



I-004 – MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA PARA CONSUMO HUMANO NO BAIRRO SANTA RITA, MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL

Anamaria de Sousa Duarte⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutora em Agronomia pela Escola de Agronomia “Luiz de Queiroz” ESALQ/USP. Pesquisadora (CNPQ/SETEC) vinculada ao Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA).

Alan Cavalcanti da Cunha⁽²⁾

Engenheiro químico pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade São Paulo (UESC/USP). Doutor em Engenharia Civil - Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (EESC/USP). Pós-Doutor em Engenharia pela American World University. Professor adjunto da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP)

Daímio Chaves de Brito⁽³⁾

Graduado em Química pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre em Ecologia pela Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Doutorando em Ecologia pela Universidade Federal do Amapá (UNIFAP).

Endereço⁽¹⁾ Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá, Núcleo de Hidrometeorologia e Energias Renováveis. Rodovia Juscelino Kubitschek, Km, 03, Fazendinha 68.256-201 - Macapá, AP – Brasil. Telefone: +55 (96) 3227-3330. e-mail: asousaduarte@gmail.com

RESUMO

O uso da água advinda de fontes cuja qualidade é duvidosa pode trazer riscos à saúde em face de sua má ‘ outra situação que pode comprometer a qualidade da água é a utilização de poços para suprir a inexistência de distribuição de água potável pelas concessionárias e fossas com sistema de tratamento de esgoto. Visto isso, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a qualidade da água utilizada para consumo humano no bairro de Santa Rita, localizado na cidade de Macapá, estado do Amapá, Brasil. Esse estudo está sendo desenvolvido desde Agosto de 2008, no bairro de Santa Rita, Macapá - AP. Tal bairro é um dos mais populosos da cidade e tem como característica peculiar uma maciça utilização do manancial subterrâneo para o abastecimento de água, inclusive para consumo humano, e o uso fossas sépticas ou rudimentares para a coleta do esgoto sanitário gerados nos domicílios. Para diagnosticar a qualidade da água consumida nos domicílios amostrados, independente da fonte de abastecimento, foram determinados os seguintes parâmetros: turbidez, cor e condutividade elétrica (CE), pH, frações de N (N-NH_3^+ , NO_3^-), Fe^{3+} , Al^{3+} e Mn^{2+} , coliformes totais e *E. coli*. De posse dos resultados, foi possível concluir que, independente do tipo da fonte de abastecimento de água, a turbidez, a condutividade elétrica, a amônia, o ferro e o manganês se mantiveram dentro dos limites estabelecidos pela Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, entretanto o pH ficou em desacordo com o padrão preconizado pela referida portaria para ambas as fontes de abastecimento; a concentração de alumínio deu acima do valor permitido pela Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004, para quatro domicílios abastecidos por poços e um pela CAESA; quanto à concentração de *E. coli*, a água fornecida pela CAESA mostrou qualidade apropriada para o consumo humano segundo a Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004, porém quanto aos coliformes totais, verificou-se presença em 62,5% das amostras analisadas, infringindo, dessa forma, tal portaria. Quando a fonte de abastecimento foi poço, detectou-se *E.coli* e coliformes totais em 20 e 70% das amostras analisadas, respectivamente, desrespeitando os limites fixados pela Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004.

PALAVRAS-CHAVE: abastecimento, águas subterrâneas, fossas, saúde pública,

INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial à vida e é o mais importante recurso natural do mundo, sem ela a vida não pode existir. Porém o uso da água advinda de fontes cuja qualidade é duvidosa pode trazer riscos à saúde em face de sua má qualidade.



As águas, principalmente, as de origem superficiais, são muito vulneráveis a poluição decorrente da ação antropogênica. Entre os principais poluentes estão: agentes microbiológicos, nutrientes (nitrato e amônia), moléculas orgânicas e constituintes metálicos.

A existência de certos tipos de poluentes, seja em águas superficiais ou subterrâneas, associados à ausência de sistemas de tratamento de esgotos satisfatórios, segundo Reimann & Banks (2004), contribuem para o aumento da contaminação microbiológica das águas, sobretudo, por patógenos de origem gastrointestinal, os quais são motivos de freqüentes preocupações no que se refere à qualidade da água.

Para Tundisi (2003), o conjunto das ações produzidas pelas atividades humanas ao explorar os recursos hídricos para expandir o desenvolvimento econômico e atender as demandas industriais e agrícolas, bem como a expansão e o crescimento da população em áreas urbanas, culminou para deterioração da qualidade da água ao longo da história da humanidade.

Atualmente, a estatística mundial sobre a água está se tornando familiar. Segundo o Conselho de Suprimento de Água e Serviços Sanitários, cerca de 1,4 bilhões de pessoas (25% da população mundial) ainda não tem acesso ao fornecimento regular de água tratada (Selborne, 2001).

Nos países em desenvolvimento, 90% das doenças estão relacionadas com a qualidade da água. Isso significa que uma criança a cada quatro segundos morre por doenças relacionadas ao consumo de água de má qualidade ou falta de saneamento básico (Passeto, 2001).

Segundo dados publicados pelo CTHidro (2001), no mundo, em média, 34.000 pessoas morrem diariamente em consequência de doenças relacionadas à água; no Brasil, 65 % das internações hospitalares se devem a doenças de veiculação hídrica. Porém, esse cenário poderia mudar com melhoramento dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, já que isso reflete numa melhoria na saúde da população, reduzindo em 50% a mortalidade infantil.

