

PRESENÇA DE METAIS EM ÁGUA DE FONTES DE ABASTECIMENTO DURANTE ÉPOCA DE CHUVAS

PRESENCE OF METALS IN SUPPLY DRINKING WATER SOURCES IN THE RAINY SEASON

Fernanda de Rezende Pinto¹; Mayhara Martins Cordeiro Barbosa², Ana Paula Nunes², Laudicéia Giacometti Lopes³; Luiz Augusto do Amaral¹, Helen Lira Henrique Torres²

1. Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Reprodução Animal, FCAV/UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, São Paulo, Brasil, CEP: 14.049.900

2. Centro de Aquicultura da Unesp, Jaboticabal, São Paulo, Brasil

3. Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Jaboticabal, Jaboticabal, São Paulo, Brasil

E-mail: f_rezendevet@yahoo.com.br

Abstract

Wells and springs are important water sources in rural areas, and are susceptible to metal contamination from organic wastes and agrochemicals. The objective of this study was to analyze cadmium, lead, chromium, copper, cobalt, nickel, zinc, iron and manganese concentrations in 30 supply of drinking water sources used for human consumption in rural area of Córrego Rico microbasin, Jaboticabal, Brazil, during the rainy season (February-April 2009). The determination of metals was performed by electrothermal activated atomic absorption spectroscopy equipped with graphite furnace. Water classification followed human consumption standard according to Decree 518/04, issued by the Brazilian Health Ministry. Copper, chromium, cobalt, nickel and zinc concentrations were lower than the maximum limit permitted (MLP) for human consumption. However, cadmium, lead, iron and manganese concentrations were higher than MLP in 10, 8, 17 and 3 sources, respectively, with rendering natural sources unserviceable. These sources should be frequently monitored to ensure water quality.

Keywords: groundwater, rural area, trace-elements.

Introdução

A água é essencial à vida e o abastecimento de modo satisfatório, seja em relação à qualidade, quantidade e acesso, deve ser assegurado a todos os seres vivos. O uso inadequado dos recursos hídricos disponíveis reflete o atual quadro de escassez e deterioração da qualidade da água, e a ocupação do solo, na bacia hidrográfica de um manancial, pode introduzir na água poluentes inorgânicos, dentre eles metais, que comprometem seus usos (Who, 2006).

A qualidade da água é possivelmente o indicador mais sensível dos impactos causados pelas atividades agropecuárias, pois praticamente toda inadequação do manejo resultará em consequências negativas sobre as águas, seja no ambiente imediato no qual se desenvolve a atividade produtiva, seja no seu entorno. Nesse sentido, a avaliação de alterações na qualidade das águas tem um caráter composto, que reflete as consequências de ações de manejo em geral (Rodrigues et al., 2010).

No meio rural, as principais fontes de abastecimento de água são as nascentes e poços. Geralmente essas fontes não estão totalmente protegidas contra a contaminação, e muitas vezes a qualidade da água está inapropriada para consumo. Entre os fatores que podem causar contaminação na água pode-se destacar a construção inadequada de fossas, a criação de animais próximos à fonte, o despejo de resíduo animal sem tratamento diretamente no solo, a aplicação de produtos químicos como agrotóxicos e fertilizantes em área próxima à captação de água. Esses contaminantes atingem a fonte de água através do escoamento superficial ou pela lixiviação e percolação no solo, influenciado, principalmente, pela ação de erosão e de chuvas (Amaral et al, 2003; Conboy e Goss, 2000).

Os padrões de qualidade da água possuem a finalidade de assegurar a saúde humana e o meio ambiente, disciplinando sua utilização. No Brasil, o órgão responsável pela normatização e padronização da água de abastecimento humano é o Ministério da Saúde, que por meio da Portaria n. 518 (BRASIL, 2004) apresenta os padrões de qualidade da água de consumo humano.

O risco da ocorrência de surtos de doenças veiculadas pela água no meio rural é alto, principalmente pela possibilidade de contaminação bacteriana dessas águas, que são captadas em poços muitas vezes velhos, inadequadamente vedados e próximos de fontes de contaminação como fossas e áreas de pastagens de animais (Amaral et al., 2003). Somando a essas colocações, Conboy e Goss (2000) citam que a deposição diária de resíduo orgânico animal no solo aumenta o risco da contaminação da água subterrânea.

