



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

Disclaimer: Articles published in this section are not peer-reviewed and are not indexed.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

## Vulnerabilidade natural de aquíferos e a potencial contaminação dos recursos hídricos subterrâneos no Estado do Acre

### Natural vulnerability of aquifers and the potential contamination of groundwater resources in the State of Acre

Alexsande de Oliveira Franco<sup>1</sup>; Frank Oliveira Arcos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco, Acre.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco, Acre.

✉ [aofrancoufac@hotmail.com](mailto:aofrancoufac@hotmail.com), [frankarcos@gmail.com](mailto:frankarcos@gmail.com)

#### Palavras-chave:

Aquíferos; Vulnerabilidade; Impactos Negativos.

#### Resumo

Aquíferos são reservatórios estratégicos para qualquer unidade territorial, pois servem como futura utilização. No entanto, devem ser devidamente protegidos de potenciais cargas poluidoras, seja de origem antrópica ou industrial. Tais ações dependem de políticas fomentadas pelo poder público e das condições dos assentamentos urbanos sobre aquíferos, lhes instituindo assim, condição de vulnerabilidade. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo analisar a vulnerabilidade natural do aquífero Rio Branco, localizado na cidade com mesmo nome, no estado do Acre. Para tanto, utilizou-se a metodologia GOD - G (Groundwater occurrence), O (Overall aquifer class), D (Depth to groundwater table) para avaliar a vulnerabilidade natural do aquífero utilizando também técnicas de geoprocessamento. O estudo identificou que aquífero Rio Branco apresenta elevado grau de vulnerabilidade (0.6) com a aplicação da metodologia e, nesse sentido também, vem propor e contribuir com políticas públicas eficientes dentro do ordenamento territorial da cidade como forma de minimizar os impactos diretos sobre esse importante reservatório subsuperficial.

#### Abstract

Aquifers are strategic reservoirs for any territorial unit as they serve as future use. However, they must be adequately protected from potential polluting loads, whether of anthropic or industrial origin. Such actions depend on policies promoted by the government and the conditions of urban settlements on aquifers, thus establishing a condition of vulnerability. In this sense, the present study aims to analyze the natural vulnerability of the Rio Branco aquifer, located in the city of the same name, in the state of Acre. For this, the GOD - G (Groundwater occurrence), O (Overall aquifer class), D (Depth to groundwater table) methodology was used to evaluate the aquifer's natural vulnerability using also geoprocessing techniques. The study identified that Rio Branco aquifer has a high degree of vulnerability (0.6) with the application of the methodology and, in this sense, also proposes and contributes to efficient public policies within the city's territorial planning as a way to minimize the direct impacts on this important one. subsurface reservoir.

#### Keywords

Aquifers; Vulnerability; negative impacts.

DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v34i1.29749>

## 1. INTRODUÇÃO

A água subterrânea é muito importante para o equilíbrio da dinâmica da infiltração e escoamento da água, bem como, há muitos anos vem servindo de reservatórios para futuras demandas e implicações por uma iminente falta de água (FRANCO et al., 2018). Silva et al., (2017) menciona que o manancial subterrâneo é uma das mais importantes reservas para o suprimento de água e na maioria das vezes não necessita de tratamento para o seu consumo, devido ao processo de filtragem natural do subsolo.

Os aquíferos são caracterizados como uma camada ou formação geológica suficientemente permeáveis capazes de armazenar e transmitir água em quantidades que possam ser aproveitadas como fonte de abastecimento para diferentes usos (IRITANI e EZAKI, 2008). Os aquíferos são classificados em função de sua característica hidráulica, confinamento ou pressão da superfície limítrofe, eles podem ser livres ou confinados. Acerca dos aquíferos mencionados, para Faracine (2013, p. 5) 'no caso do aquífero livre (ou freático) a zona saturada tem contato direto com a zona não saturada [...] a água que infiltra no solo atravessa a zona não saturada e recarrega diretamente o aquífero'. Ainda para o mesmo autor,

O aquífero confinado é limitado no topo e na base por camadas de rocha de baixa permeabilidade (como argila, folhelho, rocha ígnea maciça etc.). O aquífero está submetido a uma pressão maior que a atmosférica, devido a uma camada confinante acima dele, que também está saturada de água. Assim, o nível da água tem pressão para atingir uma altura acima do topo do aquífero, mas é impedida pela camada confinante (FARACINE, 2013, p.6).

Ambos os aquíferos estão sujeitos à vulnerabilidade natural, expostas por suas características gerais. O conceito de vulnerabilidade pode ser entendido, de acordo com Foster (1988) é o conjunto de características intrínsecas dos estratos entre a zona saturada e a superfície do solo, o que determina sua suscetibilidade a sofrer os efeitos adversos de uma carga contaminante. A ASTM (*American Society for Testing Materials*) define vulnerabilidade nas águas subterrâneas como a facilidade no qual um contaminante pode migrar para as águas subterrâneas.

Nas áreas urbanas expostas ao crescimento demográfico, as águas superficiais e subterrâneas estão propensas a sofrer alterações em suas características físicas, químicas e biológicas, devido ao aporte de substâncias oriundas de atividades antrópicas (GOMES et al, 2018). 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 em 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 sendo corroborado por Borges et al (2017) que afirmaram ser em decorrência da urbanização, do desenvolvimento industrial e expansão agrícola, que os aquíferos estão cada vez mais expostos à contaminação, prejudicando a qualidade deste recurso.

