



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA:
MESTRADO EM GEOGRAFIA



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ZONA DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL SOBREJACENTE AO AQUIFERO RIO BRANCO E SUAS IMPLICAÇÕES NO QUALITATIVO HÍDRICO DE POÇOS RESIDENCIAIS

WELLIGTON GABRIEL DA SILVA RODRIGUES

**Rio Branco – AC
2023**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ZONA DE
VULNERABILIDADE AMBIENTAL SOBREJACENTE AO AQUÍFERO
RIO BRANCO E SUAS IMPLICAÇÕES NO QUALITATIVO HÍDRICO
DE POÇOS RESIDENCIAIS**

WELLIGTON GABRIEL DA SILVA RODRIGUES

Dissertação de Mestrado apresentado junto ao Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia da Universidade Federal do Acre, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Geografia.

Rio Branco – AC
2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alexsande de Oliveira Franco
Orientador e Presidente da Banca – PPMGEO

Prof. Dr. Victor Régio da Silva Bento
Examinador Interno – PPMGEO

Prof. Dr. Rodrigo Otávio Peréa Serrano
Examinador Interno – PPMGEO

Profa. Dra. Vera Reis
Examinadora Externa

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

R696a Rodrigues, Welligton Gabriel da Silva, 1997 -

Análise do uso e ocupação do solo na zona de vulnerabilidade ambiental sobrejacente ao aquífero Rio Branco e suas implicações no qualitativo hídrico de poços residenciais / Welligton Gabriel da Silva Rodrigues; Orientador: Dr. Alexsande de Oliveira Franco e Coorientador: Victor Régio da Silva Bento. – 2023. 83 f.: il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Mestre em Geografia, Rio Branco, 2023.

Inclui referências bibliográficas e apêndice.

1. Água subterrânea. 2. Zona de vulnerabilidade ambiental. 3. Qualitativo hídrico. I. Franco, Alexsande de Oliveira (orientador). II. Bento, Victor Régio da Silva. (coorientador). III. Título.

CDD: 910

Bibliotecária: Nádia Batista Vieira CRB-11º/882.

Para Deus: a quem devo tudo.

Para Rayana Freitas Lima: a quem tenho a sorte de dividir essa jornada pela imensidão da vida. Amor, você foi o melhor dos encontros.

Para minha família: a quem devo os toques iniciais na modelagem do meu caráter. Mãe, obrigado por tudo! você foi e é a pessoa mais doce e amável da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Edilson e Leila, pelos ensinamentos durante a infância e juventude os quais me fizeram chegar até aqui. À minha avó Janice, e à minha mãe Leila, pelas orações diárias as quais, tenho a certeza, ajudaram-me sempre a trilhar pelo caminho do bem. Ao meu irmão Wandemberg, pelos momentos de alegria e aprendizado tais quais apenas um irmão mais velho pode proporcionar. À minha irmã Nayara, e aos meus sobrinhos Brenda e Williamberg, por tornarem completa nossa família.

Agradeço a minha noiva Rayana, por estar ao meu lado, desde o início dessa jornada, nos momentos de maiores dificuldades e angústia, sempre com palavras de amor e perseverança, e pelas deliciosas refeições proporcionadas por suas mãos incríveis que sempre tornam brandos os momentos mais difíceis.

Aos meus queridos amigos e amigas, pelos momentos de confusão, e por estarem sempre a disposição em arrancar boas risadas, e, talvez, apenas talvez, em ajudar.

Agradeço à toda equipe de servidores da UTAL – dos laboratórios de análises físico-químicas e microbiológicas, e da parte técnica de elaboração dos laudos – sem os quais seria impossível a conclusão deste trabalho de pesquisa. Ao companheiro Ruy, e ao companheiro Osmar, pela paciência e pelo sempre aberto suporte.

Agradeço especialmente ao meu orientador Alexsande, pela paciência, pelos ensinamentos, pela imensa vontade em ajudar, e por acreditar em mim, e ao meu coorientador Victor, por todo suporte técnico.

RESUMO

As águas subterrâneas são essenciais para a vida humana, e sua manutenção hídrica é de grande importância, pois, além de fornecerem água potável em abundância para o consumo, ainda garantem a continuidade de diversos sistemas aquáticos como rios, lagos, mangues etc. No Estado do Acre o aquífero Rio Branco (ARB) abrange o Segundo Distrito do município de Rio Branco, onde cumpre importantes papéis sociais e hidrológicos, como: o provimento de água potável para a população da região que o sobrepõe, e o abastecimento do fluxo de base do rio Acre nos períodos de escassez hídrica. Todavia, na contramão dessas potencialidades socioambientais, tem-se o problema da ocupação humana sobre sua área de recarga, que, associada ao seu alto índice de vulnerabilidade, pode ocasionar problemas de ordem qualitativa ao seu recurso disponível. Desta forma, esta pesquisa a seguir, tem como objetivo central analisar as formas de uso e ocupação do solo na Zona de Vulnerabilidade Ambiental (ZVA – art. 128 ao 132 da Lei nº 2.222 de 2016) relacionando-as ao qualitativo hídrico do ARB. Para isto, na intenção de atender a este objetivo, a pesquisa tem como aspectos metodológicos: pesquisa bibliográfica e documental; análise socioambiental da área de estudo; elaboração de mapas por tecnologia SIG; e coletas e análises laboratoriais das amostras de água subsuperficial coletadas no recorte da área de estudo. A partir das análises de uso e ocupação do solo e das análises laboratoriais de água se pode constatar reflexos negativos no qualitativo hídrico do manancial em questão, com resultados físico-químicos e microbacteriológicos em desconformidade com a portaria nº 888 do Ministério da Saúde.

PALAVRAS-CHAVE: água subterrânea; zona de vulnerabilidade ambiental; formas de uso e ocupação do solo; qualitativo hídrico.

RESUMEN

Las aguas subterráneas son esenciales para la vida humana y su mantenimiento es de gran importancia porque, además de proporcionar abundante agua potable para el consumo, también garantizan la continuidad de diversos sistemas acuáticos como ríos, lagos, manglares, etc. En el estado de Acre, el acuífero de Río Branco (ARB) abarca el Segundo Distrito del municipio de Río Branco, donde cumple importantes funciones sociales e hidrológicas, como el suministro de agua potable a la población de la región que lo recubre y el abastecimiento del caudal base del río Acre en períodos de escasez de agua. Sin embargo, en contraste con estas potencialidades socioambientales, existe el problema de la ocupación humana de su área de recarga, lo que, combinado con su alto nivel de vulnerabilidad, puede causar problemas cualitativos para su recurso disponible. El objetivo principal de esta investigación es analizar las formas de uso y ocupación del suelo en la Zona de Vulnerabilidad Ambiental (ZVA - art. 128 a 132 de la Ley nº 2222 de 2016) y relacionarlas con la calidad del agua de la ARB. Para ello, con el fin de cumplir con este objetivo, la investigación cuenta con los siguientes aspectos metodológicos: investigación bibliográfica y documental; análisis socioambiental del área de estudio; mapeo con tecnología SIG; y recolección y análisis de laboratorio de muestras de agua subsuperficial recolectadas en el área de estudio. Los análisis de uso y ocupación del suelo y los análisis de laboratorio del agua mostraron efectos negativos en la calidad del agua del manantial en cuestión, con resultados fisicoquímicos y microbacteriológicos que no cumplían la Ordenanza nº 888 del Ministerio de Salud.

PALABRAS CLAVE: aguas subterráneas; zona de vulnerabilidad ambiental; uso del suelo y formas de ocupación; calidad del agua.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
1 CAPÍTULO - REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL	14
1.1 FORMAÇÃO ECONÔMICA E SOCIOESPACIAL EM AMBIENTE AMAZÔNICO.....	15
1.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, SISTEMAS AQUÍFEROS E VULNERABILIDADE AMBIENTAL.....	25
2 CAPÍTULO – MATERIAIS E MÉTODOS	35
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	40
2.2 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS	44
2.3 INFORMAÇÕES SOBRE OS POÇOS RESIDENCIAIS AMOSTRADOS NA PESQUISA	48
3 CAPÍTULO - RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
3.1 CARACTERÍSTICAS SOCIOAMBIENTAIS NA ZONA DE VULNERABILIDADE DE RIO BRANCO, ACRE (LEI Nº 2.222 DE 2016)	53
3.2 QUALIDADE DA ÁGUA DO AQUÍFERO DE RIO BRANCO – PERÍODO DE ESTIAGEM E CHUVOSO	63
CONCLUSÃO.....	72
CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
REFERÊNCIAS.....	76
APÊNDICE A – REGISTRO FOTOGRÁFICO DAS COLETAS REALIZADAS EM CAMPO	81
APÊNDICE B – REGISTRO FOTOGRÁFICO DA ANÁLISE MICROBACTERIOLÓGICA.....	82
APÊNDICE C – REGISTRO FOTOGRÁFICO DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICO	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Espaço geográfico setorizado em quatro partes	17
Figura 2: Relação entre urbano e cidade na conformação das formas produzidas	19
Figura 3: Representação esquemática do nível de pressão nos aquíferos	27
Figura 4: Aspectos da questão ambiental	32
Figura 5: Racionalismo proposto por René Descartes.....	38
Figura 6: Frascos utilizados nas coletas de água em poços residenciais localizados na Zona de Vulnerabilidade Ambiental (ZVA), em Rio Branco - AC.....	45
Figura 7: Análises físico-químicas e microbacteriológicas realizadas na UTAL/UFAC.....	48
Figura 8: Mapa de localização dos poços onde foram realizadas as coletas de água na ZVA	50
Figura 9: Bombas hidráulicas de poços residenciais amostrados na ZVA, em Rio Branco – AC	51
Figura 10: Área de ocorrência do aquífero Rio Branco com relação à ZVA	54
Figura 11: Uso do solo na ZVA.....	55
Figura 12: Área atingida pela enchente do rio Acre na ZVA	56
Figura 13: Mapa hipsométrico da ZVA.....	57
Figura 14: Intersecção do raio de 50m entre a amostra P1 e P4 coletadas no bairro Amapá..	58
Figura 15: Raio de 50m da amostra P2 coletada no bairro Taquari	59
Figura 16: Raio de 50m da amostra P3 coletada no bairro Taquari	60
Figura 17: Intersecção do raio de 50m das amostras P5 e P6 coletadas no bairro Canaã	61
Figura 18: Raio de 50m das amostras coletadas em área densamente construída.....	62
Figura 19: Mapa de interpolação dos resultados de Nítrito	64
Figura 20: Mapa de interpolação dos resultados de Nitrato	65
Figura 21: Mapa de interpolação dos resultados de Dureza	65
Figura 22: Mapa de interpolação dos Resultados de Ferro	66
Figura 23: Mapa de interpolação dos resultados de Ph	67
Figura 24: Mapa de interpolação dos resultados de Condutividade Elétrica	67
Figura 25: Mapa de interpolação dos resultados de OD.....	68
Figura 26: Mapa de interpolação dos resultados de Sulfato	68
Figura 27: Mapa de interpolação dos resultados de Amônia.....	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Características dos tipos de poços segundo Gomes, Pena & Queiroz (2022)	28
Quadro 2. Extensão, períodos geológicos e principais aquíferos presentes em bacias sedimentares	30
Quadro 3: Metodologias cartográficas para delimitação de classes de vulnerabilidade	33
Quadro 4. Regras de ocupação do solo na Zona de Vulnerabilidade Ambiental	43
Quadro 5. Relação dos poços amostrados na ZVA, em Rio Branco – AC.	48
Quadro 6. Profundidade e Altitude dos poços amostrados	50
Quadro 7. Valores obtidos dos parâmetros Coliformes Totais e Coliformes Fecais (Estiagem)	69
Quadro 8: Valores obtidos dos parâmetros Coliformes Totais e Coliformes Fecais (Chuvoso)	70

INTRODUÇÃO

O aquífero Rio Branco (ARB) é um corpo hídrico subterrâneo estratégico para o consumo humano. É um recurso indispensável à subsistência de milhares de famílias que residem na região do 1º, e sobretudo, do 2º Distrito da capital acreana; em algumas situações chega a ser a única fonte de água potável disponível. Durante o período de déficit hídrico, que vai de maio a outubro na região, o ARB é responsável por dar subsídio ao fluxo de base do rio Acre, contribuindo assim no abastecimento público de água potável para toda cidade e passando a ser desta forma, de grande importância para a capital acreana.

No entanto, a partir de um ligeiro olhar sobre a configuração urbana do 2º Distrito de Rio Branco, no Acre – local de abrangência do manancial subterrâneo aquífero Rio Branco –, o que se observa são formas urbanas não condizentes com as demandas de preservação desse recurso. Na atual Zona de Vulnerabilidade Ambiental (ZVA), delimitada pelo Plano Diretor de 2012, são muitos os bairros sem a mínima infraestrutura, oriundos de “ocupações” de terras de terceiros, de loteamento de terras privados e de conjuntos habitacionais populares. Nessas localidades surgem, sem aviso prévio, diversas moradias fora dos padrões sanitários básicos, sem acompanhamento e vistoria do órgão de planejamento urbano da prefeitura e, no caso das invasões, sem saneamento básico, onde se estabelecem centenas ou milhares de famílias, as quais passam a se relacionar intimamente com a água do ARB para diversos fins.

A ausência do poder público em dar instruções e auxiliar os moradores na construção de fossas sépticas, aumenta exponencialmente as chances de contaminação do aquífero por efluentes oriundos das próprias residências. Além disso, não se faz presente no seu papel de divulgar conhecimentos básicos, de um modo geral, dos aspectos ambientais relativos à importância das águas subterrâneas como um bem essencial, fazendo com que sua conservação não seja presente no cotidiano dessas comunidades; o que pode vir a agravar problemas já existentes de outra ordem.

Problema e hipótese

De acordo com a importância dos serviços ecossistêmicos prestados pelo aquífero Rio Branco para a população a qual reside no Segundo Distrito da capital, e até para todo o município acreano – no sentido do fluxo de base do rio Acre ser alimentado nos períodos de déficit hídrico por sua reserva reguladora –, nos surge como problema de pesquisa o seguinte

questionamento: A área urbana consolidada sobrejacente ao aquífero Rio Branco vem ocasionando prejuízos qualitativos ao aquífero Rio Branco?

Do cerne do problema, se deriva a hipótese de que a ocupação sobre o aquífero Rio Branco tem ocasionado a contaminação do lençol freático, com reflexos na saúde das famílias que utilizam desse recurso para consumo humano. Como nos apresenta a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) no 3º Caderno de Pesquisa e Engenharia em Saúde Pública (2013, p.11): “A poluição das águas é, de longe, o problema ambiental mais sério do Brasil, onde 80% de todas as doenças de origem hídrica e um terço dos óbitos são relacionados com a água contaminada”.

Objetivo geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral avaliar os impactos do uso e ocupação do solo nos qualitativos hídricos de poços residenciais localizados na Zona de Vulnerabilidade Ambiental (ZVA – Lei nº 2.222/2016) a qual situa-se sobre o aquífero Rio Branco.

Objetivos específicos

1. Discutir o contexto histórico da formação socioespacial do município de Rio Branco, identificando sua relação com os padrões de ocupação e uso da terra os quais conformam, atualmente, o espaço urbano na ZVA, bem como discutir a questão da água subterrânea a nível mundo e Brasil;
2. Analisar as características socioambientais na ZVA, constatando condições e/ou condicionantes contraditórios à perspectiva de conservação qualitativa do aquífero Rio Branco;
3. Analisar as características físico-químicas e microbacteriológicas das amostras de água de poços coletadas *in loco*, a fim de se evidenciar prejuízos qualitativos na água subterrânea.

Procedimentos Metodológicos

Diante da hipótese a respeito de possíveis contaminações ao lençol freático decorrentes do uso e ocupação do solo sob o contexto da habitação urbana, se faz necessário abordar no estudo, as formas de ocupações em áreas de abrangência da ZVA, bem como as coletas em

campo e análises laboratoriais das águas de poços. Então, para atender a estes determinados objetivos da pesquisa temos como procedimentos:

- A. Pesquisas bibliográficas em livros, artigos, periódicos, jornais impressos ou virtuais, dissertações e teses sobre questões/assuntos que norteiam a perspectiva da ocupação e uso do solo no processo de expansão urbana, de forma geral e no recorte das áreas de aquífero;
- B. Análise do ordenamento jurídico ambiental a nível nacional e do atual Plano Diretor da cidade de Rio Branco – AC;
- C. Identificação dos atores e objetos contaminantes;
- D. Elaboração de mapas temáticos por tecnologia SIG;
- E. Coletas de amostras de água, através de trabalho de campo, em poços localizados na ZVA;
- F. Análise laboratorial das amostras de água coletadas na pesquisa de campo;
- G. Análise dos resultados obtidos no campo e no laboratório.

Por todos os aspectos teórico-metodológicos acima apresentados, busca-se à pesquisa de abordagem qualitativa, tanto sobre as condições de habitação - no que se refere à ocupação - e ao uso do solo sobre o aquífero Rio Branco, como no tocante à qualidade de água, o emprego da relação de diferentes procedimentos e materiais prático-teóricos, técnicos e metodológicos a fim de atribuir à pesquisa o rigor científico, pelo qual será, com seriedade, trilhado este trabalho.

Por fim, com o intuito de oportunizar a elaboração de medidas e estratégias de contenção de uma potencial contaminação dessa reserva de água potável, objetiva-se a idealização de uma relação harmoniosa entre o meio ambiente e as comunidades que fazem uso desse valioso recurso natural, sendo ele como já exposto, de extrema relevância à subsistência e ao sustento – através do uso doméstico, biológico e da agricultura familiar – de milhares de famílias as quais já se estabeleceram e as quais continuam a se estabelecer de diferentes formas sobre o aquífero. O aquífero Rio Branco possui importante papel socioeconômico e ambiental para a cidade de Rio Branco, portanto, estudar esse manancial e suas variáveis são determinantes para potencializar políticas públicas eficientes.

1 CAPÍTULO - REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL

Nesse primeiro capítulo trabalharemos com o contexto histórico do processo de ocupação e uso do solo em território acreano, e com conceitos importantes para a discussão socioespacial e socioambiental em questão. O contexto global e à nível Brasil das águas subterrâneas é posto como forma de introduzir ao objetivo central do presente trabalho. Já no tocante à parte de que trata do conceito de vulnerabilidade e sua relação com as águas subterrâneas, o propósito se dá em elucidar o debate acerca dos riscos de contaminação hídrica subterrânea por ocupação e uso do solo em áreas sobrejacentes aos aquíferos.

A conceituação de espaço geográfico e a sua definição enquanto objeto de estudo da geografia, sempre constituíram temas caros ao pensamento geográfico moderno, gerando até os dias atuais para ciência geográfica grandes discussões conceituais e epistemológicas. Em Martins (2016), os processos históricos são entendidos como a conexão entre acontecimentos, os quais ocorrem em um determinado lugar e culminam em um determinado *status quo*. Portanto, para compreendermos de forma completa um processo histórico, precisamos, antes de tudo, situá-lo em um tempo e em um espaço. Desta forma, o esclarecimento do que é espaço, bem como da sua irrevogável função, ou funções para o ser humano – visto que na geografia entendemos espaço como tudo o que há em nossa volta –, corresponde à questão primordial do nosso estudo.

No que concerne aos processos históricos de ocupação e uso do solo em território acreano temos discutidos dois núcleos históricos do desenvolvimento socioeconômico e político do atual estado do Acre, sendo eles: A) o processo de expansão do capital estrangeiro pela Amazônia Sul-ocidental, durante o 1º e 2º ciclo da borracha; e B) o processo de expansão da fronteira agrícola pela Amazônia Sul-ocidental, protagonizado pelo governo militar na década de 70. Esses processos impactaram profundamente os rumos da política acreana em geral e, conseqüentemente, em como o meio ambiente e seus recursos naturais passaram a ser visualizados, compreendidos e manejados pelo principal agente transformador de espaço: o homem.

Desta forma, a água subterrânea, como um dos recursos naturais mais importantes pelos seus serviços ecossistêmicos prestados ao meio ambiente e ao ser humano de modo geral, pode ser negativamente impactada pela forma com a qual o homem maneja e ocupa o espaço sobrejacente a ela. Dito isso, a importância dos aquíferos enquanto maiores responsáveis pelo abastecimento hídrico global e sua considerável vulnerabilidade à contaminação são questões tratadas no final desse capítulo.

Numa abordagem sistêmica, estes são dois temas os quais não devem ser trabalhados de forma dissociada. Nesta perspectiva, buscamos associá-los ao problema do uso e da ocupação do solo em região de aquífero no capítulo seguinte. Portanto, após finalizarmos a discussão teórica acerca dos conceitos e dos processos históricos apresentada acima, nos introduziremos, no próximo capítulo, ao cerne desse trabalho; àquilo que o justifica: o problema da contaminação de águas subterrâneas pela ocupação e uso do solo em Zona de Vulnerabilidade Ambiental (ZVA) da Lei nº 2.222 de 2016 sobrejacente ao aquífero Rio Branco (ARB).

1.1 FORMAÇÃO ECONÔMICA E SOCIOESPACIAL EM AMBIENTE AMAZÔNICO

O espaço geográfico

O conceito de “espaço”, segundo o que declara Corrêa (1995), é utilizado em diferentes ciências, tendo também diferentes aceitações e usos em outras áreas do conhecimento; não sendo, portanto, de uso exclusivo da ciência geográfica. Porém, até mesmo dentro da geografia a conceituação de “espaço” foi um tema caro aos geógrafos que se propunham a teorizar sobre determinado assunto – no que concerne aos múltiplos entendimentos e em decorrência dos diferentes modos que esse conceito foi, e é empregado.

Na geografia o conceito de espaço toma a dimensão de “geográfico” quando se busca, de fato, especificar o que o conceito está tratando, já que “espaço” é uma expressão ampla e generalizante; isto é, compreende tudo aquilo que está ao nosso redor e além, como o conceito de “espaço sideral”, com o qual se retrata tudo aquilo que está fora da nossa órbita planetária.

No entanto, o espaço geográfico, para além da conceituação que acreditamos corresponder melhor aos anseios deste trabalho, foi concebido de diferentes maneiras por diferentes autores, para os quais a geografia sofria de sérios problemas epistemológicos. Para esses pensadores, a definição do objeto da ciência geográfica compreendia um grande passo para garantir sua cientificidade (SANTOS, 2006; CORRÊA, 1995; HARVEY, 2013).

Em Vidal De La Blache (1845-1918) e Jean Brunhes (1869-1930) o conceito de “lugar” é tido como tema central da geografia, pois, imbuídos do pensamento marxista, denotavam ao lugar o *locus* da construção da realidade, através da relação homem-meio. Para Max Sorre (1880-1962), a geografia não se tratava de nada além de localização, um mero “ponto de vista”, na qual se utilizaria métodos descritivos e de “imaginação”. Ainda sob influência de La Blache, Pierre Deffontaines (1894-1978) e Pierre Monbeig (1908-1987) - os quais institucionalizaram

a geografia brasileira – colocam o “homem” e sua relação com o ambiente como aspecto central dos estudos da Geografia Humana (BRAGA, 2007).

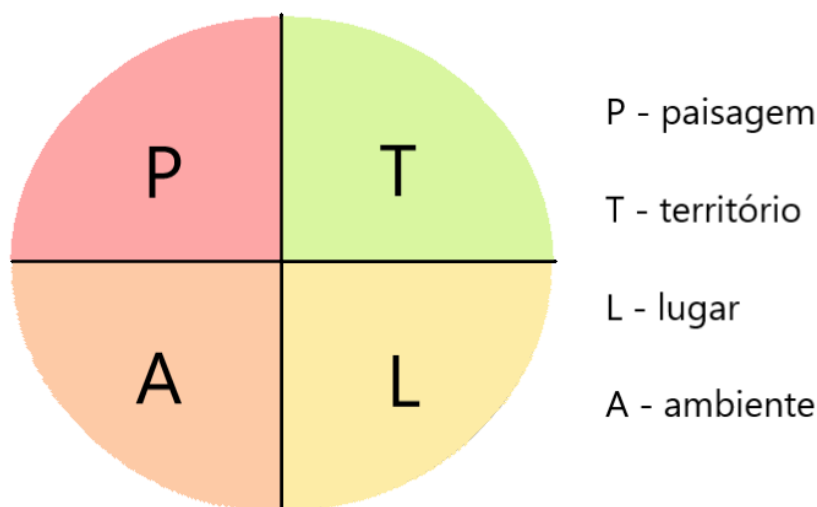
Em Braga (2007, p. 71), o espaço geográfico é composto por três principais “relações socioespaciais”: relações econômicas, políticas e simbólico-culturais. Segundo ele, a “ação humana e suas práticas espaciais” é o que garante permanência dessas relações. Ainda, de acordo com Braga (2007), após Hartshorne considerar o conceito de região como o cerne da ciência geográfica, a questão do espaço e do tempo na geografia, surge com mais enfoque em David Harvey, no século XXI. Segundo Braga (2007), para Harvey o tempo e espaço constituíam conceitos fundamentais e inseparáveis para a compreensão da realidade

Considerado então o objeto da geografia, o espaço geográfico representa, numa relação dialética, tudo aquilo que consideramos ser produto da ação humana sobre o meio e vice-versa; ou seja, não apenas de elementos da transformação do meio pelo homem que se constitui o espaço, mas também de produtos da transformação da experiência humana influenciada pelo meio. Para Santos (2006, p. 56), o conceito de espaço geográfico deve estar ligado tanto aos aspectos humanos/sociais, quanto físicos; devendo, portanto, ser “um misto, um híbrido”. Para este autor, o espaço geográfico é constituído por “sistemas de objetos” e “sistemas de ações”, os quais por se encontrarem em um crescente estado de “artificialidade”, tornam-se cada vez mais alheios “ao lugar e seus habitantes”.

