

# PROCEDIMENTO PRELIMINAR PARA DETERMINAR A ORIGEM DA CONTAMINAÇÃO POR NITRATOS EM AQUÍFEROS URBANOS – A PERFILAGEM ÓTICA (AVALIAÇÃO VISUAL)

*Data de aceite: 01/02/2024*

### **Hermam Vargas Silva**

Pós Graduando do Curso de Doutorado em Geografia – Departamento de Geologia e Geomática da Universidade Estadual de Londrina

### **José Paulo Peccinini Pinese**

Doutor e Orientador do Curso de Pós Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Londrina

**RESUMO:** Os nitratos são hoje em dia um problema constante nas águas subterrâneas que abastecem as cidades. Sua origem remonta a existência de matéria orgânica na zona vadosa e a principal fonte são os vazamentos dos sistemas de coleta de esgotos e a infiltração de fossas, negras e/ou sépticas nos solos. Trata-se de uma pesquisa provinda do dia-a-dia profissional e quer chamar a atenção para a inexistência de olhares cuidadosos para com este sério problema. A pesquisa faz uso de um equipamento (sonda de perfilagem ótica) para avaliação visual, com duas câmeras e uma filmadora para posterior análise dos dados obtidos. Do que pode ser notado pelo ensaio de perfilagem ótica é que não existem cuidados mínimos de manutenção

para com os poços tubulares pois, o ensaio mostrou claramente a corrosão do revestimento e a ocorrência de matéria orgânica, embora a legislação em que se baseia a emissão da outorga exige o uso de equipamentos de medição de vazão e de horas de funcionamento e um relatório anual a respeito da utilização (portanto mostrando as atividades de manutenção) do poço tubular. Propõem-se a criação de uma licença ambiental para os poços já perfurados, com a criação de procedimentos municipais para as boas práticas de perfuração e de manutenção e, nos novos projetos urbanísticos, a localização da futura perfuração, para a aprovação do projeto e das plantas pelo município.

**PALAVRAS-CHAVE:** contaminação por nitratos; hidrogeologia urbana; perfilagem ótica; nitratos; manutenção de poços tubulares.

## INTRODUÇÃO

Os nitratos são um dos poluentes mais ubíquos encontrados nas águas subterrâneas. Concentrações altas, maiores que  $45 \text{ mg/L NO}^{-3}$ , ou seja,  $10 \text{ mg/L N- NO}^{-3}$ , podem causar

metahemoglobina e câncer (WHO, 2011 e EPA, 1993). Estudos recentes têm levado a crer que nos meios urbanos está crescendo a concentração da contaminação por nitrato nas águas subterrâneas. Esta grande massa de nitratos tem se mostrado resistente no longo prazo, embora sejam aplicadas as melhores práticas para a sua redução.

A principal fonte da contaminação por nitratos no meio urbano são os vazamentos dos sistemas de coleta de esgotos e a infiltração de fossas negras e/ou sépticas (Foster; Hirata (1988); VARNIER et al. (2017); STRADIOTO et al. (2019) e HIRATA et al. (2020). As fossas negras, ou mesmo, as sépticas são largamente utilizadas onde não existe tratamento e a disposição é “in situ”, nas sépticas existe tratamento parcial com a deposição feita na zona não saturada do solo.

O artigo quer chamar a atenção para a falta de políticas públicas e para a inexistência de monitoramento e de manutenção através de indicadores visuais (matéria orgânica e degradação do revestimento, por exemplo) para a avaliação da qualidade da estrutura do poço tubular e, com isso inferir a probabilidade da presença de nitrogênio na água subterrânea utilizada para consumo humano.

## **MATERIAL E MÉTODO**

É uma pesquisa participativa envolvendo análises “in loco” de poços tubulares com avaliações visuais obtidas por sensor óptico, da empresa Kertch Ind. Eletrônica, marca KRT – 150. É uma filmadora para análises até 150 metros de profundidade, com duas câmeras HD, de alta fidelidade e sensor CCD de alta qualidade, com visada em 360° para ambas as direções, carrinho de transporte e com duas rodas de borracha dura e guincho de 1,5 metros retratável com ajuste e contador de metro em alta precisão, gravação em SSD de 240 giga.

