

## RAZÕES IÔNICAS COMO MARCADORES DE INTERAÇÕES ENTRE ÁGUA SUPERFICIAL E AQUÍFERO NO IGARAPÉ DO QUARENTA, EM MANAUS-AM.

Anderson da Silva Lages<sup>1</sup>; Angélica Chrystina Cruz Matias<sup>1</sup>; Sebastião Átila Fonseca Miranda <sup>1</sup>; Paulo Renan Ferreira<sup>1</sup>; Sávio José Filgueira Ferreira<sup>1</sup>; Márcio Luiz da Silva<sup>1</sup>

**Resumo** – A cidade de Manaus apresenta inúmeros corpos de água chamados igarapés (*caminho de canoa – do tupi*) e isso se deve à proximidade do lençol freático à superfície. Sabe-se que a cidade de Manaus passou por um intenso e vertiginoso processo de urbanização, associado a uma grande pressão poluidora sobre os recursos hídricos, não só os corpos de água superficiais, mas também o aquífero. As razões iônicas são formas de se estabelecer similaridades em ambientes geológicos e mostram como podem existir ambientes distintos com geoquímica semelhantes. Contudo, aspectos químicos similares nem sempre caracterizam condições de naturalidade e podem representar influência antropogênica. Diante disso, esse estudo teve por objetivo avaliar as razões iônicas de Mg/Na - Ca/Na e HCO<sub>3</sub>/Na - Ca/Na a partir de um monitoramento destas variáveis que se estendeu de junho de 2021 a fevereiro de 2022. Os resultados sugeriram que há semelhança entre o aquífero e o igarapé em 1/3 das amostras de água subterrânea o que pode ser um forte indício de uma interação entre aquífero e água superficial, possivelmente, em uma infiltração no sentido igarapé – lençol freático.

**Abstract** – The city of Manaus has numerous bodies of water called igarapés (canoe path – from the Tupi language) and this is due to the proximity of the water table to the surface. It is known that the city of Manaus has gone through an intense and vertiginous process of urbanization, associated with a great polluting pressure on water resources, not only the surface water bodies, but also the aquifer. The ionic ratios are ways of establishing similarities in geological environments and show how different environments with similar geochemistry can exist. However, similar chemical aspects do not always characterize natural conditions and may represent anthropogenic influence. Therefore, this study aimed to evaluate the ionic ratios of Mg/Na - Ca/Na and HCO<sub>3</sub>/Na - Ca/Na from a monitoring of these variables that extended from June 2021 to February 2022. The results suggested that there is a similarity between the aquifer and the stream in 1/3 of the groundwater samples, which may be a strong indication of an interaction between aquifer and surface water, possibly in an infiltration in the direction of stream – aquifer

**Palavras-Chave** – Interação água superficial e aquífero; assinatura geoquímica; Contaminação por nitrato

<sup>1</sup>Químico., Dr. INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, [asl.gmc@gmail.com](mailto:asl.gmc@gmail.com)

<sup>1</sup>Bióloga., Esp. INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, [angelicachrystina25@gmail.com](mailto:angelicachrystina25@gmail.com)

<sup>1</sup>Químico., Dr. INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, [sebastiaoimiranda1958@gmail.com](mailto:sebastiaoimiranda1958@gmail.com)

<sup>1</sup>Químico., MSc. INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, [prferreira29@gmail.com](mailto:prferreira29@gmail.com)

<sup>1</sup>Químico., Dr. INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, [saviojferreira@gmail.com](mailto:saviojferreira@gmail.com)

<sup>1</sup>Geólogo., Dr. INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, [marciols44@gmail.com](mailto:marciols44@gmail.com)

