas existentes em cada bairro da microbacia e proximidades:

**Quadro 2:** Escolas existentes na microbacia e proximidades e respectivos endereços

| <b>Escolas</b>   | <b>Endereço</b>   |
|--|---|
| Aiss Divina Providência  | Rua José da Paz, n° 2569, Novo Ji-Paraná                      |
| Educandário Infantil O Pequeno Snoopy  | Rua Dom Augusto, n° 349, Centro                               |
| Epef Girassol  | Rua das Flores, n° 481, bairro Dois de Abril                  |
| Escola Pública Estadual 13 de Maio   | Rua dos Cravos, n° 2624, Santiago                             |
| Escola Pública Estadual Antonio Bianco   | Rua Rio Amazonas, n° 1518, Jardim Presidencial                |
| Escola Pública Estadual Antônio Bianco   | Rua Rio Amazonas, n° 1518, Jardim Presidencial;               |
| Escola Pública Estadual Carmem Rocha Borges                                      | Rua Abilio Freire, n° 611, Casa Preta                         |
| Escola Pública Estadual Gonçalves Dias   | Rua Monte Castelo, n° 395, Jardim dos Migrantes;              |
| Escola Pública Estadual Jardim dos Migrantes                                     | Rua Dr. Jamil Pontes, Jardim dos Migrantes;                   |
| Escola Pública Estadual Jovem Gonçalves Vilela                                   | Rua Antonio Ferreira de Freitas, n° 211, Jardim Presidencial; |
| Escola Pública Estadual Lauro Benno Prediger                                     | Rua Avenca, n° 2042, Santiago                                 |
| Escola Pública Estadual Professor Edilce dos Santos Freitas                      | Rua Vitória Regia, n° 821, São Bernardo                       |
| Escola Pública Estadual Rio Urupá  | Rua Mato Grosso, n° 534, Urupá                                |
| Escola Pública Municipal Jandinei Cella  | Rua Santa Isabel, n° 81, Jardim dos Migrantes                 |
| Escola Pública Municipal Prof. Almir Zandonadi                                   | Rua Jaboticaba, n° 1060, Novo Horizonte                       |
| Escola Pública Municipal Professora Maria Antonia                                | Rua São Manoel, n° 1601, Jardim Presidencial                  |
| Escola SENAI   | Rua Francisco Benites Lopes, n° 435, Jardim Aurélio Bernardi  |
| Instituição Adventista de Educação e Assistência Social Norte Brasileira da Iasd | Rua 6 de Maio, n° 1721, bairro Casa Preta                     |
| Instituto de Ensino Estadual Marechal Rondon                                     | Avenida Transcontinental, n° 710, Casa Preta                  |
| Pré escola e creche municipal Marcelino Calegario                                | Rua Cipó, n° 1068, São Bernardo                               |
| Pré Escola e creche municipal Prof. Maria Esmeralda Ayres de Oliveira            | Rua das Pedras, S/N, Jardim dos Migrantes                     |
| Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial – SENAC                               | Avenida Dois de Abril, n° 2004, Dois de Abril                 |

Organizado por: Os autores.

As informações repassadas deverão abranger desde o ensino pré infantil até o ensino médio, com linguagem específica e adequada para cada faixa etária com os seguintes temas:

- Riscos ao ingerir água de poço contaminada, e;
- Boas Práticas para reduzir os riscos de contaminação.

Os materiais para atingir os estudantes devem variar de experimentos, cartazes, apresentações, debates, competições.

Por exemplo, poderá ser lançado um desafio aos estudantes para poder desenvolver vídeos, experimentos, feiras de conhecimento entre outros referentes à qualidade da água subterrânea para serem apresentados nas praças públicas existentes na microbacia e proximidades. Poderão ser previstas premiações e/ou demais incentivos para os estudantes.