Trata-se de um equipamento para filmagem de poços tubulares, possibilitando mostrar e gravar em HD, em tempo real, tudo que esteja ocorrendo no interior do poço, e visualizar as suas características construtivas, desde que respeitados os limites de profundidade e temperatura. O conjunto, como mostrado na figura 1, abaixo, é auxiliado por um pequeno guindaste que trabalha numa velocidade constante. Com as câmeras transmitindo as imagens para um computador acoplado. Terminado a perfilagem os dados são repassados para um “pendrive”, que são levadas ao programa “paint” para retirar as imagens e posterior confecção do relatório.



Figura 1 : equipamentos de perfilagem ótica.

Fonte: [www.http://kertech.ind.br/equipamento-de-perfilagem-optica/](http://kertech.ind.br/equipamento-de-perfilagem-optica/), consulta dia 06/09/2023.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA – A ORIGEM DA CONTAMINAÇÃO POR NITRATO.

O nitrogênio no meio urbano está associado ao vazamento da rede de coleta dos esgotos, STRADIOTO et al. (2019). Em nossa região vários municípios utilizam do recurso subterrâneo para o abastecimento público e vários deles ainda admitem fossas, mesmo as sépticas, onde os vazamentos podem estar entre 5 a 15%, dos efluentes totais que circulam nas redes, FOSTER; S. et al. (2010) e HIRATA et al. (2015). Por outro lado, a disposição de resíduos sólidos (lixões e aterros sanitários mal construídos e em locais impróprios) também são geradores de matéria orgânica na zona vadosa, observar a figura 2.

Este elemento apresenta sério risco para a saúde humana, principalmente para as crianças e idosos. Isso é o resultado do nitrato que em elevadas concentrações transforma-se para nitrito, no sistema digestivo, onde oxida o ferro na hemoglobina dos glóbulos vermelhos, que não transporta com a mesma eficiência o oxigênio WEITZBERG; LUNDBERG (2013).

A matéria orgânica por ação de microrganismos se utiliza do carbono para obtenção de energia e, libera nitrogênio. São processos naturais que afetam as concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  que vai variar no tempo e no espaço. Esta concentração varia com a profundidade e com as concentrações de oxigênio nas águas subterrâneas.

Na figura 2 mostra-se um resumo das fontes de introdução do nitrogênio no solo.



Figura 2: Fontes potenciais de nitrogênio em áreas urbanas.

Fonte: VARNIER (2019), pag. 15.

Com o aumento da detecção dos nitratos nas concentrações das águas nos poços tubulares foi necessário o desenvolvimento de técnicas para avaliar a qualidade construtiva dos poços, que são as primeiras iniciativas para o reconhecimento das entradas de nitrogênio, na zona vadosa, para dentro do poço tubular. E, com isso passou-se a observar que os poços tubulares não apresentavam relatórios de manutenção conforme é requerido pela outorga de direito de uso, que no seu artigo terceiro exige a colocação de equipamentos para medição da vazão e das horas de funcionamento da bomba submersa e de um relatório anual.

A perfilagem como instrumento de avaliação preliminar “in loco”. Estas condições de aparecimento do nitrogênio nas águas subterrâneas se devem primeiramente as condições de manutenção dos poços e secundariamente as características de introdução do nitrogênio na zona vadosa do aquífero. Desta maneira, escolheu-se um método para avaliar estas condições que são mostradas nas fotos abaixo, nas figuras 3 e 4, como características observadas em uma operação de manutenção.



Figura 3: mostra paredes do revestimento de metal nos 77 centímetros de profundidade.

Fonte: autor



Figura 4: mostra solda no revestimento em decomposição aos 14,25 metros de profundidade.