Sem dúvidas, a má qualidade da água contribui para o aparecimento de problemas relacionados à saúde pública, e entre os principais pode-se citar a elevação da mortalidade infantil e outros agravos relacionados, principalmente, à presença de organismos patogênicos responsáveis por doenças como as diarreias de origem bacteriana, a rotavírose e a hepatite provocada por vírus, além das persistentes verminoses intestinais (Soto et al. 2006). Aliadas à qualidade microbiológica, as características físicas e químicas da água são, por vezes, alteradas, pela presença de contaminantes, sobretudo, o nitrato, o ferro, e o flúor.

A situação descrita, anteriormente, tende a se agravar, caso sejam utilizados poços para suprir a inexistência de distribuição de água potável pelas concessionárias, sendo que a má localização e a conservação inadequada dos mesmos, somadas às precárias condições higiênico-sanitárias, assumem papel importante na contaminação da água.

Tucci et al. (2001) afirmam que a qualidade das águas depende das condições geológicas, geomorfológicas e de cobertura vegetal da bacia de drenagem, do comportamento dos ecossistemas terrestres e de águas doces e, sobretudo, das ações do homem. As ações do homem que mais podem influenciar a qualidade da água são: (a) lançamento de cargas nos sistemas hídricos; (b) alteração do uso do solo rural e urbano; (c) modificações no sistema fluvial.

Sabe-se que a maioria dos rios que atravessam as cidades brasileiras está degradada, sendo esse considerado o maior problema ambiental brasileiro. Essa degradação ocorre devido à maioria das cidades brasileiras lançarem seus esgotos in natura nos rios Tucci et al. (2001).

Muitas vezes, essas cidades contam com redes coletoras de esgoto, porém não há a existência de estações de tratamento de esgoto, agravando ainda mais o problema da poluição, já que concentra a carga poluidora em um único ponto da seção do rio. Em outras situações, essas em menores escalas, as cidades contam com sistema de tratamento de esgotos, entretanto esses sistemas operam sobrecarregados em virtude do volume de esgoto coletado ser maior do que o volume de projeto, devido à falta de ampliação do sistema e às ligações clandestinas ao longo da rede.



Um exemplo da situação descrita acima é dado por Cunha et al. (2004) quando estudaram, pioneiramente, a variação espacial-temporal de parâmetros da qualidade microbiológica da água em quatro rios estuarinos próximos às cidades de Macapá e Santana (AP) – Brasil, sob efeito de marés, o que dificulta sobremaneira o entendimento e a fenomenologia física da dispersão de poluentes na água.

De acordo com os autores, a partir deste estudo foi possível concluir que a concentração de coliformes fecais (CF) ultrapassava, freqüentemente, o nível máximo permitido para rios Classe 2, de acordo com a Resolução nº 20 do CONAMA (isto é, $\log CF = 3,0$), indicando que ocorre um certo grau de comprometimento espaço-temporal da qualidade microbiológicas da água. Assim, foi demonstrado que, mesmo existindo um grande volume de água nos rios que formam a região do rio Amazonas, a qual é ricamente drenada por vários rios de grande porte, estes rios não são capazes de diluir imensas cargas poluidoras concentradas pelos centros urbanos de Macapá e Santana, como coletivamente se pensa.

Além dos mananciais de águas superficiais, a contaminação das águas subterrâneas é outra fonte importantíssima de deterioração dos recursos hídricos, gerando efeitos diversificados na qualidade da água e, consequentemente, na saúde humana.

De acordo com Tundisi (2003), as maiores fontes poluidoras das águas subterrâneas são: percolação do chorume gerado pelos aterros sanitários, percolação de efluentes tratados por lagoas de estabilização, perdas por derrames de materiais químicos, uso inadequado de fertilizantes agrícolas e agroquímicos. Além desses, o autor cita com veemência, a disposição inadequada de efluentes industriais, sobretudo, dos advindos da mineração, esgotos domésticos não tratados e descargas a partir de fossas negras.

Essa afirmação é importante, especialmente, para a região Norte do Brasil, que, através do último senso realizado pelo IBGE, em 2000, apresentou déficit igual a 2,53 % para a água utilizada no abastecimento público e 98,28 % com relação à coleta e tratamento de esgotos.

Além disso, essa região mostrou um elevado número de doenças associadas ao consumo de água de má qualidade, alavancado, principalmente, pela inexistência de tratamento de esgoto ou pelo uso de sistemas de tratamento ineficientes, entre eles, a fossa negra ou rudimentar.

Na cidade de Macapá, estado do Amapá, o panorama não é muito diferente da situação descrita anteriormente. Segundo os dados coletados pelo IBGE no último censo de 2000, publicou-se que: aproximadamente 50% dos domicílios utilizam fossa rudimentar e, apenas, 7% dos domicílios têm acesso à rede coletora de esgoto. Além disso, a cidade não conta com estação de tratamento de esgotos.