Suertegaray (2003), o define como “uno e múltiplo”. Uno por se opor a costumeira dicotomia entre Sociedade e Natureza, proposta pela ciência moderna. E múltiplo por conter internamente, nessa visão unitária da realidade, diferentes acepções e leituras do mesmo conceito. Segundo Suertegaray (2003), nada impede o conceito de espaço geográfico se relacionar com as concepções de paisagem, território, lugar e região.

Esta representação é elaborada no sentido de expressar a concepção de que: o espaço geográfico pode ser lido através do conceito de paisagem e ou território, e ou lugar, e ou ambiente; sem desconhecemos que cada uma dessas dimensões está contida em todas as demais. Paisagens contêm territórios que contêm lugares que contêm ambientes valendo, para cada um, todas as conexões possíveis. (SUERTEGARAY, 2003, p. 49).

Figura 1. Espaço geográfico setorizado em quatro partes



Fonte: Adaptado de Suertegaray (2003).

Nota: Organizado pelo Autor

Para Suertegaray (2003), esse entendimento sobre o espaço geográfico, apesar de aparentar uma certa divisão, pode, na verdade, integrar as diferentes óticas e aplicações que se tem sobre ele, com vistas a “conjunção” do discurso geográfico; além de reconhecer sua complexidade. Desta forma, ao promover a relação entre Sociedade e Natureza, essa concepção unitária e “multidisciplinar” do espaço geográfico se aproxima, com a proposta de estabelecer conexões, em parte, da perspectiva geossistêmica (SUERTEGARAY, 2003, p. 50).

Dimensão socioeconômica do espaço e a distinção entre o urbano e a cidade

Sobre o conceito de formação socioespacial, Santos (1982) ressalta que o entendimento da formação do espaço parte da compreensão de que ao longo da história o homem transforma seu espaço a partir do trabalho submetido ao modo de produção vigente; daí a expressão socioeconômica. Os indivíduos se organizam e organizam o espaço a partir da economia, a partir da organização socioespacial subordinada ao modo de produção vigente em cada período histórico. O conceito socioespacial deriva da compreensão do conceito de socioeconômico na medida em que compreendemos que ao se organizar socialmente o homem transforma, (re)produz e (re)organiza o espaço, sendo incoerente pensar em sociedade sem relacioná-la com o espaço, e pensar em espaço sem relacioná-lo à sociedade.

A partir dessa perspectiva devemos incluir a ação social na (re)produção do espaço. Mas, como nos atenta Santos (1985), sobre o que já fora ressaltado na teoria de Lefebvre, não

se deve considerar o espaço apenas como um produto da ação social, mas sim como uma “instância da sociedade”; ou seja, ao mesmo tempo que ele “recebe” as transformações sociais que são consequências das relações sociais, ele se relaciona com esse processo como uma instância da sociedade – indispensável à sociedade e à organização social – e, então, essa mesma sociedade e suas instâncias também se configuram em instâncias do espaço, ou seja, espaço e sociedade estão em constante relação, como apresenta Santos (1985, p.2):

Consideramos o espaço como uma instância da sociedade, ao mesmo título que a instância econômica e a instância cultural-ideológica. Isso significa que, como instância, ele contém e é contido pelas demais instâncias, assim como cada uma delas o contém e é por ele contida. [...] Isso quer dizer que a essência do espaço é social. [...] assim, temos, paralelamente, de um lado, um conjunto de objetos geográficos distribuídos sobre um território, sua configuração geográfica ou sua configuração espacial e a maneira como esses objetos se dão aos nossos olhos, na sua continuidade visível, isto é, a paisagem; de outro lado, o que dá vida a esses objetos, seu princípio ativo, isto é, todos os processos sociais representativos de uma sociedade em um dado momento.

Santos (1982), destaca a importância que a formação socioeconômica tem na análise de uma sociedade, ressaltando não ser possível usar essa categoria para fazer uma análise da sociedade em geral, mas analisando uma sociedade específica pode-se compreender que ao longo da história essa sociedade foi se transformando de acordo com os modos de produção, de acordo com as necessidades econômicas de cada tempo. Não existe uma sociedade em geral, mas sim “sociedades” que se (re)organizam e (re)produzem seus espaços de acordo com as necessidades e evoluções de seus processos históricos.

Modo de produção, formação social, espaço – essas três categorias são interdependentes. Todos os processos que, juntos, formam o modo de produção (produção propriamente dita, circulação, distribuição, consumo) são histórica e espacialmente determinados num movimento de conjunto, e isto através de uma formação social (SANTOS, 1982, p.4).

A formação social se relaciona com a (re)produção do espaço na medida em que uma formação social compreende uma “estrutura produtiva” e uma “estrutura técnica” e isso se distribui através do espaço, essas estruturas organizam o espaço de acordo com a lógica de produção. Sendo assim, a formação social engloba a construção de “formas” no espaço para o atendimento das demandas de um modo de produção, sendo esse um processo de organização da produção e extração do que é necessário da natureza para o atendimento das necessidades da sociedade.

Essa “lógica de (re)produção do espaço”, por sua vez, está inteiramente ligada às predileções do modo de produção de cada tempo. Santos (1979, p. 7) nos aponta, ainda, que os países industrializados, de primeiro mundo, têm formas diferentes de se analisar o fato urbano que se dá nos países “subdesenvolvidos”: “A maioria dos trabalhos sobre Terceiro Mundo referem-se a uma terciarização da sociedade e da economia, e uma urbanização terciária”. Portanto, o processo de urbanização, além de estar sob domínio de uma lógica externa à cidade de (re)produção do espaço, associada a um modo de produção, ainda é pensado - no caso dos países do Terceiro Mundo, como coloca Santos (1979) – por perspectivas generalizantes e verticais, advindas de sociedades imperialistas.

No plano mais concreto do espaço, essas ressignificações do valor e do uso dos espaços e de suas formas podem ser visualizadas com mais exatidão naquilo que conhecemos como



Figura 2: Relação entre urbano e cidade na conformação das formas produzidas. **Fonte:** Elaborado a partir de Spósito (1999).

“cidade”. Para Santos (1994) *apud* Spósito (1999), a “cidade” se trata do pessoal, do concreto, das particularidades, enquanto o urbano se traduz no plano abstrato, da generalização. Entendemos, pois, que a cidade está ligada com as vivências do cotidiano, com o aspecto subjetivo de cada indivíduo (re)produtor do espaço (re)construído.

Essa distinção entre o urbano e a cidade é para Spósito (1999, p. 33) fundamental, pois nos permite entender como se dá o papel destes conceitos na “compreensão da condição espaço-tempo da cidade”. Portanto, para compreendermos a realidade espacial de uma cidade e suas formas atuais, precisamos, antes de tudo, analisar o processo histórico de urbanização pelo qual se deu sua formação.

Barros (2005, p. 73), ao tratar sobre “morfologia urbana” nos apresenta que a cidade vista de cima pode representar a sua forma externa. Essa ótica permite que o observador, podendo ser um habitante ou até mesmo um turista, consiga identificar o “traçado arquitetônico” da cidade. Embora esta seja uma maneira eficaz de se analisar a forma da cidade e seu “traçado arquitetônico”, não compreende uma perspectiva isenta de subjetividade, pois carrega percepções e “sensações” particulares de cada observador.

Barros (2005, p. 74), também trata da superação dos “limites físicos” presentes no meio pela sociedade após sua acomodação a esses limites. Apesar de não ser algo fácil de se identificar, ao analisarmos o “plano geral da cidade” essa “superação” deixa evidências fixadas no espaço; o autor exemplifica: “uma muralha depois demolida, ou uma ferrovia que mais tarde desaparece[...]”. Ademais, um outro uso que podemos dar a essa concepção é com relação a disposição geográfica das cidades as quais dependiam exclusivamente do rio para o transporte de pessoas e mercadorias: sua fundação, ou seu primeiro núcleo-urbano de povoamento se dá sempre às margens de algum curso d’água com potencial hídrico para atender suas demandas. Todavia, ao longo do tempo, com as evoluções na infraestrutura de transporte viário, essa ligação com o rio perde sua função essencial, e o foco de crescimento das cidades passa a seguir uma lógica oposta: afastar-se cada vez mais do rio.

O fenômeno urbano, como aspecto externo, influi, portanto, na (re)estruturação do espaço urbano da cidade, do mesmo modo que a cidade, com suas formas e condições – sejam ambientais, socioeconômicas e culturais –, influi no processo histórico de reestruturação do seu espaço urbano. Isto é, as manifestações gerais e particulares, concomitantemente, dialogam entre si no espaço e no tempo.

Se a Geografia deseja interpretar o espaço humano como o fato histórico que ele é, somente a história da sociedade mundial, aliada à da sociedade local, pode servir como fundamento à compreensão da realidade espacial e permitir a sua transformação a serviço do homem. Pois a História não se escreve fora do espaço, e não há sociedade a-espacial. O espaço, ele mesmo, é social. (SANTOS, 1977, p. 81)

Deste modo, não podemos apreender a realidade socioambiental de uma cidade, em sua contemporaneidade, sem antes colocar essa realidade à luz do processo histórico de produção do espaço urbano que a originou; este subordinado à lógica do modo de produção vigente.

Ocupação e uso do solo em ambiente amazônico sul-ocidental: o caso do estado do Acre

A região de recorte espacial da presente pesquisa, a qual está inserida nos limites históricos do atual Estado do Acre, é uma das mais importantes áreas ocupadas a partir do *boom* econômico do Norte do Brasil proporcionado pelo 1º ciclo da borracha (1879-1912) e 2º ciclo (1942-1945), onde o cearense Neutel Maia, fundou um dos primeiros seringais no Alto Acre, o Seringal **Volta da Empresa**. Seringal é a floresta onde se encontra a espécie de árvore *hevea brasiliensis* que, por expelir um líquido claro ao introduzirem tubos de madeira em seu tronco, ficou popularmente conhecida como “seringueira” (COSTA, 2005).

Sua localização às margens do rio Acre e à “sombra” da bicentenária gameleira (*Ficus adhatodifolia*), está ligada ao único meio de transporte viável para as terras Sul-ocidentais brasileiras. “Rasgadas” paralelamente, de oeste à leste, por rios de nascentes em território peruano, o transporte fluvial foi o meio de transporte que viabilizou a ocupação e o desenvolvimento das primeiras cidades acreanas por brasileiros que, segundo Machado (1999, p. 110), esta “disposição geográfica de povoamento” ocorre desta forma desde a era pré-colombiana, com os povos primitivos.

Para Silva (2009) esse período na formação socioespacial do Acre representa a “continuidade do processo de expansão do capitalismo internacional pela Amazônia”, personificada, primeiramente, na estruturação de um sistema de produção extrativista da borracha amazônica, retratada como “frentes pioneiras extrativista da borracha” e, em um segundo momento, pela “frente pioneira agropecuária”, que foi representada pela vinda dos “paulistas” – fazendeiros centro-sulistas – para o Acre (SILVA, 2009, p. 160).

As terras da Amazônia Sul-ocidental passaram a representar, nesse primeiro momento quando a borracha transforma a produção industrial do mundo e se torna, segundo Costa (2005, p. 105) “elemento essencial da solução dada ao problema dos transportes e comunicações[...]”, um rincão de conflitos e opressões pois, ao passo em que o sistema de produção imperante proporcionava uma incalculável riqueza ao Brasil e aos burgueses – à época seringalistas e comerciantes –, também maltratava, numa relação opressora entre patrão e empregado, os trabalhadores nordestinos – ditos seringueiros – os quais ao fugirem da seca e da fome passam a ser escravos de um sistema desonesto, cruel e perverso: o sistema de aviamento (SILVA, 2009; COSTA, 2005).

Eduardo Galeano, em seu livro “As veias abertas da América Latina”, retrata um dos tristes episódios vivenciados na história das formas de ocupação e uso da terra na Amazônia: “Sem nenhuma reserva de vitaminas, os trabalhadores das terras secas empreendiam a longa viagem para a floresta úmida. Ali os aguardava, nos pantanosos seringais, a febre[...]”; “Não só a febre; na floresta, também aguardava um regime de trabalho muito semelhante à escravidão” (GALEANO, 2019, p. 129-130).

Segundo Moraes (2000), é pautado nessa lógica de opressão e de abandono que se dá os primeiros “núcleos de povoamento-urbanos” do atual estado do Acre. De acordo com a autora, essa ocupação pioneira estava estruturada da seguinte forma:

linear-misto, localizado quase sempre às margens dos rios. A forma física deste, compreendia o seringal (unidade produtiva) que era composto pelas casas do barracão (casa do proprietário - o seringalista - e dos seus ajudantes imediatos); as colocações

(local de trabalho do seringueiro); as estradas de seringa e o tapiri (casa do seringueiro). (MORAIS, 2000, p. 1).

Para Morais (2000), a ocupação encontrava-se “dispersa” em colocações e “nucleada” próxima ao barracão. Essa configuração dava-se pelo modelo em que era empregado o extrativismo do látex na Amazônia, onde a característica da disposição geográfica das seringueiras (*Hevea brasiliensis*) na floresta e a falta de êxito em seu plantio não permitiram uma extração sequenciada e eficiente da matéria-prima.

Após a decadência da borracha no mercado internacional, dada pela biopirataria que culminou num plantio e escoamento mais eficiente na Malásia, outro importante marco da formação socioespacial do Acre, com grandes transformações na produção do seu espaço urbano e agrário, se deu a partir da “pecuarização” da atividade econômica do Acre. Esta política, segundo Morais (2016), incentivada e amplamente divulgada pelo então governador Wanderlei Dantas (1971-1975), resultou na compra de grandes porções do solo acreano por empresários centro-sulistas – popularmente conhecidos como “paulistas” (SILVA, 2009; MORAIS, 2016).

De acordo com a 2ª edição do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do Acre de 2010, esse processo de ocupação é oriundo, respectivamente, de Projetos de Colonização Dirigida (PAD) e através de incentivos à aquisição de terras por grupos empresariais do sul do Brasil. Fragmentos desses incentivos à nível local, que se referem à política do então governador Wanderlei Dantas, podem ser encontrados em Morais (2016): “Este governador, por meio de uma ampla campanha nos meios de comunicação do Centro Sul, exaltava o potencial de fertilidade dos solos acreanos e suas múltiplas aptidões para as atividades ligadas à agropecuária em geral”; “Acre, a nova Canaã, um nordeste sem seca, um sul sem geadas. Invista no Acre e exporte pelo Pacífico[...]”.

Essa política de reestruturação da atividade econômica do Acre, ao relegar à decrepitude o extrativismo da borracha, impactou profundamente o modo de vida de milhares de famílias de seringueiros – cerca de 40 mil –, as quais tinham no “corte” da seringa seu meio de sobrevivência. Foi então, em consequência dessas ações, que se deu a migração em massa de trabalhadores seringueiros, os quais, forçados a saírem de suas colocações pelos “paulistas” (empresários centro-sulistas), buscaram refúgio em espaços urbanos e em seringais da Bolívia. Morais (2016), torna mais palpável esse momento com o que diz Chico Mendes – notório sindicalista que lutou pela permanência do modo de vida seringueiro:

Os agentes do governo, como ressaltou Chico Mendes, “diziam que o Acre tinha terra barata”, mas não disseram que “lá dentro tinha os trabalhadores posseiros”, que habitavam “aquela terra, que foram eles que, realmente, conquistaram essa terra para o Brasil”. (MORAIS, 2016, p. 125-126).

Para Campos Filho (1992), o processo migratório campo-cidade, se dá por motivos de pressões positivas através da expectativa de melhora de vida na cidade, e negativas ou “expulsadoras do campo”, que se configuram tanto pelo “crescimento vegetativo dessas populações” como pela modernização tecnológica do campo.

No Acre, esse processo, como discutido acima, se deu por motivos de pressões negativas durante o avanço da frente pioneira agropecuária entre a década de 1970 e 1990, como nos apresenta Silva (2009, p.161): “podemos constatar números expressivos de famílias que passaram a ser expulsas de suas colocações que eram ‘vendidas’ no conjunto das transações efetuadas pelo seringalista e compradores centro sulistas”.

Tais fatores históricos deram então origem aos principais processos de povoamento no Estado do Acre, e os quais foram fundamentais à conformação da atual configuração urbano/rural da capital acreana. Conforme nos apresenta Moraes (2000):

A derrubada de grande extensão de floresta e a venda de antigos seringais precipitou o êxodo rural, que tomou duas direções: a das famílias que migraram para a Bolívia, onde continuaram trabalhando na extração da seringa, e as outras que buscaram a periferia das cidades, especialmente Rio Branco, capital do Estado. (MORAIS, 2000, n.p).

A partir dessa época a região do atual Segundo Distrito de Rio Branco passou a receber um grande quantitativo de famílias as quais haviam sido expulsas dos seringais. Expropriadas do seu modo de vida, essas famílias passaram a ocupar, entre outras, essa região de forma intensa e sem o aparato do Estado para garantir uma ocupação digna.

Relação dialética entre uso e ocupação do solo e a preservação dos recursos naturais

A compreensão de como se deu a atual conjuntura socioespacial de determinados processos históricos de ocupação urbana desenvolvidos no Estado do Acre, em diferentes localidades situadas sobre o ARB no Segundo Distrito de Rio Branco – AC, permite agir sobre a questão do impacto do uso e da ocupação do solo em áreas de aquífero a partir de uma perspectiva global, da gênese do problema.

[...] A preocupação com a manutenção dos aquíferos é a ocupação irregular de áreas lindeiras uma vez que, a falta ou a ausência de planejamento podem acarretar um

passivo ambiental irreparável com a diminuição de sua zona de recarga, poluição por contaminantes tóxicos oriundos da agricultura e da falta de saneamento básico recorrente nas cidades amazônicas [...]. (FRANCO & ARCOS, 2020, p. 2).

A Amazônia representa atualmente, no contexto nacional e mundial, a maior reserva biológica ainda existente no planeta Terra, sendo esta região palco de inúmeras e conflituosas discussões geopolíticas acerca do controle das riquezas naturais desta imensa floresta tropical. No entanto, há pouco tempo, as ações geopolíticas de ocupação sobre o território amazônico, as quais tinham o Estado como ator principal e que atingiram seu auge entre 1960 e 1980, eram exclusivamente realizadas com base em pressões, intervenções e conquistas de territórios. Ou seja, nesta perspectiva, quanto mais se conquistava a terra e se exploravam seus recursos, mais “desenvolvimento” e riquezas eram gerados (BECKER, 2005).

A Amazônia, o Brasil, e os demais países latino-americanos são as mais antigas periferias do sistema mundial capitalista. Seu povoamento e desenvolvimento foram fundados de acordo com o paradigma de relação *sociedade-natureza*, que Kenneth Boulding denomina de economia fronteira, significando com isso que o crescimento econômico é visto como linear e infinito, e baseado na contínua incorporação de terra e de recursos naturais, que são também percebidos como infinitos. (BECKER, 2005, p. 72).

Essa lógica, assim como ela é descrita pela autora, se transfigura a partir da década de 1990 - através da tecnologia dos satélites - a uma perspectiva de valorização e preservação da Amazônia como um recurso natural escasso, e passa a ser prioridade como estratégia política a sua preservação, alterando assim a percepção e, com isso, a maneira com que os indivíduos compreendem a natureza e se relacionam com seus recursos. Sobre esta mudança paradigmática do conceito de desenvolvimento e da relação da sociedade com a natureza, Becker (2005) nos retrata:

É imperativo o uso não predatório das fabulosas riquezas naturais que a Amazônia contém e também do *saber* das suas populações tradicionais que possuem um secular conhecimento acumulado para lidar com o trópico úmido. Essa riqueza tem de ser melhor utilizada. (BECKER, 2005, p. 72).

A partir do aparato histórico das ocupações humanas em terras acreanas, pode-se ter mais clareza ao abordarmos a realidade em que se dá o uso e a ocupação do solo no Acre atualmente. Além do mais, podemos compreender, mesmo que simploriamente, as diferentes formas de se conceber o conceito de espaço: espaço como a representação de tudo o que nos rodeia; espaço geográfico como o espaço em que vivemos e nos relacionamos; e espaço

socioeconômico como aquele que representa o espaço (re)produzido pelo trabalho, sendo este subordinado ao modo de produção vigente.

Todavia, segundo Gonçalves (1995), devemos buscar sempre a aproximação da relação Homem e Natureza com o objetivo de nos distanciarmos cada vez mais da perspectiva dicotômica imposta pelo pensamento ocidental dominante que, segundo o qual, é o responsável pelo *status quo* da questão ambiental:

[...]são essas noções de natureza-objeto, mera fonte ilimitada de recursos e de Homem – feito à imagem e semelhança de Deus e, portanto, senhor e possuidor legítimo da Natureza (Descartes) que estão subjacentes às práticas concretas dos homens que organizam o espaço geográfico de cada dia. [...]as práticas concretas dos homens que organizam o espaço são responsáveis pelos resultados danosos a esses mesmos homens e à natureza. (GONÇALVES, 1995, p. 310).

Compreende-se então, como sendo de primordial relevância para o desenvolvimento regional do Sudoeste amazônico, o uso dos espaços e dos seus recursos naturais e humanos de forma racional e consciente. No entanto, à luz da realidade do Estado do Acre, sob a perspectiva de sua trajetória historicamente desuniforme com o restante do território brasileiro, fruto de uma ocupação marginalizada, e de uma localização geograficamente distante dos grandes centros político-econômicos do país, o que a realidade concreta nos apresenta, são formas degradantes de usos e ocupações do espaço e do solo e da apropriação e exploração dos recursos.

1.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, SISTEMAS AQUÍFEROS E VULNERABILIDADE AMBIENTAL

Realidade das águas subterrâneas no Brasil: recurso estratégico de abastecimento público, sistemas de captação e aquíferos

Desde a antiga filosofia grega, o homem passou a conceber a água como a origem de tudo. No século VI a.C., foi em Tales de Mileto, considerado por Aristóteles o primeiro filósofo ocidental, que surgiu a famosa frase “tudo é água”. Entendemos, portanto, como o início da busca pela determinação de um elemento propulsor de tudo; aquilo que dá movimento à vida e possibilita as transformações inerentes a ela. A água recebe posição central nessa discussão quando passamos a olhar o nosso entorno, avultando nossa percepção nas coisas mais simples do cotidiano, como lavar as mãos, limpar e cozer o alimento, transportar os dejetos humanos para um lugar longe do ambiente domiciliar, regar as plantas, matar a sede etc. Além disso, ao olharmos para dentro de todo ser vivo vemos que a água participa fundamentalmente de quase

todas as funções essenciais do organismo. O corpo humano, por exemplo, é constituído, em média, por 65% de água e não sobrevive com perda de 20% desse valor; ela está: no sangue que corre pelas veias, no transporte e na absorção de nutrientes, na filtragem e na retirada das impurezas etc. (BRUNI, 1993).

A água é, desta forma, considerada um elemento essencial para a origem da vida e de sua evolução. Além disso, foi através de sua abundância, a qual dispõe o planeta terra, que se deu as grandes transformações vivenciadas pela sociedade durante o tempo histórico; ou seja, a água é a grande propulsora de tudo a experiência humana realiza atualmente. No entanto, apesar do seu quantitativo abundante, a água considerada própria para uso humano fica cada vez mais escassa, seja pelo aumento na demanda – resultado do crescimento da população mundial – ou pelo seu uso insustentável, através de sua contaminação (SOLDERA & OLIVEIRA, 2017; CHAMBEL, 2016).