No Estado do Acre temos o aquífero 'Aquífero Rio Branco', que de acordo com Mello Jr e Marmos (2006 p. 42) 'é do tipo confinado drenante, abrangendo na região estudada uma área de cerca de 122.460.000m<sup>2</sup>, ocorrendo entre 2 a 10 metros de profundidade com espessura variando entre 1 a 8 metros'. Essa característica se aplica a camada acima do aquífero que é semipermeável e abaixo permeável formado por pacotes sedimentares intercalados da Formação Solimões (TNs). Esse material teria sido depositado do Plioceno ao Pleistoceno (1,75 m.a e 0,01 m.a) com uma área de 905.000 km<sup>2</sup> situados no setor brasileiro da Bacia Marañon –Ucayali–Acre (MILANI; THOMAZ FILHO, 2000 p.429).

Nessa direção o presente estudo teve como finalidade avaliar a vulnerabilidade do aquífero Rio Branco, através da metodologia GOD (G – *Groundwater Occurrence*; O – *Overall aquifer class*; D – *Depth to groundwater table*). Esse tipo de avaliação é de grande relevância para orientar mecanismos de gestão ambiental de territórios diante das atividades antrópicas (BROLLO et. al., 2000).

O aquífero situa-se em grande parte no segundo distrito da cidade e, nessa área ainda se pode observar o processo de ocupação urbana irregular e carência de saneamento básico. Isso vem potencializando o iminente impacto ambiental sobre esse reservatório hídrico.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da área de estudo

A cidade de Rio Branco, capital do Estado do Acre, possui taxa de urbanização crescente, recebendo uma população, sobretudo, do interior do Acre e de outras regiões do país. A cidade está dividida em sete zonas regionais municipais distribuídas em dois grandes distritos (SCHMINK e CORDEIRO, 2008).

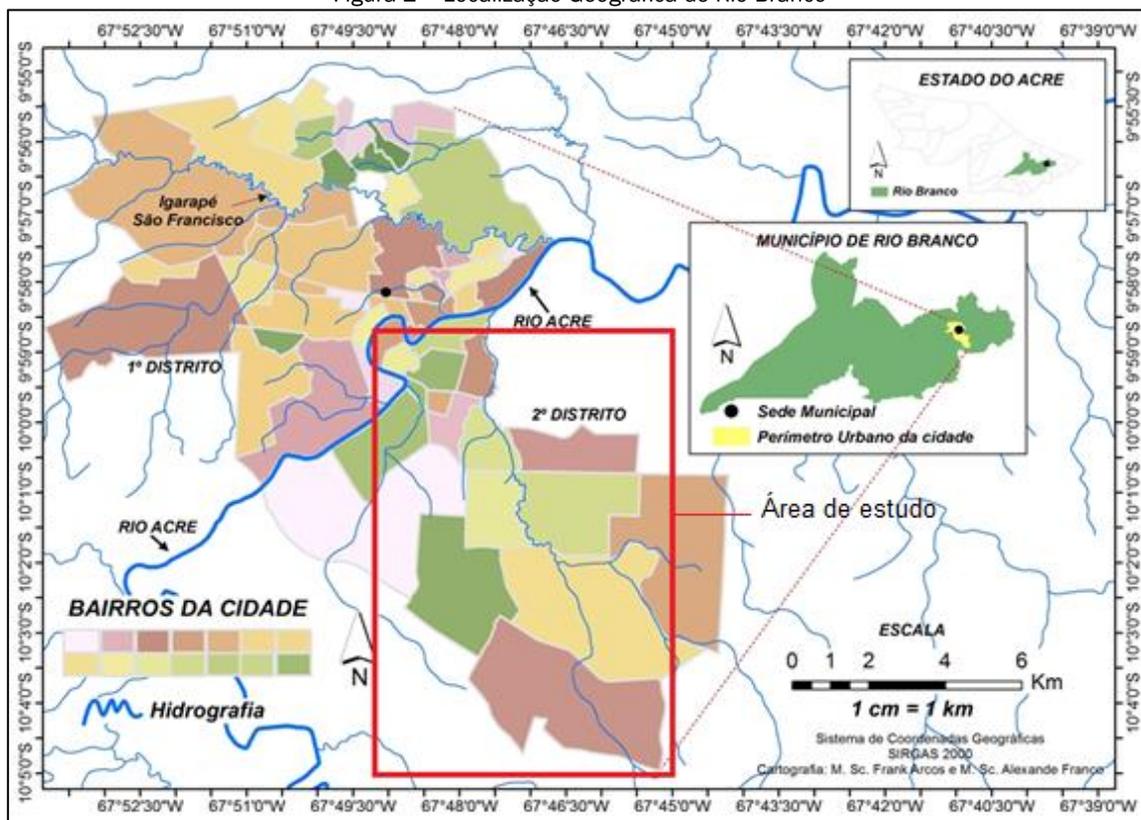
De acordo com IBGE (2017) Rio Branco tem uma população de aproximadamente 380 mil habitantes, o qual se coloca como a sexta maior cidade da Região Norte do Brasil. Sua área territorial é de 9.222,58 Km<sup>2</sup> sendo o quinto município do estado em tamanho territorial e, da área total 44,90 km<sup>2</sup> que representa 0,49% do perímetro urbano da cidade.