Segue links onde há material que pode contribuir no desenvolvimento das atividades de educação ambiental nas escolas:

-Download de 17 livros de educação ambiental:  
<<https://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=3955>>;

- Projeto Escola Greenpeace: <[https://www.greenpeace.org/brasil/participe/projeto-escola/?https://www.greenpeace.org/brasil/participe/projeto-escola/?utm\\_source=google&utm\\_medium=grants&utm\\_campaign=institucional&utm\\_content=en\\_20210928\\_search&utm\\_term=educa%C3%A7%C3%A3o%20ambiental&utm\\_campaign=&utm\\_source=adwords&utm\\_medium=ppc&hsa\\_acc=7235609613&hsa\\_cam=14807528783&hsa\\_grp=124637221821&hsa\\_ad=548844272843&hsa\\_src=g&hsa\\_tgt=kwd-9 58 513 72 &hsa\\_kw=educa%C3%A7%C3%A3o%20ambiental&hsa\\_mt=b&hsa\\_net=adwords&hsa\\_ver=3&gclid=Cj0KCQiA4b2MBhD2ARIsAIrcB-TI GI Wy7 GUd4 fmx dN 7\\_ZK RgedNXibp6H8LxzD7iZXBcL5ra4Q4X258aAn1REALw\\_wcB](https://www.greenpeace.org/brasil/participe/projeto-escola/?https://www.greenpeace.org/brasil/participe/projeto-escola/?utm_source=google&utm_medium=grants&utm_campaign=institucional&utm_content=en_20210928_search&utm_term=educa%C3%A7%C3%A3o%20ambiental&utm_campaign=&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=7235609613&hsa_cam=14807528783&hsa_grp=124637221821&hsa_ad=548844272843&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-9%2058%20513%2072&hsa_kw=educa%C3%A7%C3%A3o%20ambiental&hsa_mt=b&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gclid=Cj0KCQiA4b2MBhD2ARIsAIrcB-TI%20GI%20Wy7%20GUd4%20fmxdN%207_ZKRgedNXibp6H8LxzD7iZXBcL5ra4Q4X258aAn1REALw_wcB)>;

- Material disponibilizado pela Agência Nacional das Águas – ANA:  
<[https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2206/1/Cartilha\\_%C3%81gua%20e%20Comunidade.pdf](https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2206/1/Cartilha_%C3%81gua%20e%20Comunidade.pdf)>;

- Cartilha EMBRAPA:< <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1045870/cartilha-gestao-da-agua-subterranea>>.

### **AÇÃO 3:**

## **EDUCAÇÃO AMBIENTAL COM OS USUÁRIOS DOS POÇOS**

### **3.7 Materiais para ação 3**

#### **3.7.2 Levantamento dos Centros de Referência de Assistência Social - CRAS**

Outro meio de alcançar a população usuária de poços refere-se à reuniões, palestras e outros formatos de atividades junto ao CRAS, por isso apresenta-se em

Quadro 3 a lista de CRAS existentes nos bairros pertencentes à microbacia do Igarapé Dois de Abril.

**Quadro 3:** Lista de CRAS existentes na microbacia e proximidades e respectivos contatos com representantes

| CRAS                 | Endereço  | Contato     |
|----------------------|---|-------------|
| Morar Melhor II      | Rua Morar Melhor, Quadra 04, Lote 04, Colina Park | 9.9380-7162 |
| Jardim dos Migrantes | Rua Padre Cícero, nº 721, Jardim dos Migrantes    | 3422-6859   |

Estes ambientes são próprios para debates, roda de conversa, votação por isso acredita-se que a apresentação da temática nestes formatos em que os moradores elencam alternativas para resolver a problemática poderá garantir a eficiência da transmissão do conteúdo desde que ao final os moradores sejam levados a estabelecer uma meta e um cronograma para cumprirem individualmente e em grupo, para os temas:

- Riscos ao ingerir água de poço contaminada, e;
- Boas Práticas para reduzir os riscos de contaminação.

