

Nitrato na água do Sistema Aquífero Bauru em Catanduva – SP – diagnóstico e propostas de solução

Nitrate content in the water of the Bauru Aquifer System in Catanduva – SP – diagnosis and solution proposals

Julio Cesar Arantes Perroni¹ e Heraldo Cavalheiro Navajas Sampaio Campos²

GeoWater, Araraquara, SP, Brasil.

✉ ¹ julioperroni@geowater.com.br, ² heraldocampos@yahoo.com

Palavras-chave:

Água subterrânea.
Nitrato.
Qualidade de água.
Sistema Aquífero Bauru.

Keywords:

Groundwater.
Nitrate.
Water quality.
Bauru Aquifer System.

Resumo

A cidade de Catanduva está localizada na região centro-norte paulista sobre depósitos sedimentares cretáceos do Grupo Bauru. O estudo hidrogeológico detalhado contratado pela concessionária municipal de saneamento SAEC – Superintendência de Água e Esgoto de Catanduva avaliou os dados de 69 poços tubulares que captam o Sistema Aquífero Bauru/Serra Geral. O presente artigo apresenta o diagnóstico de alterações do conteúdo de nitrato na água desses poços, com base em análises físico-químicas completas da água de 21 poços no quais foram realizadas perfilagens óticas e de raios gama que indicaram provável origem do nitrato por deficiência de proteção sanitária na parte superior dos poços.

Abstract

The city of Catanduva is located in the central-north region of São Paulo on Cretaceous sedimentary deposits of the Bauru Group. The detailed hydrogeological study contracted by the municipal sanitation concessionaire SAEC – Superintendency of Water and Sewage of Catanduva evaluated data from 69 tubular wells that capture the Bauru/Serra Geral Aquifer System, this article presents the diagnosis of changes in the nitrate content in the water of these wells, based on complete physical-chemical analyzes of the water from 21 wells in which optical and gamma ray profiles were carried out, which indicated a probable origin of the nitrate due to deficient sanitary protection.

DOI: <http://doi.org/10.14295/ras.v39i1.30289>

1. INTRODUÇÃO

As ocorrências de nitrato na água subterrânea têm sido estudadas, principalmente em áreas urbanas, do interior do Estado de São Paulo onde são utilizados poços, tais como os estudos realizados por Campos (1987-1994), Campos et al (1994), Cagnon & Hirata (2004), Procel (2011), Sradioto et al. (2011), Varnier et al. (2010; 2012), Montanheiro et al. (2014), Montanheiro & Chang (2016), Simonato et al. (2016), Vicente et al. (2018), e Marques (2019) os quais foram avaliados em conjunto no boletim orientativo do CERH - Conselho Estadual de Recursos Hídricos (2019). Alguns autores apontam que, em geral, as concentrações acima de 5 mg/L N-NO₃, são encontradas nas porções mais rasas do SAB - Sistema Aquífero Bauru. Moura et al. (2015), consideram que correlações associadas de N-NO₃ e Cl⁻ podem indicar que a origem da presença de nitrato na água subterrânea seria o sistema de esgotamento sanitário. O presente artigo apresenta os resultados dos estudos hidrogeológicos realizados na cidade de Catanduva-SP, visando a elaboração do plano diretor dos mananciais subterrâneos GEOWATER (2023), com base em análise completas da água subterrânea e perfilagens geofísicas e óticas em 21 poços existentes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O município de Catanduva está localizado na região centro-norte do Estado de São Paulo, distando cerca de 380 km da capital paulista, latitude 21° 08' 16" Sul e longitude 48° 58' 22" Oeste e a altitude média é 503 m. Na região de Catanduva, ocorre a porção Média/Superior do SAB – Sistema Aquífero Bauru, que equivale à Formação Adamantina, composta por arenitos com intercalações de camadas silto-argilosas e carbonáticas, com permeabilidade predominante por porosidade granular, com coberturas cenozoicas constituídas essencialmente por depósitos aluvionares, elúvios e colúvios quaternários.