A maioria dos bairros da cidade foi ocupada em sua grande maioria de forma irregular, por 'invasões' ou loteamentos sem anuência do poder público. Nesse sentido, Franco et al., (2018) argumentaram que a ocupação se deu por ações de assentamentos clandestinos e não dotados de equipamentos públicos e infraestrutura. Sem a devida organização territorial os bairros foram crescendo e, devido à falta de uma rede interna de água muitos moradores começaram a perfurar poços, modelo amazonas ou cacimbão, para assim terem acesso à água. Outro problema foi à construção de fossas negras nos lotes ocupados que em muitos casos está associada à contaminação do nível freático potencializando doenças de veiculação hídrica como Hepatite A, Giardíase, Amebíase e Leptospirose.

Para compreender a dinâmica do aquífero é relevante entender as características gerais que o cerca, entre os quais, o solo que de acordo com Melo Jr et al (2010) possui argila, argila siltosa e argila arenosa. Essas características são presentes em praticamente em todo o segundo distrito da cidade.

O segundo distrito possui 17 bairros (FIGURA 2) e dentre estes, alguns mais antigos e outros mais recentes que foram assentados sobre a área do aquífero Rio Branco.

Figura 2 – Localização Geográfica de Rio Branco



Fonte: UCGeo (2011); PMRB (2013). Organizado pelos autores (2019).

Com isso, problemas pela falta de rede de esgoto, a construção de fossas sem a devida regulação, expansão urbana e de obras públicas sem o devido planejamento possuem potencial para contaminar a água subterrânea. Isso tem sido extremamente comum no núcleo urbano da cidade de Rio Branco, sobretudo nos bairros do segundo distrito onde notoriamente tem crescido horizontalmente de forma não planejada.

## 2.2. Procedimentos Operacionais da Pesquisa

Para avaliação da vulnerabilidade do aquífero Rio Branco foram organizadas as informações em três etapas:

A primeira foi realizada um levantamento bibliográfico e documental em vasta literatura sobre o tema, como em livros, revistas, e relatórios técnicos da área.

Na segunda etapa realizou-se levantamento expedito de campo na área de estudo como forma de observação das nuances relacionadas ao aquífero. O levantamento '*in loco*' foi executado em dois momentos: a primeira entre os anos de 2014 e 2015 para avaliar a qualidade da água. Nessa etapa, selecionamos 08 (oito) poços que foram anteriormente utilizados por Melo Jr et al 2010 e, 7 (sete) resultantes das pesquisas de Franco et al., (2018) totalizando 15 poços para assim se estabelecer os parâmetros métricos para análise. A segunda em 2019 para observar as características gerais das ocupações sobre o aquífero (loteamentos criados, obras públicas, órgãos públicos instalados), além da falta de rede de esgoto sobre os bairros.

E na terceira etapa, se aplicou a metodologia GOD que foi integrada a análise da vulnerabilidade do aquífero ao risco de poluição. A sigla tem significado na primeira letra que é respectiva aos parâmetros: G (*Groundwater occurrence* - ocorrência de águas subterrâneas), O (*Overall Litology of aquifers* - litologias gerais dos aquíferos), D (*Depth to Groundwater Table* - profundidade do nível freático). A metodologia foi 'desenvolvida pela Organização Mundial de Saúde' (GUIGUER; KOHNKE, 2002 p.5) e, segundo os autores é uma metodologia cuja principal vantagem encontra-se na facilidade de sua utilização e no fato de utilizar os parâmetros mais importantes, como profundidade do lençol freático, litologias da zona vadosa e de camadas confinantes e condição do aquífero' (Id. p.12).

Esse método foi definido para aplicação devido ao reduzido número de parâmetros que possibilitam melhor análise dos dados na interface solo água. Os parâmetros de avaliação da vulnerabilidade pelo método foram propostos em três fases, ambas interdependentes: o grau de confinamento, ocorrência de extratos de cobertura e distância da água subterrânea. O risco a poluição é definido por Foster e Hirata (1988) como o perigo a deterioração da qualidade da água de um aquífero pela existência real de um potencial poluente ao seu redor.

