

CONCENTRAÇÕES DE NITRATO NAS ÁGUAS DO AQUÍFERO BAURU - ESTADO DE SÃO PAULO

Rosângela Pacini Modesto¹; Elzira Déa Alves Barbour¹; Mara Magalhães Gaeta Lemos¹;
Fabiano Fernandes Toffoli¹; Fabio Renato Costa do Vale¹; Elaine Cristina Ruby¹; Márcia
Saiuri Ohba¹; Geraldo Gilson de Camargo¹; Fábio Netto Moreno¹; Paulo Fernando
Rodrigues¹.

RESUMO

O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo vem sendo realizado pela CETESB desde 1990. Os pontos de monitoramento no Aquífero Bauru são 61 poços de abastecimento público, localizados nas Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos - UGRHs 15 a 22. Esse aquífero, por comportar-se principalmente como um aquífero livre e possuir grande área de afloramento no estado, apresentou em 16,4% dos seus poços concentrações acima do valor de intervenção ($10 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NO}_3$) e 46% deles ultrapassaram o valor de prevenção ($5 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NO}_3$), em pelo menos uma amostra no período de 2007 a 2009. As concentrações mais elevadas de nitrato ocorrem na UGRHI 19 e 20. As UGRHs 15, 16, 18 e 20 mostram tendência de aumento ao longo dos 12 anos de monitoramento. Faz-se necessário, nas áreas urbanizadas e de expansão urbana, a melhoria das redes públicas de coleta e tratamento de esgotos. E nas áreas rurais, a definição de critérios de aplicação de insumos agrícolas nitrogenados, sejam estes de origem sintética ou derivados de resíduos e efluentes industriais ou domésticos.

ABSTRACT

The quality of groundwater has been monitored by CETESB since 1990. The monitoring points in the Bauru Aquifer consisted of water public supply wells which were located at UGRHs 15 to 22. The Bauru Aquifer has a free behaviour and the results of this monitoring have shown increased nitrate concentrations. Around 16,4% of the wells presented one or more results of nitrate concentrations above $10 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NO}_3$, between 2007 and 2009. This value corresponds to the drinking water standard and the Intervention Value established both by the Health Ministry regulation n. 518/04 and CETESB. Around 46% of the Wells was detected one or more sample with nitrate concentration above the prevention value ($5 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NO}_3$). The higher nitrate concentrations occur at UGRHs 19 and 20. It was observed a trend for increased nitrate concentrations at UGRHs 15, 16, 18 and 20, since 1998. It is recommended the improvement of public systems for collection and treatment of domestic sewage in the urban and their neighbor áreas. For rural areas, it is advised the establishment of criteria for the application of nitrogen-containing amendments.

Palavras-chave: nitrato, Aquífero Bauru, monitoramento

¹ Setor das Águas Subterrâneas e do Solo. CETESB. Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 345. Pinheiros. São Paulo. CEP 05459-900.
rosangelam@cetesbnet.sp.gov.br

1 – INTRODUÇÃO

O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas no estado de São Paulo remonta ao ano de 1977, quando em decorrência das exigências legais estabelecidas à CETESB – Agência Ambiental do Estado de São Paulo, foi publicado o relatório denominado “Poluição das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo - Estudo Preliminar” (CETESB, 1977). Considerando-se a crescente importância atribuída a esse bem, como reserva estratégica complementar ao abastecimento por águas superficiais, em 1990, ocorreu à implantação da rede estadual de monitoramento ambiental das águas subterrâneas, com acompanhamento sistemático de poços utilizados para abastecimento público localizados no Aquífero Guarani e Aquífero Bauru e, posteriormente, no Serra Geral, com a realização anual de duas campanhas de amostragem. São publicados periodicamente relatórios com a qualidade das águas (CETESB, 1996; 1998; 2001; 2004 e 2007).

Dos mais de 40 parâmetros monitorados pela CETESB para caracterização química e avaliação da qualidade da água subterrânea bruta, o íon nitrato pode ser considerado um marcador de contaminação antrópica, pois nas águas subterrâneas é comum a ocorrência de baixos teores desse íon, substância que representa o estágio final da degradação da matéria orgânica. Em concentrações acima de $5 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NO}_3$ é indicativo de contaminação (Feitosa e Manoel Filho, 2000) e acima de $10 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NO}_3$ pode causar risco à saúde humana, com aparecimento de doenças como a metahemoglobinemia (cianose) e o câncer gástrico. A concentração de $5,0 \text{ mg L}^{-1}$ de nitrato nas águas subterrâneas tem sido utilizada pela CETESB como valor de prevenção para definir ações preventivas e regras para aplicação de resíduos em solos agrícolas, nos processos de licenciamento e fiscalização ambiental (CETESB, 2004). A concentração de 10 mg L^{-1} , valor estabelecido como padrão de potabilidade pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, é definida como valor orientador de intervenção para gerenciamento de áreas contaminadas (BRASIL, 2004; CETESB, 2005).