O sistema de abastecimento de água municipal utiliza apenas água subterrânea, captada em 69 poços tubulares do Sistema Aquífero Bauru /Serra Geral (SAB-SG) e 4 poços tubulares profundos do Sistema Aquífero Guarani (SAG) (**Figura 1**). A profundidade dos poços do SAB/SG varia entre 80 e 200 m, atravessando, parcial ou totalmente, a Fm. Adamantina, penetrando eventualmente as rochas basálticas sotopostas. A maioria são poços com mais de 40 anos, perfurados pelo sistema de percussão a cabo, com apenas 20 metros de tubo de revestimento, na parte superior, mas, provavelmente, desprovidos da devida cimentação de proteção sanitária. O valor médio da vazão desses poços é 22 m³/h e o máximo 50 m³/h. O volume total explotado é de 9.234.000 m³/ano, que representa cerca de 60% da água do sistema de abastecimento público. O volume complementar do sistema público de abastecimento (40%) é obtido em 4 poços que captam o SAG, com profundidade da ordem 700-800 m e produção total de 6.300.000 m³/ano.

Adicionalmente, existem registros no sistema de outorga, de 193 poços de terceiros, dos quais 191 poços captam o SAB e têm, em geral, profundidade inferior a 100 m e o valor médio da vazão é 8,5 m³/h e 2 poços captam o SAG, são utilizados por agroindústrias, com produção total de 2.700.000 m³/ano (**Figura 2**).

Figura 1 – Localização dos poços do sistema público de abastecimento de água de Catanduva-SP