A água subterrânea é de essencial importância para a manutenção da vida humana em suas mais diversas manifestações e em seus mais amplos níveis de uso, passando desde as necessidades mais básicas do cotidiano como, por exemplo, o preparo de alimentos, a higiene pessoal e sua ingestão necessária e incondicional, até mesmo às técnicas humanas mais complexas e diversificadas, como a irrigação na agricultura familiar e mecanizada e em quase todos os ramos industriais e dos serviços de engenharia (ZOBY, 2008). Além disso, a manutenção da dinâmica hídrica dos mananciais subterrâneos se faz de grande relevância por garantir a existência de vários sistemas e subsistemas aquáticos como rios, lagos, mangues e pântanos. Sendo assim, como elenca Hirata *et al.* (2019, p. 4): “críticas para a segurança hídrica global, já que nesses aquíferos encontram-se 97% das águas doces e líquidas do planeta, o que os torna o maior reservatório de água potável da humanidade”.

Dada essa relevância primordial que a água subterrânea tem para a humanidade e assim sobre todas as civilizações existentes no planeta Terra e, também, devido a sua distribuição pelo planeta ser relativamente desuniforme, surge, de acordo com cada sociedade, diferentes formas de se relacionar com esse recurso e de gerenciar sua disposição pelo seu território. O Ministério do Meio Ambiente (MMA) nos introduz a um pequeno panorama geral da importância dessas reservas subterrâneas para alguns países:

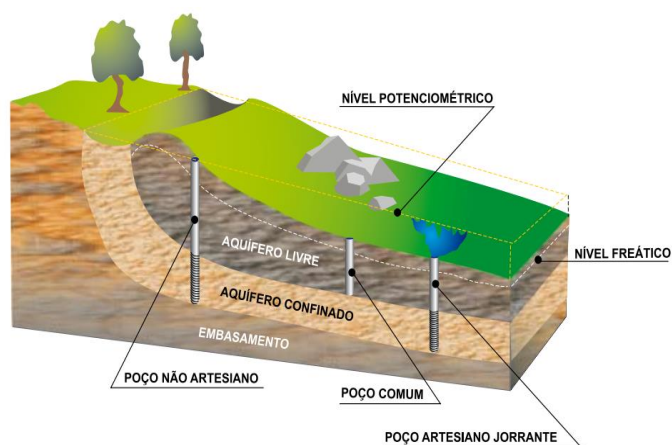
São elas as responsáveis pela garantia da sobrevivência de parte significativa da população mundial. Países como Arábia Saudita, Dinamarca e Malta utilizam exclusivamente dessas águas para todo o abastecimento humano. Enquanto na Áustria, Alemanha, Bélgica, França, Hungria, Itália, Holanda, Marrocos, Rússia e

Suíça, mais de 70% da demanda por água é atendida por manancial hídrico subterrâneo (MMA, 2007, p.7).

As águas subterrâneas fazem parte do ciclo hidrológico pois sofrem influência direta da água advinda das precipitações. As águas da chuva infiltram nas áreas de recarga e, de forma lenta, alimentam corpos hídricos superficiais. No tocante às áreas rurais, em 2021, essa fonte de recurso representou parcela principal de uso com 55% do total de propriedades rurais que a utilizam para abastecimento, através de nascentes e poços. Em 1991 esse percentual chegou a 61%. Mesmo com o decréscimo de 6%, as águas do subsolo ainda ocupam mais da metade da demanda de água nas localidades em que não se tem oferta de água tratada (GOMES, PENA & QUEIROZ, 2022)

De acordo com Gomes, Pena & Queiroz (2022), estão ligados a perspectiva de exploração das águas subterrâneas aspectos quantitativos, qualitativos e econômicos. O primeiro está relacionado a capacidade de armazenagem dos aquíferos e ao processo de infiltração da água no solo (condutividade hidráulica); o segundo aspecto é relativo às características geológicas e climáticas e de capacidade de renovação da água nos reservatórios subterrâneos; e o último voltado a capacidade de extração com relação aos aspectos físicos, como a profundidade, e às viabilidades tecnológicas de retirada da água.

A adesão cada vez mais crescente das águas subterrâneas para o abastecimento está relacionado à universalização da energia elétrica e ao infeliz cenário de poluição e degradação das águas superficiais (GOMES, PENA & QUEIROZ, 2022). A poluição torna a captação mais onerosa, tendo em vista a elevação dos custos de tratamento da água, e a degradação dos cursos hídricos superficiais faz com que esse recurso fique cada vez mais escasso, afetando a captação em si.



A extração das águas subsuperficiais é comumente realizada através de poços. Poço pode ser definido da seguinte forma: uma construção humana e vertical que serve para captar, repor e monitorar água subsuperficial, sendo necessário ou não a utilização de sistema de bombeamento hidráulico. As

Figura 3: Representação esquemática do nível de pressão nos aquíferos. **Fonte:** Boscardin Borghetti, Borghetti & Rosa Filho (2011).

categorias de poços, segundo

nomenclatura proposta por Vasconcelos (2014) na qual se leva em consideração a construção, o diâmetro, o revestimento e a ação da pressão, podem ser divididas em duas: poços escavados e tubulares. Os poços escavados, por sua vez, dividem-se em cacimba (diâmetro superior a 0,5m e não possuem revestimento interno), cacimbão (diâmetro entre 1 e 5m e possuem revestimento interno total ou parcial) e amazonas (diâmetro acima de 5m com revestimento interno total ou parcial). Os poços tubulares se dividem em freático (ação em aquífero livre), artesiano jorrante (ação em aquífero confinado cuja água emerge naturalmente na superfície) e não jorrante (ação em aquífero confinado cuja água só pode chegar à superfície através de bombeamento hidráulico) (VASCONCELOS, 2017).

Como visto acima, os aquíferos se dividem em: confinados e não confinados (aquíferos livres ou freáticos). Os não confinados são aqueles que se encontram logo abaixo do lençol freático; ou seja, estão mais próximos da superfície terrestre com relação aos aquíferos confinados. Estas reservas alimentam os cursos e os reservatórios de água superficiais e são alimentadas por estes, além disso, influenciam também outras reservas subterrâneas mais profundas. Já os aquíferos confinados são aqueles que, ao se encontrarem entre estruturas impermeáveis ou semipermeáveis, estão sob pressão superior a atmosférica (SERAPHIM, 2018).

Gomes, Pena & Queiroz (2022), utilizam de outra nomenclatura para caracterizar os tipos de poços existente. Para os autores os poços são divididos em: poço artesiano e semiartesiano e poço escavado. Nesta perspectiva os autores entendem que o termo artesiano já pressupõe que a ação dos poços os quais recebem determinada denominação, já se encontram em aquíferos confinados e por isso são essencialmente jorantes. E aqueles que atuam sobre aquíferos não confinados ou livres, não podem ser artesianos pois a água não consegue emergir naturalmente na superfície; daí a denominação de “semiartesiano”. Seguem no quadro abaixo as características de cada tipo segundo esses autores:

Quadro 1: Características dos tipos de poços segundo Gomes, Pena & Queiroz (2022)

Categorias	Revestimento	Construção	Profundidade	Características
Poço artesiano	Tubular	Perfuração vertical e cilíndrica	Até 2000 metros	A água atinge a superfície sem a necessidade de instrumento hidráulico
Poço semiartesiano	Tubular	Perfuração vertical e cilíndrica	Até 50 e 60 metros	A água atinge a superfície com auxílio de instrumento hidráulico

Poço escavado, caipira ou cisterna	Bloco de cerâmica, tijolo ou anel de concreto	Perfuração manual.	Até 25 metros	A água atinge a superfície com auxílio de instrumento hidráulico ou manualmente
---	---	--------------------	---------------	---

Fonte: Elaborado a partir de Gomes, Pena & Queiroz (2022).

No Brasil o volume de água extraída anualmente no subsolo através de uma estimativa de mais 2,5 milhões de poços tubulares espalhados por seu território, pode abastecer toda a população brasileira por um mesmo período. Todavia, pouco mais 1% desses poços se encontram em situação de regularidade (HIRATA et al. 2019). Essa lacuna na regularização dos poços no Brasil não permite que se tenha um controle da água explorada e nem das condições em que se dão suas construções. Isso pode implicar em sérios problemas à dinâmica de renovação desses mananciais em decorrência de uma superexploração; ou seja, quando o volume explorado supera as suas capacidades de recarga.

As Estruturas Hidrogeológicas Organizadas, os “aquíferos”, estão presentes em quase todo o território nacional, onde foram divididos por Pessoa *et al.* (1980) em 10 províncias hidrogeológicas: Província do Escudo Setentrional; Província do Amazonas; Província Escudo Central; Província Parnaíba; Província São Francisco; Província Escudo Oriental; Província Paraná; Província Escudo Meridional; Província Centro-Oeste; e a Província Costeira.

Na Província Paraná e do Amazonas temos, respectivamente, o aquífero Guarani que se estende pelos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, além de regiões do Paraguai, Uruguai e Argentina, e o Alter do Chão em Manaus; ambos em território brasileiro, são considerados os maiores do mundo (MMA, 2007). Essa grande disposição de água subterrânea no território brasileiro, segundo Senra e Hager (2003), é responsável por dar aos seus rios a categoria de “perenes”, ou seja, não secam nos períodos de estiagem.

Atualmente, na região amazônica os recursos hídricos subterrâneos formam, reconhecidamente pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO, um dos maiores sistemas de aquíferos do planeta: o Sistema de Aquífero Grande Amazônia (SAGA). Alguns estudos apontam para um potencial de mais de 160.000 km³ em reservas de água subsuperficiais distribuídas, em território brasileiro, nas bacias sedimentares do Acre, Solimões, Amazonas e Marajó. Essa imensa disposição hídrica é formada por unidades litoestratigráficas localizadas do Eo-Neo Cretáceo ao Cenozóico (LAGES, 2016; ABREU *et al.* 2013).

Quadro 2. Extensão, períodos geológicos e principais aquíferos presentes em bacias sedimentares

Aquíferos de rochas sedimentares		
Extensão	Períodos geológicos	Principais aquíferos e bacias
4,13 milhões de km ² (48,5% do território)	grandes bacias: Proterozóico/Paleozóico Proterozóico/Mesozóico Paleozóico bacias menores: Mesozóico e Cenozóico	sistemas aquíferos Bambuí e Urucuia-Areado (Bacia Sedimentar Proterozóica do São Francisco); sistemas aquíferos Bauru-Caiuá, Guarani, Tubarão, Ponta Grossa e Furnas (Bacia Paleozóica do Paraná); sistemas aquíferos Itaperucu, Corda, Motuca, Poti-Piauí, Cabeças e Serra Grande (Bacia Paleozóica do Parnaíba); sistemas aquíferos Boa Vista, Solimões e Alter do Chão (Bacia Paleozóica do Amazonas)

Fonte: Elaborado a partir de Hirata *et al.* (2010).

Segundo Hirata *et al.* (2010), no Brasil, a recarga efetiva anual de água subterrânea soma-se 42.289 m³, representando 24% de toda água que corre regularmente pelos rios em solo brasileiro, e, nos períodos de menor incidência de chuva, quando os rios estão em suas cotas mínimas o percentual chega a 49%. Ademais, quase metade desse quantitativo de recarga se deve aos principais aquíferos do país, os quais somam-se 27 e estão distribuídos em uma área que ocupa 32% do território nacional. Ainda segundo o autor, os aquíferos brasileiros estão divididos em “dois grandes grupos”: aquíferos de rochas sedimentares e aquíferos de rochas fraturadas (HIRATA, 2010, p. 151). Segundo Zoby (2008), as bacias sedimentares brasileiras comportam os maiores sistemas aquíferos em território nacional. Dentre eles temos, em destaque, os sistemas aquíferos Solimões e Alter do Chão.

Relação entre vulnerabilidade socioambiental e águas subterrâneas

O conceito de vulnerabilidade pode ser empregado de forma ampla, num nível concreto tal como a susceptibilidade de deslizamento e/ou alagamento de uma região, grupos sociais mais susceptíveis à um determinado patógeno etc., e abstrato quando, por exemplo, tratamos de aspectos político-ideológicos ou relativos às questões de vulnerabilidade econômica. O constructo intelectual desse termo pode ainda deter diferentes sentidos quando o tratamos sob óticas distintas, tais quais: ambiental; social; e socioambiental. Na perspectiva social, o que

representa função central do emprego do termo é o aspecto econômico. Já no contexto ambiental, é a quantificação do risco ao desequilíbrio de um sistema ambiental, gerado tanto por fenômenos naturais quanto por forças exógenas, que vai objetivar sua utilização. E, na dimensão socioambiental o objeto de estudo é a relação entre esses últimos segmentos; seria a visão global do fato (AQUINO; PALETTA; & ALMEIDA, 2017).

A utilização do conceito de vulnerabilidade trouxe à ciência, para além da evidenciação dos riscos aos desastres ou a melhor e a pior maneira de se gerir um sistema, a percepção das relações entre um sistema e outro. A quantificação e a caracterização da vulnerabilidade desses sistemas, a partir do século XVI, mudou a forma como a natureza é abordada por aqueles que se propunham a entendê-la. Essa quantificação da natureza viabilizou a construção de modelos gerais, as chamadas leis da natureza, transformando para sempre a relação homem/natureza. Atualmente trabalhos com abordagens relativas à sustentabilidade de ambientes e aos graus de vulnerabilidade de um sistema socioambiental, vêm recebendo apelo público pois cria um elo entre a atividade acadêmica de pesquisa e a continuidade do modo de vida de uma sociedade, comunidade etc. (AQUINO, PALETTA, & ALMEIDA, 2017).

De acordo com Figueiredo (2008), o conceito de vulnerabilidade denota diferentes concepções entre autores. Entre esses temos Barreto (2006) e Li *et al.* (2006), os quais apresentam conceituações mais próximas daquilo que queremos abordar com esse conceito. Para o primeiro autor, a vulnerabilidade de uma área está ligada à relação entre os aspectos físicos e bióticos e às pressões ambientais geradas por formas de uso e ocupação do solo. O segundo autor o relaciona diretamente ao grau de influência de agentes químicos em aquíferos através da análise de suas características físicas. Grande parte dos estudos analisados por Figueiredo *et al.* (2008) trabalham o conceito de vulnerabilidade ambiental com o de sistemas ambientais, o que pode representar uma tendência dos estudos que tratam de vulnerabilidade a se filiarem à abordagem sistêmica.

Ainda, segundo Figueiredo (2008, p. 76), atrelam-se ao conceito de vulnerabilidade outras nuances, como: “exposição a pressões, impacto ambiental (real ou potencial), sensibilidade do sistema ecológico, capacidade adaptativa da sociedade, resiliência e susceptibilidade à ocorrência de efeitos negativos (envolve exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa)”. O termo resiliência, portanto, compreende certa eminência aos outros, pois nos traz uma visão mais abrangente do problema, envolvendo à discussão a noção de capacidade regenerativa de um sistema que, para Aquino, Paletta & Almeida (2017, p. 15) corresponde “a capacidade concreta do meio ambiente em retornar ao estado natural de excelência, superando uma situação crítica”.

Dito isso, para lidarmos com a questão ambiental da melhor forma, faz-se necessário o reconhecimento, em cada sistema ambiental, da suscetibilidade ao risco, da fragilidade e da capacidade de retorno ao seu estado de equilíbrio (resiliência). Assim, para que seja válido um modelo que tenha por objetivo definir um grau de vulnerabilidade de sistemas ambientais, deve, então, atentar-se para esses condicionantes.



Figura 4: Aspectos da questão ambiental. **Fonte:** Adaptado de Aquino, Paletta & Almeida (2017).

De acordo com Aquino, Paletta & Almeida (2017), envolvem-se nessa perspectiva da gestão ambiental diferentes segmentos daquilo que se estabelece a sociedade atualmente, são eles: aspecto científico; aspecto econômico; aspecto político; aspecto cultural; e o aspecto social. Temos, portanto, uma perspectiva integrada e global para garantir a sustentabilidade ambiental.

Os primeiros usos do termo “vulnerabilidade” por hidrólogos, de acordo com Osório (2004), deram-se na França, na década de 70. As primeiras iniciativas de se utilizar o termo nos estudos de avaliação de contaminação das águas subterrâneas, tinham como intuito apenas denominar a suscetibilidade de um aquífero à ação antrópica sobrejacente (OSÓRIO, 2004). A partir do crescente desenvolvimento de trabalhos acadêmicos voltados para o estudo de recursos hídricos subsuperficiais, o conceito de vulnerabilidade passou a representar um eficiente instrumento para o planejamento e gestão dos aquíferos, como aborda Foster, Hirata & Rocha (1988):

Numa estratégia de defesa da qualidade das águas subterrâneas, propõe-se, como passo inicial, uma avaliação regional, a nível de reconhecimento e com base em dados disponíveis, que consiste em mapear os graus de vulnerabilidade natural dos sistemas aquíferos e caracterizar os riscos potenciais de poluição associados à carga contaminante (FOSTER, HIRATA & ROCHA, 1988, p. 176).

A vulnerabilidade natural de um aquífero está relacionada a um conjunto de fatores condicionantes de ordem física, química e biológica localizados na zona entre a superfície terrestre e a zona saturada do sistema. Existe também a contaminação específica que se dá por questões alheias ao sistema, como, por exemplo, a contaminação por vazamento de combustíveis em postos de abastecimento (COSTA, GOMES & NASCIMENTO, 2022).

Atualmente diversos modelos teóricos são utilizados como instrumentos para se estipular um determinado grau de vulnerabilidade das águas subterrâneas. Desta forma, os valores obtidos variam de modelo para modelo, pois adotam-se variáveis e valores diferentes em cada tipo de análise. Cada modelo, portanto, possui uma aplicabilidade distinta. Os modelos mais recorrentes são: DRASTIC; GOD; COP; e AVI.

Quadro 3: Metodologias cartográficas para delimitação de classes de vulnerabilidade

MODELOS		
Siglas	Variáveis	Aplicabilidade
DRASTIC	<ul style="list-style-type: none"> • Profundidade do topo do aquífero em metros; • Recarga do Aquífero em mm/ano; • Tipo de material do meio aquífero; • Tipo de solo; • Topografia • Influência da zona não saturada do solo; • Condutividade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Avalia a vulnerabilidade de aquíferos com diversas configurações hidrogeológicas; • Amplamente utilizado em mapeamento de detalhe.
GOD	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de aquífero; • Litologia e grau de consolidação da zona vadosa ou camadas confinantes; • Profundidade do nível d'água ou da base confinante do aquífero. 	<ul style="list-style-type: none"> • Avalia a vulnerabilidade de aquíferos de forma básica; • Utiliza poucas variáveis.
COP	<ul style="list-style-type: none"> • Concentração do fluxo (Fator C); • Camadas de proteção (Fator O); • Precipitação (Fator P). 	<ul style="list-style-type: none"> • Idealizada para regiões de clima semi-árido; • Locais de baixa pluviosidade; • Avalia a vulnerabilidade de aquíferos cársticos.
AVI	<ul style="list-style-type: none"> • Condutividade hidráulica (D_i); • Espessura da camada sedimentar (K_i). 	<ul style="list-style-type: none"> • Forma simplificada de avaliação da vulnerabilidade; • Utiliza poucos parâmetros

Fonte: Elaborado a partir de COSTA, GOMES & NASCIMENTO, 2022.

Esses modelos são de grande utilidade para se atestar o grau de suscetibilidade de um aquífero a sofrer impactos negativos oriundos de contaminações. Não obstante, a ocupação da sua área de abrangência, seja em zona rural ou urbana, é onde se origina os contaminantes. Portanto, não basta apenas estabelecer um grau de vulnerabilidade para os diferentes tipos de

aquíferos existentes. É necessário que se tenha nessas localidades um panorama geral das condições em que se dão as ocupações e usos do solo.

Contudo, apesar de toda importância da água subterrânea como recurso estratégico, podemos compreender com este primeiro capítulo que em despeito da valorização do meio ambiente, as motivações de ocupação e uso da terra em território acreano sempre estiveram pautadas pela lógica de exploração humana e dos recursos naturais presentes na região. Foi assim nos ciclos da borracha, quando os nordestinos ilusoriamente imigraram para os solos acreanos para cortar seringa ao acreditarem que teriam uma vida de prosperidade, e foi assim quando, no governo militar, incentivou-se frontalmente a expansão da fronteira agrícola em direção à Amazônia; nesta a ilusão foi lançada sobre solo: que este era grandemente fértil e destituído de povo. O que aconteceu foi um desastre para com aqueles nordestinos seringueiros que para esse rincão vieram.

Os grandes acontecimentos do processo histórico da ocupação e uso do solo no Acre, nos revelam uma inexistente preocupação com a importância do meio ambiente como bem comum essencial para a vida das pessoas, que propriamente aqui vivem. O que mais se aproximou de uma luta pelo meio ambiente foi o movimento de resistência protagonizado por Chico Mendes que buscava a continuidade do seu modo de vida extrativista, de que as árvores em pé também tinham seu valor para as pessoas que ali estavam antes da chegada dos fazendeiros centro-sulistas (SILVA, 2009).

É, portanto, nas ocupações do espaço em que se encontram as formas degradantes de usos do solo, bem como dos seus recursos naturais e do meio ambiente como um todo. A destruição de florestas nativas, a permeabilização do solo, o despejo de lixo doméstico e efluentes em áreas desmatadas e em cursos hídricos, a retirada das matas ciliares, entre outras ações poluidoras e problemáticas aos sistemas ambientais, ocasionam efeitos desastrosos em toda dinâmica socioambiental, que, em muitos casos, são irreparáveis (MMA, 2007).

2 CAPÍTULO – MATERIAIS E MÉTODOS

No capítulo anterior se discutiu: o conceito de espaço geográfico, espaço social, espaço urbano e o espaço da cidade; as potencialidades hídricas e socioambientais das águas subterrâneas e, em contrapartida, o problema que envolve sua preservação relacionado ao conceito de vulnerabilidade. Neste capítulo, portanto, foram abordadas questões como visões filosóficas de mundo; caracterização da área de estudo; aspectos metodológicos das coletas das amostras de água e os tipos de parâmetros físico-químicos e microbacteriológicos analisados em laboratório.

A contaminação dos sistemas aquíferos semiconfinados é um problema cada vez mais comum nas discussões acerca da importância dos recursos hídricos. O problema do uso e ocupação do solo sobre mananciais subterrâneos associado à vulnerabilidade natural desses corpos hídricos, tem sido uma das causas mais relacionadas com sua poluição, e por isso vem ganhando cada vez mais espaço nos debates sobre preservação da água. Todavia, essa relação só pode ser visualizada a partir da constatação, mediante análise laboratorial, de alterações nas propriedades físico-química e microbacteriológica da água. Para tanto, o presente capítulo apresenta os materiais utilizados e as etapas realizadas no tocante às coletas de amostras em campo e às análises laboratoriais do trabalho em questão.

Visões de mundo sobre natureza

Antes de adentrarmos no que concerne o objetivo desta subdivisão de capítulo, o qual buscará tratar do método e de sua utilização nesse trabalho, temos de abordar de forma precedente e breve, as visões de mundo sobre natureza as quais nortearam e continuam a iluminar o pensamento através dos tempos históricos. Afinal, tudo que aqui nos dispusemos a fazer advém, antes de tudo, de uma perspectiva da realidade; do que entendemos a respeito da vida e de como nos posicionamos diante dela. Portanto, devemos indagar: o que é visão de mundo e a que deve sua importância para esse trabalho? Apesar da complexidade da pergunta, tentaremos explicar o que mais se aproxima de sua resposta.

Segundo Torres (2005), visão de mundo é uma janela conceitual na qual contêm um modelo de como o mundo é enxergado e pelo qual é compreendido e transformado. Para o mesmo autor, essa janela conceitual corresponde a uma lente cultural composta pelos aspectos formadores da percepção individual e coletiva.

Quando compreendemos que a realidade é o que o nosso método de observação nos permite perceber, passamos a reconhecer que nossa visão de mundo formata nossos modelos mentais, através dos quais observamos, sistematizamos, interpretamos e aportamos significado às nossas próprias experiências no mundo (TORRES, 2005, p. 1).

A sociedade humana, no decorrer do tempo histórico, diversificou a forma como percebia o seu meio e assim se relacionava com ele, implicando, diretamente, no significado e na valorização que cada sociedade detém sobre o meio que os envolve. Até a constituição da visão sistêmica da realidade, com a qual decidimos trabalhar, a sociedade experimentou algumas outras: a **teleológica**; a **mecanicista**; e a **sistêmica** (CHRISTOFOLETTI, 1999). A primeira – já promulgada antes de Aristóteles –, foi a **visão teleológica**, na qual se acreditava que a natureza, suas manifestações e sua disposição eram produtos da vontade divina e para proveito do ser humano; que todos os fenômenos naturais se justificavam em um fim, um propósito final (MARTINS, 2013).