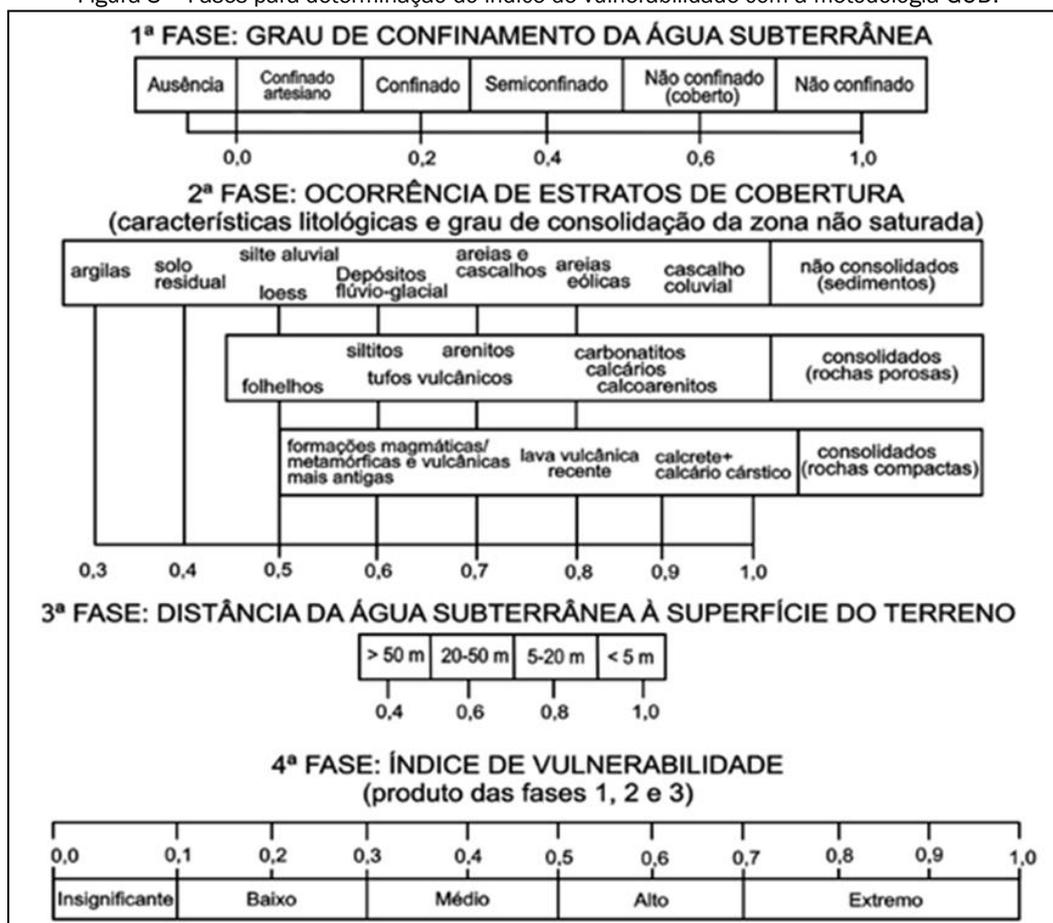
O índice da escala GOD varia entre 0 e 1 sendo o mínimo qualificado como vulnerabilidade insignificante e o máximo como extrema. Esse índice é determinado pelo produto dos valores obtidos nos fatores resultantes das fases aplicadas na avaliação (FIGURA 3) e, com o uso do SIG e ferramentas geoestatísticas foram realizadas a distribuição e, posteriormente o IV (Índice de Vulnerabilidade) do aquífero.

Dentre as mais variadas metodologias para determinação do índice de vulnerabilidade para aquíferos, Luiz et al., (2017 p. 756) utilizaram software estatístico R e suas extensões onde foram 'avaliados os modelos esférico, exponencial, gaussiano e linear, com o intuito de definir o melhor ajuste a partir da aplicação da função de semivariograma. Porém Guiguer e Kohnke (2002 p.1) realizaram testes entre 3 metodologias para avaliar a vulnerabilidade quais se destacam, a DRASTIC, AVI e GOD.

De acordo com Borba et al. (2016 p. 87) após realização de estudo para determinação do IS (índice de suscetibilidade) com emprego de metodologia para esse finalidade, concluíram que as técnicas e o uso do geoprocessamento e geoestatística 'mostraram-se como uma importante ferramenta para a delimitação das áreas com maior e menor susceptibilidade à contaminação'.

Nesse sentido, Foster e Hirata (1988) destaca que a vulnerabilidade de aquíferos é expressada por meio dos seguintes fatores: a) capacidade de atenuação, resultante de retenção físico-química (absorção) ou reação de poluentes e b) acessibilidade de poluentes à zona saturada. Para Hirata e Fernandes (2008, p. 405), [...] a vulnerabilidade das águas subterrâneas à contaminação pode ser definida em função de um conjunto de características físicas, químicas e biológicas da zona não saturada e/ou aquífero confinante que, juntas, controlam a chegada do contaminante ao aquífero.

Figura 3 – Fases para determinação do índice de vulnerabilidade com a metodologia GOD.



Fonte: Foster et al, (2006). Adaptado pelos autores (2019).

Nesse contexto, a vulnerabilidade é entendida como a suscetibilidade dos aquíferos serem afetados por cargas contaminantes de origem antrópica (FEITOSA e MANOEL FILHO, 2008). Quadro 1.

Quadro 1: Classes de vulnerabilidade

Classes de vulnerabilidade	Definição correspondente
Extrema	Vulnerável à maioria dos contaminantes com impacto rápido em muitos cenários de contaminação.
Alta	Vulnerável a muitos contaminantes (exceto os que são fortemente adsorvidos ou rapidamente transformados) em muitas condições de contaminação.
Moderada	Vulnerável a alguns contaminantes, mas somente quando continuamente lançados ou lixiviados.
Baixa	Vulnerável somente a contaminantes conservadores, em longo prazo, quando contínua e amplamente lançados ou lixiviados.
Insignificante	Presença de camadas confinantes sem fluxo vertical significativo de água subterrânea (percolação).

Fonte: FOSTER et al, (2002, p. 19)

As classes de vulnerabilidade são relevantes para mensurar o grau de vulnerabilidade natural do aquífero e indicar a suscetibilidade de contaminação do corpo de água subterrânea.