**AÇÃO 3:**

**EDUCAÇÃO  
AMBIENTAL COM  
OS USUÁRIOS DOS  
POÇOS**

**3.7 Materiais para ação 3**

**3.7.3 Levantamento das Igrejas**

Pensando em atingir o maior número de pessoas reunidas em grupos que utilizam água captada de poços e considerando a quantidade de igrejas existentes nos bairros pertencentes a microbacia entende-se como um interessante meio de divulgar a informação, por isso em Quadro 4 consta a lista de algumas igrejas de diferentes denominações identificadas.

**Quadro 4:** Igrejas identificadas nos bairros pertencentes a microbacia ou nas proximidades

| Igrejas   | Endereço   |
|---|--|
| Igreja Presbiteriana de Ji-Paraná                 | Rua Mato Grosso, nº 1797, Casa Preta                   |
| Comunidade Católica João Batista Scalabrini       | Rua Trinta e Um de Março, nº 1587, Jardim Presidencial |
| Igreja Evangélica Assembleia de Deus              | Rua Vista Alegre, nº 1501, Jardim Presidencial         |
| Terceira Igreja Batista de Ji-Paraná              | Rua das Rosas, nº 2712, Santiago                       |
| Igreja Evangélica Assembleia de Deus de Ji-Paraná | Rua 15 de Novembro, nº 1668, Casa Preta                |
| Catedral São João Bosco                           | Avenida Marechal Rondon, nº 338, Centro                |
| Igreja Católica Paróquia São Sebastião            | Rua das Pedras, nº 454, Jardim dos Migrantes           |
| Igreja Missionária Unida do Brasil                | Avenida Menezes Filho, nº 2185, Jardim dos Migrantes   |

Continua...

|   |   |
|---|---|
| Igreja Assembleia de Deus Belém                     | Rua Gonçalves Dias, n° 2140, Santiago                   |
| Primeira Igreja Batista em Ji-Paraná                | Avenida Marechal Rondon, n° 493, Centro                 |
| IV Igreja Presbiteriana do Brasil em Ji-Paraná      | Rua Antonio Adriano, n° 81, Urupá                       |
| Congregação “Cristo para todos” Igreja Luterana     | Rua Dr. Martinho Lutero, n° 93, Jardim Aurélio Bernardi |
| Comunidade Católica São Cristovão                   | Rua Santa Luzia, n° 1576, Jardim dos Migrantes          |
| Igreja Batista Peniel                               | Rua Castro Alves, n° 614, Jardim dos Migrantes          |
| Igreja Assembleia de Deus Ministério Madureira      | Rua Castro Alves, n° 1379, Jardim dos Migrantes         |
| Comunidade Católica Nossa Senhora Mãe dos Migrantes | Rua Mato Grosso, n° 3367, Santiago                      |
| Igreja do Evangelho Quadrangular Migrantes          | Rua Trinta e Um de Março, n° 769, Jardim dos Migrantes  |
| Igreja O Brasil para Cristo                         | Avenida Castelo Branco, n 1072, Jardim Presidencial     |
| Igreja Adventista do Sétimo Dia                     | Avenida Menezes Filho, n° 3426, Casa Preta              |
| Comunidade Católica Nossa Senhora Auxiliadora       | Avenida Menezes Filho, n° 233-247, Casa Preta           |
| Igreja Cristã Evangélica Renovada                   | Rua Abílio Freire, n° 590, Dois de Abril                |

Organizado por: Os autores.

Vale ressaltar que a quantidade de igrejas existentes é superior ao apresentado em Quadro 4, podendo a equipe que irá realizar as ações com estes grupos planejar qual melhor forma de concretizar as atividades, se visitando o maior número possível, se sorteando algumas para reunir as pessoas das demais igrejas.