As principais fontes antrópicas difusas, fornecedoras de compostos nitrogenados são: aplicação de fertilizantes orgânicos e sintéticos nitrogenados, utilização de fossas sépticas, vazamentos das redes coletoras de esgoto e influência de rios contaminados na zona de captação de poços.

O Aquífero Bauru, no estado de São Paulo, abrange totalmente as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI 15, 18, 19, 20, 21 e 22 e parte das UGRHIs

4, 8, 12, 13, 16 e 17, destacando-se assim, como um importante manancial. É constituído pelas rochas dos Grupos Bauru e Caiuá; cuja sedimentação ocorreu em condições essencialmente desérticas e em condições de clima semi-árido com presença de água, conferindo-lhe heterogeneidade litológica. É constituído por arenitos, arenitos argilosos e siltitos, com ou sem cimentação carbonática, e caracteriza-se como uma unidade hidrogeológica sedimentar, permeável por porosidade granular que ocorre de forma livre a localmente semi-confinada a confinada em quase toda a porção oeste do Estado de São Paulo (DAEE; IG; IPT; CPRM, 2005).

2 – OBJETIVO

Neste trabalho foram sintetizados os resultados apresentados para o Aquífero Bauru, nos últimos 12 anos, com o objetivo de avaliar a tendência da concentração desse contaminante nas águas subterrâneas, uma vez que esse Aquífero é largamente utilizado para abastecimento público de água e como solução alternativa de abastecimento, na região oeste do estado de São Paulo.

3 – METODOLOGIA

As bacias do estado de São Paulo são divididas em 22 Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos - UGRHI (Figura 1), sendo que a CETESB monitora o Aquífero Bauru nas UGRHIs 15 a 22. A localização dos pontos de monitoramento da rede CETESB pode ser visualizada na Figura 2.



Figura 1 - Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – UGRHI do estado de São Paulo

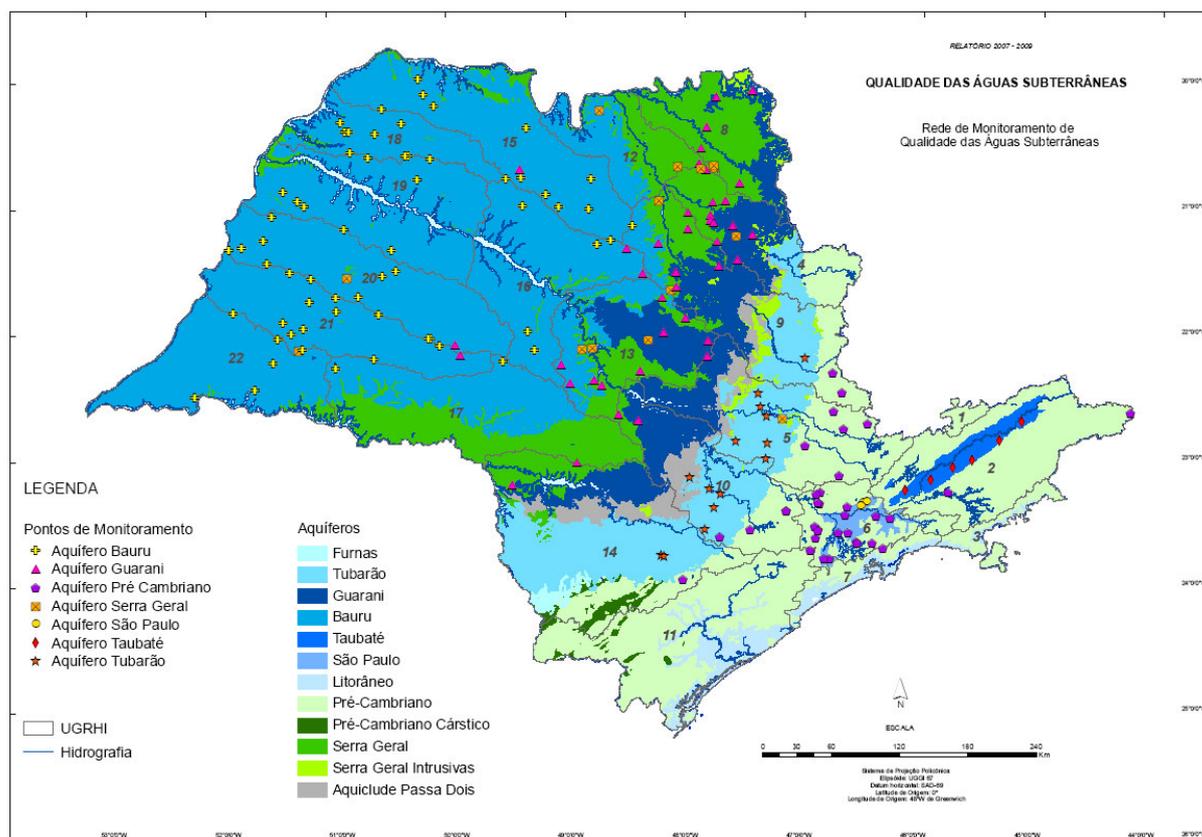


Figura 1 – Pontos da Rede de Monitoramento de qualidade das águas subterrâneas da CETESB

São 61 pontos de monitoramento localizados no Aquífero Bauru. Todos os pontos são poços tubulares de abastecimento público que possuem licença de outorga do DAEE e captam água unicamente nesse aquífero.