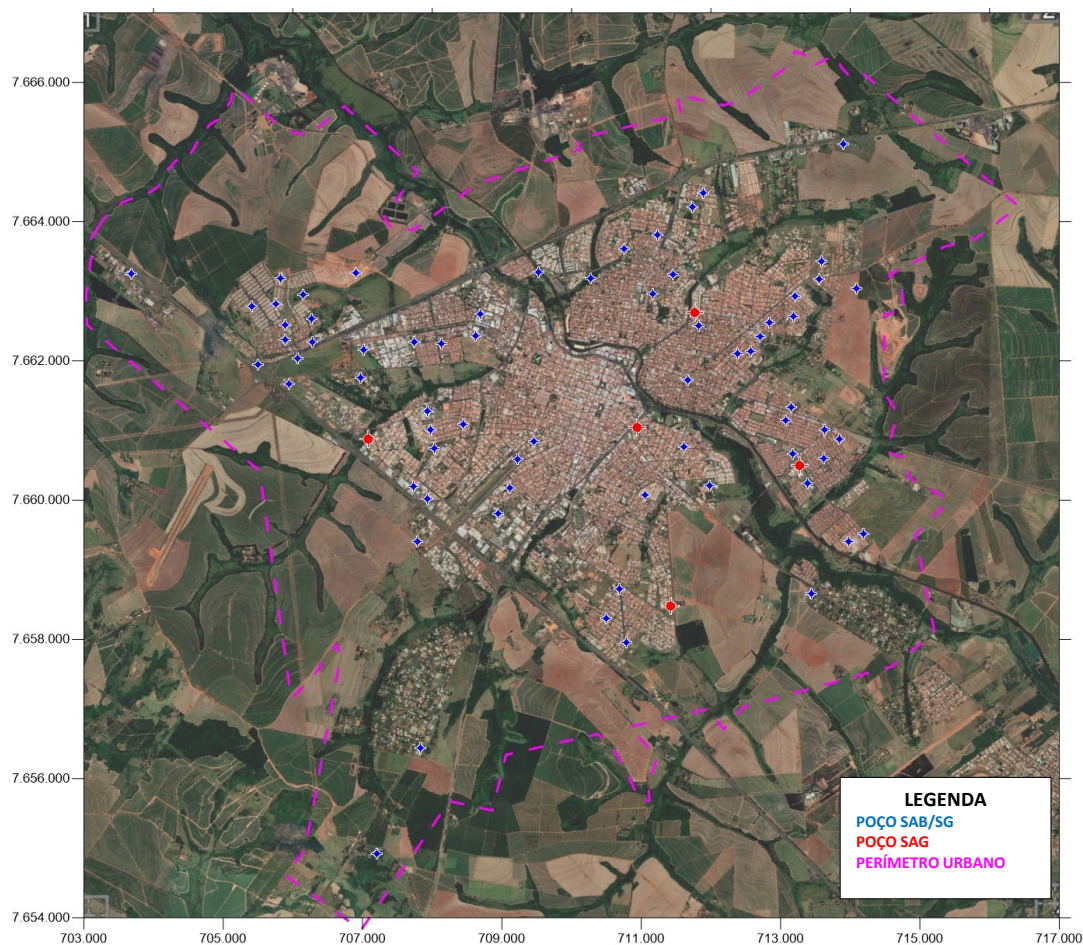


Figura 2 – Localização dos poços de terceiros em Catanduva-SP



2.2. Dados adicionais coletados

Para subsidiar a avaliação da origem de alterações de nitrato na água subterrânea foram realizados levantamentos de dados e informações complementares nos poços existentes, por meio da retirada do equipamento de bombeamento e realização de perfilagem geofísica (raios gama), caliper, inclinação e filmagem em 20 poços do SAB/SG. As filmagens evidenciaram que: 1.) Na maioria dos poços o tubo de proteção de sanitária é de aço carbono, diâmetro 250 milímetros, comprimento 20 metros, sendo comum a existência de orifícios causados por corrosão do aço, causando entradas de água na base do tubo de boca devido à deficiência da cimentação no espaço anelar; e 2) Diversos poços possuem depósitos de sedimentos no fundo. Os perfis de raios gama sugerem que acima da cota 470 m e abaixo da cota 430 m, a Fm. Adamantina apresenta maior argilosidade, ao passo que, a camada intermediária, com espessura média de 50 m, apresenta menor argilosidade, sendo, provavelmente, responsável pelas propriedades hidráulicas favoráveis do aquífero, na área estudada.

As análises de água realizadas para controle de qualidade indicaram, em 2022, a presença de alterações de nitrato em alguns poços. Para possibilitar uma avaliação hidrogeoquímica, foram selecionados 21 poços do SAB/SG para coleta de amostras de água e análises físico-químicas completas, que foram realizadas no Laboratório de Hidrogeologia e Hidrogeoquímica - H2I Lebac, Unesp - Rio Claro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seção hidrogeológica Sudoeste/Nordeste ilustra o modelo hidrogeológico conceitual proposto, segundo o qual, na camada de sedimentos superficiais podem ocorrer, ao menos sazonalmente, níveis de "aquífero suspenso", livre e descontínuo, nos quais estão instaladas as estruturas de transporte e dispersão do esgoto sanitário urbano (**Figura 3**). As características inadequadas dos poços possibilitam que a água presente no aquífero suspenso, juntamente com material sólido desagregado, penetre nos poços por meio de orifícios e pela base do tubo de boca, produzindo depósitos no fundo dos poços.