Outra questão que vem afetando a qualidade da água em todo mundo é a presença de substâncias nocivas ao ser humano e aos animais. Os problemas de saúde associados à presença de substâncias

químicas na água diferem dos relacionados à contaminação microbiológica, e decorrem principalmente da capacidade dos constituintes químicos causarem efeitos adversos à saúde após longos períodos de exposição. Existem poucos produtos químicos que podem causar danos à saúde resultantes de uma única exposição, exceto em contaminação massiva acidental em reservas de água. Além disso, experiências anteriores mostraram que em muitos, mas não em todos, incidentes desta natureza, a água torna-se impossível de ser ingerida, devido ao gosto, odor e aparência inaceitáveis (Who, 2006).

A presença de substâncias químicas dissolvidas pode ser natural e decorrente do elevado poder solvente da água ou de natureza antropogênica. É, portanto, resultado das características específicas da bacia, incluindo aspectos geomorfológicos, da intensidade e da natureza de atividades industriais e agrícolas, além de características inerentes à própria substância, tais como solubilidade e persistência no solo e na água (Azevedo e Chasin, 2003).

Dentre as substâncias químicas inorgânicas que contaminam os reservatórios hídricos superficiais e subterrâneos estão os metais pesados. Estes causam, devido as suas propriedades de persistência no ambiente, bioacumulação e biomagnificação na cadeia trófica, alterações nas interações entre os parâmetros físicos, químicos e biológicos de um determinado ecossistema, bem como sérios problemas toxicológicos para os organismos vivos, inclusive o ser humano (Baird, 2002).

Os 20 elementos considerados tóxicos para a saúde humana são: mercúrio, cádmio, tálio, chumbo, arsênio, manganês, cromo, níquel, selênio, telúrio, antimônio, berílio, cobalto, molibdênio, estanho, tungstênio e vanádio, sendo que os dez primeiros listados são os de maior utilização industrial e, conseqüentemente, os mais estudados do ponto de vista toxicológico (Tavares e Carvalho, 1992). Segundo Esteves (1998), muitos desses elementos são essenciais à vida, e necessários em concentrações muito baixas (níveis em parte por milhão - ppm ou parte por bilhão - ppb). Já os metais como mercúrio, chumbo, cádmio, níquel e cromo não exercem nenhuma função no ciclo biológico, sendo suas concentrações naturais também em ppm e ppb. Nas duas formas, concentrações crescentes de metais acima das naturais passam do nível tolerável ao tóxico.

Os metais são adicionados aos sistemas hídricos por meios naturais, como processos geoquímicos, tais como o intemperismo de rochas e a erosão de solos ricos nestes materiais. No entanto, nas últimas décadas, têm sido verificadas inúmeras alterações ambientais provenientes, sobretudo, dos processos antrópicos, como a urbanização, industrialização e a agricultura (Esteves, 1998).

Segundo Alloway e Ayres (1997) a agricultura destaca-se como uma fonte difusa de poluição por metais, sendo de difícil controle. Os metais podem ser originados de impurezas de fertilizantes (cádmio, cromo, molibdênio, chumbo, urânio e zinco), moléculas em formulações de agrotóxicos (cobre, arsênio, mercúrio, chumbo, manganês e zinco), substâncias utilizadas como preservantes de madeira (arsênio, cobre e cromo), além de estarem presentes em despejos de dejetos animais, particularmente de suínos e aves (cobre e zinco).

O cádmio é o metal menos abundante na crosta terrestre e causa lesões no fígado, disfunções renais e ósseas. Suas fontes geralmente são corrosão de tubulações galvanizadas, efluentes de refinaria de metais, indústria siderúrgica e de plásticos e descarte de pilhas, tintas e fertilizantes agrícolas (Brasil, 2006).

O chumbo não possui função fisiológica no organismo e causa retardo no desenvolvimento físico e mental de crianças, problemas de rins e elevação de pressão em adultos; além de interferência no metabolismo da vitamina D. Pode ser encontrado em corrosão de instalações hidráulicas prediais e erosão de depósitos naturais (Navas-Pereira et al., 1985).