Nessa região, as pesquisas na área de saneamento básico e ambiental são quase inexistentes, exigindo um maior aprofundamento e o reconhecimento do poder público para dar respostas confiáveis à população. E, principalmente, aos gestores públicos que atuam em áreas estratégicas do aparelho institucional do estado e do município de Macapá. Nesse sentido, tendo em vista esse cenário e levando-se em consideração o grande problema que é o consumo de água com qualidade questionável e a inexistência de tratamento adequado de esgotos, propõem-se, com esse trabalho, avaliar a qualidade da água utilizada para consumo humano no bairro de Santa Rita, localizado na cidade de Macapá, estado do Amapá, Brasil, para assim, ter estratégias que possam beneficiar à saúde pública dos consumidores, bem como do meio ambiente em geral.

MATERIAL E MÉTODOS

LOCAL DE ESTUDO

Esta pesquisa está sendo desenvolvida desde o mês de agosto do ano de 2008 no bairro de Santa Rita, o qual está localizado na região noroeste da cidade de Macapá, Amapá, Brasil. O bairro de Santa Rita, junto com os bairros Buritizal, Central, Congós, Jardim Felicidade, Perpétuo Socorro e Zerão, são os bairros mais populosos de Macapá.

De acordo com os dados fornecidos pelo IBGE, no censo realizado no ano 2000, no bairro de Santa Rita havia 2647 domicílios, residindo, em média, 4,6 pessoas em cada um. Ainda, segundo a mesma fonte, em relação ao abastecimento de água, 76,38 e 23,61% dos domicílios eram atendidos pela rede geral de água fornecida pela CAESA e por poços artesianos, respectivamente. Esses dados, porém, não refletem a realidade, uma vez que a



constante falta de água distribuída pela concessionária pode levar os moradores a escavarem mais poços, elevando, assim, esse percentual.

Segundo o IBGE (2000), em relação ao esgotamento sanitário, dos bairros citados acima, o bairro de Santa Rita é o que se encontra em situação mais precária, pois 87,42% utilizam fossa como meio de coleta, tratamento e disposição dos dejetos provenientes dos domicílios e, apenas, 12,58% desses eram atendidos pela rede de esgoto ou rede pluvial.

Assim, tendo em vista os problemas ocorridos pelo consumo crescente de água proveniente de poços artesianos e o uso de sistemas de tratamento de esgotos individuais (fossas), escolheu-se, para desenvolver esta pesquisa, o bairro de Santa Rita.

AMOSTRAGEM DE DOMICÍLIO E INSTRUMENTOS DE PESQUISA

Para a realização do estudo seccional descritivo, contaram-se quantos domicílios habitados existiam no bairro. Após tal contagem, selecionou-se, aleatoriamente, uma amostra por domicílio familiar em cada 99 casas habitadas, perfazendo 10% da população que reside, atualmente, no bairro de Santa Rita. Foram excluídos, da amostragem, os estabelecimentos comerciais, escolas, igrejas e prédios públicos.

Como instrumento inicial da pesquisa, foi aplicado um questionário domiciliar nas casas selecionadas como descrito no parágrafo anterior, para avaliar as condições físicas e sanitárias do domicílio. Esse questionário foi dirigido ao chefe da família e, na sua ausência, ao cônjuge, ou pessoa mais capacitada a respondê-lo. As questões levantadas constaram, basicamente, das condições físicas e sanitárias do domicílio, das fontes de abastecimento de água e das fontes de renda e escolaridade familiar.

PARÂMETROS DA QUALIDADE FÍSICA, QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS PROVENIENTES DOS POÇOS E DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO (CAESA)

Para a coleta das águas a serem analisadas, foram sorteados 26 domicílios entre os domicílios em que foram aplicados os questionários para o estudo seccional descritivo, representando uma amostra de 10% das residências sorteadas para responderem tal questionário.

As amostras de água foram coletadas mensalmente, preservadas e determinadas de acordo com a metodologia proposta por APHA (2003). Para as determinações físico-químicas das águas, o líquido foi acondicionado em potes plásticos com capacidade de 1L, lavadas com ácido nítrico 1:1, dependendo do parâmetro a ser analisado; já para as análises microbiológicas, o líquido foi acondicionado em bolsas plásticas estéreis, com capacidade de 100 mL.

Ao longo do experimento, serão avaliados os seguintes parâmetros:

- Físicos: turbidez e cor pelo método nefelométrico; e condutividade elétrica (CE) pelo método instrumental;
- Químicos: pH pelo método eletrométrico, frações de $N(N-NH_4^+, NO_3^-)$, os elementos Fe, Al e Mn pelo método espectrofotométrico, utilizado um espectrofotômetro HACH;
- Microbiológicos: Coliformes totais e E. coli pelo método do substrato definido, utilizando reagente COLILERT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes aos parâmetros da qualidade da água coletada nos 25 domicílios amostrados estão explícitos na Tabela 1.

A turbidez representa o grau de interferência que há na passagem da luz através da água, conferindo à mesma uma aparência turva e esteticamente desagradável e depende da concentração de sólidos em suspensão, presente nas águas, que podem ser de origem orgânica ou material orgânico finamente particulado (tamanho de partículas inferior a $0,1 \mu m$). Quando a turbidez na água é de origem natural, não há riscos sanitários diretos, porém, se é de origem antropogênica, os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para os



microorganismos patogênicos, diminuindo a eficiência dos processos de desinfecção, sobretudo, quando se utiliza a radiação ultravioleta.

A Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, que regulamenta os padrões de potabilidade para consumo humano indica que o valor máximo permissível para a turbidez na saída de distribuição de água é de 5 NTU, desde que não seja comprometida a qualidade microbiológica da água.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, observa-se que apenas as amostras de dois domicílios (17 e 25) infringiram os padrões de potabilidade indicados pela portaria citada acima. Os dois domicílios em questão utilizam água distribuída pela concessionária local e infere-se que esses valores altos estejam relacionados com infiltrações ocorridas na tubulação que constitui a rede ou mesmo devido às intervenções ocasionadas na rede de distribuição de água.

Tabela 1 – Concentração média dos parâmetros da qualidade da água analisados em 25 domicílios amostrados no bairro de Santa Rita, Macapá, Amapá

Domicílio/ Fonte de abastecimento	Parâmetros									
	Turbidez (NTU)	CE (μScm^{-1})	pH	NO_3^- (mgL^{-1})	NH_3^+ (mgL^{-1})	Al^{3+} (mgL^{-1})	Fe^{3+} (mgL^{-1})	Mn^{2+} (mgL^{-1})	CT (NMP 100mL $^{-1}$)	<i>E.coli</i> (NMP100mL $^{-1}$)
1 (Poço)	0,46	128,4	4,88	5,40	0,64	0,088	0,045	0,004	$4,75 \times 10^0$	AUSENTE
2 (Poço)	0,33	108,4	4,96	5,40	0,72	0,087	0,025	0,000	$3,22 \times 10^0$	AUSENTE
3 (Poço)	0,97	225,7	4,69	13,80	0,10	0,072	0,090	0,014	AUSENTE	AUSENTE
4 (Poço)	0,60	177,9	4,80	8,10	0,11	0,228	0,035	0,016	$4,10 \times 10^0$	AUSENTE
5 (Poço)	0,36	116,8	4,63	NA	0,02	0,049	0,015	NA	AUSENTE	AUSENTE
6 (Poço)	0,33	267,5	4,20	12,10	0,09	0,571	0,055	0,012	AUSENTE	AUSENTE
7 (Poço)	0,39	92,9	4,82	5,00	0,89	0,033	0,095	0,006	$1,78 \times 10^2$	$1,78 \times 10^2$
8 (Poço)	0,50	280,5	6,22	10,70	0,73	0,052	0,020	0,013	$7,90 \times 10^1$	AUSENTE
9 (Poço)	0,74	274,5	4,20	17,80	1,40	0,802	0,120	0,009	$2,00 \times 10^0$	AUSENTE
10 (CAESA)	1,57	73,8	5,04	0,60	0,11	0,071	0,070	0,016	$2,00 \times 10^0$	AUSENTE
11 (CAESA)	NA	70,0	4,36	0,30	0,09	0,043	0,050	0,02	$1,61 \times 10^0$	AUSENTE
12 (CAESA)	0,89	55,8	5,07	0,50	0,10	0,058	0,060	0,017	$5,57 \times 10^0$	AUSENTE
13 (CAESA)	1,09	72,6	4,79	0,00	0,12	0,185	0,080	0,017	AUSENTE	AUSENTE
14 (CAESA)	1,66	72,4	5,17	0,40	0,11	0,091	0,085	0,022	$5,38 \times 10^1$	AUSENTE
15 (CAESA)	2,91	75,6	5,62	0,40	0,12	0,046	0,090	0,019	$2,01 \times 10^2$	AUSENTE
16 (CAESA)	1,78	74,6	5,26	0,50	0,12	0,046	0,055	0,013	AUSENTE	AUSENTE
17 (CAESA)	8,15	81,4	6,11	0,20	0,18	0,210	0,305	0,016	$5,20 \times 10^0$	AUSENTE
18 (CAESA)	0,78	76,0	5,14	0,40	0,01	0,047	0,095	0,028	AUSENTE	AUSENTE
19 (Poço)	NA	295	4,15	32,80	0,00	0,235	0,055	0,011	$2,99 \times 10^2$	$4,1 \times 10^1$
20 (CAESA)	2,13	72,2	5,51	0,40	0,14	0,065	0,08	0,015	AUSENTE	AUSENTE
21 (CAESA)	2,97	72,0	4,91	0,30	0,14	0,081	0,070	0,017	AUSENTE	AUSENTE
22 (CAESA)	1,39	73,8	5,05	0,00	0,14	0,118	0,145	0,03	AUSENTE	AUSENTE
23 (CAESA)	1,31	74,5	4,98	0,30	0,01	0,057	0,070	0,019	AUSENTE	AUSENTE
24 (CAESA)	0,82	73,8	4,63	0,20	0,08	0,072	0,060	0,018	$7,40 \times 10^0$	AUSENTE
25 (CAESA)	7,09	72,5	5,75	0,40	0,10	0,126	0,130	0,017	$9,30 \times 10^0$	AUSENTE



A capacidade da água de conduzir uma corrente elétrica é tanto maior quanto maior for a concentração de eletrólitos, ou seja, a salinidade da água de reuso é diretamente relacionada com a concentração de sais solúveis e pode ser medida pela condutividade elétrica (CE). A condutividade elétrica, quando analisada isoladamente, pode não representar grandes riscos à saúde humana, tanto que ela não é considerada um parâmetro de potabilidade pela Portaria n.º 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde.