Figura 3 – Seção hidrogeológica SO-NE

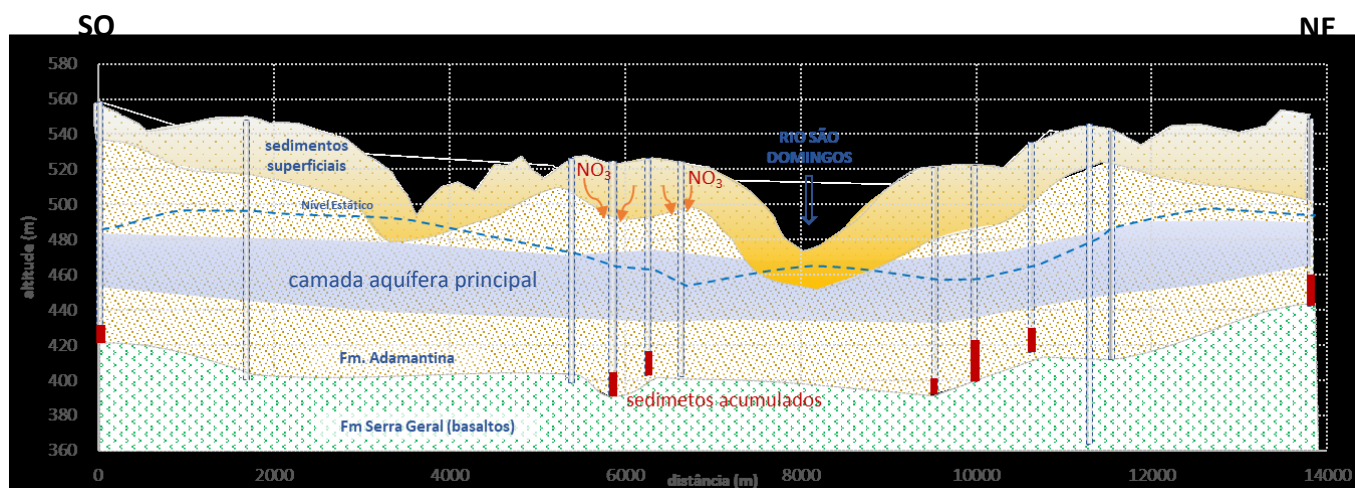
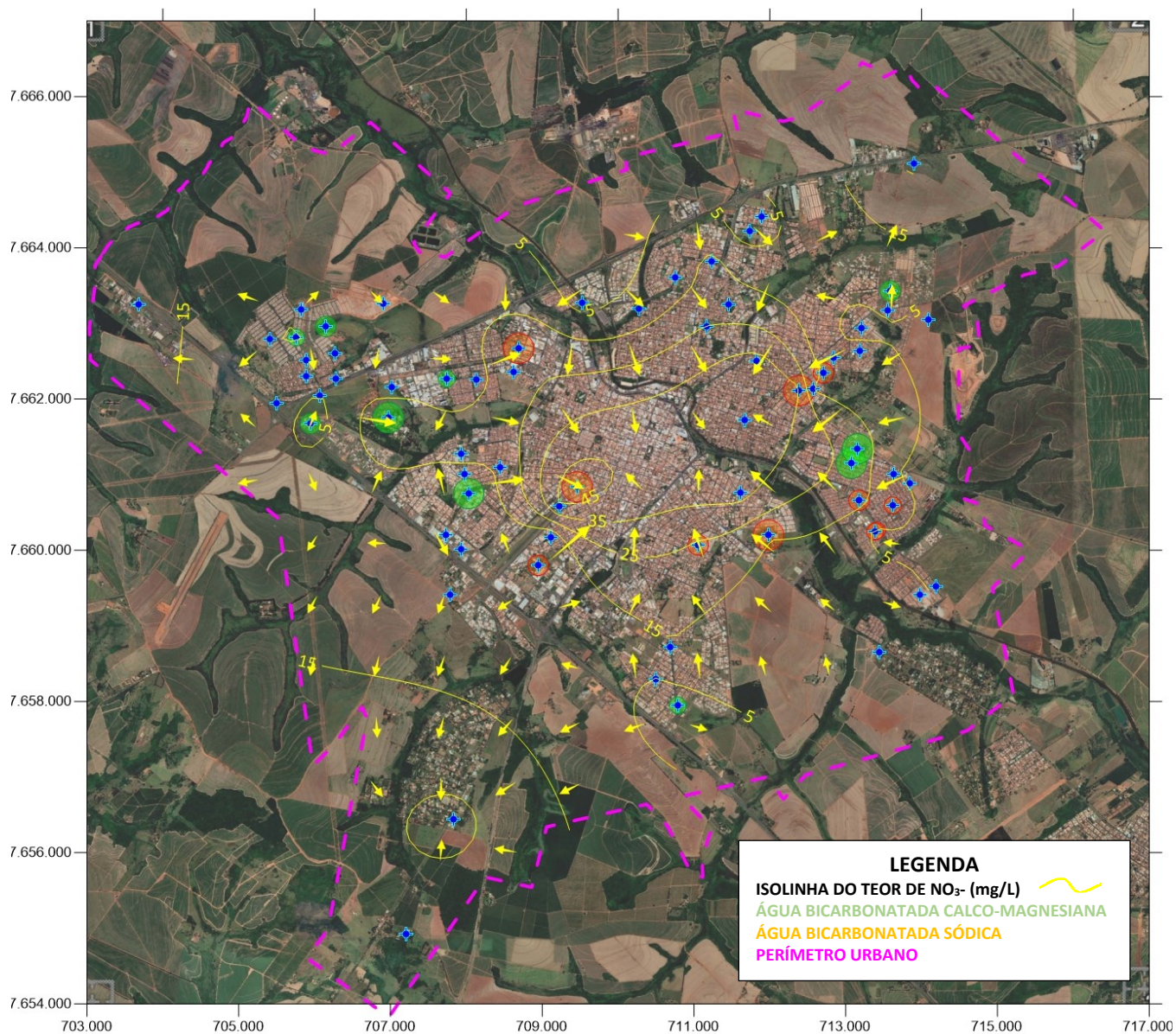