O cobre é essencial aos humanos em pequenas quantidades. Exposição de curto prazo causa desarranjos gastrointestinais, em exposição de longo prazo causa lesões no fígado e nos rins. Em excesso causa a Síndrome de Wilson e imunodeficiência. É encontrado em corrosão de instalações hidráulicas prediais, erosão de depósitos naturais, preservantes de madeira e agrotóxicos (Piveli, 2007). O cromo é responsável por, a longo prazo, causar o desenvolvimento de dermatites alérgicas. Sua forma trivalente é essencial do ponto de vista nutricional, sendo não tóxico e pobremente absorvido no organismo, já o cromo hexavalente é altamente tóxico e afeta os rins e o sistema respiratório. É encontrado em efluentes de indústrias de aço e celulose e erosão de depósitos naturais (Mariani, 2006; Brasil, 2006).

O níquel possui efeito carcinogênico, com sintomas respiratórios de intoxicação e dermatites de contato. Os sais de ferro e manganês (por exemplo, carbonatos, sulfetos e cloretos) quando oxidados formam precipitados e conferem à água sabor e uma coloração que pode provocar manchas em sanitários, em roupas e em produtos industriais como o papel (Navas-Pereira et al., 1985). Salvo casos específicos, em virtude das características geoquímicas das bacias de drenagem, os teores de ferro e manganês solúveis em águas superficiais tendem a ser baixos. Águas subterrâneas estão mais propensas a apresentar teores mais elevados. Na água distribuída, problemas mais frequentes estão relacionados com a corrosão e com a incrustação em tubulações (Mariani, 2006; Piveli, 2007).

O uso e ocupação do solo é um fator que influencia as concentrações de metais na água e sedimentos. Existe correlação positiva entre ausência de mata ciliar e aumento na contaminação por metais em corpos hídricos em área de agricultura, pois Corbi et al. (2006) determinaram na água e sedimento de córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar, concentrações de cobre (Cu) e zinco (Zn) maiores em córregos que não possuíam mata ciliar. Para os autores, a contaminação por Cu poderia ser

originária de esgotos domésticos e industriais ou da lixiviação de produtos agrícolas pela chuva, enquanto que os altos valores de Zn relacionavam-se à atividade de queima da cana, comum na região do estudo.

Assim, os objetivos deste estudo foi determinar a concentrações dos elementos ferro (Fe), manganês (Mn), cádmio (Cd), cobre (Cu), zinco (Zn), chumbo (Pb), níquel (Ni), cobalto (Co) e cromo (Cr) na água das fontes de abastecimento, na estação de chuva.

Metodologia

O estudo foi realizado em 30 propriedades rurais dentre as 155 situadas na microbacia hidrográfica do Córrego Rico, no Estado de São Paulo, Brasil. Essa microbacia está vinculada ao Comitê de Bacias do Rio Mogi-Guaçu (São Paulo, 1974) e localizada na porção centro-norte do Estado de São Paulo, região administrativa de Ribeirão Preto, e abrange, em sua totalidade, os Municípios de Monte Alto, Jaboticabal, Santa Ernestina, Taquaritinga e Guariba. A posição geográfica é definida pelas coordenadas, latitudes 21°10'S e 21°27'S e longitude 48°08'WGr e 48°33'WGr, com extensão de aproximadamente 541 km² entre altitudes de 410m a 740m, conforme as Cartas Topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo, elaboradas em 1971 (Figura 1) (Italiano et al., 2003).

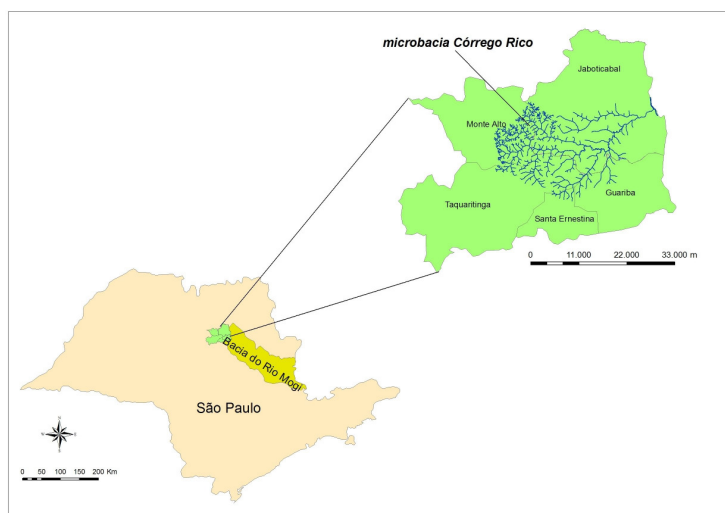


Figura 1. Localização da microbacia hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo (Zanini, 2009).