Fonte: autor

Nas figuras 3 e 4 se pode ver claramente a decomposição / oxidação do revestimento de metal colocado na parte superior da obra para impedir a entrada de líquidos contaminados por matéria orgânica da zona vadosa. Pode-se notar pela coloração avermelhada a oxidação do metal e na figura seguinte a deterioração da solda que ligou os tubos de revestimento, até os 14 metros de profundidade (figuras 3 e 4).



Figura 5: mostra paredes oxidadas, observar os pontos amarelos e vermelhos , aos 14,88 metros de profundidade.

Fonte: autor



Figura 6: mostra revestimento comprometido e saída de agua abaixo dos 40,75 metros de profundidade

Fonte: autor

Nas figuras 7 e 8, as condições de oxidação estão piores e apresentando ainda, vazamento na junção do revestimento com a rocha (abaixo dos 40 metros de profundidade), nas figuras 5 e 6 também está evidenciado a oxidação do revestimento.



Figura 7: mostra vazamento aos 41 metros de profundidade.

Fonte: autor



Figura 8: mostra presença de matéria orgânica na área onde deveria haver a cimentação. Notar as porções amareladas.

Fonte: autor

As figuras 7 e 8 mostram, em detalhe, as péssimas condições em que a cimentação do revestimento se encontra degradada e não consegue mais impedir a impermeabilização da região de transição do solo para com a rocha. Não deveria haver vazamento neste ponto. Com a figura 8 se pode notar uma bainha amarela que demonstra oxidação do metal e a presença de matéria orgânica nesta região. Esta é a origem das reações químicas e bioquímicas onde os microrganismos produzem nitrogênio. Ato contínuo com a presença de oxigênio nas águas subterrâneas o nitrogênio desenvolve alta mobilidade.

Com isso se pode entender o mecanismo de contaminação do SASG (Sistema Aquífero Serra Geral) que numa visão tridimensional pode ser compreendida através das figuras 9 e 10. O Grupo Serra Geral e a formação Paranapanema (BESSER; BRUMATTI; SPISILA, 2021) é um conjunto de derrames basálticos intercalados por camadas argilosas e ou arenosas no seu topo. A seguir, exhibe estruturas vacuolares após, uma zona de disjunção colunar que vai até a porção basal (micro vesicular), findando em uma zona vítrea maciça.

Esta caracterização se repete como mostrado na figura 9, que explica a interconexão dos basaltos com a formação Botucatu, atualmente chamada de SAG (Sistema Aquífero Guarani), na figura 10.

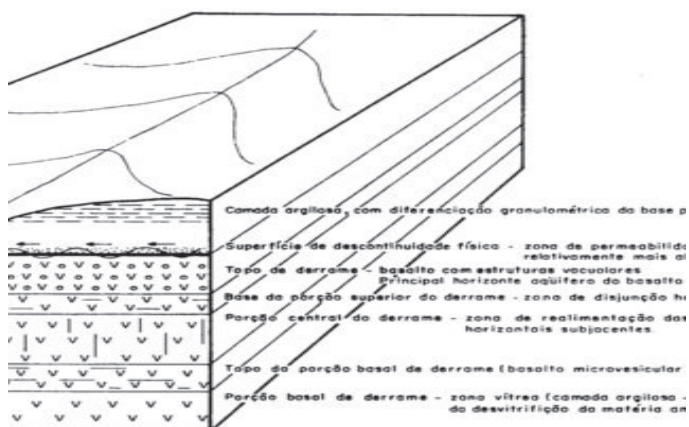


Figura 9: perfil esquemático dos derrames basálticos para o Grupo Serra Geral.