Figura 4 – Superfície de tendência do teor de nitrato (mg/L N-NO_3) e classificação da água



Na **Figura 4** é possível visualizar a superfície de tendencia das alterações de nitrato, encontradas nas 69 análises de rotina realizadas em 2022 e 2023. As setas indicam que o aumento do teor de nitrato ocorre em direção ao centro da área urbanizada, mas também em algumas áreas periféricas a Sul e a Norte, desprovidas de rede de esgoto. A prevalência de teores altos de nitrato, coincide, via de regra, com as ocorrências de água classificada como bicarbonatada sódica, na área central, em contraposição ao que ocorre nas áreas periféricas, onde predominam águas bicarbonatada calco-magnesianas, com menor salinidade total e com menor teor de nitrato.

A estatística básica das principais variáveis hidroquímicas de 21 poços do SAB/SG é apresentada na **Tabela 1**, com destaque para o maior valor encontrado 50,9 mg/L NO₃⁻, sendo que o limite de potabilidade é de 45 mg/L NO₃, que equivale a 10 mg/L N-NO₃.

Tabela 1 – Dados estatísticos básicos das análises de água de 21 poços do SAB/SG

parâmetro	máximo	mínimo	média	desvio
prof (m)	220	116	150	32
Cond. 25°C (µS/cm)	262	138	200	33
pH	9	8	8	0
Ca (mg/L)	33,80	5,32	17,01	6
Mg (mg/L)	7,470	0,870	3,991	2
Na (mg/L)	42,90	5,15	20,46	12
K (mg/L)	3,13	0,46	1,45	1
Fe (mg/L)	1,360	0,016	0,478	1
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	138,00	65,60	102,29	20
CO ₃ ²⁻ (mg/L)	16,90	0	3,36	5
Cl ⁻ (mg/L)	13,20	0,33	3,66	4
NO ₃ ⁻ (mg/L)	50,90	0,55	16,96	13
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	0,54	0	0,08	0
F ⁻ (mg/L)	0,19	0	0,13	0
NH ₄ (mg/L)	0,31	0	0,03	0
Al (mg/L)	0,071	0,027	0,040	0
Ba (mg/L)	0,270	0,021	0,074	0
Cr (mg/L)	0,045	0,008	0,024	0
P (mg/L)	0,110	0,013	0,039	0
Sr (mg/L)	1,140	0,140	0,497	0
V (mg/L)	0,030	0,003	0,014	0
Zn (mg/L)	0,190	0,002	0,031	0