A concentração do íon hidrogênio é um importante parâmetro de qualidade de água, tanto para as superficiais quanto para as de abastecimento, isso porque, nas águas superficiais, a maioria da biota aquática da água vive em um pH que varia de 6,0 a 9,0; e, nas águas de abastecimento, o pH está correlacionado com cada etapa do tratamento da água, bem como com a vida útil dos sistemas de tubulação da rede de distribuição.

O pH da água tratada está associado, principalmente, com a ação desinfetante do cloro, no caso de se utilizar o processo de cloração para desinfecção da água, pois o cloro é aplicado à água reage, podendo produzir vários compostos, com capacidades diferentes de desinfecção, inclusive inativos. Os principais compostos com os seus respectivos pHs são: HOCl excelente desinfetante predomina em pH abaixo de 6,0; OCl⁻ desinf. menos ativo predomina em pH acima de 7,5; dicloroamina bom desinfetante predomina em pH abaixo de 6,0; monoclóroamina desinfetante pouco ativo predomina em pH acima de 7,5.

Assim, verifica-se que a desinfecção em pH relativamente baixo propicia a formação de desinfetantes mais ativos. Porém, necessita-se fazer a correção final do pH na água a ser distribuída, já que o pH ácido ocasiona o desgase das tubulações e diminui a vida útil delas, além de propiciar o crescimento de microorganismos patogênicos na água, como, por exemplo, a bactéria *Helicobacter pylori* que sobrevive em pH < 3 e manifestações que vão de gastrites, úlceras duodenais, úlceras gástricas, aos adenocarcinomas e linfomas gástricos (Vergueiro et al., 2008).

A Portaria n.º 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, que regulamenta os padrões de potabilidade para consumo humano, recomenda que o pH da água para abastecimento público deve ser mantido entre 6,0 e 9,5.

Assim, de acordo com os dados apresentados na Tabela 1, o pH foi classificado como ácido em 92% das amostras analisadas, independente, do tipo de água utilizada. Ainda não se tem uma explicação plausível para esse fato, infere-se que a própria formação rochosa do solo, aliada à alta concentração de gás carbônico presente na água ocasionada pela decomposição da matéria orgânica ao longo dos anos pode estar contribuindo para acidificação das águas subterrâneas. Com relação à água distribuída pela concessionária local, infere-se, apenas, que o controle do pH não esteja sendo realizado de maneira eficiente.

As principais fontes de nitrogênio, contidas nos corpos receptores e nas águas superficiais, provêm do lançamento de despejos domésticos, industriais, excretas humanas e fertilizantes sintéticos. O nitrogênio ocorre na natureza em diversas formas: nitrogênio molecular (N₂), nitrato (NO₃⁻), nitrito (NO₂⁻), amônia (NH₃⁺), íon amônio (NH₄⁺), óxido nitroso (N₂O), nitrogênio orgânico, nitrogênio orgânico particulado, etc.

De acordo com Richter e Netto (2003), caracterização da amônia e do nitrato em águas utilizadas para consumo humano é importante, pois indicam que houve poluição recente (amônia) ou remota (nitrato) causada por despejos domésticos descartados de forma inadequada.

O nitrato é muito lixiviável e pode contaminar os corpos d'água e as águas subterrâneas. Causa, junto com o fósforo, a eutrofização das águas superficiais e representa riscos à saúde pública, pois altas concentrações deste elemento em águas de abastecimento causam doenças como a metahemoglobina infantil e alguns estudos associam a presença de nitratos ao desenvolvimento de câncer de estômago e de bexiga (Bouchard et al., 1992).

A Portaria n.º 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, tem como parâmetros de potabilidade a amônia na forma livre (NH₃⁺) e o nitrato (NO₃⁻) cujas concentrações máximas permissíveis são iguais a 1,0 e 10 mg L⁻¹, respectivamente. Porém, alguns autores (Alaburda & Nishihara, 1998), consideram que concentrações superiores a 3 mg NO₃⁻ L⁻¹ em amostras de água são indicativos de contaminação por atividades antropogênicas.



De acordo com os padrões preconizados por essa portaria, verifica-se que a concentração de amônia, exceto para o domicílio 9 cuja a água é proveniente de poço, ficou abaixo de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$, indicando que as águas analisadas estão livres de contaminação recente por efluentes domésticos.

Entretanto o mesmo comportamento não foi observado para o nitrato, pois todas as águas provenientes de poços, excetuando-se os domicílios 1 e 2, mostraram valores superiores a 10 mg L^{-1} , sendo que em um deles a concentração de nitrato foi, aproximadamente, quatro vezes maior do que o permitido pela legislação. Essa situação mostra que há indícios de contaminação não recente por despejos domésticos, isto é, a poluição ocorreu e houve a conversão da amônia em nitrato passado um certo período de tempo e isso pode ser comprovada pela análise de coliformes, a ser descrita mais adiante.

Baseado em estudos realizados por Mesquita et al. (2007) e Freitas et al. (2001), quando constataram que as altas concentrações de nitrato nas águas provenientes de poços utilizadas nas cidades de Natal e Rio de Janeiro, respectivamente, estavam associadas à falta de um sistema de coleta e tratamento de esgotamento sanitário eficiente, pode-se afirmar que as altas concentrações de nitrato existentes nas amostras de água em questão estão relacionadas ao uso de fossas utilizadas para coleta e tratamento dos dejetos ou ao descarte inadequado destes, aliado ao uso do manancial subterrâneo para suprir a deficiência de abastecimento de água existente no bairro. Logo, pode-se concluir que existe um comprometimento da qualidade da água desse manancial subterrâneo, representando risco à saúde de quem consome dessa água.