As amostras são coletadas semestralmente e a concentração de nitrogênio nitrato total são determinadas nos laboratórios da CETESB, de acordo com Standard Methods of Examination of Water and Wastewater, método 4110C, cromatografia iônica (APHA-AWWA-WEF).

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da evolução das concentrações dos compostos nitrogenados nos poços monitorados pela Rede CETESB mostra aumento desse contaminante no Aquífero Bauru (Lemos et. al., 2002; Barbour, et.al., 2006; Dias et.al. 2007; Modesto et. al., 2009). Esse aquífero, por comportar-se principalmente como um aquífero livre e possuir grande área de

aflorentamento, apresentou em 16,4% dos seus poços concentrações acima do valor de intervenção em alguma amostragem, e 46% deles ultrapassaram o valor de prevenção, no período de 2007 a 2009 (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 – Pontos de monitoramento, no Aquífero Bauru, que apresentaram concentrações de nitrato acima do valor de intervenção no período de 1998 a 2009

Aquífero	UGRHI	Município	Ponto CETESB	Amplitude de Variação do Nitrato (mg L ⁻¹ N-NO ₃)			
				1998 - 2000	2001-2003	2004-2006	2007-2009
Bauru	17	Quatá	107	0,268 – 0,761	0,45 – 10,7	0,382 – 5,72	<0,03 – 0,15
	18	Jales	59	0,03 – 6,3	0,04 – 7,4	0,54 – 2,61	5,98 - 10,9
	19	Andradina	6	5,40 – 17,5	15,0 – 19,2	13,9 – 28,6	14,0 – 20,0
		Muritinga do Sul	76	4,20 – 20,9	5,60 – 22,1	5,69 – 11,6	4,65 – 7,03
	20	Dracena	34	<0,2 – 2,32	<0,02 – 1,3	<0,3 – 10,5	0,15 – 8,93
		Parapuã	90	--	5,19 – 7,57	0,45 – 8,66	5,95 - 10,4
		Pompéia	211	--	--	--	1,6 - 12,4
		Tupã	146	3,89 – 10,8	5,12 – 6,51	0,43 – 6,86	6,72 – 8,37
		Inúbia Paulista	52	5,40 – 18,4	8,18 – 14,4	9,62 – 11,2	5,95 - 11,0
	21	Álvares Machado	158	--	<0,3	0,3 – 1,62	0,1 - 12,2

No gráfico 1 observa-se que os valores de mediana para o Aquífero Bauru variaram de 1 a 2 mg L⁻¹ no período de 1998 a 2009, enquanto o 3º quartil variou de 3 a 5 mg L⁻¹, o que mostra a concentração elevada em alguns pontos monitorados. A análise estatística do período de monitoramento permite concluir que a contribuição de nitrato nos últimos 12 anos é proveniente de fontes antropogênicas, principalmente relativas aos sistemas de tratamento de esgotos domésticos, considerando que a maioria dos pontos está localizada em áreas urbanas. Entretanto, pontos localizados em áreas rurais também mostram desconformidades em relação aos valores de prevenção e intervenção, como nos municípios de Floreal e Quatá.

Tabela 2 – Pontos de monitoramento, no Aquífero Bauru, que apresentaram concentrações de nitrato acima do valor de prevenção no período de 1998 a 2009