Colheita das amostras de água

As amostras de água foram colhidas nas fontes de abastecimento das propriedades rurais (poços e nascentes) durante a estação de chuvas (fevereiro a abril de 2009). Para isso, 500 mL de água foram acondicionados em garrafas de plástico contendo 1,5 mL de ácido nítrico (HNO₃) ultra-puro 10% v/v (Cetesb, 1987). As amostras foram mantidas em caixas isotérmicas com gelo, e destinadas ao Laboratório de Biomassa do Departamento de Engenharia Rural da FCAV – UNESP, onde foi realizada a determinação dos metais.

Determinação de metais em água de fonte de abastecimento

A determinação dos metais ferro (Fe), manganês (Mn), cádmio (Cd), cobre (Cu), zinco (Zn), chumbo (Pb), níquel (Ni), cobalto (Co) e cromo (Cr) foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica em forno de grafite (Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry - GF AAS), segundo o método 200.9 da Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana (Epa, 2005). O instrumento utilizado para as análises foi um Espectrômetro de Absorção Atômica com forno de Grafite, marca GBC, modelo 932, equipado com sistema de correção de background por arco de deutério e sistema de amostrador automático PAL 3000, acoplado a uma workstation com software Avanta versão 1.33 e Tubos de grafite cobertos piroliticamente (marca Photron).

A validação da metodologia de determinação dos elementos por GF AAS foi realizada antes de sua utilização, para garantir a qualidade dos resultados. Para isso, verificaram-se a linearidade, os limites de detecção e quantificação para cada elemento, a exatidão e a precisão do método (Anvisa, 2003). Para a exatidão, adotou-se o teste de adição e recuperação do analito em amostras de água livre dos elementos, e o critério de aceitação da recuperação foi 80 a 120% dos elementos adicionados (Anvisa, 2003). Para

calcular a precisão, utilizou-se o coeficiente de variação (CV) obtido de medidas em triplicata de cada concentração de solução-padrão da curva analítica de cada elemento, e o critério de aceitação da precisão foi CV menor que 20% (Anvisa, 2003).

Descobertas e Discussões

Validação da metodologia de determinação dos elementos por GF AAS

A água de consumo humano é uma das principais fontes de exposição à contaminantes orgânicos, tais como agrotóxicos, e inorgânicos, como metais. O desenvolvimento de métodos analíticos simples, rápidos e seguros é importante principalmente para uso em laboratórios que analisam amostras de água rotineiramente (Latino et al., 1995). Para garantir que um método analítico forneça informações confiáveis e interpretáveis sobre a amostra, ele deve passar pelo processo de validação, que oferece evidências objetivas de que são adequados para o uso desejado. A validação deve garantir, por meio de estudos experimentais, que o método atenda às exigências das aplicações analíticas, assegurando a confiabilidade dos resultados (Anvisa, 2003).

As curvas analíticas, o intervalo linear, o coeficiente de correlação e os limites de detecção e quantificação para os elementos estudados na determinação de metais por GF AAS estão na Tabela 1.

Tabela 1. Curvas analíticas dos metais, intervalo linear, coeficiente de correlação (R^2), limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ) obtidas em GF AAS.

Elemento	Equação da reta	Intervalo ($\mu\text{g L}^{-1}$)	R^2	LD ($\mu\text{g L}^{-1}$)	LQ ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Cádmio	$y = 0,067x - 0,002$	0,5 a 1,5	0,997	0,10	0,14
Chumbo	$y = 0,003x + 0,002$	5 a 15	0,999	1,32	4,39
Cobre	$y = 0,016x + 0,001$	4,5 a 13,5	0,998	3,83	12,75
Cobalto	$y = 0,005x + 0,122$	25 a 75	0,982	0,57	1,72
Níquel	$y = 0,045x - 0,076$	12,5 a 37,5	0,987	2,44	8,13
Cromo	$y = 0,047x + 0,021$	25 a 76	0,999	1,45	4,83
Ferro	$y = 0,001x + 0,226$	20 a 100	0,990	2,6	8,7
Zinco	$y = 0,0055x + 0,2348$	25 a 74	0,985	1,9	6,2
Manganês	$y = 0,0118x + 0,1005$	10 a 25	0,997	2,84	9,50