## 1. INTRODUÇÃO

A cidade de Manaus está assentada sobre a Formação Alter do Chão caracterizada pelo intenso intemperismo que a tornou pobre em íons. Nesta Formação está localizado o maior aquífero de água doce do mundo – de nome homônimo da Formação – o aquífero Alter do Chão, nomeado pela UNESCO de Sistema Aquífero Grande Amazônia – SAGA. Apesar da quantidade de precipitação na região Amazônica, o efeito do ciclo hidrológico nas propriedades físicas e químicas das águas no SAGA é baixo (Barata e Caputo, 2007). As águas do SAGA na Formação Alter do Chão se caracterizam por valores de pH entre 4,1 e 5,4, condutividade elétrica variando de 15,1 a 82,9  $\mu\text{S}^{-1}$ , sendo essas águas classificadas como cloretadas sódicas ou potássicas, já com algumas evidências de contaminação antrópica. Gaillardet et al. (1997) elaboraram razões geoquímicas para regiões do Estado do Amazonas. Nesse estudo, apresentaram as razões iônicas ou razões geoquímicas como marcadores de ambientes. Atualmente, sabe-se que os centros urbanos da Amazônia estão passando por severas modificações antropogênicas, sobretudo, os corpos de água. Kim et. al. (2015) apresentaram trabalhos semelhantes quanto à água subterrânea, sugerindo que a partir de correlações entre íons seria possível estabelecer a fonte de contaminantes. Em um cenário como a cidade de Manaus, cortada por inúmeros corpos de água chamados igarapés (caminho de canoa – do tupi) as razões iônicas poderiam inferir sobre a influência que a pressão urbana está exercendo sobre o aquífero.

Dessa forma, ciente que a cidade de Manaus naturalmente apresenta baixos indicadores para os íons sódio, cálcio, magnésio, cloreto e nitrato, esse estudo teve por objetivo traçar a assinatura iônica de poços próximos ao maior igarapé da bacia hidrográfica do Educandos, em Manaus-AM, visando investigar possíveis infiltrações deste corpo de água já degradado sobre o aquífero Alter do Chão – o SAGA.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

### 2.1. Descrição da área:

O SAGA está situado entre as bacias sedimentares do Marajó e Acre, recebe influências das seguintes formações: Nova Olinda, Itaituba, Monte Alegre, Curiri, Barreirinha, Irerê, Maecuru, Alter do Chão, Solimões e Içá. Em Itacoatiara e Manacapuru, a composição química da água da SAGA recebe influência das Formações Alter do Chão e Içá-Solimões. Em Manaus, os locais escolhidos para avaliar as possíveis interferências antropogênicas no aquífero foram próximos ao igarapé do Quarenta. Este igarapé é reconhecidamente um corpo de água que recebe esgotos de procedência doméstica e industrial (Calvo e Oliveira, 2020).

Foram escolhidos aleatoriamente 9 pontos de coleta ao longo do igarapé do Quarenta na Bacia Hidrográfica do Educandos. Paralelo a esses nove pontos, foram selecionados três poços adjacentes a esses locais, como se cada poço estivesse associado de 3 pontos de coletas de águas superficiais, conforme figura 1. Os nove locais de coleta para águas superficiais foram identificados como P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8 e P9, enquanto que os poços foram identificados como PT 1, Pt 2 e PT3 (Poço Tubular).