UGRHI	Município	Ponto	Amplitude de Variação do Nitrato (mg L ⁻¹ N-NO ₃)			
			1998 - 2000	2001-2003	2004-2006	2007-2009
15	Cajobi	(a)	2,19 – 8,30	0,50 – 1,65	0,87 – 6,15	2,26 – 7,51
	Catiguá	31	0,30 – 1,70	0,36 – 0,92	0,43 – 2,06	1,91 – 6,93
	Macedonia	65	0,57 – 2,00	0,38 – 2,35	<0,20 – 5,19	0,99 – 1,84
	Pedranópolis	95	0,87 – 1,37	0,96 – 2,70	0,47 – 5,08	4,00 – 4,64
	São José do Rio Preto	127	2,40 – 4,20	0,68 – 4,80	0,38 – 7,92	6,96 – 8,39
	Uchoa	147	0,23 – 4,70	0,38 – 4,80	1,16 – 6,90	2,66 – 3,79
16	Avaí	10	2,70 – 8,32	3,47 – 5,30	0,21 – 4,52	4,77 – 6,57
	Presidente Alves	104	1,35 – 5,38	2,35 – 3,30	<0,20 – 3,37	2,98 – 4,09
18	Dirce Reis	26	0,02 – 0,29	<0,05 – 5,75	0,31 – 1,02	1,02 – 1,57
	Floreal	(b)	0,42 – 0,77	0,44 -1,75	<0,20 – 5,92	0,49 – 0,72
	General Salgado	(c)	0,42 – 11,7	0,44 – 1,75	<0,20 – 3,34	5,19 – 5,35
19	Bilac	14	1,36 – 3,20	1,86 – 2,61	2,60 – 3,47	<0,10 – 5,32
	Guaraçaí	44	<0,03 – 0,26	<0,30 – 0,485	<0,30 - <0,30	0,2 – 5,63
20	Clementina	28	1,28 – 7,40	2,93 – 4,36	<0,30 – 5,97	6,67 – 7,89
	Monte Castelo	73	1,82 – 6,77	4,22 – 5,34	5,00 – 8,03	4,42 – 8,68
	Nova Independência	79	2,80 – 5,72	1,47 – 5,72	3,75 – 7,83	5,47 – 7,21
	Panorama	88	1,02 – 1,96	2,16 – 2,92	2,45 – 3,24	2,67 – 6,03
	Pompéia	203	--	--	7,17	3,97 – 8,24
	Santa Mercedes	123	1,90 – 5,61	3,22 – 5,66	3,66 – 6,06	4,19 – 5,10
	Valparaíso	149	0,209 – 4,61	1,57 – 4,84	2,65 – 8,70	2,52 – 9,77
21	Alfredo Marcondes	2	<0,03 - <0,30	<0,30 – 0,713	<0,20 - <0,30	<0,10 – 9,23
	Caiabú	22	0,154 – 0,327	<0,30 – 0,83	<0,20 - <0,30	0,11 – 5,95
	Flórida Paulista	40	0,627 – 1,79	0,822 – 3,73	2,87 – 8,06	<0,30 – 9,22
	Irapuru	54	0,216 – 0,347	<0,30 – 0,985	<0,20 – 6,06	<0,10 – 7,01
	Oriente	85	--	--	--	1,13 – 5,63
	Sagres	117	0,785 – 1,83	0,98 – 1,26	1,21 – 7,07	2,07 – 6,63
	Presidente Prudente	191	--	--	1,29 – 6,06	0,47 – 1,70
22	Teodoro Sampaio	144	0,325 – 0,475	0,36 – 0,998	<0,30 – 6,78	0,55 – 1,57

(a) Entre 1998 a 2000 foi monitorado o poço P223, que foi desativado, e a partir de 2001 está sendo monitorado o poço P23; (b) Entre 1998 a 2000 foi monitorado o poço P220, que foi desativado, e a partir de 2002 está sendo monitorado o poço P39; (c) Entre 1998 a 2000 foi monitorado o poço P218 sendo desativado; entre 2001 e 2008 foi monitorado o poço P42 e, a partir de 2009, está sendo monitorado o poço P219.

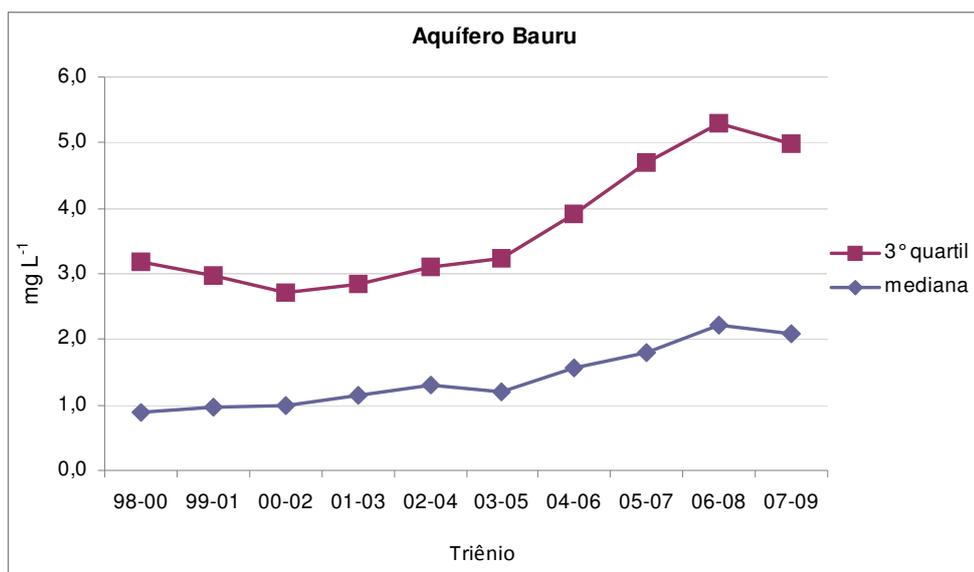


Gráfico 1 – Tendência das concentrações de nitrato no Aquífero Bauru, no período de 1998 a 2009

As concentrações mais elevadas de nitrato ocorrem na UGRHI 20, com valores de mediana acima de 5mg L⁻¹ e 3º quartil acima 7 mg L⁻¹ e mostra tendência de aumento ao longo dos 12 anos de monitoramento (Gráfico 2). Nas UGRHIs 16 e 15 observa-se a mesma tendência, com valores de medianas e 3º quartil da ordem de 3 mg L⁻¹ e 4 mg L⁻¹, respectivamente (Gráficos 3 e 4). Ainda com mesma tendência, a UGRHI 18 apresenta valores mais baixos, com 1 mg L⁻¹ de mediana e 2 mg L⁻¹ de 3º quartil (Gráfico 5).