Segundo Martins (2013), O termo “teleologia” foi concebido por Christian Wolff em 1728, indicando parte da filosofia da natureza em que se tratava dos fenômenos naturais com proposições finalísticas. Essa perspectiva, portanto, entende as manifestações, os eventos e os fenômenos naturais como parte de um processo que se desemboca numa razão única, comum, “movendo o objeto ou fenômeno particular para um objetivo último” (MAYR, 1988, p. 233 *apud* MARTINS, 2013, p. 108). Todavia, não confundamos o conceito de “teleologia” com o de “religioso”, pois, segundo Martins (2013), mesmo que a perspectiva religiosa se constitua numa teleologia, esta por sua vez, é entendida como um conjunto de ideias no qual se conforma e estrutura o pensamento exposto até aqui; isto é, independe de uma doutrina inerente à perspectiva religiosa.

Ainda antes de Sócrates, entre o século V e VI, se ocorreu uma tentativa de desvencilhar o pensamento sobre as coisas da natureza da ideia divina – de Homero e Hesíodo –, formulando-o assim sob a razão dos fatos e da regularidade a qual se observava na natureza, estabelecendo leis e generalizações. A concepção teleológica da natureza é retomada em Sócrates, a partir de quem Platão elabora uma crítica ao pensamento de Anaxágoras, justamente por não dar aos fenômenos o seu objetivo finalístico (MARTINS, 2013). Podemos compreender como estava estruturado o pensamento finalístico de proposição divina de Sócrates nessa provocação seguinte:

E não lhe parece então que aquele que fez inicialmente os homens lhes deu por algum propósito útil essas partes pelas quais eles percebem diferentes objetos, os olhos para ver o que deve ser visto, os ouvidos para ouvir aquilo que deve ser ouvido? Para que

nos serviriam os odores, se não tivéssemos sido dotados de narinas? Que percepção poderia haver do doce e do amargo e de todas as coisas agradáveis ao paladar, se não tivesse sido formada uma língua na boca para percebê-los? Além disso, não lhe parecem existir outros arranjos que parecem ser o resultado de planejamento, como a proteção do olho, que é fraco, com as pálpebras, como portas, de tal modo que, quando é necessário usar a visão, são abertas, mas no sono são fechadas? E fazer cílios crescerem como uma cortina, para que os ventos não possam feri-los? E fazer uma cobertura acima dos olhos com as sobrancelhas, para que o suor da cabeça não possa nos incomodar? Os ouvidos captam todos os sons, mas nunca são obstruídos. Os incisivos em todos os animais são adaptados para cortar, e os molares para receberem alimentos deles, e triturá-los. E a boca, através da qual entra o alimento que eles querem, está colocada perto dos olhos e das narinas; mas como aquilo que sai é desagradável, os canais através dos quais isso passa são desviados e afastados tanto quanto possível dos órgãos dos sentidos. Com tais sinais de providência nesses arranjos, você pode ter dúvidas se eles são obra do acaso ou da inteligência? (XENOPHON, 1997, p. 4-7 *apud* MARTINS, 2013, p. 120).

A partir dessa argumentação de Sócrates podemos visualizar como estava alicerçado o pensamento teleológico de sua época: as coisas da natureza, os órgãos, suas funções e sua disposição estavam estreitamente ligados à vontade de um ser de inteligência inconcebível, um ser que se importava com os seres, pertencia a todos os lugares e presenciava tudo, a todo momento; um ser onipresente e onipotente a quem tudo se findava. Esta é, portanto, uma visão de mundo finalística, em que se acredita que tudo, os órgãos, os seres vivos e até as coisas menores que sejam, servem a um propósito.

Segundo Martins (2013), essa visão teleológica de Sócrates é flagrantemente antropocêntrica, pois nela as coisas são como são em benefício humano. Outros pensadores antigos têm entendimentos próprios sobre a razão divina em que se elabora a natureza e/ou os indivíduos, como apresenta Martins (2013) ao discorrer sobre o pensamento de Platão, Aristóteles, Anaxágoras etc. Todavia, este deve ser tema de um futuro trabalho que busque discuti-lo de forma mais aprofundada.

O pensamento **mecanicista**, preconizado inicialmente por René Descartes no século XVII, e tendo exercido certa hegemonia no pensamento do século seguinte, propunha analisar a natureza e a sociedade como uma grande máquina. Para Jorge (1996, p. 268), a visão mecanicista entende a natureza como um conjunto de objetos que podem ser divididos, manipulados, e que não apresentam classificação qualitativa entre eles, buscando simplificar o conhecimento acerca das coisas com “leis simples e imutáveis”. Portanto, a natureza para Descartes, haveria de ser analisada a partir das partes que a compõem, sendo assim separadas e estudadas (CHRISTOFOLETTI, 1999). O caráter antagônico dessa frase pré-determina sua condição insatisfatória: não permite que se compreenda o todo senão pelas partes ou “peças”.

Diante dessa nova maneira de se conceber a natureza e os seres, os mistérios que predominavam no pensamento teleológico haveriam de ser relegados à margem do

conhecimento humano; considerados apenas como mitos não comporiam mais posição central no pensamento moderno. O pensamento cartesiano, ao ser fundado em base matemática, tornou o regresso à visão de mundo anterior, pré-cartesiano, algo mais improvável de se acontecer. O objetivo majoritário é, então, conhecer a verdade objetiva das coisas e dos seres através de modelos matemáticos e geométricos, afastando-a de qualquer proposição finalística, como apresenta Jorge (1996):

O desafio, doravante, é ((procurar a verdade nas ciências)). O mundo, esse grande livro, está aí a espera de ser lido pelo conhecimento e conquistado pela ação. E a estratégia está à vista: desembaraçadas as coisas e os seres de qualquer sombra de mistério, trata-se de os reduzir a objetos de ciência, considerando-os tal como são visíveis diante de nós e desmontando-os, até que exibam a natureza geométrica e mecânica que os define. (JORGE, 1996, p. 269).

Acredita-se, portanto, que a análise dos objetos separadamente do seu todo, permite compreender o seu caráter complexo pela simplicidade da estrutura que o carrega. Para isso deve-se entender o todo pelo desmembramento e isolamento de suas partes. O seu sentido

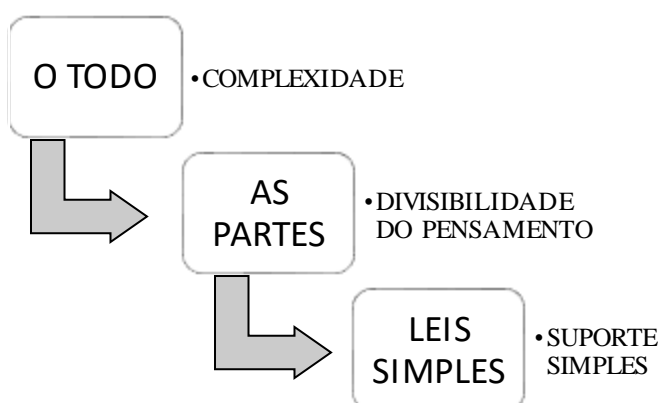


Figura 5: Racionalismo proposto por René Descartes.

Fonte: Elaborado a partir de Jorge (1996).

retorna pela listagem ulterior dos objetos isolados

(JORGE, 1996). Todavia, para Jorge (1996, p. 270), o modelo de pensamento de Descartes não representa, além de um “meio para confirmar uma verdade já possuída pelo seu espírito”, uma proposição crítica ou um elemento propulsor de

novos fatos, configurando-se assim numa

concepção dedutiva da experiência.

Em contrapartida à essa perspectiva, em que tudo se fundamenta no estabelecimento de uma noção de natureza composta por fenômenos imbricados em uma cadeia de ligações necessárias, surge, com o advento da mecânica quântica, a **complexidade**, se opondo à ideia de uma “objetividade forte” pela qual a ciência moderna rompe com o caráter dedutivo-analítico do mecanicismo. Esta por sua vez concebia

Essa nova linha de pensamento também trouxe consigo a paisagem como categoria de análise do espaço geográfico. Anteriormente vista de maneira estática, como um retrato, ora

passa a significar a modelagem dos sistemas, naturais e/ou sociais; como trata Bertrand (1972) *apud* Silva (2008):

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 1972, p. 141 *apud* SILVA, 2008, p. 168).

Contudo, uma análise mais aprofundada desse assunto foge do sentido dessa explanação. Um trabalho futuro pode ser conveniente para uma análise mais detalhada acerca das visões de mundo existentes. Não obstante, a compreensão do tema se faz importante na medida em que as visões de mundo são entendidas como as principais velas norteadoras do pensamento produzido em cada época.

Entre as correntes, das quais se originam outras formas de se analisar o espaço onde as sociedades se desenvolvem, temos a corrente Geossistêmica. Esta, por sua vez, foi preconizada primeiramente por Ludwig von Bertalanffy e “geografizada” por Georges Bertrand. Para essa corrente filosófica, o espaço, seja ele o espaço natural ou construído, é composto por sistemas independentes e interdependentes, fechados ou abertos (GUERRA, SOUZA & LUSTOSA, 2012). Assim, configurando-se no conceito de “geossistema”, essa nova forma de pensar o espaço e o ambiente contribuiu para a sistematização de “padrões conceituais” de algumas ciências, como os: “sistemas geomorfológicos”; “sistemas hidrológicos”; “sistemas socioeconômicos”; “sistemas urbanos”; e “sistemas ambientais físicos” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 2 *apud* GUERRA, SOUZA & LUSTOSA, 2012, p. 29).

Ao conceber a Teoria Geral dos Sistemas (TGS), Ludwig von Bertalanffy (1901-1972) entendia que a aplicabilidade dos seus modelos em diversas áreas do conhecimento sem gerar correlações rasas entre os fenômenos, conferia-a importância singular. Isto é, talvez, a maior contribuição científica a que se propõe a TGS: unificar as ciências entorno da teoria dos sistemas e conferir às ciências inexatas – biológicas, da natureza e humanas – um certo grau de exatidão em suas formulações (VALE, 2012).

A visão sistêmica da vida surge em contraposição à visão mecanicista. O antagonismo entre esses dois modos de pensamento se dá, intrinsecamente, no modo como ambos os modelos se propunham a estudar o objeto (matéria e forma). Enquanto no mecanicismo – pensado inicialmente por René Descartes (1596-1650) – acreditava-se que o objeto, para ser essencialmente conhecido, precisava ser dividido em partes cada vez menores, valorizando assim a matéria, no pensamento sistêmico, pensado primordialmente por biólogos organicistas,

entende-se que o objeto – aqui visto como sistema vivo – só pode ser compreendido pelo seu todo, colocando a matéria e a forma como um conjunto indissociável, pois se acredita que a vida é orgânica. Desta forma, a divisão desse sistema vivo em partes não permitiria que se obtivesse uma visão holística do seu funcionamento. A dualidade dessas maneiras de se pensar o objeto se deu, portanto, entre o todo e as partes (CAPRA, 2012).

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O aquífero Rio Branco

No contexto do Estado do Acre, temos o sistema aquífero Rio Branco (ARB), que faz parte, atualmente, da Província Hidrogeológica do Amazonas, situando-se no Segundo Distrito de sua capital (Rio Branco). Esse manancial subterrâneo abrange, aproximadamente, toda a sua 7ª regional e ocupa um importante papel socioambiental: prover água potável para a população que reside nessa região. Sua grande potencialidade hídrica segundo Melo & Marmos (2006), pode abastecer, somados os valores de sua reserva reguladora e permanente, até 3.271.192 habitantes durante um ano com 200 litros de água diariamente.

Ademais, segundo Melo, Ferreira & Kunzler (2010) durante os períodos de déficit hídrico, quando a captação de água superficial fica comprometida no rio Acre, o ARB exerce o papel de alimentar o seu fluxo de base, e assim, conjuntamente, contribui para o abastecimento de água tratada para todo o município de Rio Branco.

Apesar de ser responsável por abastecer a residência de milhares de família e por garantir a resistência da agricultura familiar na região, o aquífero passou a ser reconhecido pela ANA (Agência Nacional de Águas) somente no dia 21 de fevereiro de 2013, a partir do desenvolvimento do Plano de Manejo do Aquífero Rio Branco promovido pela Prefeitura de Rio Branco em parceria com a CPRM através do convênio 02/2008 entre os anos 2008 e 2009 (JARDIM, 2013).

De acordo com Franco & Arcos (2020), seguindo o índice da escala *GOD* (*Groundwater occurrence; Overall Litology of aquifers; Depth to Groundwater Table*), assim analisando o volume de precipitação anual na região (1000mm), as características litológicas do aquífero (semi-confinado), as quais viabilizam, natural e artificialmente, entrada e saída de fluxos, e a atividade antrópica sobre sua área, constatou-se que a vulnerabilidade natural do aquífero Rio Branco se apresenta de alta a extrema, com grau 0,6 a 0,8 pelo método supracitado, devido a

sua condição altamente suscetível a contaminantes e às degradantes atividades antrópicas as quais situam-se sobrejacente ao aquífero.

No “Modelo de Gestão do Aquífero Rio Branco” realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), a vulnerabilidade natural do ARB se mostrou alta em 98% dos pontos analisados, sendo este resultado dado por diversos fatores, entre eles está a pouca profundidade do lençol freático e a primazia de sedimentos areno-argilosos na zona não saturada (MELO, FERREIRA & KUNZLER, 2010). Além disso, segundo Melo, Ferreira & Kunzler (2010), o ARB é do tipo semiconfinado, o que facilita a intrusão de efluentes oriundos de vazamentos em fossas sanitárias residenciais.

camadas arenosas de 2 a 8 metros de espessura, a profundidades que variam de 2 a 10 metros podendo estar saturadas em água, acompanhando a sazonalidade climática, caracterizando um paleocanal de um antigo rio de médio porte que depositou os sedimentos arenosos do ARB. (MELO, FERREIRA & KUNZLER, 2010, p. 119-120).

Dentre os diversos fatores que podem influenciar quer seja negativamente, ora positivamente neste contexto, temos as formas de uso e a ocupação que se faz do solo sobre as áreas de abrangência das águas subterrâneas. Essa influência se dá positiva e/ou negativamente, em termos quantitativos pelas “alterações nas taxas de infiltração natural ou a partir de fontes artificiais de recarga”, e qualitativos “da água recarregada, devido a intrusão de contaminantes, de forma indireta, passando pela zona vadosa do solo e de forma direta, por meio de poços ou técnicas de infiltração artificial” (SERAPHIM, 2018, p. 49).

Para Seraphim (2018), o aprofundamento nos conhecimentos acerca das relações entre ocupação do solo e as “alterações hidrológicas”, aliado aos planos de gestão do espaço urbano e dos recursos naturais, compreende importante iniciativa na busca por garantir um equilíbrio, entre os serviços e funções naturais, pelo qual se acredita conformar cidades saudáveis.

Nessa perspectiva, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), por meio da Resolução nº 15, de 11 de janeiro de 2001, estabelece no art. 6º a orientação aos municípios para que seja objetivada por parte dos mesmos uma gestão integrada desses recursos em seus territórios e que esteja em consonância com os planos de recursos hídricos. A critério disso, os estados devem elaborar seus Planos de Recursos Hídricos (PRHs), seguindo as diretrizes estabelecidas na Resolução nº 22 do CNRH. A resolução trata, dentre outras, da identificação de potenciais impactos à dinâmica das águas subsuperficiais: Art. 5º, inciso I: “descrição e previsão da estimativa de pressões sócio-econômicas e ambientais sobre as disponibilidades”; inciso III: “avaliação das características e usos do solo” e; inciso IV: “análise de outros impactos

da atividade humana relacionadas às águas subterrâneas” (CNRH, 2001, Art. 6; CNRH, 2002, Art. 5).

Zona de Vulnerabilidade Ambiental de Rio Branco

Por muito tempo esta área foi considerada um importante centro comercial de Rio Branco com casas de shows, bares e comércio em geral – protagonizado por imigrantes sírios e libaneses –, além da influência na rede hoteleira exercida pela antiga rodoviária a qual se localizava também na região. Indivíduos que, num movimento dialético, são objetos e agentes da transformação do espaço; produtos e produtores do que entendemos por espaço geográfico (SANTOS, 1985).

A Lei nº 2.222 de dezembro de 2016, promove uma revisão no Plano Diretor do município de Rio Branco/Ac e define como será disposto seu macrozoneamento. O perímetro urbano da cidade é, então, dividido em 6 macrozonas, cada qual representando um conjunto de características ambientais e socioculturais específicas; são elas: Zona de Interesse Histórico (ZIHC); Zona de Qualificação Urbana (ZQU); Zona Consolidada (ZC); Zona de Vulnerabilidade Ambiental (ZVA); e Zona Ordenamento Territorial (ZOT).

A zona de nosso interesse é a Zona de Vulnerabilidade Ambiental (ZVA), localizada na parte central da cidade de Rio Branco. A ZVA é uma área delimitada por 11 bairros os quais ocupam a margem direita do rio Acre, no 2º Distrito da capital acreana, sendo eles: Areal; Amapá; Canaã; Comara; Cidade Nova; Seis de agosto; Taquari; Triângulo Novo; Triângulo Velho; Quinze; e Belo Jardim. Alguns desses bairros foram abordados em estudos elaborados através da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais do Serviço Geológico do Brasil - (CPRM/SGB).

A CPRM, em seu primeiro estudo de título “Avaliação Hidrogeológica da Cidade de Rio Branco – Acre” de 2006, realizou coletas em seis dessas localidades (Taquari; Cidade Nova; Areal; Estrada do Amapá; Triângulo Novo; Seis de Agosto). No trabalho de 2010 “Modelo de Gestão do Aquífero Rio Branco” as análises físico-química e bacteriológica da água foram realizadas em todos os bairros acima citados, com exceção do bairro Areal.

Do Art. 128 ao Art. 132, a Lei nº 2.222 trata do conceito, dos objetivos, das subdivisões e das regras de ocupação, uso e parcelamento do solo na ZVA. Segundo o Art. 128 da referida lei:

A Zona de Vulnerabilidade Ambiental corresponde uma área com características específicas de baixa a alta densidade populacional, com incidência, em sua maior parte, de relevantes fragilidades e fortes riscos físico-ambientais (alagação, desbarrancamento e assoreamento), e de outro lado, recortada por vias principais de essencial importância cuja repercussão define padrões urbanísticos diferenciados de uso e ocupação do solo. (RIO BRANCO, 2016, p. 71).

O mesmo artigo também define objetivos a serem alcançados com a instituição da ZVA: “**I** - compatibilizar e adequar o uso e a ocupação do solo em função das limitações ambientais”; “**II** - promover a requalificação ambiental dos fundos de vale e área inundáveis”; “**III** - evitar novas ocupações desordenadas”; “**IV** - garantir a preservação ambiental, paisagística e cultural do Rio Acre”; “**V** - definir e ordenar padrões urbanísticos diferenciados, em determinadas áreas, com enfoque para o desenvolvimento de comércio e serviços” (RIO BRANCO, 2016, p. 71).

As subdivisões da ZVA estão relacionadas com seu grau de vulnerabilidade, e estas, por sua vez, irão influir nas diferenciações dos tipos de uso do solo de cada subdivisão. Desta forma, temos as seguintes definições de cada subdivisão:

- **Alta vulnerabilidade:** corresponde uma área de ocorrência de alagamentos e deslizamentos, razão pela qual o uso e ocupação do solo se dá de forma restrita.
- **Média vulnerabilidade:** nessa subdivisão o índice de ocupação é mediano e a regularização dessas ocupações consolidadas compreende aspecto fundamental do ordenamento, além da busca por uma melhor aplicação aos vazios urbanos dessa área.
- **Baixa vulnerabilidade:** localiza-se no encontro entre as duas principais rodovias do município: BR-364 (via verde) e a Ac-40, e ainda na Área de Preservação Ambiental (APA) do lago do Amapá. Essa região apresenta baixo valor de ocupação e não está suscetível à alagamentos e deslizamentos (RIO BRANCO, 2016, p.72).

No quadro abaixo, temos as regras de ocupação estabelecidas de acordo com o grau de vulnerabilidade definido:

Quadro 4. Regras de ocupação do solo na Zona de Vulnerabilidade Ambiental

Áreas	Taxa de ocup. (TO)	Coefic. de aprov. (CA) Básico	Taxa de permeab. (TP)	Gabarito (máximo)
Alta vulnerabilidade (proibida ocupação)	-	-	-	-
Média vulnerabilidade	50%	4	40%	4

Baixa vulnerabilidade	60%	6	30%	6
-----------------------	-----	---	-----	---

Fonte: Adaptado de Lei nº 2.222 de 26 de dezembro de 2016.

Nota: Organizado pelo Autor.

Diante do que é exposto pelo atual plano diretor, o que configura essa região como uma Zona de Vulnerabilidade Ambiental é o grau de exposição do aquífero Rio Branco às atividades antrópicas, inerentes aos sistemas urbanos. No entanto, na área da ZVA existem formas de uso e ocupação que deveriam ser melhoradas, pois o que se observa são áreas degradadas com alto impacto urbano e sem vegetação (Figura 8).

2.2 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

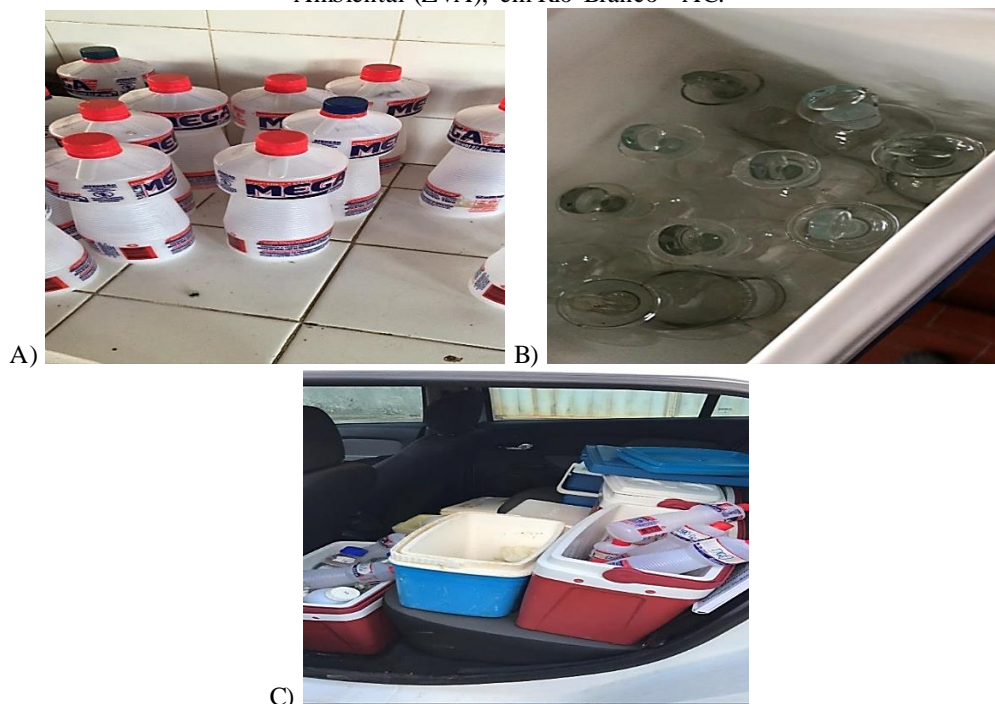
Materiais, coletas e parâmetros físico-químicos e microbacteriológicos

As coletas das amostras de água foram realizadas em parceria com a Unidade de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Acre (UTAL/UFAC). Além das orientações para a coleta, todo o material foi disponibilizado pela unidade.

Foi separado para as coletas das amostras para a análise microbacteriológica 01 frasco para cada poço amostrado, totalizando 16 frascos. Para as coletas das análises físico-químicas foram cedidos 03 frascos para cada poço amostrado, totalizando 48 recipientes. Além disso, nos foram fornecidos outros materiais fundamentais para a realização das coletas, como pipetas, reagentes, caixas térmicas e luvas de látex.

Tendo em vista a carência de recursos financeiros para a compra de reagentes e materiais utilizados nas coletas e análises das amostras de água, não foi possível realizar mais de uma repetição nos períodos chuvoso e de estiagem. Em decorrência disso, também, não fora possível realizar mais de duas coletas nos bairros que se localizam na área do estudo. Na figura abaixo, temos registros de materiais utilizadas na pesquisa os quais foram disponibilizados pela UTAL.

Figura 6: Frascos utilizados nas coletas de água em poços residenciais localizados na Zona de Vulnerabilidade Ambiental (ZVA), em Rio Branco - AC.



Fonte: Acervo do autor (2022).

Nota: A) Frascos para coleta de DBO e DQO; B) Frascos para coleta de O.D; C) Transporte dos frascos com as amostras.

Para a realização das coletas, buscou-se sempre recolher amostras diretamente dos poços amostrados. Em razão das características físicas do aquífero Rio Branco, o modo mais eficiente de se captar água é com poços do tipo tubulares, e dado que o ARB é do tipo semiconfinado não viabiliza poços do tipo jorrante – característica que ocorre em poços artesianos de aquíferos do tipo confinados -, necessitando, desta forma, de um instrumento hidráulico para o afloramento da água nos poços. Portanto, as coletas foram feitas mediante ativação de bomba hidráulica.