A vulnerabilidade pode ser representada na forma de mapas, permitindo aos órgãos gestores, uma melhor avaliação das propostas de desenvolvimento aliada ao controle da poluição e monitoramento da qualidade da água subterrânea (RIBEIRO et al., 2011). Isso contribui para potencializar a criação de políticas públicas adequadas e eficientes.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estado do Acre como unidade territorial da região Amazônica, possui características hídricas potencialmente privilegiadas, as chuvas são abundantes e representam muita importância para todo e qualquer tipo de análise. As precipitações correspondem a médias anuais acima de 1000 mm (MACÊDO et al 2013). Isso contribui para a recarga dos aquíferos. As chuvas contribuem para a subida e descida do nível freático dos aquíferos, ou seja, no período de chuvas mais abundantes o aquífero Rio Branco sobe para mais próximo à superfície, em contrapartida, no período de estiagem, o nível desce para mais distante da superfície. Nessa perspectiva, temos profundidades diferentes para cada poço de acordo com sua localização.

O aquífero Rio Branco possui características litológicas de semi-confinado, pois se encontra entre uma camada argila-arenosa na parte inferior e uma composta por areia fina na superior, também chamado de confinado drenante. Na área estudada, ocorre entre 2 a 10 metros de profundidade com espessura variando entre 1 a 8 metros (MELO JR; MARMOS, 2006). Esse tipo de aquífero é aquele que pelo menos uma das camadas limitrofes é semipermeável, permitindo a entrada ou a saída de fluxos (MELO JR et al, 2010).

Observa-se certa facilidade quanto à entrada de cargas poluentes, por exemplo, no corpo de água subterrânea com esse tipo de característica. A partir das informações mencionadas, é possível estabelecer pelo método GOD o índice de vulnerabilidade do aquífero Rio Branco (tabela 1).

Tabela 1- Características gerais: Aplicação do método GOD para poços monitorados no aquífero Rio Branco<sup>1</sup>

Bairros	Poços	G Tipo de ocorrência da água	O Litologia do aquífero	D Profundidade do nível freático*	Índice	Grau de vulnerabilidade
Seis de Agosto	P1	Semiconfinado - grau de confinamento - índice analítico 0,4	Aluviões Holocênicos (QHa)- depósitos sedimentares da Formação Solimões (TNs) - grau característico - 0,6	4**	0.6	Alto
Taquari	P2			4**	0.6	Alto-extremo
Areial	P3			6**	0.66	Alto-extremo
Belo Jardim - I	P4			7**	0.66	Alto-extremo
Santa Inês	P5			8**	0.66	Alto-extremo
Santo Afonso	P6			9**	0.66	Alto-extremo
Santa Helena	P7			6**	0.66	Alto-extremo
Praia do Amapá	P8			5**	0.6	Alto
Ramal Bom Jesus	P9			2***	0.66	Alto-extremo
Ramal Benfica	P10			3***	0.66	Alto-extremo
Vila da Amizade	P11			4***	0.66	Alto-extremo
Major Mendonça	P12			2***	0.66	Alto-extremo
Rodovia Ac-01	P13			3***	0.66	Alto-extremo
Cidade Nova	P14			4***	0,66	Alto-extremo
Cidade Nova	P15			5***	0,6	Alto

Fonte: MELO JR et al (2006; 2010); Franco et al., (2018). Org.: Os autores.

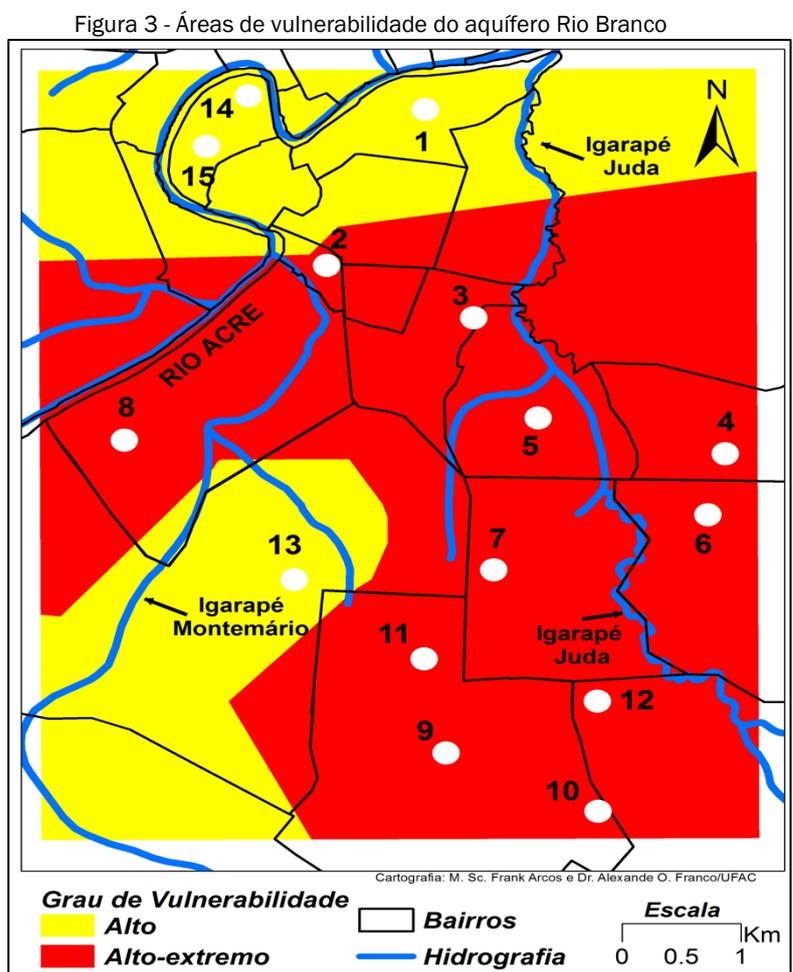
<sup>1</sup> Nota: \* Variável durante período do ano (nov./abr. - período chuvoso e maio/out. - período de estiagem) \*\* A amostragem realizada foi no período de estiagem do ano. \*\*\* A amostragem realizada foi no período chuvoso do ano.