É importante entrar em contato previamente com os responsáveis pelas igrejas e verificar o interesse e disponibilidade para receber a informação e reunir o grupo. A linguagem e características das atividades deverá sempre respeitar os espaços e normas de cada templo que deverão ser indagadas aos responsáveis e cuidadosamente seguidas.

As atividades desenvolvidas nas igrejas não deverão ocorrer em horários de culto/celebração, para não haver confusão da informação a ser transmitida.

Também para este público sugerem-se atividades semelhantes às desenvolvidas com as associações de moradores.

### AÇÃO 3:

## EDUCAÇÃO AMBIENTAL COM OS USUÁRIOS DOS POÇOS

### 3.7 Materiais para ação 3

#### 3.7.4 Divulgação nas Unidades Básicas de Saúde - UBS

Com a finalidade de alcançar o maior número possível de pessoas que utilizam a água captada por meio de poço, sugere-se a divulgação da informação nas Unidades Básicas de Saúde – UBS e demais estabelecimentos de saúde, por meio de cartazes em murais, panfletos a ser entregues na recepção e também pelos próprios médicos, entre outras que se concluir serem apropriadas.

Em Quadro 5 consta a lista das UBS existentes na microbacia do igarapé Dois de Abril e proximidades.

**Quadro 5:** Unidades Básicas de Saúde – UBS e demais estabelecimentos de saúde existentes nos bairros localizados na microbacia do igarapé Dois de Abril e proximidades

| <b>Estabelecimento</b>                    | <b>Localização</b>          |
|---|-----------------------------|
| Hospital Municipal                        | Bairro Dom Bosco            |
| Farmácia Básica                           | Bairro Centro               |
| Laboratório Municipal                     | Bairro Dom Bosco            |
| Serviço de Assistência DST-AIDS-HIV       | Bairro Dom Bosco            |
| Serviço de Atenção Especializada - SAE    | Bairro Dom Bosco            |
| Núcleo de Apoio a Saúde da Família - NASF | Bairro Dom Bosco            |
| Departamento de Atenção Básica – DAB      | Bairro Casa Preta           |
| Sistema de Saúde Integrada – SIN          | Bairro Casa Preta           |
| Academia de Saúde Praça dos Migrantes     | Bairro Jardim dos Migrantes |
| Centro de Apoio Psicossocial Raio de Luz  | Bairro Dom Bosco            |
| UBS Dois de Abril                         | Bairro Jardim dos Migrantes |
| UBS Adolfo Rohl                           | Centro                      |
| UBS Especialidades Médicas                | Bairro Dom Bosco            |
| UBS Ceci Cunha                            | Bairro Centro               |
| UBS KM 5                                  | Bairro Santiago             |
| Hemocentro – Fhemeron                     | Bairro Centro               |



#### **4 – Diretrizes para capacitação**

É possível verificar que para todas as ações se faz necessário uma equipe capacitada, por isso a existência deste tópico no Plano de Ação para fornecer diretrizes de capacitação da equipe. Apesar de ser o quarto tópico do plano este deve ser o primeiro a ser realizado para garantir que as ações posteriores sejam eficientes e eficazes.

A princípio é necessário ter claro o objetivo da capacitação:

- Capacitar os parceiros para realização das ações com comprometimento, eficiência e eficácia.

Logo, o público alvo da capacitação são todos os que estarão envolvidos nas ações e poderá ser disponibilizada gradativamente conforme o desenvolvimento das ações e necessidade da abordagem de determinados assuntos.