Ainda com relação ao nitrato, convém dizer que a água distribuída pela concessionária local mostrou qualidade apropriada para consumo humano, já que ela se encontrava em conformidade com o padrão de potabilidade estabelecido pela legislação.

Segundo Paganini (1997), diversos tipos de bactérias são encontrados na flora intestinal dos seres humanos saudáveis que, rotineiramente, são depositadas nas fezes. Devido ao número de bactérias patogênicas presentes nas fezes dos indivíduos infectados, efluentes contêm uma elevada variedade e uma alta concentração desses organismos. Tal concentração varia de acordo com o padrão epidemiológico da população em questão, de forma que, por esse motivo e por razões econômicas, as bactérias são utilizadas como indicadores de poluição fecal.

Em virtude da existência de outros coliformes termotolerantes que não são de origem exclusivamente fecal, vários autores sugeriram a utilização da bactéria *Escherichia coli* como organismo indicador de contaminação fecal.

Segundo Di Bernardo et al. (2002) e Motta (2003), a bactéria *E.coli*, que é de origem exclusivamente fecal, é de relevante importância para a avaliação da eficiência de tratamento de esgoto, uma vez que esse organismo indica presença de poluição fecal. As bactérias desse gênero são relativamente resistentes e se diferenciam das outras bactérias patogênicas, como as *Salmonelas* e as *Shigelas*, por fermentar a lactose do meio de cultura, produzindo gás, o que não é realizado por todas as bactérias patogênicas. Além disso, a determinação da concentração desses organismos é menos laboriosa e cara do que a quantificação de outros organismos de origem fecal.

A Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, determina que haja ausência de coliformes totais e *E. coli* na água que é utilizada para abastecimento humano, independente da fonte de abastecimento. Para as empresas responsáveis pelo o tratamento da água a ser distribuída para a população, a legislação orienta que as concessionárias que analisam até 40 amostras de água por mês no sistema de distribuição (reservatório e rede), como é o caso da concessionária local (CAESA), pode haver presença coliformes totais (CT) em apenas uma amostra analisada por mês.

Visto isso, de acordo com os dados apresentados na Tabela 1, pode-se observar que quanto à presença de *E.coli*, exceto para dois domicílios cuja fonte é água de poço, a água utilizada para consumo humano, independente da procedência, mostrou-se própria para esse uso. Entretanto, verificou-se que em 70 e 62,5% das amostras de água provenientes de poços e CAESA, respectivamente, foram encontrados coliformes totais, infringindo, assim, os limites preconizados por essa legislação. A presença de coliformes totais mostra que há indícios de contaminação fecal nessas águas, fato que pode ser comprovado pelos resultados encontrados para o nitrato e, em alguns casos, para a amônia.



Este quadro reflete a situação de risco em que se encontra o manancial subterrâneo da área estudada, já que esta área apresenta um grande número de domicílios que não possuem rede coletora de esgotos, fazendo, portanto, uso de fossas, sumidouros e valas negras como destino final para seus dejetos. Com relação à água de abastecimento distribuída pela CAESA, infere-se que a contaminação deva estar associada à intermitência do sistema, que favorece a entrada de água contaminada no interior da tubulação vazia, em áreas de pressão negativa ou quando há manutenção da rede, bem como o uso de tubulações deterioradas, principalmente, com a ocasião do período chuvoso.

Boia et al. (1999) quando pesquisaram a incidência de paratubercúlozes intestinais no município de Novo Airão, localizado na meso-região norte do Estado do Amazonas e situado à margem direita do Rio Negro. Ao finalizar a pesquisa, foi possível concluir que: (a) dos 944 domicílios ocupados, apenas 25% são contemplados como abastecimento de água feito pela Companhia de Saneamento do Amazonas (COSAMA), os demais utilizam poços artesianos coletivos ou poços particulares; (b) dos 89 domicílios pesquisados 51% utilizam fossa rudimentar e 32,6 % utilizam fossa séptica para tratar de seus dejetos, o restante não tem acesso a nenhum tipo de tratamento, lançando-o seus dejetos no rio; (c) o exame de 316 amostras de fezes mostrou que 87,6% da população do município têm um ou mais parasitos; foi comprovado, também, que esses resultados estão correlacionados com a falta de tratamento de esgotos e de água tratada, sobretudo, a água proveniente dos poços, devido à proximidade com as fossas coletoras de dejetos e infiltrações na rede de abastecimento, principalmente nas estações chuvosas.

Em um estudo recente, Felski et al. (2008) avaliaram a qualidade da água consumida pela população de diversos bairros do município de Guarapava, Paraná, e concluíram que as amostras coletadas nas soluções alternativas (fonte e poço individual) sem tratamento, tanto na área rural como na urbana do município, foram as que mais apresentaram riscos à saúde humana. Do total das amostras coletadas, cerca de 90 e 82,60% das águas provenientes de fonte e poço individual, respectivamente, apresentaram níveis de E.coli acima do permitido pela legislação. Este elevado índice de reprovação para as soluções alternativas deve-se ao pouco conhecimento, por parte da população, das rotinas higiênico-sanitárias e da inexistência de saneamento básico.