Figura 5 – Correlação entre os teores de cálcio (mg/L Ca⁺²) e bicarbonato (mg/L HCO₃⁻)

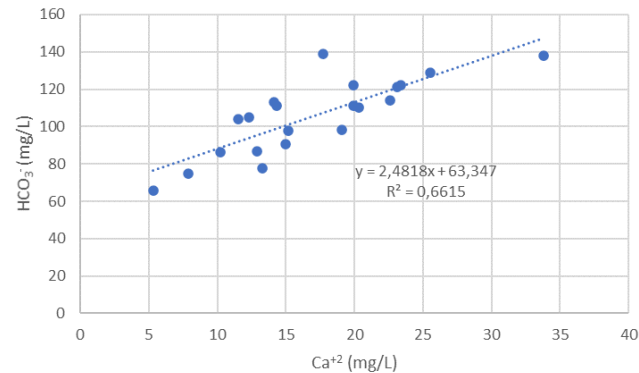
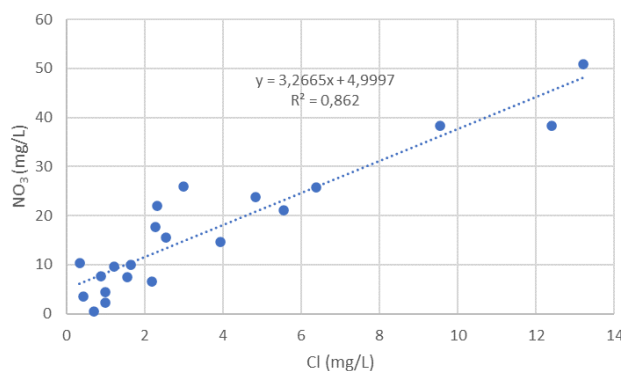


Figura 6 – Correlação entre os teores de cloreto (mg/L Cl^-) e nitrato (mg/L NO_3^-)



A correlação entre os teores de cálcio (Ca^{2+}) e bicarbonato (HCO_3^-), sugere que esses componentes têm a mesma origem em minerais de cimentação carbonática, presentes na matriz da rocha reservatório (**Figura 5**) e a correlação entre os teores de cloreto (Cl^-) e nitrato (NO_3^-) é interpretada como indicativa da relação com esgoto sanitário (**Figura 6**).

4. PROPOSTAS DE SOLUÇÃO

Com base no diagnóstico dos fatores causadores dos teores de nitrato na água dos poços do SAG/SG utilizados para abastecimento público, foram elaboradas as seguintes propostas de soluções e ações mitigadoras: 1) Estender o estudo ao restante dos poços do sistema público de abastecimento, seguindo a metodologia aqui descrita, ou seja, executando as perfilagens dos poços; 2) Nos poços cujo teor de nitrato é superior a 5 mg/L de N-NO_3 deverá ser monitorado o teor de nitrato com frequência mensal; 3) Os poços com teor de nitrato superior a 10 mg/L de N-NO_3 deverão ser desativados, reformados ou tamponados; 4) Implantar um programa de reforma daqueles poços existentes que possuem tubo de boca com diâmetro maior que 200 milímetros, incluindo a limpeza do fundo e a instalação de um novo tubo de proteção sanitária com anel de vedação na base e preenchimento do espaço anelar com pasta de cimento; 5) Novos poços devem ser construídos evitando-se as áreas centrais e deverão possuir tubo de proteção com 40 metros de comprimento, devidamente cimentado no espaço anelar externo; e 6) Deverá ser elaborado um plano de conscientização da população e de controle de qualidade da água dos poços de terceiros que produzem água para consumo humano. O efeito previsto das ações propostas será interromper os processos de contaminação em curso em alguns poços, mas a desejada redução dos teores de nitrato deverá ser sentida apenas após alguns anos.