O conteúdo da capacitação a seguir, está sendo apresentado conforme a necessidade para realização de cada ação:

**AÇÃO 1:****CADASTRAMENTO DOS POÇOS****4.1 Conteúdo para capacitação 01**

|  |   |
|--|---|
| <b>TEMÁTICA 01: APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA PILOTO NA MICROBACIA</b>   |   |
| Convidado para apresentar:   | Grupo de Pesquisa de Águas Superficiais e Subterrâneas - GPEASS |
| Equipe a receber capacitação:  | Todas   |
| <b>TEMÁTICA 02: ENCONTRO MOTIVACIONAL: PORQUE FAZER PARTE DA AÇÃO?</b>             |   |
| Convidado para apresentar:   | Grupo de Pesquisa de Águas Superficiais e Subterrâneas - GPEASS |
| Equipe a receber capacitação:  | Todas   |
| <b>TEMÁTICA 03: ABORDAGEM DE PESSOAS PARA APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS</b>           |   |
| Convidado para apresentar:   | Profissional do IBGE ou formado em Estatística                  |
| Equipe a receber capacitação:  | Todas   |
| <b>TEMÁTICA 04: MÉTODOS E ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE PARA O CADASTRAMENTO DOS POÇOS</b> |   |
| Convidado para apresentar:   | Profissional do IBGE ou formado em Estatística                  |
| Equipe a receber capacitação:  | Todas   |
| <b>TEMÁTICA 05: ORGANIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES DO QUESTIONÁRIO EM PLANILHA EXCEL</b>   |   |
| Convidado para apresentar:   | Profissional do IBGE ou formado em Estatística                  |
| Equipe a receber capacitação:  | Todas   |

**AÇÃO 2:****COLETA E ANÁLISE DE ÁGUA SUBTERRÂNEA****4.2 Conteúdo para capacitação 02**

|  |   |
|--|---|
| <b>TEMÁTICA 01: COMO DEFINIR O TAMANHO E A DISTRIBUIÇÃO AMOSTRAL?</b>  |   |
| Convidado para apresentar:   | Profissional do IBGE ou formado em Estatística                  |
| Equipe a receber capacitação:  | Coordenadores da ação   |
| <b>TEMÁTICA 02: DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE ANÁLISE E MESES DE COLETA</b>  |   |
| Convidado para apresentar:   | Grupo de Pesquisa de Águas Superficiais e Subterrâneas - GPEASS |
| Equipe a receber capacitação:  | Coordenadores da ação   |
| <b>TEMÁTICA 03: CUIDADOS NA COLETA DE ÁGUA DE POÇO/ MEDIÇÃO DO NÍVEL DE ÁGUA E ORGANIZAÇÃO DAS EQUIPES PARA COLETA</b> |   |
| Convidado para apresentar:   | Grupo de Pesquisa de Águas Superficiais e Subterrâneas - GPEASS |
| Equipe a receber capacitação:  | Todas   |

