

# METABOLISMO URBANO E O NITRATO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA CIDADE DE URÂNIA (SP)

Rafael Terada <sup>1</sup>; Ricardo Hirata <sup>1</sup>; Paulo Galvão <sup>2</sup>; Carlos Gil <sup>1</sup>

<sup>1</sup>CEPAS|USP. Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas, Universidade de São Paulo. Rua do Lago, 562. São Paulo (SP). [rafael.terada@usp.br](mailto:rafael.terada@usp.br); [rhirata@usp.br](mailto:rhirata@usp.br); [carlos.henrique.marques@usp.br](mailto:carlos.henrique.marques@usp.br).

<sup>2</sup>Universidade Federal de Ouro Preto. Departamento de Geologia. Campus Morro do Cruzeiro, Ouro Preto (MG). [hidropaulo@gmail.com](mailto:hidropaulo@gmail.com)

**Palavras-Chave:** Geoquímica urbana; Nitrato; Água Subterrânea, Metabolismo Urbano

## INTRODUÇÃO

Mais de 50% da população do planeta vive em núcleos urbanos que, por sua vez, alteram ciclos hidrológicos, provocando impactos no ambiente com consequências econômicas, ecológicas e sociais. As atividades concentradas nas cidades podem modificar a geoquímica do ambiente, criando um novo metabolismo urbano. Este é o tema da geoquímica urbana (Thornton, 1991), que se coloca como uma das áreas emergentes de maior importância para as ciências da Terra no contexto de cidades sustentáveis e seus recursos hídricos. A sua importância é justificada, pois: 1) as águas subterrâneas são fonte exclusiva de abastecimento público para 39% da população brasileira (ANA, 2010a), bem como para cerca de 80% dos municípios paulistas (ANA, 2010b), sendo necessário melhorar ferramentas de gestão de recursos hídricos, incluindo a cartografia da vulnerabilidade à contaminação de aquíferos; e 2) a urbanização é um fenômeno cujos impactos ainda são pouco estudados, mas considerado prioridade pela COP21 frente às mudanças climáticas globais, uma vez que altera-se disponibilidade hídrica e padrões de consumo, exigindo respostas adaptativas das cidades

A cidade de Urânia está a ~600 km da capital São Paulo, apresentando uma população de cerca de 8700 hab., relativamente constante desde a década de 1980 (IBGE 2017). Em um passado recente, foi abastecida por poços perfurados na própria cidade, mas que apresentavam concentrações de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) acima dos padrões de potabilidade (10 mg/L N- $\text{NO}_3^-$ , MS Port 2.914/2011) em porções superficiais (Almodovar 2000, Cagnon 2003, Maldaner 2010, Varnier et al. 2017), assim como concentrações anômalas de cromo hexavalente ( $\text{Cr}^{6+}$ ) em porções profundas (Bertolo et al. 2009) do Aquífero Adamantina. Fato que levou a ser abastecida por águas de poços do Aquífero Guarani captadas da cidade vizinha de Jales (SP). Portanto, dado seu histórico de informações geológicas e geoquímicas das águas subterrâneas, além de bom registro da ocupação do terreno, Urânia foi escolhida para o estudo. Assim, o objetivo deste trabalho é entender como uma estrutura urbana altera a geoquímica e a vulnerabilidade de um aquífero à contaminação, centrando-se na dinâmica do nitrato presente na porção do Aquífero Adamantina (Sistema Aquífero Bauru), sob influência da cidade de Urânia. Este trabalho, ainda em andamento, conta com financiamento da CNPq (Processo 422501/2016-6) e institucional da SABESP-Urânia/SP e da Prefeitura de Urânia.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a execução deste trabalho preliminar, foram cumpridas as seguintes atividades: 1) revisão bibliográfica de trabalhos já realizados na região e geração de cadastro bruto de poços da malha urbana, seguido de avaliação e escolha dos poços com perfil construtivo e série histórica de análises químicas selecionados de acordo com quantidade, qualidade, representatividade dos dados históricos e acessos às estruturas urbanas; 2) conferência em campo para construção de um cadastro georreferenciado de poços a serem utilizados; 3) campanha de amostragem de águas subterrânea, superficial e de esgoto, para análise de íons maiores, série nitrogenada, isótopos estáveis (D,  $^{18}\text{O}$ ,  $^{15}\text{N}$ ), parâmetros físicos químicos (temperatura, OD, Eh, CE, pH), alcalinidade e instalações de transdutores de pressão em poços de monitoramento e cacimbas; 4) aquisição de informações meteorológicas e de variação de nível d'água do período estudado; e 5) aquisição de informações sobre a expansão da malha urbana, malha de coleta de esgoto e distribuição de