Os parâmetros físico-químicos escolhidos para avaliar qualitativamente as amostras de águas coletadas dos poços residenciais foram: oxigênio dissolvido (OD); potencial hidrogeniônico (pH); condutividade elétrica; nitrito; nitrato; ferro; sulfato; amônia; e dureza.

- **Oxigênio Dissolvido:** o OD é um dos mais significativos parâmetros utilizados para indicar a poluição das águas. Seus valores são relativos de acordo com a temperatura, altitude e salinidade em que se encontra o ambiente aquático. E sua variação está ligada à fatores químicos, físicos e biológicos (LIBÂNIO, 2010). A resolução CONAMA 357/05, determina para as águas doces de classe 1 – aquelas as quais são destinadas ao consumo humano, após tratamento simplificado –, um valor de OD não inferior a 6,0 mg/L (BRASIL, 2005).

- **pH:** o potencial hidrogeniônico nos mostra a “intensidade das condições ácidas ou alcalinas de um determinado ambiente aquático” (LIBÂNIO, p. 42, 2010). Segundo Libânio (2010), este pode ser o parâmetro mais recorrentemente analisado quando se busca avaliar o qualitativo hídrico de um ambiente aquático, pois ele interfere em processos fundamentais à garantia da potabilização hídrica. Potenciômetro, ou pHmetro – como é popularmente conhecido – é o equipamento utilizado para monitorar a concentração dos íons H^+ o qual vai definir o nível de acidez ou alcalinidade da água (LIBÂNIO, 2010). Para o pH, a resolução CONAMA 537/05 define um valor de 6,0 a 9,0 (BRASIL, 2005).
- **Condutividade elétrica:** este parâmetro, apesar de estar mais comumente relacionado à concentração de sal em águas superficiais e subsuperficiais de regiões litorâneas e ser mais utilizado em regiões com baixo índice de chuva, também, ao correlacionar a transmissividade de corrente elétrica com o grau de concentração de materiais dissolvidos na água, é, todavia, de modo geral, eficiente em indicar poluição das águas por sólidos totais dissolvidos (STD), oriundos de efluentes. Contudo, não se configura em item de referência adotado pela resolução brasileira a qual trata da qualidade de águas (LIBÂNIO, 2010).
- **Nitrato:** a relação entre baixa adesão ao solo e processo de lixiviação, fazem com que o nitrato corresponda ao contaminante mais presente nas águas subterrâneas brasileiras; presença esta intensificada em períodos de maior incidência de chuva (ANDRADE & FALEIRO, 2007). As causas de sua ocorrência variam: problemas de saneamento; produtos agrícolas; e criação de animais. Problemas como câncer e metahemoglobinemia podem ser gerados a partir do consumo de água com alta concentração de nitrato – valor superior a 10mg/L $NO_3^- - N$ (VARNIER & HIRATA, 2002); (SILVA & ARAÚJO, 2003).
- **Nitrito:** o nitrito, assim como o nitrato, está relacionado ao ciclo do nitrogênio na água. Diferentemente da constatação do nitrogênio orgânico e amoniacal no corpo hídrico, o nitrito, por ser um contaminante que se origina da oxidação da amônia, confirma uma poluição não recente (VASCONCELOS & SOUZA, 2011). No entanto, sua quase instantânea oxidação para o nitrato faz com que ele seja um elemento raro a ser encontrado em águas contaminadas (LIBÂNIO, 2010). O valor aceitado do nitrito na água não deve superar 1,0 mg/L N (BRASIL, 2005).
- **Ferro:** o ferro é um mineral que quando presente na água confere-a o caráter

turvo, com uma coloração alaranjada. Nas águas subterrâneas são comumente identificadas ferrobactérias, as quais são microorganismos que potencializam a dissolução do ferro na água. A parte não dissolvida do ferro tende a se encrustar nas tubulações, fazendo com que a água passe a ter odor e sabor. O ferro, no entanto, não tem influência em questões sanitárias e de saúde; os maiores problemas relacionados ao ferro são de caráter econômico (gera problemas hidráulicos e manchas em roupas e “aparelhos sanitários”) (LIBÂNIO, p. 56, 2010). O valor máximo para ferro é de 0,3 mg/ L Fe (BRASIL, 2005).

- **Sulfato:** o sulfato em águas subterrâneas ocorre pela dissolução de rochas e solos. Esse composto químico tem efeitos purgativos em seres humanos, sendo mais intensos em crianças. As espécies químicas do sulfato encontradas em maiores acúmulos são de magnésio e cálcio, respectivamente: $MgSO_4(aq)$ e $CaSO_4(aq)$; daí seu efeito laxativo (VASCONCELOS & OLIVEIRA, 2018). Seu valor máximo aceitado é de 250 mg/L SO_4 (BRASIL, 2005).
- **Amônia:** segundo Silva & Araújo (2003, p. 1027), concentrações elevadas de amônia podem indicar contaminação circunjacente, bem como “redução de nitrato por bactérias ou por íons ferrosos presentes no solo”. De acordo com a Portaria nº 888 do Ministério da Saúde de 2021, o valor máximo aceitado é de 1,2 mg/L.
- **Dureza:** a dureza corresponde à quantidade de bicarbonatos, carbonatos, sulfatos ou cloretos de cálcio e magnésio dissolvidos na água. Quanto maior a quantidade desses sais dissolvidos na água, mais dura ela é considerada.

Os parâmetros **microbacteriológicos** para avaliação qualitativa das amostras de águas coletadas em poços residenciais foram: Coliformes Totais e Coliformes Fecais. Os coliformes são microorganismos que, quando presentes na água, indicam contaminação de ordem orgânica ou inorgânica. A análise consiste em constatar a presença ou ausência de β -D-galactosidase – substância produzida por coliformes totais – e β -D-glucoronidase – substância produzida pela E-coli – a partir da adição de substratos enzimáticos. (SANTOS, 2013).

- **Coliformes Totais:** Os coliformes totais, indicam contaminação por material orgânico decomposto, como raízes de plantas e/ou cadáveres de animais. O valor máximo definido pela Portaria nº 888 de 2021 do ministério da saúde é negativo.
- **Coliformes Fecais:** Os coliformes fecais indicam contaminação recente derivada de fezes de animais e humanos. O valor máximo definido pela Portaria nº 888 de 2021 do ministério da saúde é negativo.

Na figura abaixo, temos etapas dos processos de análises laboratoriais referentes aos parâmetros físico-químicos e microbacteriológicos, todos realizados nos laboratórios da UTAL e com auxílio de técnicos de laboratórios e estagiários.

Figura 7: Análises físico-químicas e microbacteriológicas realizadas na UTAL/UFAC



Fonte: Acervo do Autor (2022).

Nota: A) Análises de Ferro, Nitrito, Nitrato, Sulfato e Amônia; B) Análises de Coliformes Fecais e Totais; C) Análise de Dureza; D) Análises de DQO e DBO.

2.3 INFORMAÇÕES SOBRE OS POÇOS RESIDENCIAIS AMOSTRADOS NA PESQUISA

Localização e características gerais dos poços residenciais

Foi previamente definido que, para a análise dos parâmetros físico-químicos e microbacteriológicos, fossem coletadas pelo menos 01 amostra em cada bairro do nosso recorte espacial. Dos 11 bairros dos quais se conforma a Zona de Vulnerabilidade Ambiental, foram concretizadas coletas em 09 localidades, totalizando assim num quantitativo de 32 poços em que foram realizadas as coletas para análises laboratoriais. Segue abaixo o quadro com as informações a respeito da localização das residências onde foram realizadas coletas:

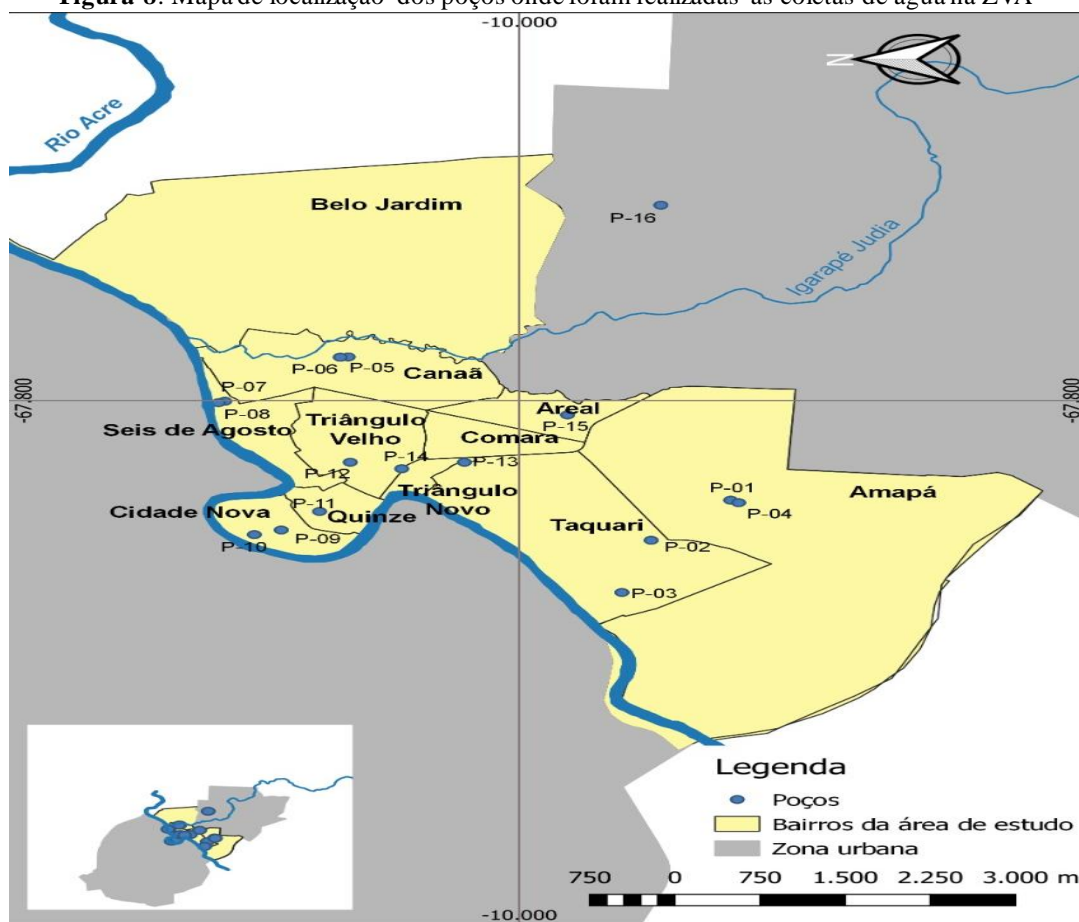
Quadro 5. Relação dos poços amostrados na ZVA, em Rio Branco – AC.

Poço	Coordenadas	Toponímia
------	-------------	-----------

P-1	S 10°1'1.20530" W 67°48'48.4900470"	Estrada do Amapá, Rua das Flores, nº 65 – Res. do Sr. José Zacarias
P-2	S 10°0'29.72330" W 67°49'33.35410"	Bairro Taquari, Rua Polo, s/n – Res. do Sr. Carlos Augusto Costa
P-3	S 10°1'3.49450" W 67°48'49.69670"	Bairro Taquari, Rua Baguary, nº 2415
P-4	S 10°0'38.17540" W 67°49'7.97960"	Bairro Amapá, Rua das rosas, nº 21 – Res. da Sra. Gerda de Souza
P-5	S 9°59'10.54110" W 67°47'38.81110"	Bairro Canaã, Av. Durval Camilo, nº 947 – Res. do Sr. Ercílio Brasil
P-6	S 9°59'8.25400" W 67°47'38.95270"	Bairro Canaã, Av. Durval Camilo, nº 894 – Res. do Sr. Fcoº de Assis Sena
P-7	S 9°58'34.84490" W 67°48'0.34850"	Bairro 06 de Agosto, Rua Hidalgo Lima, nº 35 – Res. do Sr. Kennedy da Silva
P-8	S 9°58'33.00110" W 67°48'1.06380"	Bairro 06 de Agosto, Rua Primeiro de Maio, nº 331 – Res. do Sr. Pedro Silva
P-9	S 9°58'51.17750" W 67°49'2.98130"	Bairro Cidade Nova, Rua Palmeira, nº444 – Res. da Sra. Maria Luiza
P-10	S 9°58'43.39710" W 67°49'5.21850"	Bairro Cidade Nova, Rua Guajará, nº 507 – Res. do Sr. Waldir Lima
P-11	S 9°59'2.26640" W 67°48'53.96640"	Bairro Quinze, Trav. Tiradentes, nº209 – Res. da Sra. Lucenira Lima
P-12	S 9°59'11.12320" W 67°48'30.02990"	Bairro Quinze, Rua Nossa Sra. das Graças, nº 119 – Res. da Sra. Edna Magnóli
P-13	S 9°59'44.16840" W 67°48'30.02990"	Bairro Triângulo, Rua Padre José, nº 685 – Res. da Sra. Raimunda Gomes
P-14	S 9°59'26.035" W 67°48'33.194"	Bairro Triângulo, Rua Boulevard Augusto Monteiro, nº 1119 – Res. da Sra. Helena da Costa
P-15	S 10°00'14" W 67°48'07"	Bairro Areal, Rua Pista, nº 268
P-16	S 10°0'41" W 67°46'25"	Bairro Belo Jardim II

Fonte: Autor(2022).

Foram, portanto, realizadas 02 coletas no bairro canaã; 02 no bairro Seis de Agosto, 01 no bairro Quinze; 02 no bairro Cidade Nova; 03 nas localidades dos bairros Triângulo Novo e Triângulo Velho; 02 no bairro Taquari; 02 no bairro Amapá; 01 no bairro Areal; e 01 no bairro Belo Jardim II. Devido às questões relacionadas a logística e acessibilidade, e ainda pela carência de recursos financeiros pela qual passa as universidades brasileiras atualmente, não foi possível contemplar com a pesquisa todos os bairros da ZVA. A seguir, segue o mapa de localização dos poços (Figura 8) onde, *in loco*, foram realizadas as coletas de água em poços semiartesianos de residências localizadas na ZVA de Rio Branco:

Figura 8: Mapa de localização dos poços onde foram realizadas as coletas de água na ZVA

Fonte: Autor (2022).

Todos os poços estão dispostos em uma altitude pouco variável, oscilando entre 134 e 139 metros. As informações a respeito das profundidades dos poços foram obtidas através dos próprios moradores. Todavia, em dois pontos de coleta (**P-4** e **P-12**) não obtivemos informações confiáveis a respeito da profundidade dos poços. Nos demais, a profundidade variou de 8 a 22 metros, como nos apresenta o quadro a seguir:

Quadro 6. Profundidade e Altitude dos poços amostrados

Poço	Profundidade (em metros)	Altitude (em metros)
P-1	8	136
P-2	12	137
P-3	11	137
P-4	Não informado	134
P-5	11	136
P-6	9	136
P-7	11	135

P-8	10	135
P-9	22	136
P-10	18	137
P-11	9	136
P-12	Não informado	135
P-13	10	139
P-14	12	138
P-15	8	137
P-16	Não informado	136

Fonte: Autor (2022).

Dada as características hidrogeomorfológicas do aquífero, todos os poços são do tipo semiartesianos, pois a água não emerge à superfície de forma espontânea. Para isso, são utilizadas bombas hidráulicas; como as expostas na figura abaixo:

Figura 9: Bombas hidráulicas de poços residenciais amostrados na ZVA, em Rio Branco – AC



Fonte: Acervo do autor (2022).

Nota: A) Poço semiartesiano em quintal residencial com fossa exposta há, aproximadamente 1-2 metros; B) Poço semiartesiano em propriedade residencial com solo completamente exposto; C) Poço semiartesiano em terreno baldio; D) Poço semiartesiano em propriedade residencial com solo completamente impermeabilizado.

O local apresentado na figura 9 – A, é onde fora realizada coleta da amostra P-8. Em pouco mais de 1m do poço temos o afloramento de uma fosse negra. A figura 9 – B representa o poço onde fora realizada a coleta P-10, o terreno possui solo exposto em toda área circunjacente ao poço. A figura 9 – C, amostra P-12, se encontra em um terreno baldio e a água é utilizada por uma família residente no lote vizinho. A figura 9 – D apresenta o poço da amostra P-11 a qual apresenta uma área com solo impermeabilizada em todo o entorno da área de coleta. A caracterização dos pontos é importante para entendermos em quais condições estão expostas as amostras analisadas. Entre outras condições impróprias à conservação de água, temos por exemplo na amostra P-5 uma casa de cachorro com assoalho de madeira sobre o poço da residência em que fora realizada a coleta da amostra. Esses fatores podem ser a causa para a contaminação da água a ser constatada na análise laboratorial.

3 CAPÍTULO - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo final serão abordados e discutidos os resultados das análises obtidos em laboratório. Os resultados, naturalmente, apresentam valores diferentes nos períodos de seca – em que as chuvas são pouco presentes – e chuvoso – no qual se tem concentração elevada de água precipitada. Na região norte, e mais precisamente no Sudoeste Amazônico as estações do ano são popularmente separadas entre esses dois períodos mais perceptíveis: de estiagem e chuvoso.

Portanto, o presente capítulo tem como objetivo analisar as características socioambientais referentes ao uso e ocupação do solo na ZVA de Rio Branco, bem como os resultados das análises físico-químicas e microbacteriológicas das amostras de água de poços coletadas in loco, a fim de se evidenciar prejuízos qualitativos na água de causa antrópica. Para tanto serão realizadas análises comparativas dos resultados obtidos nas duas estações climáticas – estiagem e chuvosa.

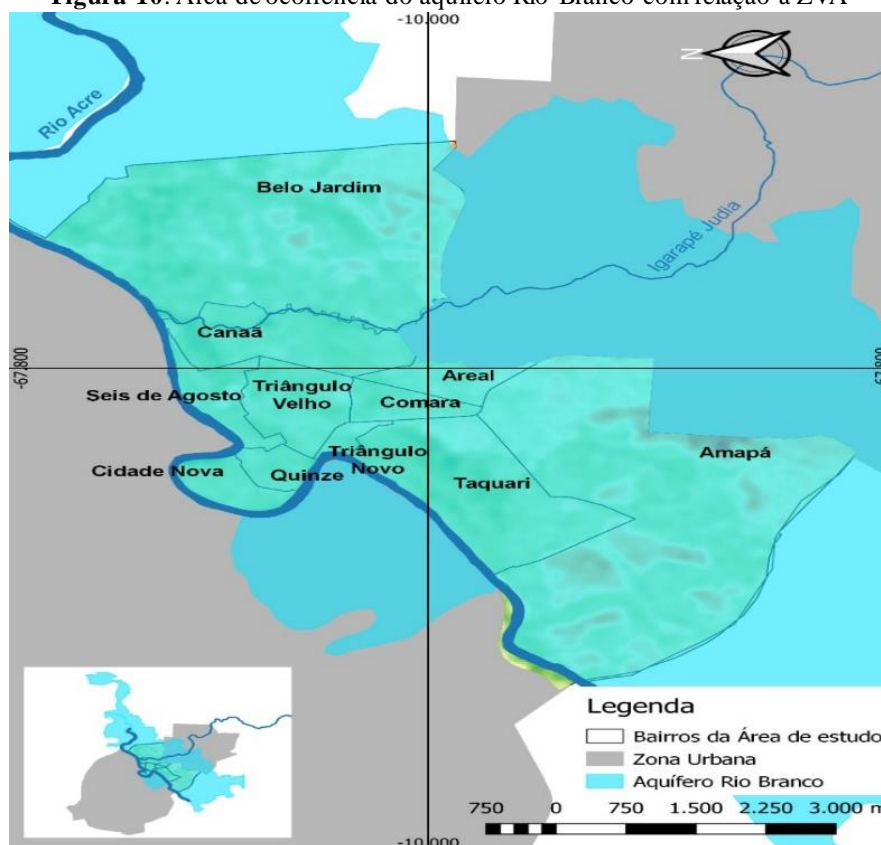
3.1 CARACTERÍSTICAS SOCIOAMBIENTAIS NA ZONA DE VULNERABILIDADE DE RIO BRANCO, ACRE (LEI Nº 2.222 DE 2016)

Características socioambientais: discussões a partir de mapas temáticos

Tendo em média uma extensão de 122,460 km², o ARB coexiste à toda área definida pelo último Plano Diretor como Zona de Vulnerabilidade Ambiental (ZVA). Sendo assim, está aliada a essa importância de características e potencialidades físicas do aquífero para o Acre, como relevante reserva natural, o problema da expansão da habitação urbana sobre sua área de abrangência e de recarga. A depender das condições de uso e ocupação do solo, a qualidade da água urbana pode ser afetada qualitativa e quantitativamente. No presente estudo o enfoque está nos possíveis prejuízos qualitativos causados à água por formas degradantes de uso e ocupação do solo.

O mapa abaixo (figura 10) apresenta a área de ocorrência do aquífero Rio Branco sobreposta à área definida pelo atual Plano Diretor da cidade como ZVA, no 2º distrito de Rio Brando. Este mapa permite mensurarmos as proporções do aquífero com base em sua extensão territorial, além de suas potencialidades para o abastecimento público.

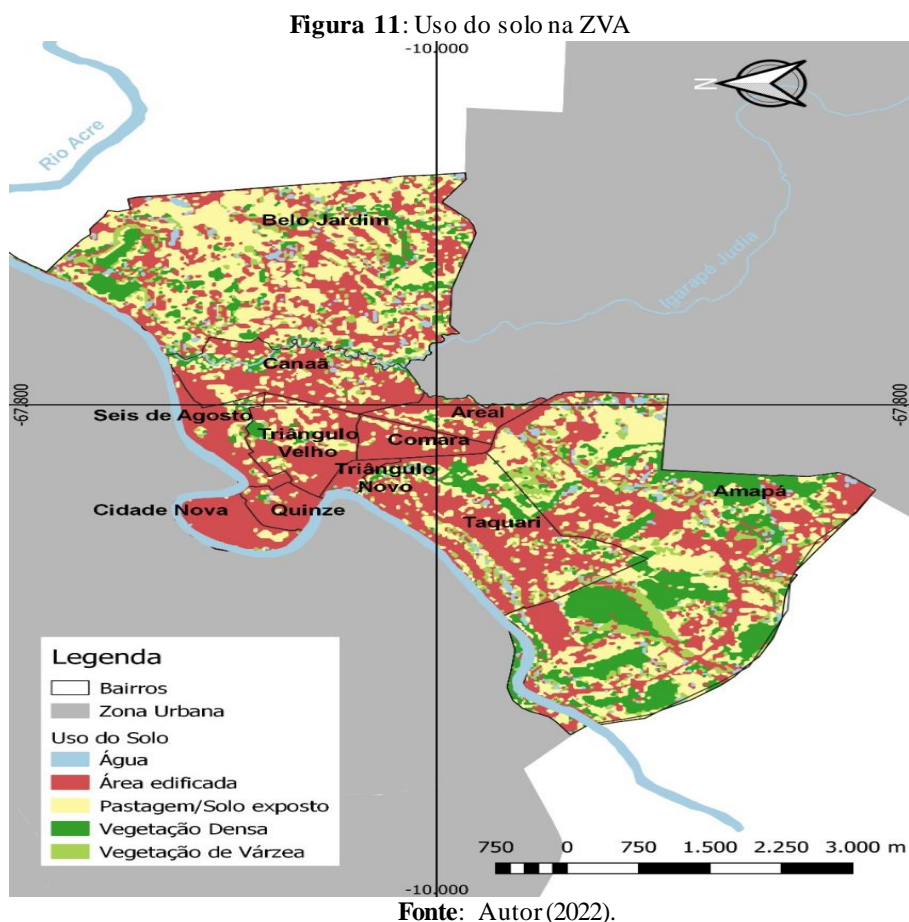
Figura 10: Área de ocorrência do aquífero Rio Branco com relação à ZVA



Fonte: Autor (2022).

Apesar de toda sua área estar localizada sobre o ARB, a ZVA instituída pela Lei nº 2.222 representa uma região de urbanização consolidada da capital acreana. As principais classes de uso do solo são: Água, relativa ao próprio rio Acre e um importante curso hídrico para sua bacia o igarapé Judia, além de outros tipos variados de reservatórios de água superficiais; Área edificada, densamente concentrada na parte central da cidade e fragmentada no sentido da Br-364 e da rodovia Ac-040; Pastagem/Solo exposto, produto da criação de pasto, especulação de terras e loteamentos; Vegetação Densa e de Várzea.

Essas classes de uso da ZVA podem ser melhor visualizadas no mapa a seguir (figura 11).