**AÇÃO 3:****EDUCAÇÃO  
AMBIENTAL COM  
OS USUÁRIOS DOS  
POÇOS****4.3 Conteúdo para capacitação 03**

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>TEMÁTICA 01:</b>           | <b>INTRODUÇÃO À EDUCAÇÃO AMBIENTAL E ORGANIZAÇÃO DAS EQUIPES</b>   |
| Convidado para apresentar:    | Professor da Universidade Federal de Rondônia – campus Ji-Paraná   |
| Equipe a receber capacitação: | Todos  |
| <b>TEMÁTICA 02:</b>           | <b>PREPARAÇÃO DOS MATERIAIS/ATIVIDADES PARA SEREM DESENVOLVIDAS NAS ESCOLAS</b>  |
| Convidado para apresentar:    | Grupo de Pesquisa de Águas Superficiais e Subterrâneas – GPEASS/UNIR   |
| Equipe a receber capacitação: | Equipe específica e diretores/professores das escolas  |
| <b>TEMÁTICA 03:</b>           | <b>PREPARAÇÃO DOS MATERIAIS/ATIVIDADES PARA SEREM DESENVOLVIDAS NAS PRAÇAS PÚBLICAS</b>  |
| Convidado para apresentar:    | Grupo de Pesquisa de Águas Superficiais e Subterrâneas – GPEASS/UNIR   |
| Equipe a receber capacitação: | Equipe específica  |
| <b>TEMÁTICA 04:</b>           | <b>PREPARAÇÃO DOS MATERIAIS/ATIVIDADES PARA SEREM POSTADOS NAS REDES SOCIAIS</b>   |
| Convidado para conduzir:      | Grupo de Pesquisa de Águas Superficiais e Subterrâneas – GPEASS/UNIR   |
| Equipe a receber capacitação: | Equipe específica  |
| <b>TEMÁTICA 05:</b>           | <b>PREPARAÇÃO DE MATERIAIS/ATIVIDADES PARA SEREM DESENVOLVIDAS COM OS CENTROS DE REFERÊNCIA DE ASSISTÊNCIA SOCIAL – CRAS E IGREJAS</b> |
| Convidado para conduzir:      | Grupo de Pesquisa de Águas Superficiais e Subterrâneas – GPEASS/UNIR   |
| Equipe a receber capacitação: | Equipe específica  |
| <b>TEMÁTICA 06:</b>           | <b>PREPARAÇÃO DE MATERIAIS PARA SEREM DISPONIBILIZADOS NAS UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE – UBS E DEMAIS ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE</b>      |
| Convidado para conduzir:      | Grupo de Pesquisa de Águas Superficiais e Subterrâneas – GPEASS/UNIR   |
| Equipe a receber capacitação: | Equipe específica  |

Dependendo da temática será necessário mais de um encontro para que o conteúdo seja totalmente repassado às equipes, quem determinará a carga horária de cada temática deverá ser o convidado para apresentar/conduzir.

Por isso se faz necessário que os coordenadores da ação elabore um cronograma da capacitação, entrando em contato com as sugestões de convidados repassando as temáticas e definindo conjuntamente o tempo necessário para transmissão das informações.

Anteriormente à capacitação da equipe os coordenadores da ação deverão se reunir para tomar propriedade do Plano de Ação e poder organizar a equipe.