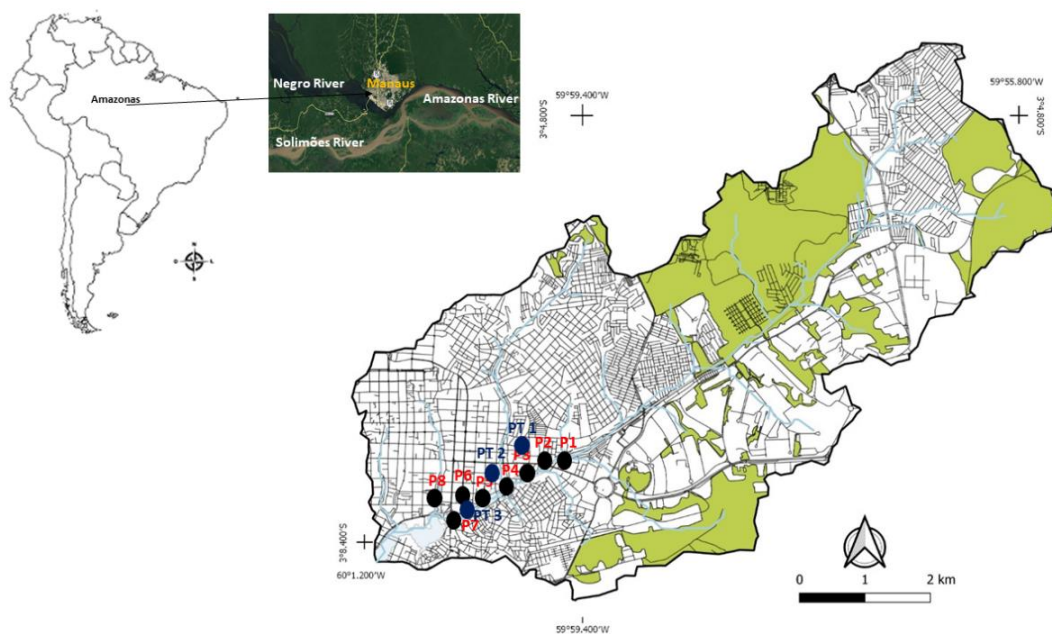


Figura 1: Mapa de localização dos pontos de coleta de água superficial e água subterrânea na Bacia Hidrográfica do Educandos, em Manaus – AM.

## 2.2. Procedimentos Analíticos

Os locais estudados representam uma área de monitoramento de um projeto integrado chamado IETÉ. O monitoramento dessas águas, superficiais e subterrâneas, ocorre desde junho de 2021 com coletas semanais. Os dados que serão apresentados a seguir são resultados médios obtidos entre junho de 2021 e fevereiro de 2022. As amostras de água de poços foram coletadas *in loco* em frascos de polietileno e transportadas imediatamente ao laboratório de Química ambiental do INPA. As amostras de águas superficiais foram coletadas há aproximadamente 30 cm da superfície com auxílio de um dispositivo de teflon agarrado ao frasco de polietileno. As variáveis analisadas foram os íons sódio, magnésio, cálcio e bicarbonato para a produção das razões iônicas e os íons nitrato e cloreto foram determinados buscando estabelecer o tipo de procedência das águas drenadas pelo igarapé do Quarenta. O íon sódio foi determinado por fotometria de chama; o íon bicarbonato foi analisado por volumetria de neutralização usando  $H_2SO_4$  0,01 N; cálcio e magnésio foram determinados por volumetria de complexação, com EDTA 0,04 N e os íons cloreto e nitrato foram determinados por espectrofotometria – com o FIA (Flow Injection Analysis).

## 2.3. Elaboração das Razões Iônicas

As razões iônicas foram calculadas levando-se em conta as concentrações em micromol de cada íon analisado, conforme trabalhos de Gaillardet et al. (1997).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Normalmente, usam-se alguns testes químicos e geoquímicos para avaliar corpos de água subterrâneo, como razões iônicas ou correlações entre íons. uma importante correlação é a estabelecida entre os íons cloreto e nitrato. Nesse estudo, a correlação para cloreto x nitrato foi da ordem de 0,94. Quanto às razões iônicas, os resultados sugerem que as águas trazem, na sua maioria, uma assinatura iônica de silicatos, o que condiz com a geologia da região. A exceção é o ponto P2 no campo dos evaporitos. Os altos teores de cloreto nesse local podem ter favorecido esse resultado. Entretanto, a similaridade observada para o poço PT 2 com os pontos P5 e P6 chama atenção. Esse poço traz a mesma assinatura iônica dos pontos monitorados no igarapé. Isso sugere que as águas têm a mesma natureza ou a mesma procedência. Pela variação sazonal observada nos resultados, pode-se sugerir que o fluxo desta água está no sentido igarapé do Quarenta – poços (Figura 2).

