

---

# Deficiências na desinfecção da água de abastecimento público em um município no nordeste do Estado de São Paulo (Brasil)

---

Sergio DOVIDAUSKAS, Isaura Akemi OKADA, Maria Helena IHA, Maria Aparecida de OLIVEIRA, Marina Miyuki OKADA, Rita de Cássia BRIGANTI

*Núcleo de Ciências Químicas e Bromatológicas, Centro de Laboratório Regional - Instituto Adolfo Lutz de Ribeirão Preto VI*

---

O Programa de Vigilância da Água para Consumo Humano do Estado de São Paulo (Proagua), implantado em 1992 sob coordenação do Centro de Vigilância Sanitária da Coordenadoria de Controle de Doenças (Secretaria de Estado da Saúde), objetiva colaborar na promoção e proteção da saúde da população garantindo a potabilidade da água destinada ao consumo humano. Nessa direção, algumas ações são previstas: colaboração na gestão integrada dos recursos hídricos, analisando e interpretando informações de qualidade desses recursos; cadastro e inspeção de sistemas e soluções alternativas de abastecimento, e avaliação dos relatórios produzidos pelos respectivos responsáveis; monitoramento da qualidade da água para consumo humano por meio da coleta de amostras e análises laboratoriais de vigilância em 8 parâmetros básicos de rotina – coliformes totais e *Escherichia coli*, temperatura, cloro residual livre (CRL), pH, turbidez, cor e fluoreto; análise do perfil epidemiológico da população, procurando relações entre a ocorrência de agravos e o consumo de água<sup>1</sup>.

Em particular, os mananciais subterrâneo e superficial, utilizados para o abastecimento público da Rede Regional de Atenção à Saúde 13 (RRAS 13, no nordeste do Estado de São Paulo), estão atualmente sofrendo um processo de aumento de pressão antrópica pela urbanização e pela crescente industrialização<sup>2</sup>. Tendo em vista esse processo,

e no intuito de obter-se uma caracterização mais detalhada da qualidade da água para consumo humano da região de modo a contribuir com a vigilância na identificação de situações envolvendo fatores de risco à saúde que indicassem ações preventivas ou corretivas, em outubro de 2014 iniciou-se em nosso laboratório um projeto apoiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), que previa a análise de amostras de água de abastecimento público durante um ano. Para essas amostras, oriundas do Proagua, ampliou-se o número de parâmetros investigados de 8 para 23: além daqueles citados anteriormente, foram incluídas as determinações de concentrações de 14 íons ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{ClO}_2^-$ ,  $\text{BrO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ ) por cromatografia iônica, e medidas de condutividade. A aquisição de dados foi iniciada em maio de 2015 e finalizada em abril de 2016, e envolveu a análise de 4347 amostras de águas de abastecimento.

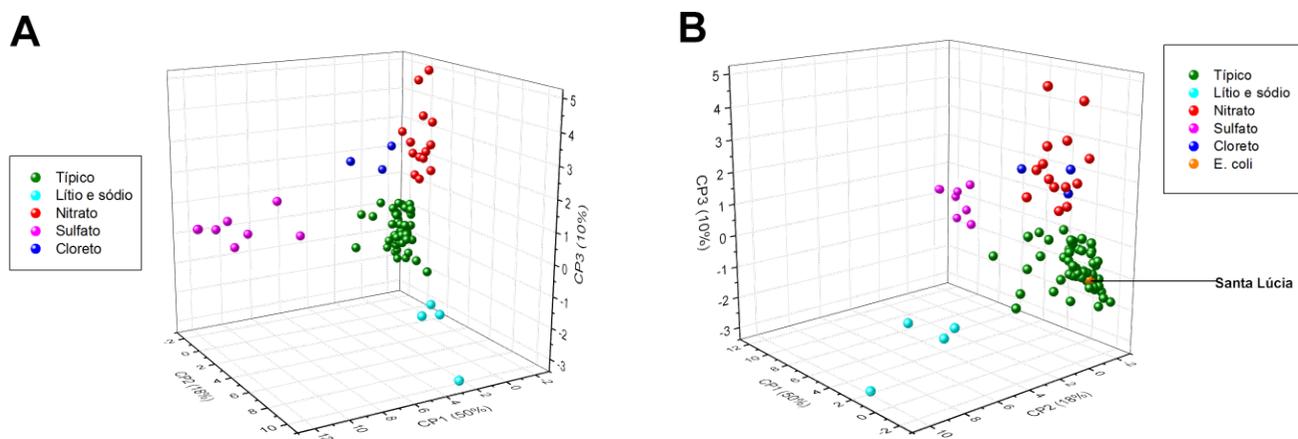
Os reagentes utilizados no laboratório (Sigma-Aldrich e Merck) eram de grau analítico. As soluções aquosas foram preparadas com água tipo I obtida em um sistema de purificação marca Millipore, modelo Milli-Q Direct 8. Cor aparente foi determinada por espectrometria utilizando equipamento marca Merck, modelo Spectroquant NOVA 400. Turbidez foi determinada usando-se equipamento marca Micronal, modelo B250.