água. Para as atividades complementares futuras, as seguintes etapas serão realizadas: 1) construção de um modelo hidrogeoquímico, com auxílio do software PHREEQC (Parkhurst, 1999); e 2) simulação dos cenários de contaminação, com o Modelo Modflow-MT3D, incluindo as fugas da rede de esgoto, recarga natural e antrópica e fossas ainda em atividade.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Do total de 35 poços tubulares (PT) e 48 poços cacimbas (PC) cadastrados nos trabalhos de Almodovar (2000), Cagnon (2003) e Maldaner (2010), foram selecionados 27 PTs e 10 PCs com informações de perfil construtivo e histórico completo ou parcial de análises químicas, representando uma diminuição de campo amostral de 23% de poços tubulares e 82% de poços cacimbas. Em geral, a malha de poços possui representatividade territorial e de profundidade, com deficiência na distribuição na região noroeste da área urbana e, também, em maiores profundidades. Foi constatado que a região central apresenta maior concentração de poços cacimba.

Os poços cacimbas têm profundidades de até 20 m, com os PC-06 e PC-10 apresentando históricos mais completos de análises químicas da área de estudo, permitindo a continuidade de monitoramento das concentrações de nitrato. Comparando-se as médias de concentração de nitrato nos períodos de estiagem (abril/outubro) e chuvosos (novembro/março) em PTs e PCs, a Fig. 2 ilustra como as concentrações de nitrato se modificaram com a profundidade, passando da faixa de 70-80 mg/L N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nos poços cacimbas para 30-40 mg/L N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nos tubulares.

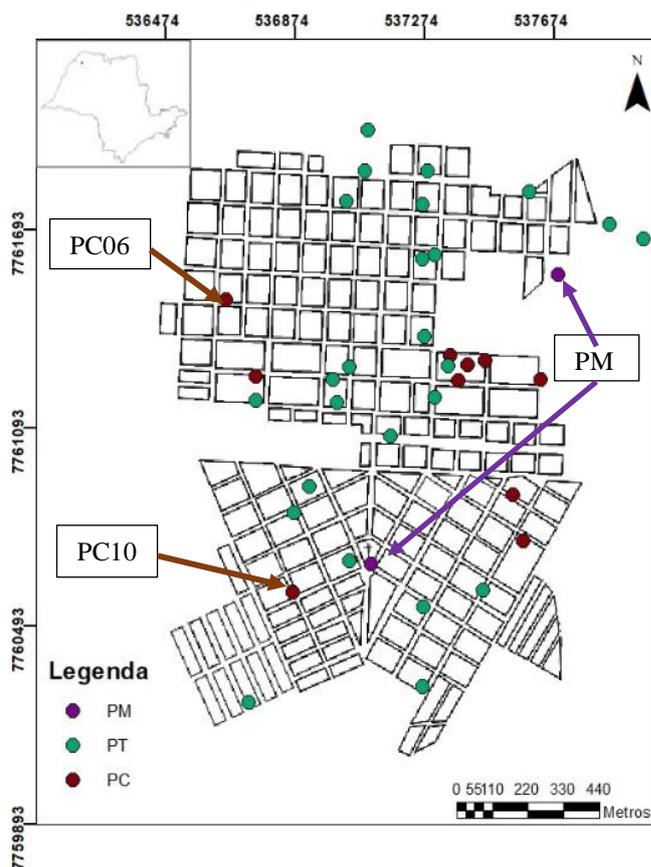


Figura 1. Malha urbana (2016) e localização dos poços selecionados para o estudo. PM: poço de monitoramento multinível; PT: poço tubular; PC: poço cacimba.