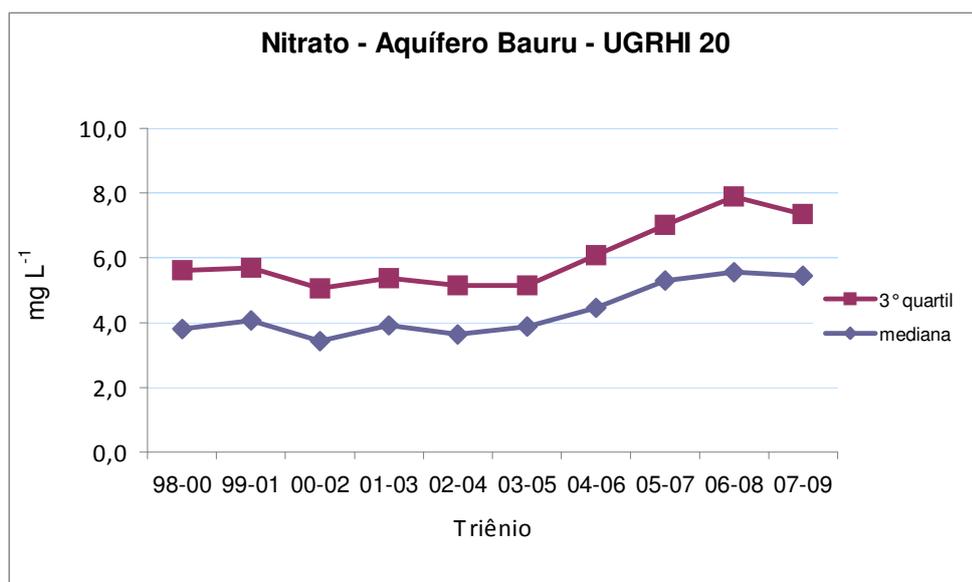


Gráfico 2 – Tendência das concentrações de nitrato no período de 1998 a 2009, na UGRHI 20 - Aguapeí

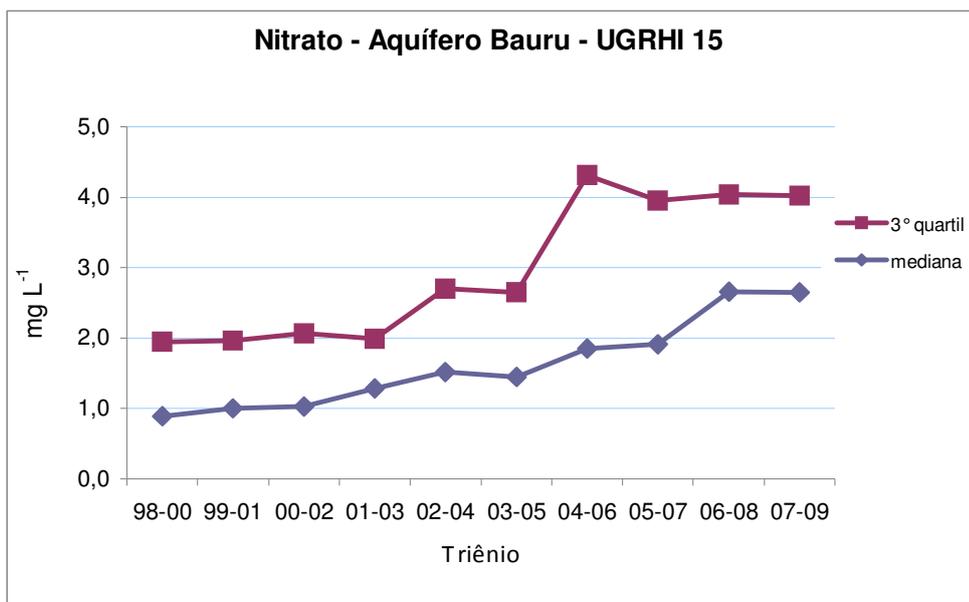


Gráfico 3 – Tendência das concentrações de nitrato no período de 1998 a 2009, na UGRHI 15 – Turvo / Grande