Condutividade foi determinada em equipamento marca Metrohm, modelo 912. A cromatografia dos cátions foi realizada em equipamento marca Metrohm, modelo 930 COMPACT IC FLEX DEG, nas seguintes condições: eluente, solução de  $\text{HNO}_3$  1,7 mmol/L contendo 0,7 mmol/L de ácido dipicolínico; vazão, 0,9 mL/min; temperatura ambiente; coluna marca Metrohm, modelo Metrosep C4 150/4.0. A cromatografia dos ânions, foi realizada em equipamento marca Metrohm, modelo 930 COMPACT IC FLEX OVEN/SES/PP/DEG, nas seguintes condições: eluente, solução de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  3,6 mmol/L; supressor, solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  100 mmol/L; vazão, 0,8 mL/min; temperatura, 45 °C; coluna marca Metrohm, modelo Metrosep A Supp 7 250/4.0. Antes da análise cromatográfica, todas as amostras foram filtradas em filtros 0,45  $\mu\text{m}$ . A determinação da presença ou ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* foi realizada pelo método cromogênico e fluorogênico (sistema Colilert, Idexx Laboratories/USA). As medidas de temperatura, pH e CRL foram realizadas no momento da coleta das amostras por agentes das vigilâncias sanitárias municipais.

A análise dos dados por componentes principais de 12 variáveis físico-químicas correlacionadas entre si (medianas dos parâmetros condutividade, pH

e concentrações dos íons  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ ) para cada um de 87 municípios indicou Santa Lúcia como um município cuja água de abastecimento não apresentava variáveis físico-químicas proeminentes, situando-se próximo à origem do gráfico CP1/CP2/CP3 e pertencendo a um grupo de 58 municípios com características similares que foi denominado grupo “Típico” (Figura 1A)<sup>3</sup>. A posição de Santa Lúcia no gráfico CP1/CP2/CP3 é salientada na Figura 1B.

Porém, se a análise multivariada não salientou nenhuma característica físico-química na água de abastecimento público de Santa Lúcia, análises microbiológicas revelaram que os 16 resultados indicando presença de *Escherichia coli* em amostras de água desse município correspondiam a 38 % do total de amostras analisadas (42) para esse município no período. O número de amostras positivas para *Escherichia coli* no período de chuvas (9 positivos, de novembro de 2015 a abril de 2016) foi maior em comparação com o período de seca (7 positivos, de maio a outubro de 2015); esse número expressivo de ocorrências no período de seca sugere que existem dificuldades no processo de desinfecção da água de abastecimento do município, seja no período de seca, seja no período de chuvas.



**Figura 1.** A) Análise de componentes principais de 87 municípios da RRAS 13 e de 12 variáveis físico-químicas (medianas) exibindo a formação de 5 grupos em função das respectivas variáveis proeminentes (o agrupamento hierárquico pelo método Ward exibiu a formação dos mesmos grupos). B) Diferente ponto de observação da Figura A, salientando a posição do município de Santa Lúcia

A Tabela 1 exibe as médias obtidas para os parâmetros físico-químicos básicos do Proagua nos dois semestres citados (seca e chuvas). Turbidez foi o único parâmetro a apresentar diferença significativa (nível de significância  $\alpha = 0,05$ ) entre os dois semestres em teste t bilateral, com  $P = 0,008$ .

**Tabela 1.** Comparação entre as médias de parâmetros físico-químicos básicos obtidos em dois semestres consecutivos

Parâmetro	Médias	
	Semestre: maio a outubro/2015 (seca)	Semestre: novembro/2015 a abril/2016 (chuvas)
Temperatura (°C)	25,0	26,4
pH	7,0	7,0
CRL (mg/L)	0,24	0,25
Cor aparente (uH)	3,4	4,8
Turbidez (uT)	0,3	1,7

Considerando (i) que a turbidez influencia o valor da cor aparente<sup>4</sup>, (ii) que microrganismos podem estar associados às partículas causadoras da turbidez<sup>5</sup>, e (iii) que a turbidez pode interferir na eficiência do processo de desinfecção da água<sup>5</sup>, procurou-se comparar os dados do presente estudo com as médias obtidas em dois anos anteriores (subdivididos nos respectivos semestres de seca e chuvas) e no semestre posterior (maio a outubro de 2016) para os parâmetros CRL, turbidez e cor aparente, relacionando-os com o número de ocorrências de *Escherichia coli*. Para que uma comparação gráfica pudesse ser feita, as ocorrências de *E. coli* foram transformadas em um índice *NEc* definido pela equação