É possível observar que pelo menos 14 bairros do segundo distrito da cidade de Rio Branco foram analisados (Seis de Agosto, Taquari, Areal, Belo Jardim – I, Santa Inês, Santo Afonso, Santa Helena, Praia do Amapá, Ramal Bom Jesus, Ramal Benfica, Vila da Amizade, Major Mendonça, Rodovia Ac-01 e Cidade Nova).

Dentre as observações extraídas do estudo, que podem ser verificadas (TABELA 1), que independente do período do ano analisado, chuvoso ou de estiagem, ambos mostram potencial contaminação para o aquífero Rio Branco e, nesse caso, em específico infere-se que a vulnerabilidade natural é de alta a extrema, pois suas características são “sensíveis” a carga poluidora de atividades antropogênicas, ocorrendo em função de:

- a) Tipo de ocorrência da água, nesse caso como, mencionado, semi-confinado com índice de 0,4;
- b) Litologia do aquífero, aluviões Holocênicos e índice de 0,6;
- c) Profundidade do nível freático, variável de acordo com sua localização, mas de forma geral, com profundidades entre 2 a 9 metros.

Assim o índice de vulnerabilidade para o aquífero Rio Branco, correspondeu de alto a alto-extremo (figura 3).



Fonte: Autores (2019)

Podemos observar no cartograma (FIGURA 3) que todos os bairros possuem certa vulnerabilidade, na cor amarela os bairros (Taquari, Areal, Belo Jardim, Santa Inês, Santo Afonso, Santa Helena, Ramal Bom Jesus, Ramal Benfica, Vila da Amizade, Major Mendonça e parte da cidade Nova) e na cor vermelha uma vulnerabilidade ainda maior, os bairros (Seis de Agosto, Praia do Amapá e parte da Cidade Nova).

A elaboração do mapa de vulnerabilidade constitui uma das etapas na qual as atividades de gestão e proteção da água subterrânea possam apoiar-se, orientando os profissionais de planejamento ambiental e territorial no que diz respeito a criação de estudos de monitoramento dos riscos de contaminação e de qualidade das

É relevante mencionar que de acordo com Melo Jr et al (2010) o método DRASTIC<sup>2</sup>, mencionava para o local uma vulnerabilidade natural entre média e alta, ao passo que hoje, quase 10 anos depois da análise, a vulnerabilidade natural pelo GOD esta entre alta e muito alta (extrema). Apesar de métodos diferentes, as informações convergem e destaca o aumento da vulnerabilidade do aquífero em tela.

Nessa direção, notoriamente observa-se o aquífero vulnerável a muitos contaminantes com impacto rápido a muitas condições de contaminação (FOSTER et al, 2002). Essa perspectiva indica de forma clara o potencial impacto no aquífero. A proximidade da profundidade freática possui um ponto positivo, na captação de água e um negativo que pode contribuir com a facilidade na contaminação de cargas poluentes antrópicas.

As características do aquífero aliado as ocupações irregulares, inexistência de políticas públicas, mau planejamento na construção dos poços e, sobretudo, as potenciais cargas poluidoras podem sem dúvida interferir na qualidade e dinâmica da água no aquífero em tela

### **3.1 Ocupações irregulares e a inexistência de políticas públicas**

As ocupações irregulares, realizadas ao longo da história da cidade de Rio Branco, é fator de risco para o aquífero. Pois a ocupação faz as pessoas ocuparem um lote e posteriormente uma residência sem a mínima condição de habitação, pois não haverá disponibilidade em curto prazo, e em muitas vezes por longos períodos sem rede de água e esgoto. A ocupação irregular do solo e a ausência de mecanismos normativos legais põem em risco a qualidade natural das águas subterrâneas (RIBEIRO et al., 2011), contribuindo, eventualmente, para que poluentes penetrem os aquíferos.

A preocupação ocorre ainda, principalmente, em função da falta de planejamento em políticas públicas capazes de investir nessa área. O reflexo disso é a carência de rede de esgoto em toda a cidade, de acordo com dados do Ranking do Saneamento (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2019) a cidade encontrava-se em 2017 na 74º, e um ano após, 2018, a situação piorou, passando para 90º lugar. Foi um déficit de 16 posições e um percentual de apenas 22% de atendimento da população. Isso se intensifica ainda mais nos bairros do segundo distrito da cidade, pois a ocupação ocorreu, em grande parte, através de invasões de terra. As invasões ou ocupações irregulares trazem em seu conjunto à construção de privadas<sup>3</sup> próximas aos poços sem a mínima preocupação, além de outros dejetos.

Isso gera uma serie de problemas relacionados à ingestão de água contaminada em minas, poços, bicas, ou então, utilizam água mineral de fontes contaminadas.