Fonte: Wanhfried (2010)



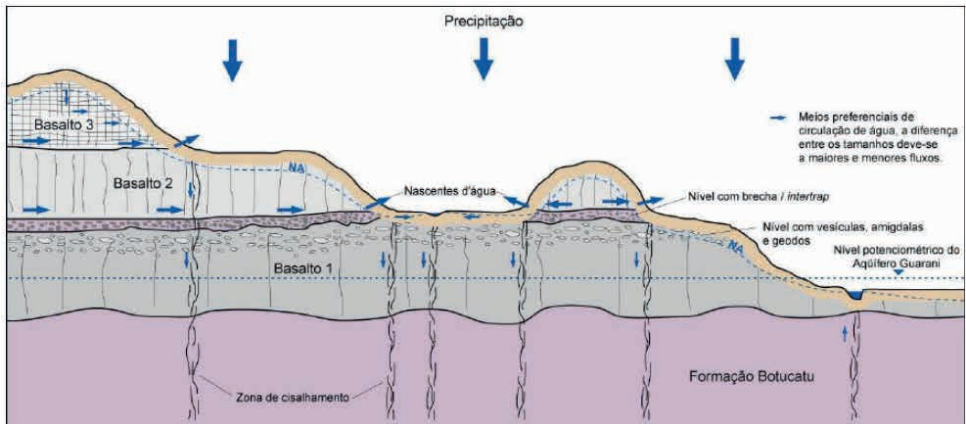


Figura 10: caracterização das conexões entre os derrames do Grupo Serra Geral, formação Paranapanema com os arenitos da formação Botucatu.

Fonte: Fernandes (2008).

Pode-se concluir que uma das causas da gênese das contaminações do SASG é a falta de manutenção e de cuidados com os poços que está evidenciada na operação mostrada de perfilagem ótica (figuras de 3 a 8).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe a necessidade de uma enorme revisão de paradigmas para um futuro sem grandes problemas no saneamento e no abastecimento de água para consumo humano nas cidades. É necessária uma nova concepção urbanística para a gestão das águas urbanas (tanto superficiais, quanto subterrâneas), onde se abrem oportunidades de revisão dos planos diretores, como ordenação do território e seus instrumentos de planejamento e gestão do uso do solo capazes de proteger e gerar uma nova estratégia de cidade, ANELLI (2015). Assim, as relações entre as políticas urbanas e as consequências ambientais (ecológicas, econômicas e do meio físico) devem apontar para grandes desafios na direção das respostas as pressões urbanas, em confrontação aos processos de ocupação em áreas protegidas, por abrigar mananciais, tanto superficiais, como subterrâneos. Se deve pensar em estratégias inovadoras para estas intervenções que vão além dos marcos legais e vão em direção de uma transformação da sociedade, ALVIN et al. (2008) e ALVIN et al. (2015).

A visão da realidade é aterradora, estima-se que ao menos 70 % dos poços tubulares são desconhecidos do controle do governo estadual e mesmo assim, 1% somente, tem outorga de uso, PINHATTI (2023). A falta da fiscalização existe porque o estado e os municípios não cumprem as suas responsabilidades constitucionais, SILVA (2023).

A causa parece ser a percepção de que não existe conflito. Pode ser vista, também, como falta de vontade política, falta de aplicação da lei, onde o proprietário do poço

tubular, não conhecendo o funcionamento dos aquíferos, não consegue entender que a competição entre os usuários, que também estão irregulares atrapalha, no médio prazo, a sua utilização da água e não usa a pressão política para com o estado pela gestão do recurso e, nem para com o município, com relação a legislação de uso do solo que vai ocasionar a contaminação da zona vadosa, (PINHATTI, 2023) . O Estado e o Município são os responsáveis constitucionais pela gestão do recurso água subterrânea e em sua efetiva intervenção.