As equações de reta indicaram que o método apresentou maior sensibilidade para o Cd, pois este elemento apresentou o maior coeficiente angular (0,067). O método apresentou menor sensibilidade para o Fe, seguido pelo Pb, com os coeficientes de 0,001 e de 0,003, respectivamente. Os coeficientes de determinação obtidos concordaram com os critérios estabelecidos pela Anvisa, estando iguais ou acima de 0,99 (Anvisa, 2003) (Tabela 1)

Os valores dos LD obtidos no estudo variaram entre 0,10 $\mu\text{g L}^{-1}$ para Cd e 3,83 $\mu\text{g L}^{-1}$ para Cu. Os LQ variaram entre 0,14 $\mu\text{g L}^{-1}$ para Cd e 12,75 $\mu\text{g L}^{-1}$ para Cu (Tabela 21). Quando se realiza a comparação entre os LD e LQ do método e os valores máximos permitidos (VMP) pela legislação para metais em água potável, verifica-se o método tem capacidade de quantificar e de detectar abaixo dos valores máximos permitidos na legislação para consumo humano (Brasil, 2004).

A exatidão do método variou entre 73 e 131% de recuperação e, exceto para as três maiores concentrações de Cd e a menor concentração de Ni, encontrava-se entre 80 e 120%, critério adotado para aceitação dos resultados e a precisão, que é expressa como coeficiente de variação, esteve entre 1% e 17%, alcançando os critérios adotados que consistem em CV menor que 20% (Anvisa, 2003). Os resultados indicaram que o método validado para análise de Cd, Pb, Co, Cu, Ni, Cr, Zn, Mn e Fe por GFAAS apresentou confiabilidade e pode ser utilizado com segurança, para determinações desses metais na água das fontes das propriedades rurais da microbacia do Córrego Rico.

Determinação de metais em água de fonte de abastecimento

Na Tabela 2 estão apresentados os valores máximos permitidos (VMP) dos metais em água para consumo humano (Brasil, 2004).

Tabela 2. Valores máximos permitidos na legislação para metais em água para consumo humano, segundo a Portaria nº 518/2004 (Brasil, 2004).

Metal	VMP ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Cádmio	5
Chumbo	10
Cobalto	- **
Cobre	-
Cromo	50
Ferro	300
Níquel	-
Zinco	5000
Manganês	100

** Não contemplado na legislação.

Foram analisadas 30 amostras de água na estação de chuva. Os elementos cromo, cobre, cobalto, níquel e zinco apresentaram concentrações abaixo do VMP para água de consumo humano.

Para cromo, em dez fontes (33,3%) o metal não foi detectado, em 14 (46,7%) os valores estavam abaixo do LQ do método utilizado. Nas demais, as concentrações variaram de $7,29 \mu\text{g L}^{-1}$ a $38,36 \mu\text{g L}^{-1}$.

Em relação a cobalto, em sete fontes (23,3%) o metal não foi detectado, e esteve abaixo do LQ em 18 (60%). Nas demais, as concentrações variaram de $1,86 \mu\text{g L}^{-1}$ a $3,59 \mu\text{g L}^{-1}$.

O níquel não foi detectado em oito fontes (26,7%), e em 16 (53,3%) estava abaixo do LQ. Nas demais, variou de $8,10 \mu\text{g L}^{-1}$ a $20,65 \mu\text{g L}^{-1}$.

Para cobre, em apenas uma fonte (3,3%) o elemento não foi detectado, nas demais, as concentrações variaram de $2,63 \mu\text{g L}^{-1}$ a $56,65 \mu\text{g L}^{-1}$.

Para zinco, em todas as amostras foram quantificados valores abaixo do VMP, e as concentrações variaram de $13,57 \mu\text{g L}^{-1}$ a $487,64 \mu\text{g L}^{-1}$.

Os elementos cádmio, chumbo, ferro e manganês apresentaram concentrações acima do VMP para água de consumo humano (Brasil, 2004).