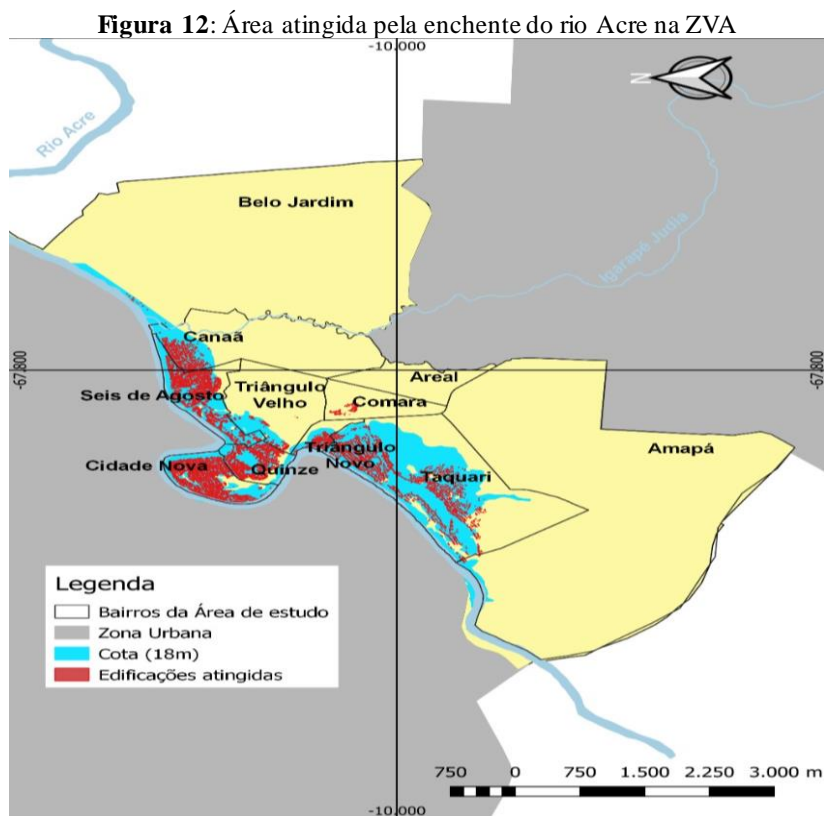
Ao analisarmos o mapa exposto na Figura 11, podemos notar que os fragmentos de vegetação são encontrados com maior proporção nos bairros Amapá e Belo Jardim. Em contrapartida, possuem um solo mais exposto em função do desmatamento para criação de área para pastagem e para especulação de terras. Notoriamente, na área da ZVA existem formas de uso e ocupação do solo que deveriam ser melhoradas, pois o que se observa, em grande proporção, são áreas degradadas com alto impacto urbano e sem vegetação nativa ou de reflorestamento.

A área edificada impacta diretamente no processo de infiltração da água no solo. Quanto mais se tem área edificada no plano horizontal, mais se tem solo permeabilizado; este prejudicial ao processo de renovação hídrica de aquíferos. Segundo Seraphim (2018, p. 74), uma alternativa pode ser o emprego de edificações verticais, pois ocupam menos espaço num mesmo “valor de metros quadrados construídos”. Algo que não ocorre com relação à forma urbana disposta na ZVA, pois apesar da atividade comercial ter se dissipado para outras regiões da cidade, bem como a rodoviária, um quantitativo populacional remanescente ainda considerável habita a região, principalmente nas áreas onde se originaram essas ocupações,

como nos apresenta o mapa, a área edificada (cor vermelha) se intensifica nas áreas que se encontram às margens do rio Acre.

Uma perspectiva urbanística que poderia reduzir o impacto da área edificada na água subterrânea seria a construção de edificações verticais na região. No entanto, essa é uma região que, apesar de ser consideravelmente populosa e com uma atividade comercial ativa, e em razão da sua classificação como “Zona de Vulnerabilidade Ambiental”, não está inserida no contexto da (re)organização do espaço urbano ditada pelas empresas do ramo imobiliário. Isto se dá, entre outras razões, por características hidrogeológicas sensíveis presentes na região, como nas áreas de inundação do rio Acre, as quais são sazonalmente ocupadas pelas águas.

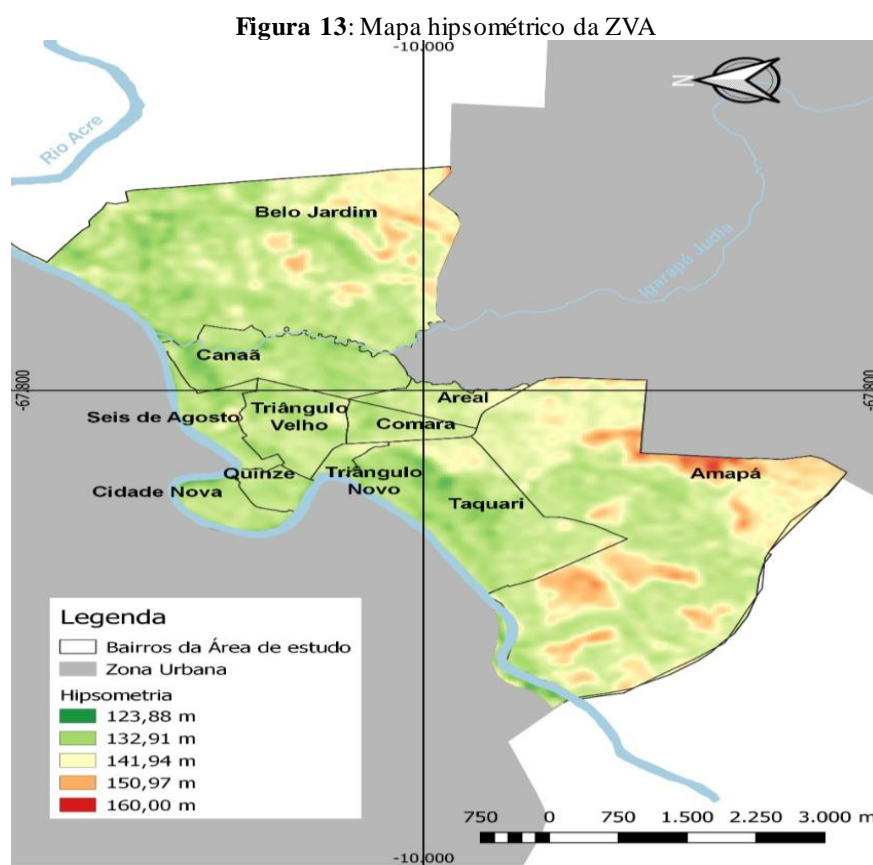
O mapa da figura 12 nos apresenta as regiões atingidas pela enchente do rio Acre com relação a ZVA.



Os bairros atingidos são: Seis de Agosto, parte do Canaã, Quinze, parte do Triângulo Velho, Triângulo Novo e Taquari. A concentração de materiais depositados nessas localidades podem ser altas, afetando ainda mais a qualidade da água a partir de uma possível infiltração desses materiais no solo, como ferro e mangânes. Essas inundações cada vez mais recorrentes, se dão, entre outros fatores, pelo desmatamento de APP's, as quais são de fundamental importância para conter o processo natural de erosão do solo que ocorre nas enchentes. Sem a

mata ciliar ou zona ripária, o desbarrancamento é intensificado, aumentando assim o assoreamento dos rios. Desta forma, o rio passa a comportar cada vez menos as águas pluviais e advindas do escoamento superficial, e as inundações tornam-se mais recorrentes, e severas para as comunidades que vivem nessas regiões (ANTONELLI, CARVALHO & SANTOS, 2016); (GOERL, KOBIYAMA & MICHEL, 2012). As áreas a serem atingidas pela alagação também estão diretamente ligadas, de acordo com Seraphim (2018, p. 47), “a alta densidade de drenagens naturais e estão mais sujeitas a inundações”, sendo, portanto, caracterizadas por regiões mais baixas.

O mapa a seguir, figura 13, apresenta as variações de altitude na região, em que as áreas mais baixas, naturalmente se encontram nas proximidades do rio.



Tais fatores influem direta e positivamente na introdução de carga poluidora de origem humana às águas subterrâneas, podendo, a partir disso, emanar em consequências danosas à saúde da população e à dinâmica socioambiental da região. Assim nos apresenta Franco *et al.* (2018):

De acordo com a análise percebe-se que o aquífero Rio Branco apesar de ter uma grande importância para a cidade e sua população e ser uma estratégia para o futuro abastecimento da cidade, as ações e ocupações do uso do solo nos dão a dimensão de pouca preocupação por parte do poder público e pela população. As principais causas de poluição do aquífero se dar pela falta da rede de esgoto na maioria das casas desses bairros, sendo que seu destino é diretamente jogado no Rio Acre ou jogados em córregos, fossas negras. Além da retirada da vegetação sobre o aquífero, para a construção de novas moradias no local, isso acontece com muita frequência principalmente no bairro Vila Acre. (FRANCO *et al.* 2018. p. 09).

Padrões de ocupação e uso do solo na ZVA nos pontos de coleta das amostras

Os padrões de ocupação e uso do solo são importantes para que consigamos identificar possíveis focos de contaminação oriundos da interação homem-meio. Desta forma, a análise desses padrões nos pontos onde foram realizadas as coletas, em campo, pode ajudar a explicar resultados das análises que estejam em desconformidade com os padrões de potabilidade.

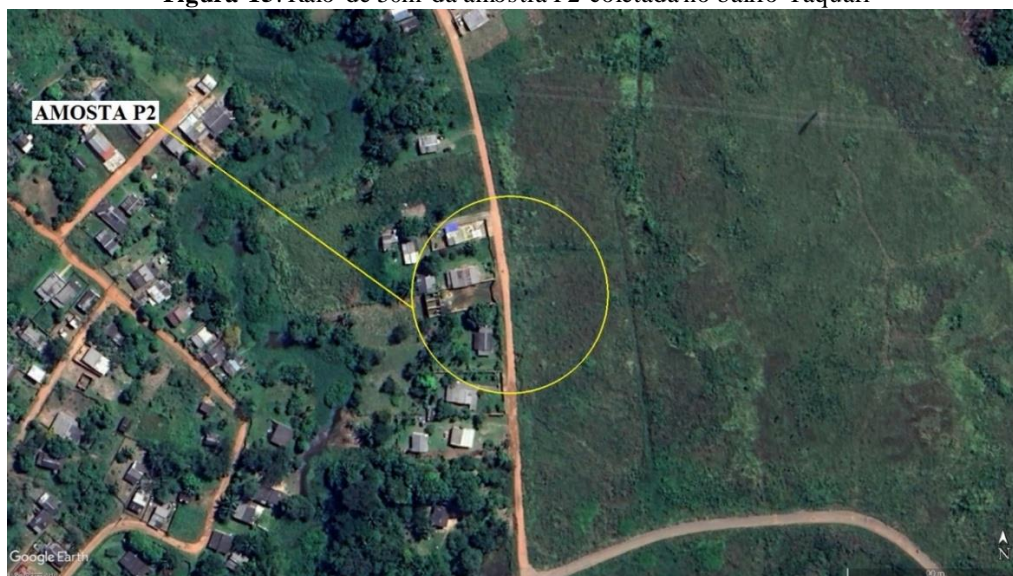
Veremos nas figuras a seguir, através de imagens de satélites, a relação dos padrões de ocupação e uso do solo com os aspectos ambientais das áreas de coleta num raio de 50m. A figura 14, nos apresenta a intersecção do raio de entorno de 50m entre a amostra P1 e P4 no bairro Amapá:



Fonte: Google Earth Pro.
Nota: Organizado pelo Autor.

As amostras P1 e P4 coletadas nas localidades do Amapá, estão situadas nas proximidades da BR-364 (via verde). Nas subdivisões estabelecidas pelo Plano Diretor de 2016, esta é uma área de baixa vulnerabilidade ambiental por apresentar baixo valor de ocupação e não ser suscetível à alagamentos e deslizamentos. No entanto, com base na figura 8, nota-se que a área edificada (mancha vermelha) e a de pastagem/solo exposto (mancha amarela) são proeminentes com relação à vegetação densa (mancha verde escuro) e à vegetação de (várzea verde claro). A região com a vegetação mais densa é onde está localizada a Área de Proteção Ambiental (APA) do lago do Amapá. Desta forma, mesmo sendo uma área com baixo índice de ocupação, a figura 15 nos mostra, num raio de 50m das áreas de coleta, residências coladas umas às outras. E, ao fundo das residências no raio da amostra P4, podemos observar uma vegetação rasteira, caracterizada pela figura 11 como pastagem, se estendendo até onde se inicia a área do bairro Taquari.

Figura 15: Raio de 50m da amostra P2 coletada no bairro Taquari



Fonte: Google Earth Pro.

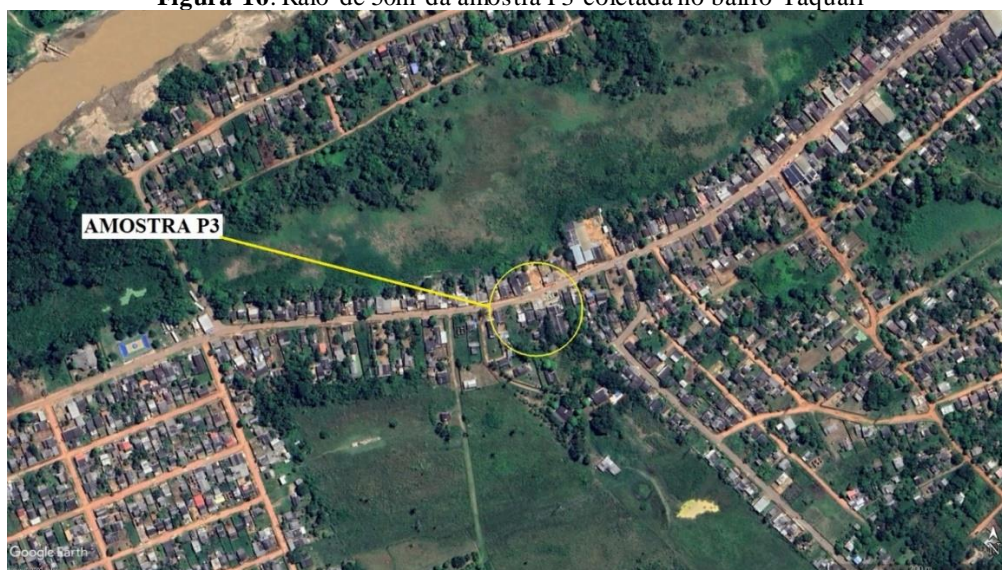
Nota: Organizado pelo Autor.

A amostra P2, localizada no bairro Taquari, está entre a extensa área de pastagem apresentada no mapa de uso e ocupação do solo (Figura 11) e a intersecção do raio de 50m entre a amostra P1 e P4 coletadas no bairro Amapá (figura 14). Se encontram, dentro do raio de 50m da área de coleta, 4 residências dispostas com certa distância uma da outra. Porém, a área de pastagem ocupa todo o lado direito da imagem, e tanto a rua que dá acesso quanto o terreno onde fora realizada a coleta apresentam solo exposto. Outro ponto a ser destacado, apesar de situar-se fora do perímetro de 50m, é o curso hídrico superficial à esquerda da imagem que tem como importância a sua interação com a dinâmica hídrica subterrânea. Este aparenta ter seu

canal de drenagem intensamente degradado pela retirada da vegetação ripária e, em razão da ausência de saneamento, pela deposição de contaminantes oriundos das residências que têm como fundo, o corpo hídrico.

A imagem a seguir (figura 16), nos mostra a proximidade do ponto de coleta da amostra P3 com relação ao rio, havendo entre o rio e o ponto uma região que costuma alagar no período chuvos.

Figura 16: Raio de 50m da amostra P3 coletada no bairro Taquari



Fonte: Google Earth Pro.

Nota: Organizado pelo Autor.

Na mesma região, a amostra P3 foi coletada numa localidade relativamente próxima ao rio Acre. Desta forma, a área construída, representada pela mancha vermelha na figura 8, se dá de forma mais densa; com uma área de várzea, entre o ponto da coleta e outra aglomeração residencial às margens direita do rio Acre. Essas ocupações se fazem irregulares, pois estão dispostas no que deveria ser uma APP. O Código Florestal, na Lei nº 12.651, estabelece as delimitações para as APP's, segundo o qual correspondem, entre outras, “às faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular[...]”. Percebe-se pela figura 10 que a mata ciliar está totalmente degradada. Isso contribui, em boa medida, para o processo de assoreamento do rio, fazendo com que o bairro Taquari e os demais bairros da ZVA sejam, com mais frequência, atingidos por inundações (Figura 12). Além de tudo, nota-se que, em diversos pontos, a vegetação nativa foi retirada para a produção de pastagem e/ou especulação de terras; prática está comum no Acre.

A imagem a seguir mostra que situação semelhante ocorre quando analisamos a região em que foram realizadas as coletas das amostras P5 e P6, no bairro Canaã.

Figura 17: Intersecção do raio de 50m das amostras P5 e P6 coletadas no bairro Canaã



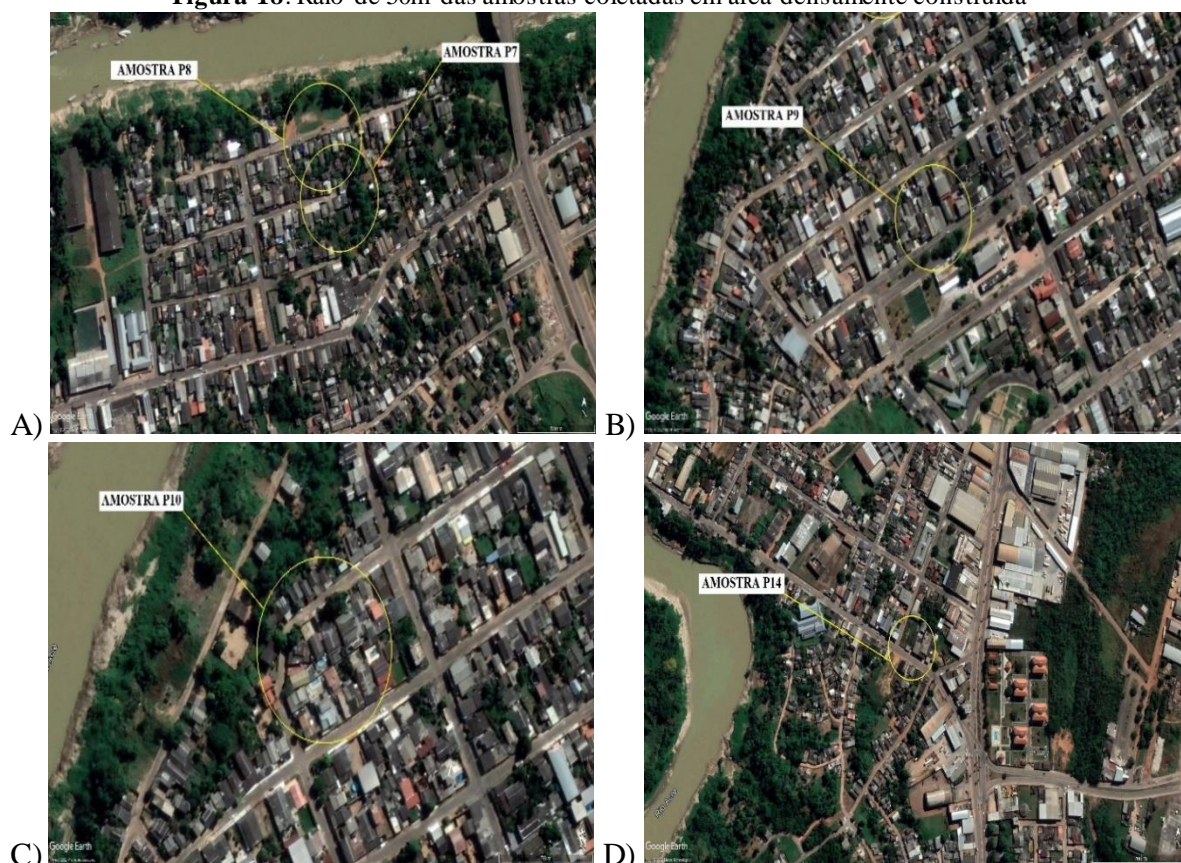
Fonte: Google Earth Pro.

Nota: Organizado pelo Autor.

Assim como nas amostras P1 e P4, as amostras P5 e P6 estão interseccionadas em seus respectivos raios de entorno. Ambas estão situadas próximas à margem esquerda do curso hídrico do igarapé Judia. Nota-se em alguns pontos da imagem que a vegetação ciliar foi completa ou parcialmente degradada. Tem-se, também, a presença de campo em uma extensa área à esquerda dos pontos de coleta, e áreas menores sem cobertura arbórea e sem uma evidente função social. A ocupação, portanto, concentra-se pela via principal e por suas paralelas, sendo os locais em que foram coletadas as amostras os de maior densidade.

A imagem a seguir (figura 18), apresenta pontos de coleta em áreas com maior concentração de área edificada, e com relativa proximidade com o rio Acre.

Figura 18: Raio de 50m das amostras coletadas em área densamente construída



Fonte: Google Earth Pro.

Nota: A) Amostra P7 e P8 coletada em área densamente construída no bairro Seis de Agosto; B) Amostra P9 coletada em área densamente construída no bairro Cidade Nova; C) Amostra P10 coletada em área densamente construída no bairro Seis de Agosto; D) Amostra P14 coletada em área densamente construída no bairro Triângulo Velho.

As regiões de coletas das amostras expostas na figura 18 se caracterizam como área densamente construída (Figura 11). Todas as coletas localizam-se relativamente próximas ao rio, em localidades impactadas, direta ou indiretamente, pela enchente do rio Acre (Figura 12). Portanto, são áreas onde se depositam materiais oriundos das enchentes sazonais as quais ocorrem na estação chuvosa que, segundo Sousa (2020), vai de outubro a abril, na região.

Um ponto de grande relevância à perspectiva de urbanização não sensível ao ciclo hidrológico sobre aquíferos e seus possíveis danos ambientais a serem destacados, é a questão da retirada de vegetação nas áreas de recarga hídrica, o que pode ocasionar a impermeabilização do solo, dificultando assim, a infiltração de água; Como nos apresenta Braga (2003, p. 114) *apud* Foletto & Follman (2013, p. 27):

O processo de urbanização e as alterações decorrentes do uso do solo, como a retirada da vegetação (que desprotege os corpos d'água e diminui a evapotranspiração e a infiltração da água) e a impermeabilização do solo (que impede a infiltração das águas pluviais), causam um dos impactos humanos mais significativos no ciclo hidrológico,

principalmente sobre os processos de infiltração, armazenagem nos corpos d'água e fluxo fluvial. (BRAGA, 2003, p.114 apud FOLLMAN & FOLETO, 2013, p. 27).

Com relação a outros problemas gerados pelo uso e ocupação do solo de forma irregular, dando ênfase às problemáticas mais concretas observadas em campo e através de imagens de satélite, sendo algumas delas: precárias condições das habitações; péssimo ou inexistente saneamento básico; construção irregular de poços residenciais semiartesianos; surgimento de fossas sanitárias a céu aberto etc. Machado & Cordeiro (2005) nos apontam para os riscos à saúde provocados pela ocorrência de fossas sanitárias sobre locais que se predominam aquíferos:

As principais enfermidades relacionadas à contaminação das águas subterrâneas por sistemas de fossas sanitárias são causadas por agentes biológicos e por produtos químicos, essas bactérias e vírus, são causadores de doenças como a cólera, febre tifoide e outras. (MACHADO & CORDEIRO, 2005, p.4).

Contudo, entendemos como de grande relevância o problema da ocupação e uso da terra de forma inadequada nos espaços dispostos sobre o ARB. Na ZVA o processo de infiltração, como mencionado anteriormente, é influenciado de forma negativa, facilitando o escoamento para cursos d'água. No entanto, apesar das questões destacadas um outro fator que impulsiona potenciais problemas às águas subterrâneas é a deficiência no esgotamento sanitário. Isso potencializará na péssima qualidade da água em muitos pontos do aquífero Rio Branco.