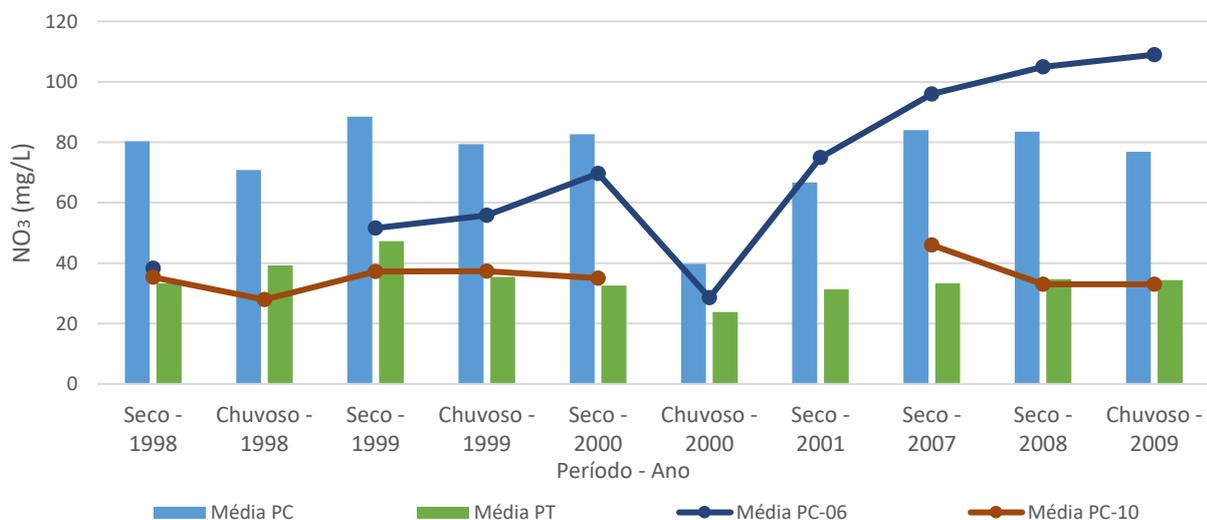


Figura 2. Gráfico de concentração média de nitrato em poços cacimbas (PC), poços tubulares (PT); poço cacimba 06 (PC-06) e 10 (PC-10).

## CONCLUSÕES E PRÓXIMOS PASSOS

A área de estudo dispõe de um histórico de dados hidroquímicos, hidráulicos e hidrogeológicos que serão atualizados. Com isso, os próximos passos são na direção de completar a aquisição de dados de campo, análise laboratorial e interpretação. As amostragens serão realizadas na época chuvosa e na estiagem contando com os poços pré-selecionados. Serão avaliadas as relações entre as diversas formas dos compostos nitrogenados ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4^+$ , N-org), assim como as concentrações de íons maiores, alcalinidade condições físico-químicas (temperatura, oxigênio dissolvido, condições redox, pH, condutividade elétrica), com intuito de construir uma base de informações para ser utilizada na construção de modelos hidrogeoquímicos. É de interesse a identificação de um possível processo de desnitrificação nas porções rasa, médias e profundas do aquífero e, para isso, será determinada o  $\delta\text{N}^{15}$  e  $\delta\text{O}^{18}$  da molécula de nitrato. A instalação de transdutores de pressão nos poços fornecerá a variação de nível d'água do aquífero correspondente ao período estudado. A medição do total de esgoto que chega à estação de tratamento permitirá, comparando-se às micromedições de água, avaliar o total de efluente perdido por vazamento da rede pública. O conjunto de dados levará a uma modelação de fluxo e transporte para entender de forma mais integral a geoquímica sob a cidade.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro (Processo 422501/2016-6) e à SABESP-Urânia/SP e Prefeitura de Urânia pelo apoio institucional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMODOVAR, Marta Lúcia Nunes. **A Origem Natural da Poluição por Cromo no Aquífero Adamantina, Município de Urânia (SP)**. 2000. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA – ANA, (2010a). **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional** / Agência Nacional de Águas; Engecorps / Cobrape. – Brasília : ANA: Engecorps / Cobrape, 2v. il.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA – ANA, (2010b). **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: resultados por estados** / Agência Nacional de Águas; Engecorps / Cobrape. – Brasília : ANA: Engecorps / Cobrape, 2v. il.
- BERTOLO, Reginaldo Antonio; Marcolan, Leonardo Nobuo Oshima; Bourotte, Christine Laure Marie (2009). Relações Água-Rocha e a Hidrogeoquímica do Cromo na Água Subterrânea de Poços de Monitoramento Multiníveis de Urânia, SP, Brasil. *Revista do Instituto de Geociências – USP. Geol.USO, Sér. cient., São Paulo, v.9, n.2, p.47-62, junho 2009.*
- BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 dez. 2011.
- CAGNON, Fabiana Alves. **Origem e hidroquímica do nitrato nas águas subterrâneas do Aquífero Adamantina em Urânia, SP**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2017). Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/urania/panorama>. Acesso em 20/06/2018.
- MALDANER, Carlos Henrique. **Recarga de aquífero em área urbana: estudo de caso de Urânia (SP)**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- PARKHURST, D. L.; Appelo, A. A. J. User's guide do PHREEQC (version 2) - a computer program for speciation, batch-reaction, one dimensional transport and inverse geochemical calculations. Lakewood, Co: U.S. Geological Survey, 1999. (Water-resources investigations report- 95-4227).
- THORNTON, I. (1991). **Metal contamination of soils in urban areas**. In: Bullock, P., Gregory, P.J. (Eds.), *Soils in the Urban Environment*. British Society of Soil. Science. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- VARNIER, Claudia Luciana. **Avaliação da contaminação de uma fossa negra desativada na zona não-saturada do aquífero Adamantina em Urânia (SP)**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- VARNIER, Claudia; HIRATA, Ricardo; ARAVENA, Ramon. Examining nitrogen dynamics in the unsaturated zone under an inactive cesspit using chemical tracers and environmental isotopes. **Applied geochemistry**, v. 78, p. 129-138, 2017.