O surgimento de substâncias inorgânicas nas águas naturais se dá pelo lançamento de águas poluídas, principalmente, as provenientes das indústrias extrativistas de minerais, de tintas e pigmentos e das galvanoplastias.

Tais substâncias são contaminantes químicos em potencial das águas, pois pequenas concentrações destas podem inviabilizar o abastecimento público de água, uma vez que as estações convencionais de tratamento de água não conseguem removê-las eficientemente, requerendo, desta forma, tratamentos especializados, os quais são onerosos. Além disso, pequenas concentrações podem provocar problemas de saúde pública, sem mencionar os desequilíbrios ambientais.

Nas águas naturais, essas substâncias podem se apresentar sob forma de íons solúveis ou partículas inorgânicas, as quais formam precipitados que se mantêm em suspensão na massa líquida da água ou se depositam junto com os sedimentos, sendo que estes últimos, mais tarde, sofrem transformações químicas e até biológicas, retornando à água novamente.

Algumas dessas substâncias são bioacumulativas no meio ambiente, o chumbo, por exemplo, pode ser extraído pelas plantas e se acumular nas folhas, as quais retornam às águas após caírem ou serem desbastadas. Por causa desta característica, muitas são acumuladas ao longo da cadeia alimentar, prejudicando não só os predadores, mas também os primeiros seres da cadeia, pois a maioria das substâncias inorgânicas como o chumbo e o cobre, se acumula preferencialmente nos macroinvertebrados, fitoplâncton, zooplâncton.

Segundo Freitas et al. (2001), os metais, quando existentes no sistema de distribuição de água, podem ter origem na variabilidade da qualidade da água. Duas origens podem ser indicadas: a primeira diz respeito ao próprio sistema que fornece o metal, principalmente por meio de corrosão química ou microbiológica; a segunda fonte diz respeito à origem da água que entra na estação de tratamento, onde principalmente alumínio e ferro formam compostos utilizados no processo de coagulação cujo objetivo é a remoção de partículas em suspensão na água que aflui para a estação de tratamento. Metais na água são absorvidos pelo organismo humano através do trato gastrointestinal e a absorção pode ser afetada pelo pH, pelas taxas de movimentação no trato digestivo e pela presença de outros compostos que podem fazer a absorção de metais ser muito alta ou muito baixa no homem.



Ainda de acordo com a mesma fonte, os efeitos tóxicos dos metais podem expressar-se de forma aguda ou crônica. Dentre os mecanismos de toxicidade dos metais estão incluídas as interações com sistemas enzimáticos, interações com membranas celulares e efeitos específicos sobre certos órgãos e sobre o metabolismo celular em geral.

Apesar da concentração de alumínio, assim como a do ferro e do manganês, na água ser controlada por aspectos organolépticos e estáticos, existe um considerável debate no círculo médico relatando a associação destes metais ao aparecimento de doenças.

Entretanto, o alumínio é associado à incidência do mal de Alzheimer, que é uma doença cerebral degenerativa de etiologia desconhecida caracterizada pela presença de um grande número de estruturas neurofibrilares e placas senis em certas regiões do cérebro (Perl, 1988).

De acordo com EPA (2003) o manganês, assim como o alumínio, é neurotóxico e, em longo prazo, pode causar encefalopatia hepática grave, podendo levar a distúrbios neurológicos. Estudos feitos por Layrargues et al. (1998) estão sendo desenvolvidos de modos a confirmar tais evidências. Ainda segundo EPA (2003), altas concentrações de manganês na água podem ocasionar cianose e anemia em infantes, essa última ocasionada por competição com o ferro.

Em relação ao ferro, existem estudos que associam a presença desse metal à ocorrência de câncer no estômago, porém tais estudos necessitam ser mais aprofundados.

Por causa de serem potencialmente tóxicos, neste caso, à saúde humana, os referidos metais são considerados padrões de potabilidade pela Portaria nº. 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde, cujas concentrações máximas permissíveis foram fixadas em 0,1, 0,2 e 0,3 mg L⁻¹, para o manganês, para o alumínio e para o ferro, respectivamente.

De acordo com os dados expostos na Tabela 1, observa-se que quanto à concentração de ferro e manganês as águas analisadas mostraram qualidade adequada para o consumo humano, enquanto que, em alguns domicílios, a concentração de alumínio ficou acima do permitido pela legislação, independente do tipo de procedência da água. Assim, em decorrência desse fato, é necessário que haja melhor investigação e frequência de amostragem para caracterizar a contaminação efetiva por esse metal.