Com este trabalho se pode verificar que os poços não mostram os princípios de manutenção preventiva e são levados a contaminar o aquífero (que é um bem da sociedade), como demonstrado nas fotos 3 até 8. Através da perfilagem ótica se pode observar os indícios da contaminação pelo vazamento de matéria orgânica que é a base da transformação em nitrato estabelecendo uma via aberta para o aquífero, contaminando o bem “água subterrânea” que é de propriedade da sociedade. Isso fica claro com as figuras 7 e 8 que demonstram a existência de matéria orgânica vazando para dentro do poço tubular vinda da zona vadosa, portanto contaminação antrópica circunscrita à área adjacente ao poço. Desta maneira, a perfilagem ótica é uma técnica eficaz na averiguação preliminar das condições físicas do poço tubular e deve fazer parte dos trabalhos de manutenção preconizados nas outorgas de direito de uso.

## AGRADECIMENTOS

A CAPES pela bolsa de estudos proporcionada para a realização deste trabalho. Ao CNPq (310.608/2017) e à Fundação Araucária do Estado do Paraná, Brasil, pelo suporte financeiro por meio dos projetos do Convênio CNPq/Fundação Araucária: 61.0088/06-8 e Convênio Fundação Araucária/UEL: 063/08. Também dos projetos da Fundação Araucária do Estado do Paraná 15.880, 19.733 e 25.247.

## REFERÊNCIAS

- ALVIN, A. B.; KATO, V.; ROSIN, J. R. DE G. A urgência das águas : intervenções urbanas em áreas de mananciais. Caderno Metrópole, v. 17, n. 33, p. 87–107, 2015.
- ALVIN, A. T. B.; BRUNA, G. C.; KATO, V. R. C. Políticas ambientais e urbanas em áreas de mananciais: interfaces e conflitos. Cadernos das metrópoles, v. 19, p. 143–164, 2008.
- ANELLI, R. L. S. Uma nova cidade para as águas urbanas. Estudos Avançados, v. 29, n. 84, p. 69–84, 2015.
- BESSER, M. L.; BRUMATTI, M.; SPISILA, A. L. Mapa Geológico do Paraná. Disponível em: &lt;https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22492&gt;. Acesso em: 21 set. 2023.
- FERNANDES, A. J. Aquíferos fraturados: uma revisão dos condicionantes geológicos e dos métodos de investigação. Revista do Instituto Geológico, v. 29, p. 49–72, 2008.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GARDUÑO, H. GroundWater use policy - balancing the benefits and risks in developing nations. Washington - DC, 2010.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. A determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes. São Paulo - SP: Instituto Geológico, 1988.

HIRATA, R.; CAGNON, F.; BERNICE, A.; et al. Nitrate contamination in Brazilian urban aquifer: a tenacious problem. *Water*, v. 12, n. 10, p. 2709, 2020.

HIRATA, R.; FOSTER, S.; OLIVEIRA, F. R. Urban Groundwater in Brazil: Assessment for a sustainable management. São Paulo - SP, 2015.

PINHATTI, A. L. Porque existem tantos poços irregulares no Brasil ? . Universidade de São Paulo, tese, 2023.

SILVA, H. V. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, ESTADO, COMITE DE BACIAS E MUNICÍPIOS: RESPONSABILIDADES. Encontro Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas. Anais... .poster, Natal – RN, 2023.

STRADIOTO, M. R.; TERAMOTO, E. H.; CHANG, H. K. NITRATO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Revista de Instituto Geológico*, v. 40, n. 3, p. 1–12, 2019.

VARNIER, C. coord. Nitrato nas águas subterrâneas: desafios frente ao panorama atual. São Paulo - SP, 2019.

VARNIER, C.; HIRATA, R.; ARAVENA, R. Examining nitrogen dynamics in the unsaturated zone under an inactive cesspit using chemical tracers and environmental isotopes. *Appl. Geochem*, v. 78, p. 129–138, 2017.

WANHNRIED, I. D. Modelo conceitual de fluxo do Aquitarde Serra Geral, USP-Universidade São Paulo, 2010.

WEITZBERG, E.; LUNDBERG, J. O. Novel aspects of dietary nitrate and human health. *Annual review of nutrition*, v. 33, p. 129–159, 2013.