Para cádmio, em 10 fontes (33,3%) os valores foram acima do VMP, e as concentrações variaram de $0,30 \mu\text{g L}^{-1}$ a $24,20 \mu\text{g L}^{-1}$.

O chumbo estava acima do VMP para consumo humano em oito fontes (26,7%). As concentrações variaram de $4,86 \mu\text{g L}^{-1}$ a $82,02 \mu\text{g L}^{-1}$. Em uma fonte (3,3%) e três (10%) estava abaixo do LD e do LQ, respectivamente.

Para ferro, nas 30 fontes foram encontradas concentrações acima do LQ do método, variando de $15,0 \mu\text{g L}^{-1}$ a $2.030,54 \mu\text{g L}^{-1}$, sendo que em 17 fontes (56,7%) apresentaram concentração acima do VMP para consumo humano.

Para manganês, em uma fonte (3,3%) o elemento não foi detectado, e em duas (6,7%) estava abaixo do LQ do método. Nas demais as concentrações variaram de $9,65 \mu\text{g L}^{-1}$ a $248,70 \mu\text{g L}^{-1}$, sendo que em três fontes (10%) estava acima do VMP para consumo humano.

Destaca-se a presença dos elementos cádmio, chumbo, ferro e manganês nas amostras analisadas. Resultados semelhantes foram verificados por Raposo Jr et al. (2008), na análise de 31 poços semi-artesianos em Culturama – MS, pois magnésio, cádmio e ferro foram os metais que apresentaram concentrações acima do valor máximo para consumo humano, enquanto cromo, cobalto, cobre e zinco estavam dentro dos valores permitidos. Além disso, os autores relacionaram a presença atividade agrícola como provável fonte dos metais na região.

Silva e Araújo (2003) também verificaram concentrações de chumbo e manganês acima das permitidas em amostras de água subterrânea de consumo humano, em duas áreas urbanas da cidade de Feira de Santana - BA. Segundo os resultados, das 240 amostras de água analisadas, oriundas de poços rasos, 6,7% e 1% apresentaram concentrações de chumbo e manganês não atendiam o estabelecido pela legislação. No entanto, em 100% das amostras, as concentrações de cádmio, cobre e zinco estavam de acordo com os limites máximos permitidos. Segundo os autores, o consumo da água subterrânea na região representava risco à saúde, e era necessária a investigação das fontes poluidoras que comprometiam o aquífero.

A ocorrência de metais em águas pode ter origem natural ou antrópica, sendo esta última proveniente de lançamentos de efluentes industriais e domésticos ou por lixiviação de produtos agrícolas e de resíduos sólidos. Os elementos mais encontrados nos ecossistemas aquáticos oriundos da ação antrópica são ferro, manganês, cobre, chumbo, zinco, cromo, níquel, cádmio, alumínio e, dependendo das atividades desenvolvidas na região, o mercúrio. Já as fontes naturais de metais que podem alterar os mananciais subterrâneos são a deposição atmosférica, os processos químicos de dissolução e/ou hidrólise no aquífero e mistura com esgoto e/ou águas salinas por intrusão (Freitas et al., 2001).

Elementos como manganês, zinco, cobre e cobalto são comumente encontrados nos suplementos minerais para bovinos e fertilizantes químicos, assim como cádmio, cromo, zinco, cobre e manganês podem estar presentes em formulações de agrotóxicos (Facchinelli et al., 2001). O cromo é também utilizado em alimentação de ruminantes e suínos, principalmente em situações de estresse (doenças, gestação e transporte) e no curtimento de couro animal. Concentrações de cromo na água subterrânea são muito baixas (inferiores a $1,0 \mu\text{g L}^{-1}$) (Who, 1998).

Tanto o ferro como o manganês são elementos frequentemente encontrados na composição geológica da terra, sendo assim facilmente encontrados em corpos aquáticos, mesmo que em concentrações muito baixas (Who, 1998). A presença do ferro em concentrações elevadas na água das fontes deste estudo pode estar relacionada à característica do solo da região da microbacia do Córrego Rico, que é rica nesse elemento (Pissarra et al., 2004). Além disso, a presença de ferro em água de poços pode estar relacionada à geologia da área, bem como à ocorrência de ferrobactérias ou mesmo à corrosão do revestimento ou filtro do poço (Santos, 2000). Atividades antropogênicas com a utilização de corretivo de solo ou fertilizantes químicos também aumentam as concentrações de ferro na água subterrânea (Yabe e Oliveira, 1998).