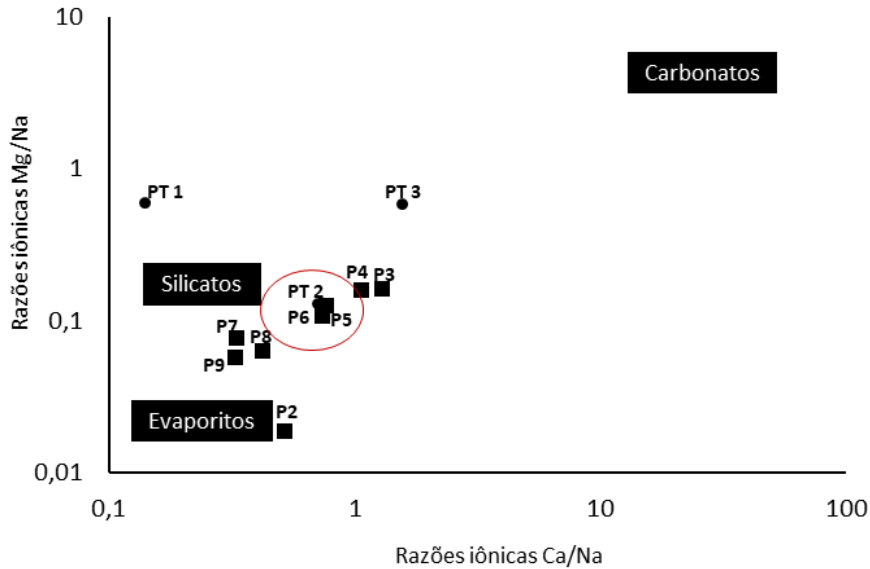


Figura 2: Razões iônicas de Mg/Na em função das Razões iônicas Ca/Na

Testou-se ainda as razões  $\text{HCO}_3^-/\text{Na}^+$  em função das razões  $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ . A acidez das águas subterrâneas pode ter influenciado nesses resultados. Embora não se note assinaturas iônicas semelhantes, há uma proximidade entre as águas do PT 3 com pontos adjacentes.

#### 4. CONCLUSÕES

As águas subterrâneas analisadas, na sua maioria, apresentaram qualidade química favorável condizente com o que preconiza a legislação vigente através da Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde. Contudo, há fortes evidências de limpeza inadequada de alguns poços usando compostos nitrogenados ou cloretados e também correlação entre cloreto e nitrato, o que sugere infiltração de dejetos domésticos em alguns poços (infiltração). E por fim, possivelmente, há uma interação entre o aquífero e as águas contaminadas do igarapé do Quarenta em dois poços, em virtude da mesma assinatura iônica apresentada entre os locais estudados.

#### AGRADECIMENTOS

Este artigo é resultado de projeto de PD&I realizado a partir da parceria INPA/SAMSUNG, com recursos da Lei de Informática para a Zona Franca de Manaus (Lei nº 8.387/91), estando sua divulgação de acordo com o artigo 39 do decreto 10.521/2020.

#### REFERÊNCIAS

- BARATA, C. F.; CAPUTO, M. V.; Geologia do petróleo da Bacia do Solimões: “O Estado da Arte”, Anais 4º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás, Campinas, p 1.1.0147 – 1, 2007.
- CALVO, B. D.; OLIVEIRA, T. C. O. 2020. Hydrochemical Analysis of a Basin under Anthropogenic Influence and Effects in Manaus’ Shoreline – Central Amazonia. Caminhos de Geografia, pp 209 – 219 Souza et al., 2013
- GAILLARDET. J; DUPRÉ, B; ALLEGRE. J, C; NEGREL, P. Chemical and Physical Denudation in the Amazon River Basin, Chemical Geology 142: 141-173, 1997.
- KIM, K. W. YUN, S.T. KIM, H. K. KIM, J.W. Determination of natural backgrounds and thresholds of nitrate in South Korean groundwater using model-based statistical approaches. Journal of Geochemical Exploration 148, 196–205, 2015.