$$NEc = \frac{n_{Ec}^s}{n_{total}^s}$$

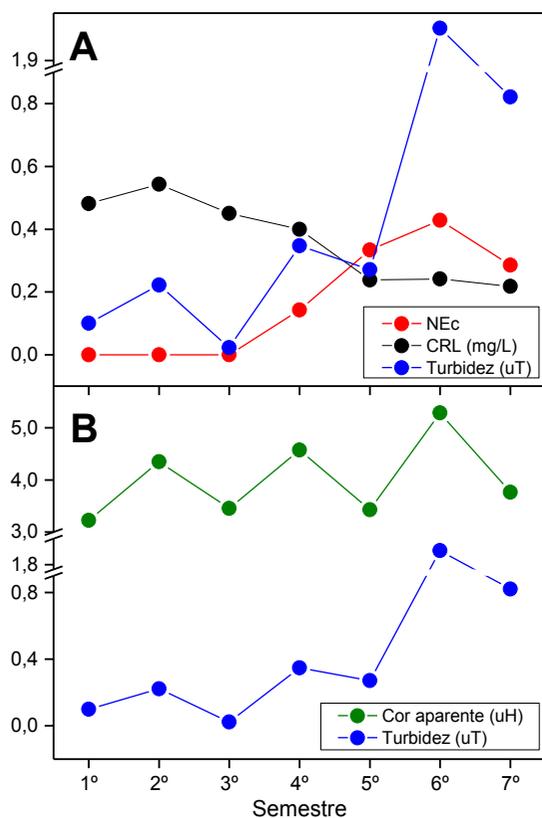
onde:

$n_{Ec}^s$  = número de amostras com resultado positivo para *E. coli* no semestre

$n_{total}^s$  = número total de amostras analisadas no semestre

A Figura 2 exibe as comparações efetuadas. Pode ser notado na Figura 2A um decréscimo nos teores médios de CRL em função do tempo até um valor próximo ao mínimo estabelecido pela Portaria 2914 de 12/12/2011 (0,2 mg/L)<sup>6</sup>, mantido nos 3 últimos semestres. Simultaneamente ocorre uma elevação nos níveis médios de turbidez principalmente nos períodos de chuva e, em especial, a partir do 4º semestre (novembro de 2014 a abril de 2015) quando o índice *NEc* inicia uma tendência de aumento, atingindo o máximo de 0,43 no 6º semestre (novembro de 2015 a abril de 2016); nesse mesmo semestre, a turbidez apresentou também o seu valor médio máximo (1,94 uT). A cor aparente apresenta o mesmo perfil sazonal exibido pela turbidez, com as maiores médias coincidindo com os períodos de chuvas (Figura 2B). É importante ressaltar que a queda do índice *NEc* no último semestre é acompanhada pelas diminuições nos valores de turbidez e cor aparente (Figuras 2A e 2B), mas o seu valor é próximo ao obtido no semestre de seca imediatamente anterior (5º semestre, de maio a outubro de 2015); fazendo a comparação entre os valores de turbidez dos semestres de seca (1º, 3º, 5º e 7º semestres) verifica-se que o maior aumento foi observado entre o 5º e o 7º semestres (de 0,27 para 0,82 uT).

A análise da Figura 2 sugere que, se nenhuma intervenção for efetuada e se as tendências observadas nos gráficos forem mantidas, maiores valores de turbidez e cor aparente serão obtidos no próximo semestre (período de chuvas, novembro de 2016 a abril de 2017) em relação ao 7º semestre; com o nível de CRL sendo mantido próximo ao mínimo exigido pela legislação vigente, é provável que o índice *NEc* aumente novamente, assim como o risco de infecções gastrointestinais<sup>5</sup>. Uma possível intervenção, visando diminuir o índice *NEc*, seria promover uma maior eficiência no processo de filtração da água antes de sua desinfecção, o que levaria a uma diminuição do número de partículas dispersas (diminuição da turbidez) capazes de carrear microrganismos – estudos têm demonstrado que o aumento do risco das infecções gastrointestinais está relacionado a valores mais altos de turbidez nas águas para consumo humano<sup>5</sup>.



**Figura 2.** (A) Comparação do índice NEC com as médias obtidas nos parâmetros CRL e turbidez em sete semestres consecutivos, no período de maio de 2013 a outubro de 2016 (semestres ímpares relacionam-se a períodos de seca, e semestres pares a períodos de chuvas). (B) Comparação entre os valores médios de cor aparente e turbidez no mesmo período

### AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo apoio financeiro (Processo FAPESP nº 2014/10034-2).

### REFERÊNCIAS

1. Centro de Vigilância Sanitária da Secretaria de Estado da Saúde. Programas e projetos / Água para consumo humano - Proágua. [acessado 08/09/2016]. Disponível em [http://10.8.1.70/sitenovo/prog\\_det.asp?te\\_codigo=13&pr\\_codigo=132016](http://10.8.1.70/sitenovo/prog_det.asp?te_codigo=13&pr_codigo=132016).
2. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). *Qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo 2013-2015*. São Paulo: CETESB; 2016.
3. Dovidauskas S, Okada IA, Iha MH, Cavallini ÁG, Briganti RdC, Okada MM. Mapeamento e modelagem da qualidade da água no nordeste do Estado de São Paulo. 39ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. 2016. Disponível em <http://www.s bq.org.br/39ra/cdrom/>.
4. APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19th ed. AD E, LS C, AE G, editors. Washington DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation; 1995.
5. World Health Organization - WHO. *Guidelines for Drinking Water Quality*. 4th ed. Geneva: WHO; 2011.
6. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, 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] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 14 dez. 2011. Seção 2011, p. 2039-2046.