### **3.2 Contaminantes e poços mal planejados**

As formas de ocupação sem o devido planejamento trazem diferentes problemas à sociedade, no que diz respeito às águas superficiais e subterrâneas, esse é um fator de risco silencioso. Em Rio Branco como mencionado, a falta de rede de esgoto, seja pela ocupação irregular, seja pela ocupação irregular potencializa a contaminação.

A contaminação mais comum é relacionada a cargas de dejetos fisiológicos relacionados aos coliformes. Corroborando com a perspectiva de contaminação da água do aquífero, de acordo com Franco et al (2018) boa parte dos poços local os poços possuem indícios de contaminação por coliformes totais e fecais.

---

<sup>2</sup> Método de análise da vulnerabilidade natural de aquíferos onde se analisa cinco parâmetros (D - Profundidade da zona não-saturada do solo (Depth to groundwater); R - Recarga do aquífero (Recharge); A - Característica do aquífero (Aquifer characteristic); S - Solos (Soil media); T - Topografia (Topography)).

<sup>3</sup> Nome regional para uma fossa negra. É uma casinha pequena com um buraco abaixo onde o individuo realiza suas necessidades fisiológicas.

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 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 (FRANCO et al, 2018, p. 10).

Outras fontes poluidoras são os óleos residenciais, detergentes e sabão, pois podem interferir na qualidade da água consumida em poços, principalmente aqueles próximos a esses pontos de contaminação.

Outras potenciais fontes poluidoras são relacionadas ainda:

a) postos de combustível - Contaminação por dejetos de postos de combustível. Esses dejetos como combustível são altamente poluidores e degradantes dos aquíferos, levando em consideração os bairros do segundo distrito e seus postos de combustível são importantes o monitoramento constante dos mesmos como forma de evitar impactos. É importante a realização de estudos relacionados aos potenciais impactos dos combustíveis no aquífero em tela.

b) atividade de manuseio e descarte - Atividades inadequadas de manuseio e descarte de matérias primas. Entre os quais em postos de lavagem de automóveis, mecânicas, troca de óleo de veículos, em muitos desses locais o descarte é realizado no solo ou em buracos construídos para armazenar de forma irregular esses resíduos, percolando mais rapidamente no solo.

c) poços mal planejados - Poços mal planejados ou mal construídos e próximos a fossas tornam-se caminhos para que os poluentes atinjam diretamente as águas subterrâneas. É mais suscetível a contaminação.

d) Cursos de água poluídos – no segundo distrito tem observado de forma cada vez mais clara a contaminação e a poluição de cursos de águas superficiais, como o igarapé do Almoço que corta os bairros da Vila Acre (Ramal Benfica, Ramal Bom Jesus, Vila da Amizade), o igarapé Judia (Vila Acre, Seis de Agosto, Santo Afonso, Belo Jardim), o igarapé Monte Mário (Amapá) que contribuem com a infiltração no aquífero. Isso dificulta a Recarga artificial de aquíferos com água de qualidade não compatível.

e) aterros irregulares – esses são encontrados ao longo dos bairros mencionados, especialmente, em terrenos baldios onde se encontram desde animais mortos, até carros destruídos.

Essa situação é um notório problema, como menciona Ferreira (2019) onde, essa condição sugere que poços domésticos para captação de água pelos habitantes de Rio Branco constitui um risco a saúde das pessoas que bebem essa água, ou seja, há cargas significativas de dejetos sendo disponibilizados ao aquífero, especialmente nos locais mais adensados que apresentam maior vulnerabilidade.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

É importante mencionar que apesar da vulnerabilidade ser maior do que em outros da cidade, por exemplo, no primeiro distrito, embora adensado e sobre a mesma litologia (Formação Solimões) existem poucos estudos, e, assim, sendo necessário desenvolver modelos de gestão para planejamento urbano e ambiental, que consistem em formas adequadas de minimização dos impactos ambientais no interior da cidade e, por conseguinte, nas águas subterrâneas.

A área do estudo é notadamente vulnerável, de acordo com os resultados obtidos pelo método GOD, em relação aos impactos negativos desenvolvidos, em função das características do aquífero local. A metodologia utilizada dada a sua flexibilidade principalmente, na atribuição de pesos e na determinação dos parâmetros foi essencial para a obtenção do IV e do risco qual o aquífero está sujeito.

A suscetibilidade dos contaminantes é um problema cada vez mais presente no aquífero e, dentre as causas observadas, o aumento de loteamentos irregulares sobre o local, expansão urbana sem planejamento, construções públicas e privadas muitas vezes sem o devido respeito ao ambiente, além do baixo investimento em saneamento básico.

No tocante aos problemas relacionados à vulnerabilidade, deve-se levar em consideração o planejamento das ocupações sobre o aquífero, caso contrário, podem comprometer as condições geopedoambientais e, sobretudo, naturais desse recurso. De acordo com o trabalho de Franco et al. (2018) a água subsuperficial está poluída em vários bairros na cidade. Isso demonstra a necessidade do poder público estadual e municipal de investir recursos em monitoramento da qualidade da água subterrânea, em obras que viabilizem o melhor planejamento urbano, social e ambiental do segundo distrito da cidade de Rio Branco. Caso isso não ocorra, é potencialmente perigoso a curto e médio prazo o aumento de doenças relacionadas à má qualidade da água.