REFERÊNCIAS

- CAGNON, F.; HIRATA, R. Source of nitrate in the groundwater of Adamantina aquifer in Urânia, SP - Brazil. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION OF HYDROGEOLOGIST CONGRESS, 33., 2004, Zacatecas. Atas..., Zacatecas: IAH, 2004. 07 p. (CD-ROM).
- CAMPOS, H.C.N.S. Contribuição ao estudo hidrogeoquímico do Grupo Bauru no Estado de São Paulo. São Paulo, 160p. e 2 pranchas. (Dissertação de Mestrado, IGC/USP). 1987.
- CAMPOS, H.C.N.S. et al. Origem e ocorrência de nitratos nos aquíferos do Estado de São Paulo (Brasil). In: 2º CONG. LAT. HIDR. SUBT. Santiago, 1994. Anais...ALHSUD, Santiago, 1:111-126. 1994.
- GEOWATER. Estudo hidrogeológico detalhado do Município de Catanduva – SP. Araraquara, Geowater – Assessoria, Projetos e Comércio Ltda./ SAEC – Superintendência de Água e Esgoto de Catanduva. Relatório Final, 2 tomos 205 p. e 2 apêndices. 2023.
- MARQUES, C.H.G.; et al. Evolução espacial e temporal da contaminação por nitrato no aquífero urbano de Urânia (SP). Revista Águas Subterrâneas, 33(3): 258-269. <https://doi.org/10.14295/ras.v33i3.29524>. 2019.
- MONTANHEIRO, F. Contaminação por nitrato no Aquífero Adamantina: o caso do município de Monte Azul Paulista - SP. 2014. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2014.
- MONTANHEIRO, F.; CHANG, H.K. Nitrato no Aquífero Adamantina: O caso do município de Monte Azul Paulista. Revista do Instituto Geológico, 37(2): 25-44. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-929X.20160007>. 2016.
- MOURA, C. C. Ocorrência de nitrato nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru em áreas rurais. 2013. 344 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.

PROCEL, S. Contaminação por nitrato e sua relação com o crescimento urbano no Sistema Aquífero Bauru em Presidente Prudente (SP). 2011. 132 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Nitrato nas águas subterrâneas: desafios frente ao panorama atual /São Paulo. Conselho Estadual de Recursos Hídricos, Câmara Técnica de Águas Subterrâneas; Claudia Varnier (coord.). - São Paulo: SIMA / IG, 2019. 128p. (versão online) ISBN: 978-85-87235-25-1

SIMONATO, M.D. et al. Há conexão hidráulica entre os sistemas aquíferos Guarani e Bauru na "janela" de basalto, em Bauru-SP In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 19., 2016, Campinas. Anais..., Campinas: ABAS, 2016. 20 p. (CD-ROM).

SRADIOTO, M. R. et al. Nitrato nas águas subterrâneas dos Sistemas Aquíferos Bauru e Guarani, área urbana de Bauru-SP. Águas Subterrâneas. Recuperado de <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28062>, 2011.

VARNIER, C. et al. Relación entre la urbanización y la contaminación por nitrato en el Sistema Acuífero Bauru (Ciudad de Bauru, Brasil). In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDROGEOLOGÍA, 11., 2012, Cartagena de Índias. Anais..., Cartagena de Índias: ALHSUD, 2012. 05 p. (CD-ROM).

VARNIER, C. et al. Nitrato nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru, área urbana do município de Marília (SP). Revista do Instituto Geológico, v. 31, n. 1-2, p. 1-21, 2010.

VICENTE, G. Z., et al. Variabilidade espacial e temporal do Nitrato e Cloreto no Sistema Aquífero Bauru, estado de São Paulo. Águas Subterrâneas, 32(3), 295–306. <https://doi.org/10.14295/ras.v32i3.29099>. 2018.