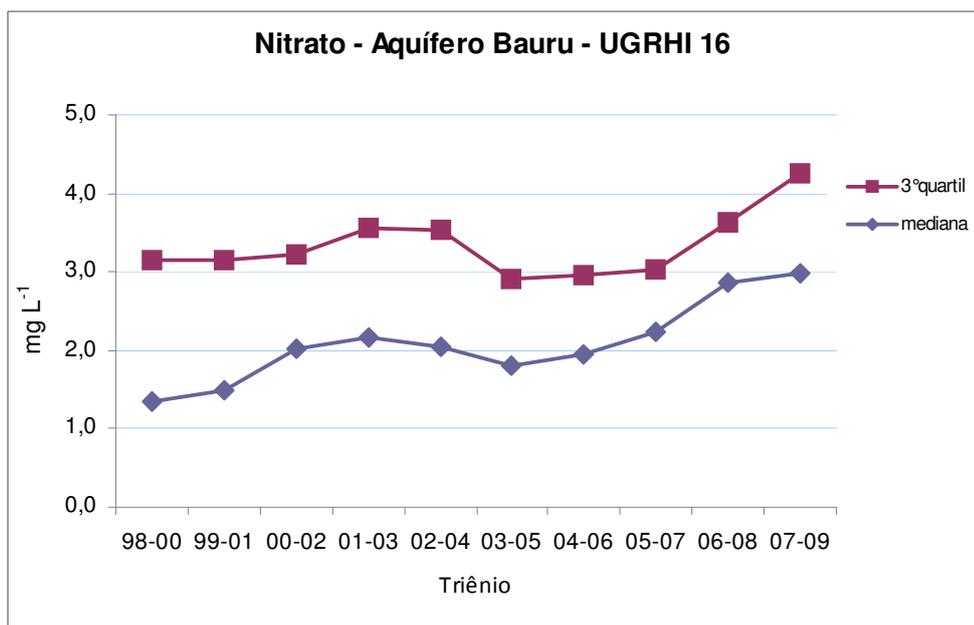


Gráfico 4 – Tendência das concentrações de nitrato no período de 1998 a 2009, na UGRHI 16 – Tietê / Batalha.

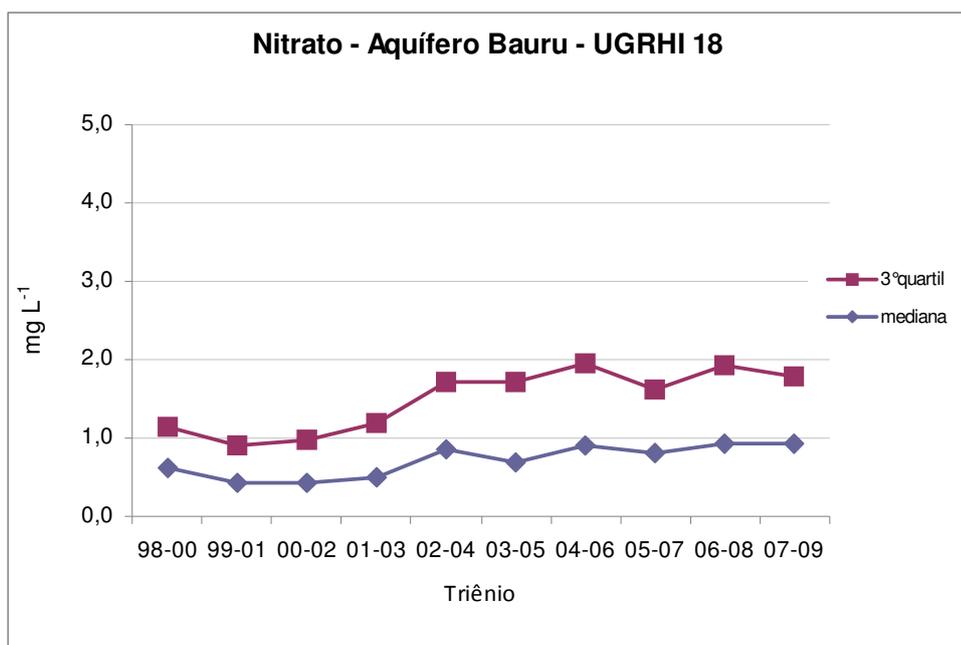


Gráfico 5 - Tendência das concentrações de nitrato no período de 1998 a 2009, na UGRHI 18 – São José dos Dourados

Com tendência de diminuição das concentrações máximas, a UGRHI 19 apresentou a maior redução ao longo das amostragens executadas, embora ainda os valores de 3º quartil estejam na faixa de 6 mg L⁻¹ e de mediana de 2 mg L⁻¹ (Gráfico 6).