Para tanto, as pesquisas em áreas sensíveis a contaminação, como aquíferos em sites urbanos devem ser aprimoradas da aplicabilidade de técnicas e procedimentos na região acreana, para assim, propor as autoridades constituídas, por exemplo, as secretarias de meio ambiente em níveis estaduais e municipais, com o intuito de sensibilizar para os problemas e de modo a atuar com soluções eficazes no planejamento urbano e ambiental.

## 5. REFERÊNCIAS

- BORBA, W. F. et al., Geoprocessamento Aplicado à Determinação do Índice de Susceptibilidade das Captações por Poços Tubulares do Sistema Aquífero Serra Geral em Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul. **Anuário do Instituto de Geociências**. Vol. 39 - 3 / 2016 p. 79-88.
- BORGES, V. M.; ATHAYDE, G. B.; REGINATO, P. A. R. Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do sistema aquífero Serra Geral no Estado do Paraná – Brasil. **Águas Subterrâneas**, v. 31, n. 4, p. 327-337, 2017.
- BROLLO, J. M.; VEDOVELLO, R. e ODA, G.H. Avaliação da vulnerabilidade natural de aquíferos à contaminação através de um sistema gerenciador de informações geoambientais – Um instrumento de gestão ambiental. **Anais**. XXVIII congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. São Paulo, 2000.
- FARACINI, J. C. B. **Classificação hidroquímica das águas subterrâneas do aquífero Serra Geral na porção centro norte do Estado de São Paulo**. 50 p. monografia. Universidade Estadual Paulista. 2013.
- FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 812 pp, 2008.
- FERREIRA, E. **Saúde em risco**: maioria dos poços de água nos bairros “Cidade Nova” e “Vila Acre” é contaminada. *Jornal A Gazeta*. 2019. Disponível em: <<https://agazetadoacre.com/saude-em-risco-maioria-dos-pocos-de-agua-nos-bairros-cidade-nova-e-vila-acre-e-contaminada/>>. Acesso em 24/10/2019.
- FOSTER, S. S. D. A; HIRATA, R. C. A. **Riscos de poluição de águas subterrâneas**: uma proposta de avaliação regional, São Paulo: ABAS, 1988.
- FOSTER, S. et al., (2002). **Groundwater Quality Protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies**. Washington, D.C, The World Bank, 2002. 114 p
- FOSTER, S. et al. **Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais**. São Paulo: SERVMAR, 2006. 114p
- FRANCO, A. O; ARCOS, F. O.; PEREIRA, J. S. Uso do solo e a qualidade da água subterrânea: estudo de caso do aquífero Rio Branco, Acre, Brasil. **Águas Subterrâneas** v. 32, n. 3 (2018) - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, 2018.
- GOMES, M. A; et al., Avaliação Hidroquímica e de Parâmetros Físico-Químicos de Qualidade das Águas Subterrâneas da Zona Urbana do Município de Sousa-PB. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 2, p. 162-172, 2018.
- GUIGUER, N; KOHNKE, M. W. MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE DE AQUÍFEROS. **Anais XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas** 2002, 13p. Disponível em: < <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/22314/14657>>. Acesso em: 20 nov 2019.
- HIRATA, R. FERNANDES, J. A. Vulnerabilidade à Poluição de Aquíferos. In: FEITOSA, Fernando. C (org). **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. 812p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População de Rio Branco**. 2017. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ac/rio-branco/panorama>>. Acesso em 20/12/2017.
- INSTITUTO TRATA BRASIL. **Relatório anual “Ranking do Saneamento”**, 2018. Disponível em: < <http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking-2018/realatorio-completo.pdf>>. Acesso em 12/08/2019.
- IRITANI, M.A.; EZAKI, S. **As Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo**. Cadernos de Educação Ambiental. Instituto Geológico, São Paulo, 104p. 2008.
- LUIZ, T. B. P. et al., Avaliação de interpoladores para o estudo de vulnerabilidade aquífera: O caso da Bacia do Rio Santa Maria. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. V.12, Nº 4, p. 756-762, 2017

MACÊDO, M. N. C. et al., Precipitação pluviométrica e vazão da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, Amazônia Ocidental. **AmbiÁgua**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 206-221, 2013. (doi.org/10.4136/ambi-agua.809)

MELO JR, H. R.; FILHO, S. F. R.; KUNZLER, J. C. S. Modelo de gestão do aquífero Rio Branco. **Relatório final**. 2010. Porto Velho.

MELO JR, H. R.; MARMOS, J. Avaliação hidrogeologia do município de Rio Branco. **Relatório final**. 2006. Porto Velho.

MILANI, E. J., THOMAZ FILHO, A. 2000. *Sedimentary Basins of South America*. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A. Campos, D.A. (eds.). **Tectonic Evolution of South America**. Rio de Janeiro, 31st. IGC, 389-449.

RIBEIRO, D. M.; ROCHA, W. F.; GARCIA, A. J. V. Vulnerabilidade Natural à Contaminação dos Aquíferos da Sub-bacia Do Rio Siriri, Sergipe. **Águas Subterrâneas**, v.25, n.1, p.91-102, 2011.

SCHMINK, M; CORDEIRO, M. L. **Rio Branco: A cidade da Florestania**. Belém, EDUFPA. Editora da Universidade Federal do Pará, 2008.

SILVA, A. B. da. et. al., Parâmetros físico-químicos da água utilizada para consumo em poços artesianos na cidade de Remígio-PB. **Águas Subterrâneas** (2017) 31(2):109-118.