3.2 QUALIDADE DA ÁGUA DO AQUÍFERO DE RIO BRANCO – PERÍODO DE ESTIAGEM E CHUVOSO

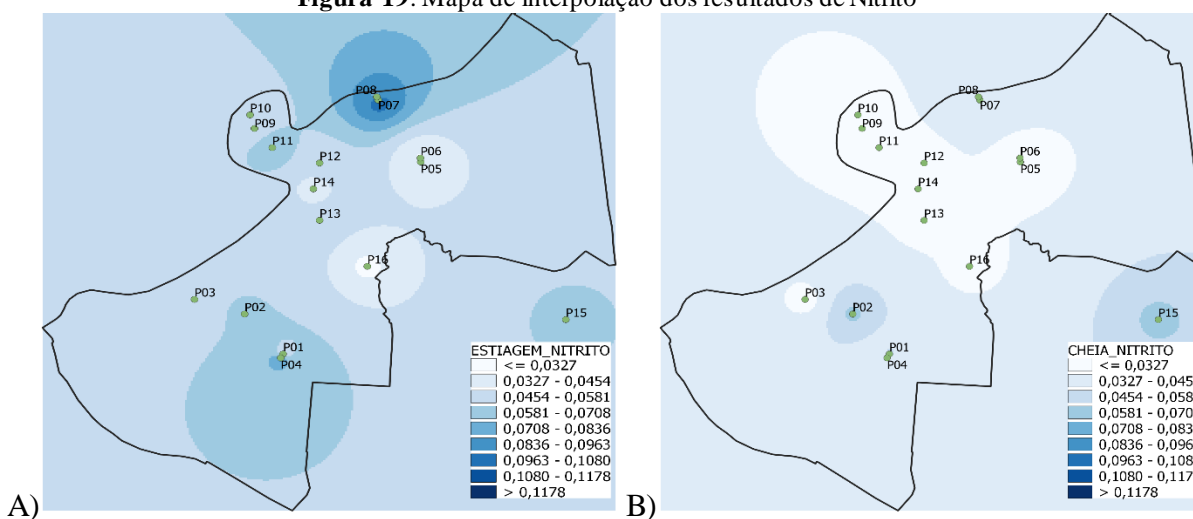
Resultados das análises físico-química das amostras coletadas em campo

As análises relacionadas aos parâmetros físico-químicos são importantes para constatar a presença e concentração de contaminantes na água. Os mapas de interpolação dos resultados a seguir nos apresentam os resultados obtidos em análise laboratorial e os valores de referência estabelecidos pelos “procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade” destacados pela Portaria nº 888 do Ministério da Saúde (2021, p. 1) e pelos valores estabelecidos na resolução CONAMA nº 357. A seguir os resultados para **Nitrito** e **Nitrato**:

Nos resultados obtidos do parâmetro **Nitrito** no período de estiagem, a amostra P-7 foi de maior valor apresentado. Além deste, os valores mais elevados foram apresentados pela P-4 (0,086), P-8 (0,076) e P-11 (0,071). E o menor valor obtido foi da P-1 (0,038).

No período chuvoso, com relação ao parâmetro **Nitrito**, os maiores valores foram obtidos nas análises das amostras P-2 (0,06) e P-15 (0,06). Não houve uma alteração na média dos valores obtidos nas análises de água do período de estiagem. Na estiagem, os valores em ambos os pontos, não ultrapassaram 0,06. Desta forma, em ambas as etapas de coleta e análise não se constatou alteração em desconformidade com a portaria estabelecida pelo Ministério da Saúde.

Figura 19: Mapa de interpolação dos resultados de Nitrito

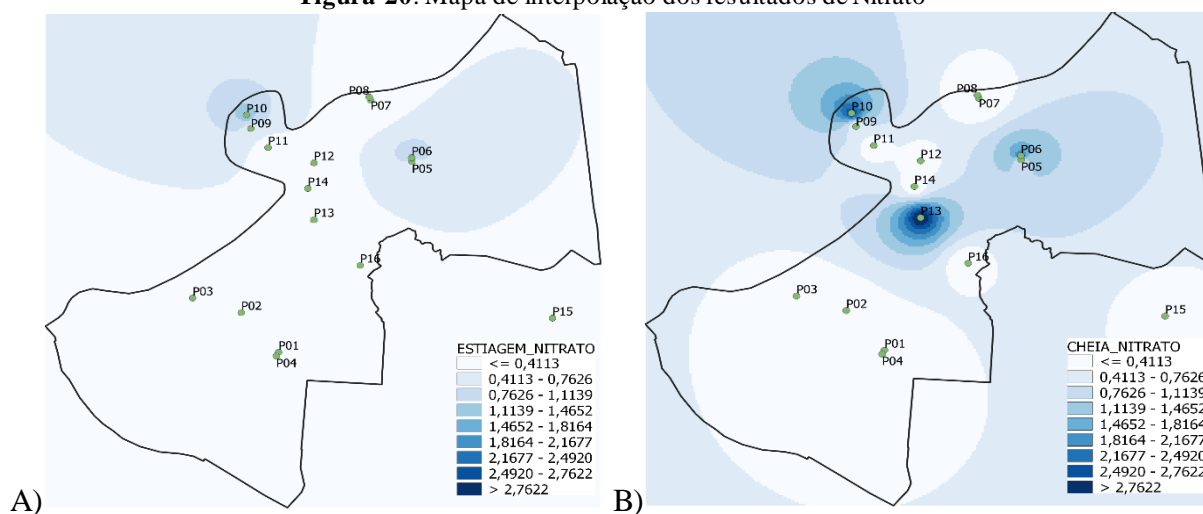


Fonte: Autor (2023)

Nota: A) Estiagem; B) Chuvoso

No caso do **Nitrato** em estiagem, as amostras P-6 e a P-10 apresentaram os maiores valores com relação aos demais. Outros valores mais elevados são visualizados na P-1 (0,362), P-9 (0,62) e P-13 (0,416). O menor valor no caso do **Nitrato** está representado pela P-14. Contudo, em nenhuma das amostras analisadas se observou desconformidade com a portaria.

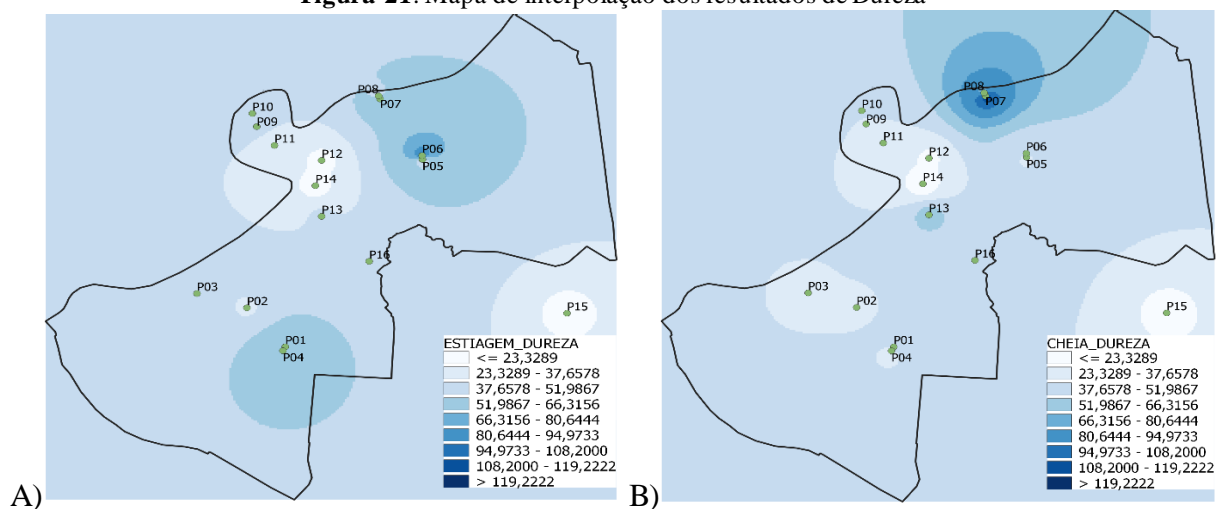
No período chuvoso, os valores obtidos nas análises tiveram um aumento significativo. As amostras P-10 (2,73) e P-13 (3,03) resultaram nos maiores valores. Todavia, ainda assim, se encontram em conformidade com a portaria, na qual o valor limite máximo é de 10,00 mg/L.

Figura 20: Mapa de interpolação dos resultados de Nitrato

Fonte: Autor (2023)

Nota: A) Estiagem; B) Chuvoso

No tocante ao parâmetro **Dureza Total**, o maior valor está representado na figura abaixo (figura 21) pelo P-6 (112). A P-1 (58), a P-4 (68) e a P-7 (74) estão entre as com maiores valores; o menor resultado apresentou a P-14 (16). Neste critério nenhuma das amostras extrapolou o valor máximo. Nos resultados relativos ao período chuvoso, as amostras com os maiores valores são: P-07 (132) e P-08 (60). Houve um aumento mínimo com relação aos resultados do período de estiagem. Não obstante, nenhuma das amostras coletadas extrapolaram o limite máximo de 300,0 mg/L estabelecido pela portaria.

Figura 21: Mapa de interpolação dos resultados de Dureza

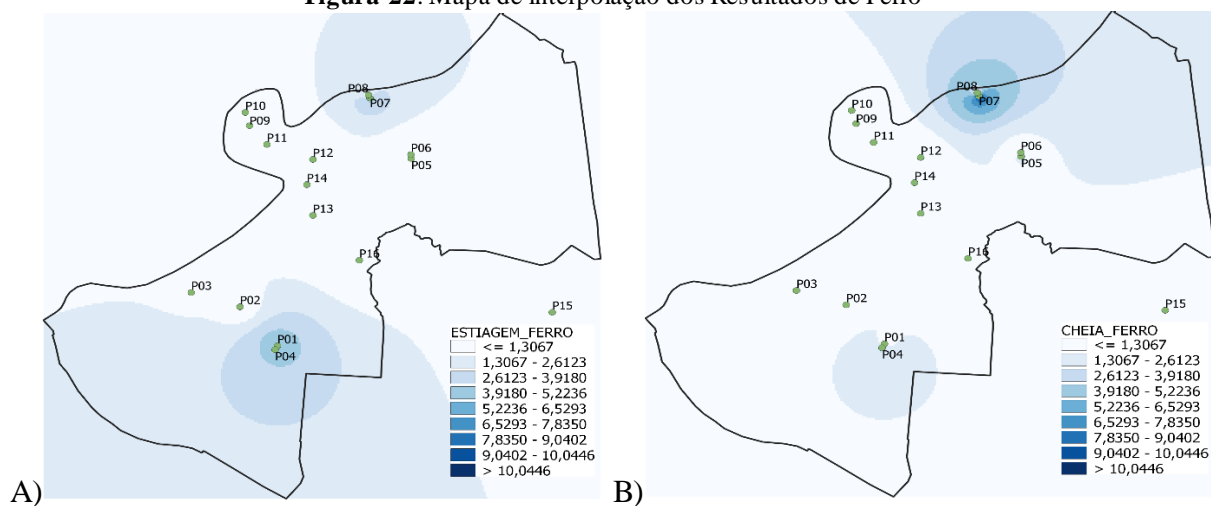
Fonte: Autor (2023)

Nota: A) Estiagem; B) Chuvoso

Já nos valores de **Ferro**, a amostra P-1, P-3, P-4, P-5, P-7, e P-8 apresentaram valores superiores ao valor máximo determinado. A P-7 foi a com maior concentração: 5,13 mg/L; e a

menor encontra-se na P-14 (0,002). Nos resultados de **Ferro** no período chuvoso, apresentam-se em desconformidade com a portaria as seguintes amostras: P-02 (0,39); P-03 (0,61); P-04 (3,32); P-05 (1,8); P-7 (11,29); P-8 (0,34); e P-13 (0,56). A amostra P-07 representou uma discrepância substancial que pode ser explicada por uma possível inativação do poço onde fora realizada a coleta. Este parâmetro obteve, nos dois períodos, muitos resultados em desconformidade com a portaria nº 888 do Ministério da Saúde, a qual estipula um valor máximo aceitável de 0,30 mg/L de presença na água. Todavia, os resultados não apresentaram grandes diferenças com relação ao período de estiagem. O **ferro** é um elemento bastante presente nas águas subterrâneas do aquífero Rio Branco.

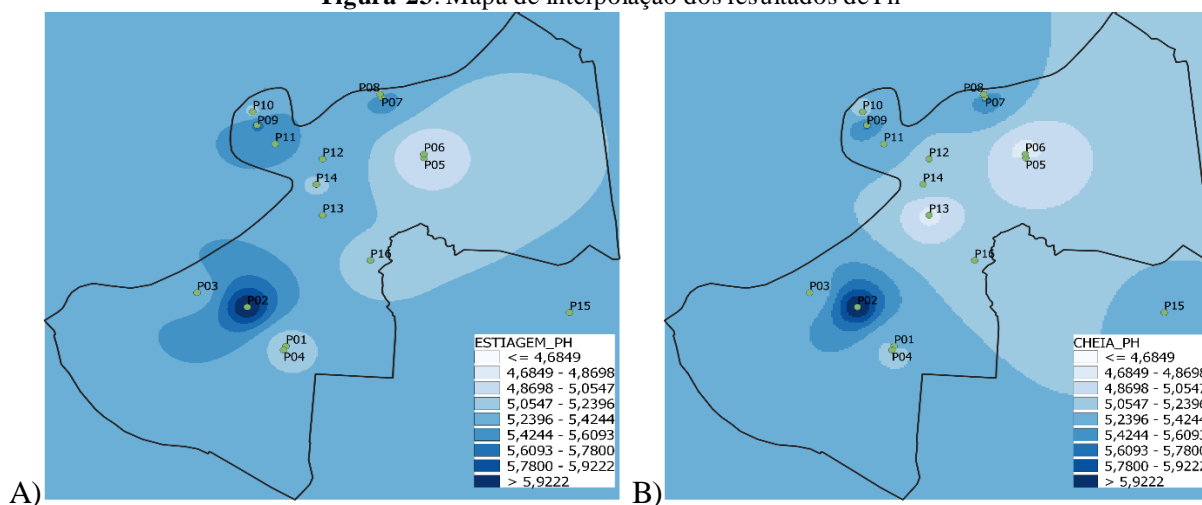
Figura 22: Mapa de interpolação dos Resultados de Ferro



Fonte: Autor (2023)

Nota: A) Estiagem; B) Chuvoso

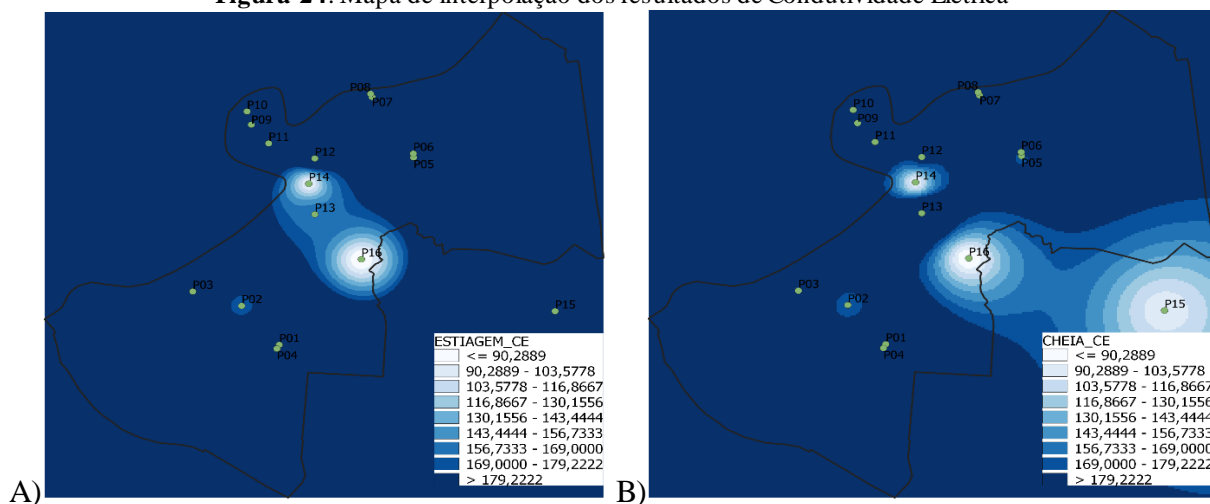
Nos resultados obtidos para o parâmetro **pH**, todos se apresentaram fora dos padrões de potabilidade da água; ou seja, abaixo do de 6,00. As amostras as quais apresentaram menores valores foram: P-5 (4,94), P-6 (4,85) – sendo este a menor – e P-8 (5,08). A P7 (5,77) foi a que mais se aproximou do mínimo. Com relação ao **pH** no período chuvoso, tendo um valor definido pela portaria entre 6 e 9, excluindo-se a amostra P-02 (6,06) todas as demais se encontram em desconformidade. Diferentemente do resultado obtido na estiagem, no período chuvoso obteve-se uma amostra em conformidade com a portaria. Os menores valores no período chuvoso foram obtidos nas amostras P-07 (4,67) e P-13 (4,80).

Figura 23: Mapa de interpolação dos resultados de Ph

Fonte: Autor (2023)

Nota: A) Estiagem; B) Chuvoso

A **Condutividade Elétrica** está expressa em $\mu\text{S}/\text{cm}$ (microSiemens). Segundo Libânio (2010, p. 42), as águas puras “[...]apresentam usualmente condutividade elétrica inferior a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, podendo atingir 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em corpos d’água receptores de elevadas cargas de efluentes domésticos e industriais”. Desta forma, podemos verificar que os valores obtidos neste parâmetro no período de estiagem, com exceção do P-14 (88,7) e do P-16 (77,3), ultrapassam o esperado para águas naturais. O maior valor pode ser visualizado na amostra P-1 (356). Outros valores mais elevados estão representados pelo P-7 (298), P-9 (344) e P-10 (270). Nenhuma amostra atingiu o valor máximo de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Com relação ao período chuvoso, os valores não tiveram grandes alterações. Neste as amostras P-14 (91,1), P-15 (95) e P-16 (77,3) encontraram-se em conformidade com a portaria nº 888.

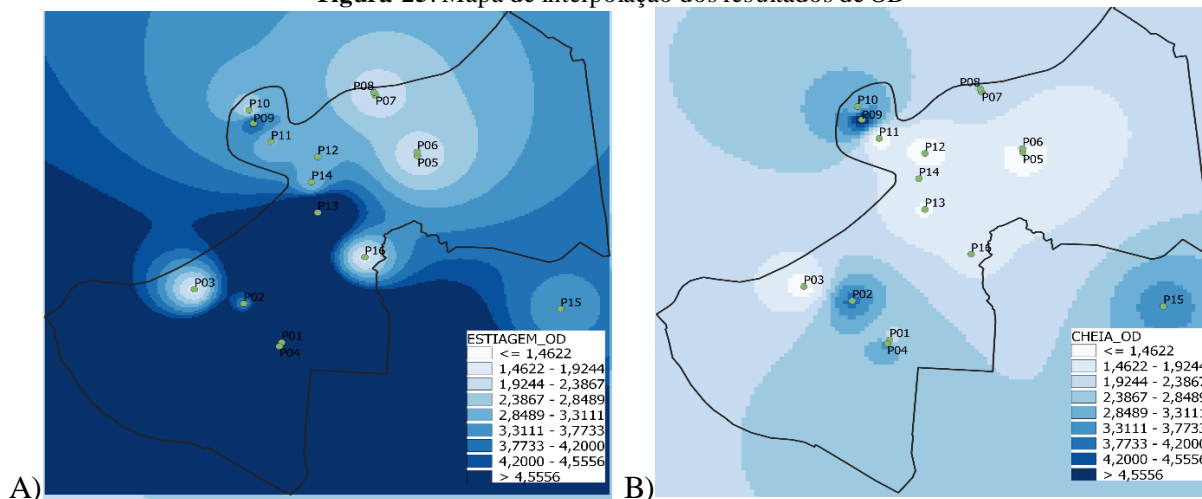
Figura 24: Mapa de interpolação dos resultados de Condutividade Elétrica

Fonte: Autor (2023)

Nota: A) Estiagem; B) Chuvoso

No tocante aos valores apresentados nas análises de **OD**, o valor deve ser não menos que 6 mg/L. Desta forma, com exceção da amostra P-13 (8) e do valor intrigante apresentado pela P-1 (36), todos as demais se encontram abaixo do mínimo exigido. Os valores que mais se encontram fora do padrão são do P-3 (1,8), P-5 (1,8) e P-7 (1,8). No período chuvoso todas as amostras se encontram em desconformidade com a norma padrão.

Figura 25: Mapa de interpolação dos resultados de OD

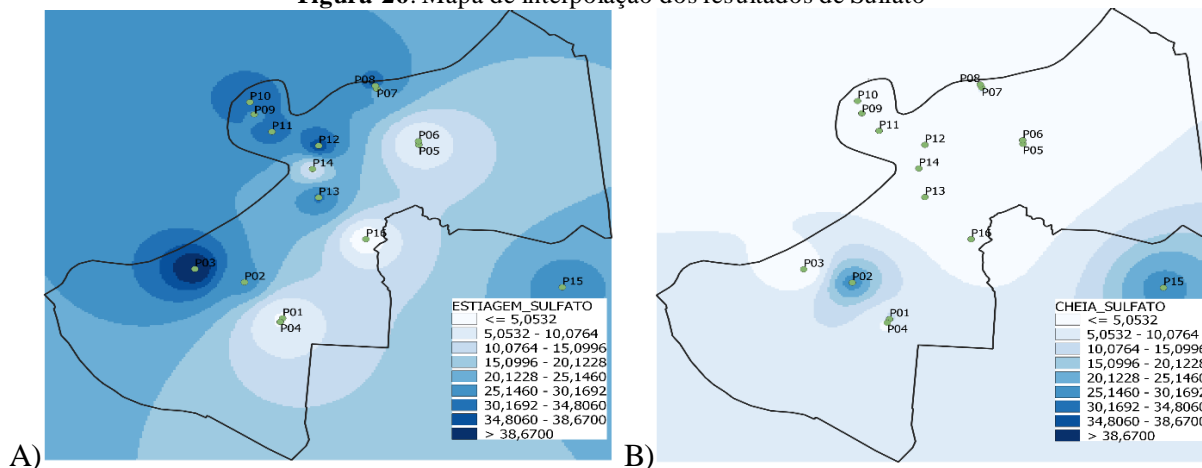


Fonte: Autor (2023)

Nota: A) Estiagem; B) Chuvoso

Os resultados para **Sulfato** estão todos em conformidade com o valor máximo de 250 mg/L estabelecido pela portaria. Os maiores valores estão na amostra P-3 (43,3), P-8 (42,76) e P-12 (37,41). Os menores valores podem ser verificados na P-1 (4,333), P-6 (4,756) e P-4 (4,786). Nos resultados do período chuvoso todas as amostras também se encontraram em conformidade. A amostra P-02 (27,53) e P-15 (27,17) representaram os maiores valores.

Figura 26: Mapa de interpolação dos resultados de Sulfato

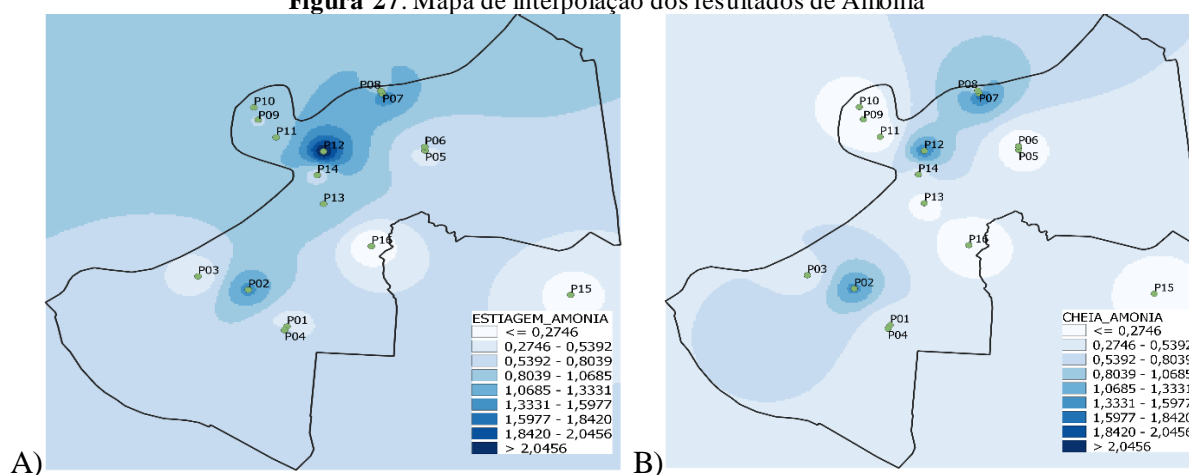


Fonte: Autor (2023)

Nota: A) Estiagem; B) Chuvoso

Nos valores obtidos das análises de **Amônia**, apenas a amostra P-7 (2,073) e a P-12 (2,254) apresentaram valores superiores ao de 1,2 mg/L definido na portaria do Ministério da Saúde. As menores concentrações estão na P-5 (0,17), P-1 (0,2) e P-8 (0,331). No período chuvoso, estiveram em desconformidade com a portaria as amostras P-2 (1,39), P-7 (2,30) e a P-12 (1,52).