CONCLUSÕES

De uma maneira geral, independente do tipo da fonte de abastecimento de água, a turbidez, a condutividade elétrica, a dureza, a amônia, o ferro e o manganês se mantiveram dentro dos limites estabelecidos pela a Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, entretanto o pH ficou em desacordo com o padrão preconizado pela referida portaria para ambas as fontes de abastecimento;

A concentração de alumínio deu acima do valor permitido pela Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004, para dois domicílios abastecidos por poços e pela CAESA, respectivamente;

Quanto à *E. coli*, a água fornecida pela CAESA mostrou qualidade apropriada para o consumo humano segundo a Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004, porém quanto aos coliformes totais, verificou-se presença em 62,5% das amostras analisadas, infringindo, dessa forma, tal portaria. Quando a fonte de abastecimento foi poço, detectou-se *E.coli* e coliformes totais em 20 e 70% das amostras analisadas, respectivamente, desrespeitando os limites fixados pela Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA-AWWA-WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association 20ª Edition, Washington D.C., 3118p. 2003.
2. ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos nitrogenados em água de poços. Revista de Saúde Pública, v.32, n.2, p.160-165, 1998.
3. AMARAL L.A.; NUNES, A.P.; CASTANIA J.; LOREZON, C.S.; BARROS, L.S.S.; NADER FILHO, A. Uso de radiação solar na desinfecção da água de poços rasos. Arquivos do Instituto de Biologia. São Paulo, v.73, n.1, p.45-50, 2006
4. BOIA, M.N.; MOTTA, L.P.; SALAZAR, M.S.P.; MUTIS, M.P.S.; COUTINHO, R.B.A.; COURA, J.R. Estudo das parasitoses intestinais e da infecção chagásica no Município de Novo Airão, Estado do Amazonas, Brasil. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.15, n. 3, p.497-504, 1999
5. BOUCHARD, D. C.; WILLIAMS, M. D. & SURAMPALLI, R. Y., 1992. Nitrate contamination of ground water sources and potential health effects. Journal of the American Water Works Association, v.84, p.85-90.
6. CUNHA, A.C.; CUNHA, H.F.A.; BRASIL JÚNIOR, A.C.P.; DANIEL, L.A.; SCHULZ, H.E. Qualidade microbiológica da água em rios de áreas urbanas e periurbanas no baixo Amazonas: o caso do Amapá. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.9, n. 4, p.302-309, 2004.
7. CTHidro, MCT, CGEE. Diretrizes estratégicas do Fundo de Recursos Hídricos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Brasília, 2000
8. DI BERNARDO, L. Métodos e técnicas de tratamento de água. Editora: ABES. Rio de Janeiro - RJ, 1993.
9. ENVIROMENTAL PUBLIC HEALTH (EPA). Health Effects Support Document for Manganese. 2003. Disponível <<http://www.epa.com>>. Acesso em: 28/04/2008.
10. FREITAS, M. B.; BRILHANTE, M.O.; 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. Cadernos de Saúde Pública, Rio janeiro, v.17, n. 3, p.651-660, 2001.
11. FELSKI, G.; ANAISSI, F.J.; QUINÁIA, S.P. Avaliação da qualidade da água consumida pela população do município de Guarapuava, Paraná. Disponível em: <http://www.unicentro.br>. Acesso em: 28/04/2008.
12. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 28/04/2008.
13. LAYRARGUES, G.P.; ROSE, C.; SPAHR, L. Role of manganese in the pathogenesis of portalsystemic encephalopathy. Metabolic Brain Diseases, v.13, n. 4, p.311-317, 1998.
14. MESQUITA, T.P.N.; BEZERRA, A.F.M.; FERNANDES, L.R. O crescimento urbano desordenado do município de Natal-RN e suas conseqüências para a contaminação da água, principalmente, por nitrato: avaliação legal e de saúde pública. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu - MG
15. MOTTA, K. M. C. Viabilidade da irrigação com água contaminada por esgoto doméstico na produção hortícola. 2003, 151p. Tese - Doutorado em Agronomia - Botucatu, 2003.
16. PAGANINI, W.S. Disposição de esgotos no solo, através de escoamento à superfície, com utilização de gramíneas: avaliação do processo quanto aos aspectos sanitários. 1997, 232p. Tese - Doutorado em Saúde Pública - São Paulo, 1997.
17. PASSETO, W. Dossiê do Saneamento - Esgoto é Vida. Curitiba: Editora Água e Cidade, 69p., 2001.
18. PERL, D. P. & GOOD, P. F., 1988. Aluminum, environmental and central nervous system disease. Environmental Technology Letters, v.9, p.901-906.
19. REIMANN, C.; BANKS, D. A. Setting action levels for drinking water: Are we protecting our health or our economy (or our backs!)? Science of the Total Environment., v.32, p.13-21, 2004.
20. SELBORNE, L. A Ética do Uso da Água Doce: um levantamento. -Brasília: UNESCO, v.3, 79p., 2001.
21. SOTO, F.R.M.; FONSECA, Y.S.K.; RISSETO, M.R. Monitoramento da qualidade da água de poços rasos de escolas públicas da zona rural do Município de Ibiúna/SP: parâmetros microbiológicos, físico-químicos e fatores de risco ambiental. Revista do Instituto Adolf Lutz, v.65, n.2, p.105-111, 2006.
22. TUCCI, C.E.M.; HESPAHOL, I.; NETTO, O.M.C. Gestão da água no Brasil. Brasília: UNESCO, 156p., 2001
23. TUNDISI, J. G. Água no século XXI. São Carlos: Editora Rima, 2003, 248p.
24. VERGUEIRO, C.S.V.; CORDIOLLI, R.; MARTUCCI, D.; PERES, V.; KIYAAMU, A.R.; RIBEIRO, K.C.B.; CHIATTONE, C.S. Soroprevalência e fatores associados à infecção pelo *Helicobacter pylori* em



doadores de medula óssea em São Paulo. Revista Brasileira de Epidemiologia, São Paulo, v.11, n. 2, p.196-203, 2008.