Para manganês, a utilização de agroquímicos, principalmente fungicidas, pode ter contribuído para entrada desse elemento no lençol freático. A esse respeito, Menezes et al. (2009) relacionaram a ocorrência de manganês em níveis acima do permitido para consumo humano em águas superficiais e dos poços profundos, na Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos – RJ, com a presença de resíduos de fertilizantes e fungicidas utilizados na microbacia, bem como a composição das rochas da região.

Em geral, ferro e manganês não estão associados a problemas de saúde, mas sim com o padrão de aceitação da água para consumo. Os sais de ferro e manganês (por exemplo, carbonatos, sulfetos e cloretos) quando oxidados formam precipitados e conferem à água sabor e uma coloração que pode provocar manchas em sanitários e em roupas. Salvo casos específicos, em virtude das características geoquímicas das bacias de drenagem, as concentrações de ferro e manganês solúveis em águas superficiais tendem a ser baixos. Águas subterrâneas estão mais propensas a apresentar concentrações mais elevadas. Na água distribuída, problemas mais frequentes estão relacionados com a corrosão e com a incrustação em tubulações (Brasil, 2006).

O cádmio ocorre em fosfatos usados como fertilizantes (concentrações de 10 a 100 mg L^{-1}) podendo ocorrer em resíduos de galvanoplastia (até 1 mg L^{-1}), há liberação de cádmio na metalurgia do zinco e em processos de combustão (carvão, óleo, gasolina, papel, madeira) (Bizarro et al. 2008). A presença de cádmio, assim como ferro e manganês nas águas subterrâneas do presente estudo, pode ter sido ocasionada pela pouca profundidade da maioria dos poços estudados, fato que facilita a percolação desses elementos pelo solo. Além disso, o predomínio de atividade agrícola que utiliza agroquímicos em grande escala, pode ter contribuído para a determinação de teores elevados dos metais.

O chumbo não é comum em águas naturais e é responsável por sérios problemas de intoxicação. É introduzido facilmente no ambiente a partir de encamentos e soldas, plásticos, tintas, pigmentos, metalurgia (Brasil, 2006). Na área do estudo, não havia as principais fontes de chumbo, já que elas são referentes a processos industriais. Mas a presença de elevadas concentrações desse metal na água das fontes, principalmente poços, podem estar relacionadas aos próprios sistemas de captação e distribuição da água que fornece o metal, principalmente por meio de corrosão química ou microbiológica das tubulações (Goyer, 1989).

Conclusões

Foram verificadas amostras de água das fontes de abastecimento em desacordo com os padrões de potabilidade humana, principalmente em relação à presença dos metais cádmio, chumbo, ferro e manganês, podendo representar riscos à saúde dos consumidores. É preciso monitorar frequentemente os poços localizados em área rural, para garantir a qualidade da água, procurando identificar e controlar as fontes de contaminação.

Agradecimento: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo suporte financeiro (processo nº 07/54939-5).

Referências

ALLOWAY, B. J.; AYRES, D. C. **Chemical Principles of Environmental Pollution**, 2. ed., Ed. Chapman & Hall: Nova Iorque, 1997, 441p.

AMARAL, L. A.; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O. D.; FERREIRA, L. A. F.; BARROS, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 37, p. 501-501, 2003.

ANVISA. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/re/899_03re.htm>. Acesso em 23 jan. 2003.

AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. 1 ed. Rima: São Carlos, 2003, 340p.

BAIRD, C. **Química ambiental**. 2ª ed. Bookman: Porto Alegre. 2002, 622 p.

BIZARRO, V. G.; MEURER, E. J.; TATSCH, F. R. P.; Teor de cádmio em fertilizantes fosfatados comercializados no Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.1, p.247-250, 2008.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria n. 518 de 25 de março de 2004. Procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 mar. 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 252 p.

CETESB. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo: CETESB, 1987.150p.

CONBOY, M. J.; GOSS, M. J. Natural protection of groundwater against bacteria of fecal origin. **Journal of Contaminant Hydrology**. Amsterdam, v. 43, n. 1, p. 1-24, 2000.