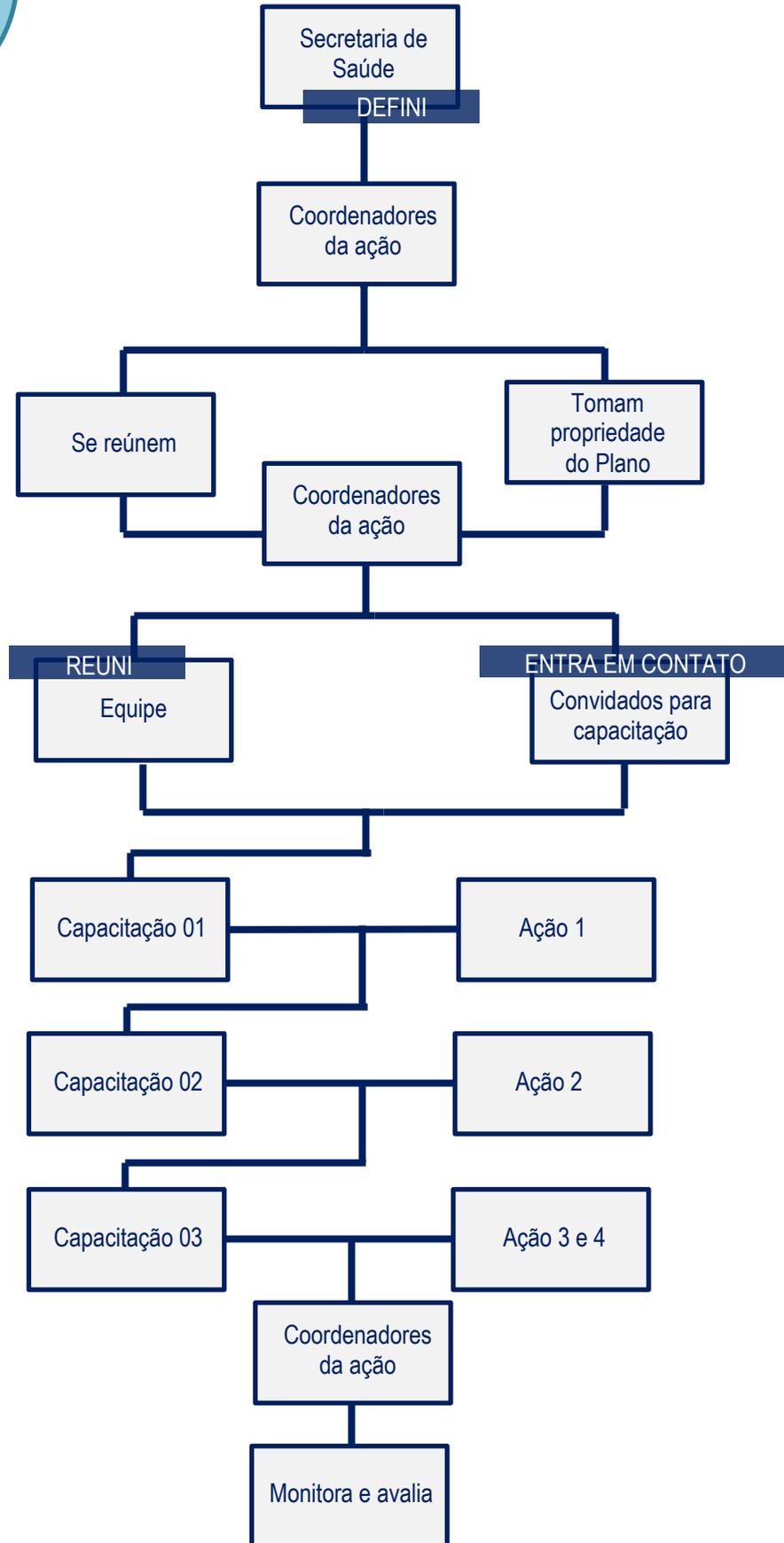


## **5 – Monitoramento e avaliação**

Ao final das ações os coordenadores da ação irão continuar realizando monitoramento e avaliação, para os quais deverão ser elaborados relatórios com apontamentos de melhorias/adequações das ações realizadas, assim como sugestão de quais ações a mais precisarão ser realizadas para garantir os objetivos definidos para o Plano de Ação.



## 6 – Organograma da ação





## 7 – Referências

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. Guia Nacional de coleta de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB; Brasília: ANA, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUA – ANA. Resolução n° 724, de 3 de outubro de 2011. Estabelece procedimentos padronizados para a coleta e preservação de amostras de águas superficiais para fins de monitoramento da qualidade dos recursos hídricos, no âmbito do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA). Diário Oficial da União, seção 1, 19 de março de 2011.

APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. Edition 27. Washington, 2017.

BRASIL. Decreto n° 79.367, de 09 de março de 1977. Dispõe sobre normas e o padrão de potabilidade de água e dá outras providências. Diário Oficial da União, 09 de março de 1977.

BRASIL. Portaria GM/MS n° 888, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS n° 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, n. 85, 04 maio 2021, 127p.

CALLEGARI-JACQUES, S.M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

ESTEVES, F.A. Fundamentos de Limnologia. 3° ed., Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE – SISAGUA. Diagnóstico do abastecimento de água para consumo humano no Brasil em 2019. Boletim Epidemiológico, v. 51, n. 13, março de 2020.

VON-SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. UFMG/Belo Horizonte-MG, 470p, 2014.



ProfÁgua



ProfÁgua - Mestrado Profissional em Rede Nacional em  
Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

[www.profagua.unir.br](http://www.profagua.unir.br)

*Campus Ji-Paraná da Universidade Federal de Rondônia*  
Rua Rio Amazonas, 351 - Jardim dos Migrantes, Ji-Paraná -  
RO, 76900-726