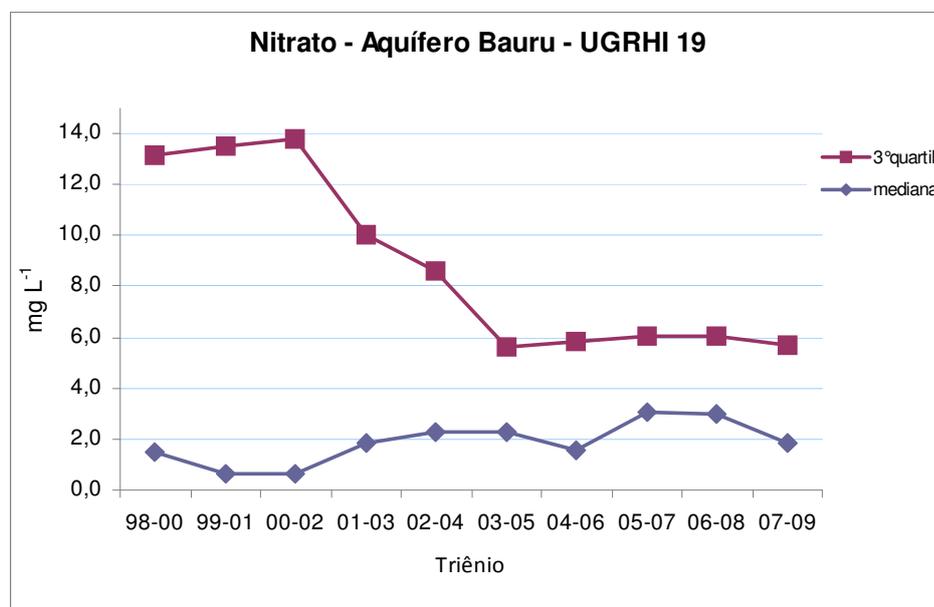


Gráfico 6 - Tendência das concentrações de nitrato no período de 1998 a 2009, na UGRHI 19 – Baixo Tietê

As UGRHIs 21 e 22 mostram essa tendência apenas no último período de monitoramento (2007 – 2009), com valores de 3º quartil da ordem de 4,5 mg L⁻¹ e 2 mg L⁻¹, respectivamente, entretanto o mesmo não se verifica para os valores de mediana (Gráficos 7 e 8).

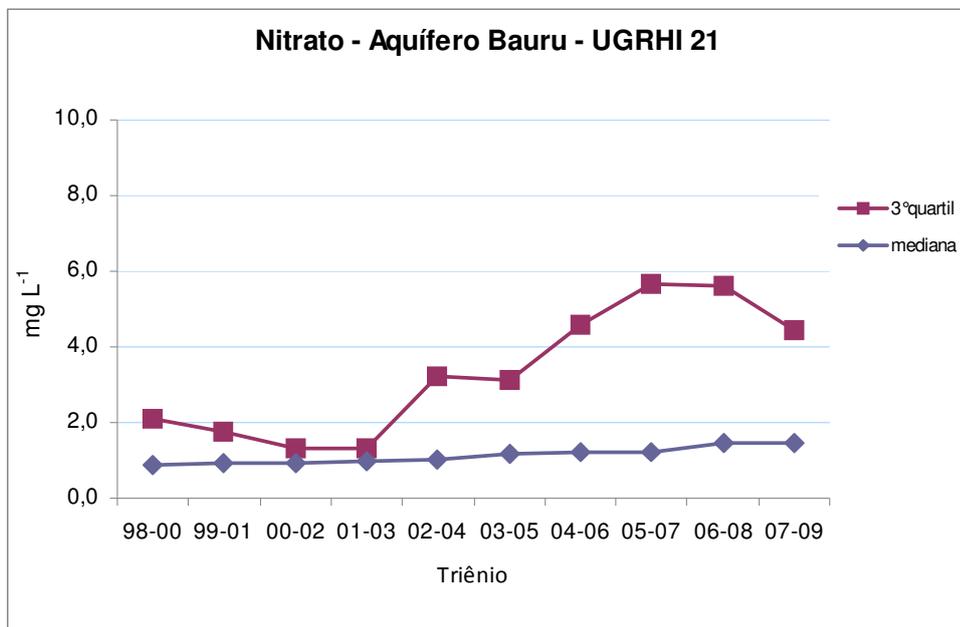


Gráfico 7 - Tendência das concentrações de nitrato no período de 1998 a 2009, na UGRHI 21 - Peixe