CORBI, J. J.; STRIXINO, S. T.; SANTOS, A.; DEL GRANDE, M. Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar (Estado de São Paulo, Brasil). **Química Nova**. São Paulo, v. 29, n. 1, p. 61-65, 2006.

EPA. Environmental Protection Agency. **Method 200.9 - Trace element in water, solids, and biosolids by stabilized temperature graphite furnace atomic absorption spectrometry**. Disponível em: <http://h2o.enr.state.nc.us/lab/qa/epamethods/200_9.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2005.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro:FINEP. 1998, 273 p.

FACCHINELLI, A.; SACCHI, E.; MALLIN, L. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils. **Environmental Pollution**, Barking, v.114, p.313324, 2001.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Revista Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 651-660, 2001.

GOYER, R. A. Toxic effects of metals. In: L. J. CASARETT; C. D. KLAASSEN; K. KLAASSEN; J. WATKINS. **Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons**. New York: Macmillan Publishing Company, p. 582-635. 1986.

ITALIANO, W. L.; HOJAIJ, A.; COSTA, L. L.; GIACOMETTI, L.; ZANETTI, L. M. F.; GALBIATTI, J. A.; PISSARRA, T. C. T.; PALLA, V. L. Técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica aplicadas no projeto de gestão hídrica do município de Jaboticabal-Córrego Rico limpo. **Anais do XI SBSR**, INPE, p. 575-581, 2003.

LATINO, J.C., SEARS, D.C., PORTALA, F. SHUTTLER, The simultaneous determinations of dissolved silver, cadmium, lead and antimony in potable waters by ETAAS, **Atomic Spectroscopy**, Norwalk, v.16, p.1-126, 1995.

MARIANI. C. F. **Reservatório Rio Grande: caracterização limnológica da água e biodisponibilidade de metais-traço no sedimento. 2006**. Tese (Mestrado). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2006.158 p.

NAVAS-PEREIRA, D.; DE PADUA, H. B.; PIVA-BERTOLETTI, S. A. E. **Níveis de contaminação por metais pesados e pesticidas na água, sedimento e peixes da Represa de Barra Bonita**, Anais do 13º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. CETESB, 1985. p.1-21, 1985.

PISSARRA, T.C.T.; NAPOLITANO, W.; FERRAUDO, A.S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da Bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal-SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 35, p.297-305, 2004.

PIVELI, R. P. **Curso: Qualidade das águas de poluição - AULA 8: Ferro, Manganês e Metais pesados em águas**. Disponível em: < 200.144.189.36/phd/LeArq.aspx?id_arq=734 >. Acesso em 18 jan. 2007.

RAPOSO JR, J. L.; SOUZA, J. L. C.; RE-POPPI, N. Evaluation of Metal Ions and Nitrate Levels in Ground Water From Private Wells in Culturama (Mato Grosso do Sul State, Brazil) by Flame AAS. **Atomic Spectroscopy**. Norwalk, v. 29, p. 137-144, 2008.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; P. C. KITAMURA. **Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária: AMBITEC-AGRO**. Disponível em: <<http://www.www.cnpma.embrapa.br/public/conta.php3?flag=15>>. Acesso em 25 mar. 2010.

SÃO PAULO. Instituto Geográfico e Geológico. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônomo (Coletânea de Cartas), 1974.

SANTOS, A.C. Noções de hidroquímica. In: FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. CPRM:Fortaleza, 2000. p.81-102.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003.

TAVARES; T. M.; CARVALHO, F. M. Avaliação de Exposição de populações Humanas a Metais Pesados no Ambientes: Exemplos do Recôncavo Baiano. **Química Nova**. São Paulo, v.15, n.2, p. 147-155, 1992.

WHO. World Health Organization. **World Guidelines for Drinking-water Quality, Recommendations**. 3 ed. WHO:Genebra., 2006, 595 p.

YABE, M. J. S.; OLIVEIRA, E. Metais pesados em águas superficiais como estratégia de caracterização de bacias hidrográficas. **Química nova**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 551-556, 1998.

ZANINI, H. L. H. T. **Caracterização limnológica e microbiológica do córrego rico que abastece Jaboticabal – SP**. 2009. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrárias Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009. 125 p.