Figura 27: Mapa de interpolação dos resultados de Amônia



Fonte: Autor (2023)

Nota: A) Estiagem; B) Chuvoso

Resultados da análise microbacteriológica das amostras coletadas em campo

As análises microbacteriológicas das amostras foram limitadas aos parâmetros de Coliformes Totais e Coliformes Fecais. Podemos observar os resultados em que foram constatadas presença e ausência de coliformes, mediante análise laboratorial, nos seguintes quadros:

Quadro 7. Valores obtidos dos parâmetros Coliformes Totais e Coliformes Fecais (Estiagem)

Amostras	Coliformes Totais (NMP/100MI)	Coliformes Fecais (NMP/100MI)	Percentual de amostras contaminadas
P1	Presença	Ausência	-
P2	Presença	Ausência	-
P3	Presença	Ausência	-
P4	Presença	Presença	-
P5	Presença	Presença	-
P6	Presença	Ausência	-
P7	Presença	Presença	-
P8	Presença	Presença	-

P9	Presença	Presença	-
P10	Presença	Presença	-
P11	Presença	Ausência	-
P12	Presença	Presença	-
P13	Presença	Presença	-
P14	Presença	Ausência	-
P15	Presença	Ausência	-
P16	Presença	Ausência	-
Total	16	8	100%

Fonte: Autor (2022).

Quadro 8: Valores obtidos dos parâmetros Coliformes Totais e Coliformes Fecais (Chuvoso)

Amostras	Coliformes Totais (NMP/100MI)	Coliformes Fecais (NMP/100MI)	Percentual de amostras contaminadas
P1	Ausência	Ausência	-
P2	Presença	Presença	-
P3	Presença	Ausência	-
P4	Presença	Ausência	-
P5	Presença	Presença	-
P6	Presença	Presença	-
P7	Presença	Presença	-
P8	Presença	Presença	-
P9	Presença	Ausência	-
P10	Presença	Presença	-
P11	Presença	Presença	-
P12	Presença	Presença	-
P13	Presença	Presença	-
P14	Presença	Ausência	-
P15	Presença	Ausência	-
P16	Presença	Presença	-
Total	15	10	93,75%

Fonte: Autor (2023)

Nessa etapa, relacionada aos aspectos microbacteriológicos da água, podemos observar pelas amostras parcialmente coletadas e analisadas, no período de estiagem, que em 100% das amostras foi constatada a presença de **Coliformes Totais**. Estando, portanto, todas em desconformidade com a portaria nº 888 do Ministério da Saúde.

No tocante ao período Chuvoso, o cenário é semelhante. Com exceção da amostra P-01, a qual se encontra em conformidade pela ausência em ambos os coliformes, todas as demais estão fora da norma padrão.

Levando em consideração as amostras laudadas em ambas as estações do ano, o

percentual de Coliformes Fecais representa 56,25% do total analisado até aqui. Portanto, das 32 amostras laudadas, apenas uma amostra não atestou presença de coliformes totais, ou seja, 31 amostra apresentaram resultado “positivo”. Com relação aos coliformes fecais, 18 das 32 amostras apontaram presença. Em todas as amostras as quais tiveram presença para coliformes fecais, os coliformes totais também estiveram presentes; isto é, os coliformes totais estiveram presente em todos os resultados positivos para coliformes fecais. Portanto, de acordo com a Portaria nº 888 de 04 de maio de 2021, do Ministério da Saúde, estas se encontram impróprias para o consumo humano (ver Anexo A).

CONCLUSÃO

Com tudo que fora exposto e discutido nos capítulos anteriores, fica indiscutivelmente claro a importância da água para a manutenção da vida global, bem como das relações humanas. O aquífero Rio Branco (ARB), portanto, insere-se nesse contexto como um recurso de proporções ainda desconhecidas, dada a descoberta recente do Sistema de Aquífero Grande Amazônia (SAGA). Essa disposição hídrica está localizada no coração da Amazônia Sul-Occidental, lugar de desigualdades territoriais e sociais e de ocupações precárias, como a que foi estabelecida nos moldes de um processo migratório campo-cidade.

Desta forma, temos um cenário preocupante com relação a ocupação da área de abrangência do ARB. A presente pesquisa constatou, a partir das análises, áreas de potencial impacto a dinâmica hídrica do manancial subterrâneo em questão, como:

- a) Áreas de pastagem;
- b) Áreas densamente povoadas;
- c) Áreas com evidência de despejo de efluentes em cursos hídricos superficiais e em fossas negras;
- d) Cursos hídricos superficiais notoriamente antropizados; e
- e) Áreas de APP desmatadas.

Por fim, a presente pesquisa propõe que se adotem, de forma urgente, medidas de contenção da contaminação do aquífero, como:

- a) Catalogação e saneamento dos pontos de despejo ou afloramento de efluentes;
- b) Recuperação de cursos hídricos superficiais antropizados;
- c) Conscientização das comunidades sobrejacentes com base na educação ambiental e no conhecimento do aquífero Rio Branco e suas potencialidades;
- d) Cadastramento e acompanhamento dos poços em operação em toda área de abrangência do ARB;
- e) Recuperação de áreas desmatadas com plantio de vegetação nativa; e
- f) Aprofundamento, a partir da promoção de pesquisas, sobre as questões que envolvem o ARB e sua relação com o grande SAGA.

Estas condições socioambientais impróprias citadas anteriormente afetam negativamente o lençol freático – este alimentado pelo ARB –, no qual pôde se constatar alterações em seu qualitativo com os resultados das análises físico-químicas e microbacteriológicas de amostras coletadas em poços residenciais na área de recorte. À vista disso, pode-se estimar um desequilíbrio socioambiental de proporções ainda desconhecidas

para o Estado do Acre, caso se efetive uma contaminação generalizada do manancial subterrâneo gerando inviabilização do seu uso – dado o fato de que Rio Branco cumpre uma função socioeconômica de grande expressão a todo seu território. Diante disso, tem-se a questão da existência de uma lacuna no tocante a imprescindível necessidade de sensibilização da importância de se conservar este valioso recurso por parte do poder das comunidades dos bairros que compõem a ZVA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como a presença de altos índices de **amônia** em 03 amostras (P-7; P-12; e P-2) das 32 coletadas entre o período chuvoso e de estiagem; sendo que as amostras P-7 e P-12 estiveram em desconformidades nas duas estações. Índices elevados de amônia indicam contaminação circunjacente, ou seja, ao redor do poço onde foram realizadas as coletas.

Outro resultado preocupante se deu nos resultados da **condutividade elétrica**, nos quais apenas 05 amostras das 32 estiveram em conformidade com a portaria nº 888 do ministério da saúde. Estão em desconformidade na estação de estiagem as amostras P-1; P-2; P-3; P-4; P-5; P-6; P-7; P-8; P-9; P-10; P-11; P-12; P-13; e P-15, e na estação chuvosa temos as seguintes amostras: P-1; P-2; P-3; P-4; P-5; P-6; P-7; P-8; P-9; P-10; P-11; P-12; e P-13. Com exceção da amostra P-15, todas as demais apresentam resultados em desconformidades em ambas as estações. Este parâmetro aponta que os poços amostrados podem estar recebendo efluentes (resíduos provenientes de atividades humanas) domésticos e/ou industriais. Esses índices elevados de condutividade elétrica podem se dá em razão da região estar localizada em uma bacia sedimentar, o que altera as concentrações de hidrocarbonetos na água, e que por sua vez, acrescentam resistividade elétrica à água. Todavia, cabe uma análise mais detalhada das áreas de coleta das amostras.

Outro parâmetro físico-químico que apresentou valores fora da norma padrão é o **ferro**, totalizando 13 das 32 amostras com resultados acima do permitido que é de 0,30 mg/L.

No tocante às análises microbacteriológicas o resultado é mais claro com relação ao impacto do uso e ocupação do solo sobre o qualitativo hídrico do aquífero, na medida em que em mais da metade (56,25%) das coletas realizadas, totalizando 18 poços, sendo 08 no período de estiagem (P-4; P-5; P-7; P-8; P-9; P-10; P-12; e P-13) e 10 no período chuvoso (P-2; P-5; P-6; P-7; P-8; P-10; P-11; P-12; P-13; e P-16), atestaram a presença de **coliformes fecais**, ou seja, indicando contaminação recente derivada de fezes de animais e humana. Os resultados se repetem nos poços P-5; P-7; P-8; P-10; P-12; e P-13. O alto percentual de contaminação por coliformes fecais se dão, em muitos casos, pelas péssimas condições as quais estão expostos os poços em questão.

Na amostra da figura acima se atestou a presença de coliformes fecais e totais em ambos os períodos (chuvoso e estiagem). Portanto, as péssimas condições ambientais e sanitárias em que se encontram os terrenos podem ser as principais causas dos resultados apresentados nas análises laboratoriais.

O período chuvoso alterou os resultados apresentados nas amostras coletadas na estação mais seca, apresentando uma redução na quantidade de resultados positivos para coliformes fecais. Todavia, este é um cenário preocupante tendo em vista as potencialidades dessa reserva de água subterrânea e sua alta suscetibilidade em receber contaminantes e efluentes residenciais.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Francisco de Assis Matos de; CAVALCANTE, Itabaraci Nazareno; MATTA, Milton Antônio da Silva. O Sistema Aquífero Grande Amazônia–Saga: Um Imenso Potencial De Água Subterrânea No Brasil. **Águas Subterrâneas**, 2013.
- ACRE, Governo do Estado. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre, Fase II (Escala 1: 250.000): Documento Síntese. **Ed. Rio Branco: SEMA**, 2010.
- AQUINO, Afonso Rodrigues de; PALETTA, Francisco Carlos; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de. **Vulnerabilidade ambiental**. Edgart Blucher LTDA, 2017.
- BARROS, José D' Assunção. 'Cidade' e 'Forma' – Aproximações Introdutórias. In: **A geografia e Amazônia em Questão: Revista do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Acre**. Rio Branco: DEGEO/UFAC. v. 1, n. 5. 2005.
- BECKER, Bertha K. Geopolítica da Amazônia. **Estudos avançados**, v. 19, p. 71-86, 2005.
- BRAGA, Rhalf Magalhães. O espaço geográfico: um esforço de definição. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 11, n. 2, p. 65-72, 2007.
- BRASIL, Resolução nº 15 (2001), Conselho Nacional de Recursos Hídricos, Art. 6. Disponível em: <https://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelink.php?numlink=1-173-34>. Acesso em: 28 de maio de 2021.
- BRASIL, Resolução nº 22 (2002), Conselho Nacional de Recursos Hídricos, Art. 5. Disponível em: <https://cnrh.mdr.gov.br/planos-de-recursos-hidricos/67-resolucao-n-22-de-24>. Acesso em: 28 de maio de 2021
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **3º Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública/Fundação Nacional de Saúde**. Brasília: Funasa, 2013.
- BRUNI, José Carlos. A água e a vida. **Tempo social**, v. 5, p. 53-65, 1993.
- CAMPOS FILHO, Cândido Malta. **Cidades brasileiras: seu controle ou o caos: o que os cidadãos devem fazer para a humanização das cidades no brasil**. 2. ed. São Paulo: Studio Nobel, 1992.
- CHAMBEL, António. Água subterrânea, ambiente e sociedade. 2016.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução 357 de 25 de mar. de 2005.
- CORRÊA, Roberto Lobato. Espaço: um conceito-chave da Geografia. **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 15-47, 1995.
- COSTA, Maíra Sampaio da; GOMES, Maria da Conceição Rabelo; NASCIMENTO, Sérgio Augusto de Moraes. Vulnerabilidade de aquíferos à poluição: uma revisão metodológica. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 8, n. 1, p. 60-76, 2022.

COSTA, João Craveiro. **A conquista do deserto ocidental: subsídios para a história do território do Acre**. Brasília: Senado Federal. 2005.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de sistemas ambientais**. Editora Blucher, 1999.

FRANCO, Alessande de Oliveira; ARCOS, Frank Oliveira; PEREIRA, Jessiane da Silva. Uso do solo e a qualidade da água subterrânea: estudo de caso do aquífero Rio Branco, Acre, Brasil. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 3, 2018.

FOLETO, Eliane Maria; FOLLMAN, Fernanda Maria. Mapeamento dos usos do solo existentes em área de recarga de aquífero localizado em Santa Maria/RS. **Revista de Geografia (UFPE)**. v. 30, n. 1, p. 24-38, 2013.

FRANCO, Alessande Oliveira; ARCOS, Frank Oliveira. Vulnerabilidade natural de aquíferos e a potencial contaminação dos recursos hídricos subterrâneos no Estado do Acre. **Águas Subterrâneas**, v. 34, n. 1, 2020.

GALEANO, Eduardo. **As veias abertas da América Latina**. L&PM Editores, 2010.

GOMES, Uende Aparecida Figueiredo; PENA, João Luiz; QUEIROZ, Josiane Teresina Matos de. Dicionário de saneamento básico: pilares para uma gestão participativa nos municípios. **Projeto SanBas**, 2022.

GUERRA, Maria Daniely Freire; SOUZA, Marcos José Nogueira de; LUSTOSA, Jacqueline Pires Gonçalves. Revisitando a teoria geossistêmica de Bertrand no século XXI: aportes para o GTP (?). **Geografia em questão**, v. 5, n. 2, 2012.

HARVEY, David. O espaço como palavra-chave. **GEOgraphia**, v. 14, n. 28, p. 8-39, 2012.

HIRATA, Ricardo *et al.* A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento. 2019.

HIRATA, Ricardo e ZOBY, José Luiz Gomes e OLIVEIRA, Fernando Roberto de. Água subterrânea: reserva estratégica ou emergencial. **Águas do Brasil: análises estratégicas**. Tradução. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/3ebc5b37-b276-4b8d-8fca-c47f2fbee40/2343378.pdf>. Acesso em: 30 set. 2022.

JARDIM, A. **Agência Nacional das Águas reconhece Aquífero Rio Branco**. Notícias do Acre, 2013. Disponível em: <https://agencia.ac.gov.br/agencia-nacional-das-aguas-reconhece-aquifero-rio-branco/>. Acesso em: 03 de junho de 2021.

JORGE, Maria Manuel Araújo. Descartes e a epistemologia contemporânea. 1998.

KOBIYAMA, Masato; MICHEL, Gean Paulo; GOERL, Roberto Fabris. Relação entre desastres naturais e floresta. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 10, p. 17-48, 2012.

LAGES, Anderson da Silva *et al.* **Sistema aquífero grande Amazônia: um estudo sobre a composição química das águas das cidades de Itacoatira e Manacapuru-AM**. 2016.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campina: Editora Átomo, 2010.

LUIZ, G. P. *et al.* Concentrações de nitrato e amônio em água subterrânea na Bacia do Rio Jardim, DF. In: **Embrapa Cerrados-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: ENCONTRO DE JOVENS TALENTOS DA EMBRAPA CERRADOS, 3., 2007, Planaltina, DF. Resumos apresentados. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p. 31., 2007.

MACHADO, Flávia Olaia; CORDEIRO, João Sérgio. Análise e caracterização da urbanização na área de recarga do aquífero guarani em Ribeirão Preto-SP. **Águas Subterrâneas**, 2005.

MACHADO, Lia Osorio. Urbanização e mercado de trabalho na Amazônia Brasileira. **Cadernos ippur**, v. 13, n. 1, p. 109-138, 1999.

MARTINS, Estevão de Rezende. Processos históricos, aprendizagem e educação de uma "segunda natureza humana". **Educar em Revista**, p. 73-91, 2016.

MARTINS, Roberto de Andrade. A doutrina das causas finais na Antiguidade. 1. A teleologia na natureza, dos pré-socráticos a Platão. **Filosofia e História da Biologia**, v. 8, n. 1, p. 107-132, 2013.

MELO JÚNIOR, Homero Reis de; MARMOS, José Luiz. **Avaliação hidrogeológica do município de Rio Branco-Acre: relatório final**. CPRM, 2006.

MELO JUNIOR, Homero Reis de; ROSA FILHO, Sebastião Ferreira; KUNZLER, Julio César Sebastiani. Modelo de gestão do aquífero Rio Branco. 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Águas subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido. 2007.

MORAIS, Maria de Jesus. O processo de urbanização no estado do Acre – Brasil. **Egal**. [online]. n.p. 2000.

MORAIS, Maria de Jesus. **Acreanidade: invenção e reinvenção da identidade acreana**. Rio Branco: Edufac, 2016.

PESSOA, Mário Dias; MENTE, Albert; LEAL, Onofre. Províncias hidrogeológicas adotadas para o mapa hidrogeológico do Brasil na escala 1: 2.500. 000. **Águas Subterrâneas**, 1980.

Plano Diretor da Cidade. Lei Municipal nº 2.222 de 26 de dezembro de 2016.

SANTOS, Marilaine Alves; CARVALHO, Silvia Méri; ANTONELI, Valdemir. Suscetibilidade de enchentes a partir da análise das variáveis morfométricas na bacia hidrográfica rio bonito em Irati-PR-brasil. **Revista Equador**, v. 5, n. 5, p. 152-167, 2016.

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

SANTOS, Milton. Sociedade e Espaço: Formação Espacial como Teoria e como Método. In SANTOS, Milton. **Espaço e sociedade**: Ensaios. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 1982.

SANTOS, Milton. O espaço e seus elementos: Questões de método. In: **Espaço e Método**. São Paulo: Nobel, 1985.

SANTOS, Milton. **Espaço e sociedade: ensaios**. Editora Vozes, 1979.

SANTOS, Milton. Sociedade e espaço: a formação social como teoria e como método. **Boletim Paulista de geografia**, n. 54, p. 81-100, 1977.

SANTOS, Renata Souza. Saúde e qualidade da água: análises microbiológicas e físico-químicas em águas subterrâneas. **Revista contexto & saúde**, v. 13, n. 24-25, p. 46-53, 2013.

SENRA, João B.; HAGER, F. P. V. Águas subterrâneas e a legislação de recursos hídricos. **Águas Subterrâneas**, 2003.

SERAPHIM, Ana Paula Albuquerque Campos Costalonga. **Relações entre as áreas de recarga dos aquíferos e áreas destinadas a urbanização: estudo dos padrões de ocupação do solo da unidade hidrográfica do Paranoá-DF**. 2018.

SILVA, Márcio Luiz da. Paisagem e geossistema: contexto histórico e abordagem teórico-metodológica. **Geoambiente On-line**, n. 11, p. 01-23 pág., 2008.

SILVA, Rita de Cássia Assis da; ARAÚJO, Tânia Maria de. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8, p. 1019-1028, 2003.

SILVA, Silvio Simione. **Acre: Uma visão temática de sua Geografia**. Rio Branco: EDUFAC, 2009.

SOLDERA, Bruna Camargo; DE OLIVEIRA, Everton. Água sustentável (as): um novo método para a governança da água. **Águas Subterrâneas**, v. 31, n. 2, p. 30-43, 2017.

SOUSA, Jorge Washington de. Características climáticas do município de Rio Branco, Acre, período de 1990-2019. **Scientia Naturalis**, v. 2, n. 2, 2020.

SPÓSITO, Maria Encarnação Beltrão. A análise urbana na obra de Milton Santos. **Caderno prudentino de geografia**, v. 1, n. 21, p. 25-42, 1999.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. Geografia e interdisciplinaridade. Espaço geográfico: interface natureza e sociedade. **Geosul**, v. 18, n. 35, pág. 43-54, 2003.

TÔRRES, José Júlio Martins. Teoria da complexidade: uma nova visão de mundo para a estratégia. In: **Proceedings of**. 2005.

VARNIER, Cláudia; HIRATA, Ricardo. Contaminação da água por Paulo, nitrato no parque ecológico Tietê-S Brasil. **Águas Subterrâneas**, v. 16, n. 1, 2002.

VASCONCELOS, Maiana Azevedo; OLIVEIRA, Iara Brandão de. Especiação Química do Sulfato em Águas Subterrâneas do Domínio Hidrogeológico Sedimentar do Estado da Bahia-Brasil, utilizando o Método Tableau. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 2, p. 256-266, 2018.

VASCONCELOS, Mickaelon Belchior. O que são poços? um panorama das terminologias utilizadas para captações de águas subterrâneas. **Águas Subterrâneas**, v. 31, n. 2, p. 44-57, 2017.

VASCONCELOS, Mickaelon Belchior. Poços para captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e proposta de nomenclatura. **Águas Subterrâneas**, 2014.

VASCONCELOS, Vanilda de Magalhães Martins; SOUZA, Claudinei Fonseca. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 6, n. 2, p. 605-624, 2011.

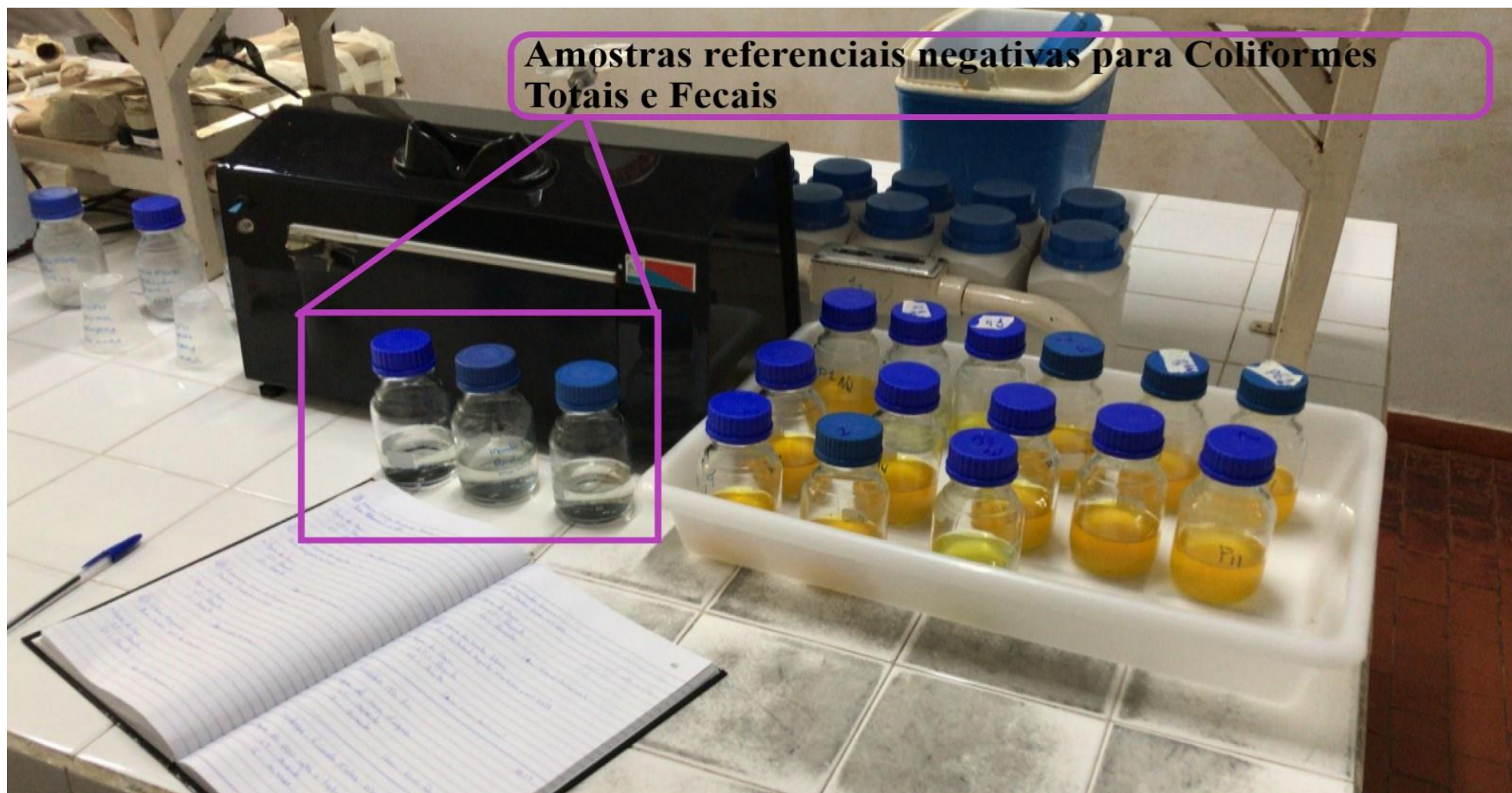
ZOBY, José Luiz Gomes. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. **Águas Subterrâneas**, 2008.

APÊNDICE A – REGISTRO FOTOGRÁFICO DAS COLETAS REALIZADAS EM CAMPO



Fonte: Acervo do Autor (2022).

APÊNDICE B – REGISTRO FOTOGRÁFICO DA ANÁLISE MICROBACTERIOLÓGICA



Fonte: Acervo do Autor (2022).

APÊNDICE C – REGISTRO FOTOGRÁFICO DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICO



Fonte: Acervo do Autor (2022).