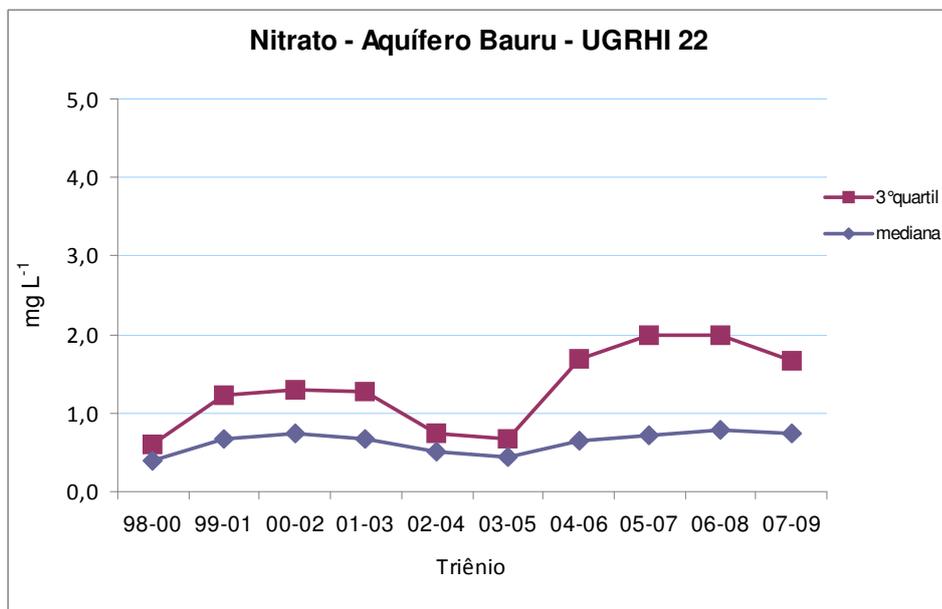


Gráfico 8- Tendência das concentrações de nitrato no período de 1998 a 2009, na UGRHI 22 – Pontal do Paranapanema

Em função da ocorrência de nitrato nas águas subterrâneas, a Secretaria do Meio Ambiente - SMA, por meio do Instituto Geológico, vem desenvolvendo o projeto “Padrões de Ocupação Urbana e Contaminação por Nitrato nas Águas Subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru, Centro-Oeste do Estado de São Paulo” com objetivo de avaliar as tendências de incremento nas concentrações de nitrato nas águas subterrâneas, ao longo do tempo e espaço, frente aos padrões de ocupação urbana nos municípios de Bauru, Marília e Presidente Prudente.

O monitoramento das águas subterrâneas realizado pela CETESB tem identificado problemas regionais que requerem atenção dos órgãos gestores de meio ambiente, recursos hídricos e saúde, de concessionárias e de consumidores de água.

A vulnerabilidade do Aquífero Bauru à contaminação por nitrato tem sido evidenciada, na medida em que as concentrações apresentam tendência de aumento desde a implantação da rede de monitoramento. Faz-se necessário, nas áreas urbanizadas e de expansão urbana, a ampliação e a melhoria das redes públicas de coleta e tratamento de esgotos. E nas áreas rurais, a definição de critérios de aplicação de insumos agrícolas nitrogenados, sejam estes de origem sintética ou derivados de resíduos e efluentes industriais ou domésticos, considerando os limitantes ambientais para assegurar a qualidade desse recurso hídrico, largamente utilizado para abastecimento público.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA-AWWA-WEF. Standard Methods of Examination of Water and Wastewater, versão on line.

BARBOUR, E. D. A.; Dias, C. L.; Casarini, D. C. P; Lemos, M. M. G, 2004. Qualidade das águas subterrâneas no estado de São Paulo. XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. **Anais...** Cuiabá, MT.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria 518 de 25 de março de 2004:** estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília, DF.

CETESB (São Paulo) 1977 **Poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo:** estudo preliminar. São Paulo, 88 p.

CETESB (São Paulo), 1996. **Relatório de qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo.** São Paulo.

CETESB (São Paulo), 1998. **Relatório de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo - 1997.** São Paulo, 106 p. (Série Relatórios).

CETESB (São Paulo), 2001. **Relatório de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo 1998-2000.** São Paulo, 96 p. (Série Relatórios).

CETESB (São Paulo), 2004. **Relatório de qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo 2001-2003**. São Paulo, 103p + anexos (Série Relatórios).

CETESB (São Paulo). Decisão de diretoria nº 195-2005- E, de 23 de novembro de 2005. Dispõe sobre a aprovação dos valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo – 2005, em substituição aos valores orientadores de 2001, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de São Paulo** - Poder Executivo, SP, 3 dez 2005, seção 1, v.115, n.227, p.22-23. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf>

CETESB (São Paulo), 2007. **Relatório de qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo 2004-2006**. São Paulo, 199p (Série Relatórios/Secretaria do Meio Ambiente).

DAEE;IG;IPT;CPRM (São Paulo), 2005. **Mapa de águas subterrâneas do estado de São Paulo**: escala 1:1.000.000: nota explicativa. São Paulo: DAEE: IPT: IG: CPRM, 3 v

DIAS, C. L; Barbour, E. D. A.; Toffoli, F.F.; Modesto R. P.; Ohba, M.S.; Camargo, G.G.; Oliveira Filha, M.T.; Lemos, M. M.; G Marçal, C.; Casarini, D. C. P, 2007. O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo - resultados do período 2004 - 2006". XVII SBRH / 8º SILUSBA. **Anais...** São Paulo, SP.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J., 2000. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2 ed., 391p.

LEMOS, M. M. G; Dias, C. L; Silva, M.F.B.; Bucci, E.M.; Casarini, D. C. P., 2002. Qualidade das águas subterrâneas no estado de São Paulo em poços tubulares utilizados para abastecimento público. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. **Anais...** Florianópolis, SC.

MODESTO R. P.; Dias, C. L; Toffoli, F.F.; Vale, F.R.C., 2009. Evolução das concentrações de nitrato no sistema Aquífero Bauru no Estado de São Paulo – 1992 a 2007. CIMAS. **Anais...** São Paulo, SP.