

XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E XVII
ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS

NORMAS DE EDITORAÇÃO DE TRABALHOS

**AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA
SUBTERRÂNEA UTILIZADA NOS DISTRITOS DE CAMPOS DOS
GOYTACAZES, RJ**

**Tâmmela Cristina Gomes Nunes¹; Tayná de Souza Gomes Simões²; Rafaela da Silveira Pezarino³;
Willians Salles Cordeiro⁴; Ricardo Rozemberg Rosa⁵ & Vicente de Paulo Santos de Oliveira⁶**

Resumo

O Município de Campos dos Goytacazes tem boa disponibilidade em recursos hídricos tanto superficiais quanto subterrâneos. Entretanto, devido à grande dimensão territorial do Município e ao crescimento desordenado, as localidades afastadas do centro urbano não recebem água tratada pela rede pública de abastecimento nem possuem rede de coleta e tratamento de esgoto. O objetivo deste trabalho foi verificar se a água consumida pelos moradores dos distritos que não recebem água tratada pela rede pública em suas casas está em conformidade com os padrões de potabilidade para água para consumo humano. Foram estudadas dez localidades e analisados os parâmetros físico-químicos: pH, turbidez, cloro total, cloro livre, flúor, ferro e manganês. Foi verificada também a ocorrência de doenças de veiculação hídrica que podem estar relacionadas à qualidade da água. Os

¹Instituto Federal Fluminense – Campos Centro, rua Doutor Siqueira 273, Parque Dom Bosco, CEP.: 28030-130, fone: (22) 27262815, email: tammelaacristina@hotmail.com

²Instituto Federal Fluminense – Campos Centro, rua Doutor Siqueira 273, Parque Dom Bosco, CEP.: 28030-130, fone: (22) 27262815, email: tayna_simoes@hotmail.com

³Instituto Federal Fluminense – Campos Centro, rua Doutor Siqueira 273, Parque Dom Bosco, CEP.: 28030-130, fone: (22) 27262815, email: rafaelasipe@yahoo.com.br

⁴Instituto Federal Fluminense – Campos Centro, rua Doutor Siqueira 273, Parque Dom Bosco, CEP.: 28030-130, fone: (22) 27377291, email: wscordeiro@gmail.com

⁵Instituto Federal Fluminense – Rua Oscar Clarck, 158 – Centro - Araruama, RJ - Brasil, CEP.: 28970-000, cel.: (22) 27327224, email: vicentedepaulosantosdeoliveira@yahoo.com.br

⁶M&B Assessoria Ambiental – Campos Centro, rua Doutor Siqueira 273, Parque Dom Bosco, CEP.: 28030-130, fone: (22) 27262815, email: vsantos@iff.edu.br

resultados obtidos indicaram que as localidades apresentaram problemas de acidez, concentrações de ferro, manganês e turbidez acima do VMP nas duas campanhas e valores de cloro total e cloro livre encontrados ficaram praticamente todos abaixo do VMP recomendado pela portaria 518/2004 MS. As análises de flúor indicam a necessidade de incorporação desta substância em caso da implementação de tratamento de água nas localidades estudadas.

Abstract

The municipality of Campos dos Goytacazes has good availability in water resources both surface and underground. However, due to the territorial dimension of the city and the sprawl, the locations far from the urban center does not receive water treated by public water supply or possess the collection network and treatment plants. The objective was to determine whether the water consumed by residents of districts that do not receive water treated by the public in their homes is in compliance with the drinking water standard for drinking water. Ten locations were studied and analyzed the physical and chemical parameters: pH, turbidity, total chlorine, free chlorine, fluorine, iron and manganese. We also noticed the occurrence of waterborne diseases that may be related to water quality. The results indicated that the locations had problems of acidity, iron, manganese and turbidity above the PMV values in the two campaigns and total chlorine and free chlorine were found practically all below the VMP 518/2004 recommended by the Ministry of Health. Fluoride assays indicate the need for incorporation of this substance in case of the implementation of water treatment in the localities studied.

Palavras-Chave – recursos hídricos, tratamento de água, Campos dos Goytacazes-RJ.

1 - INTRODUÇÃO

Á água é um elemento essencial para o homem, tanto para atender às suas necessidades fisiológicas quanto para sua higiene, entre outras coisas mais. A qualidade da água para consumo humano é muito importante, visto que muitas doenças estão ligadas ao consumo de água fora dos padrões de potabilidade. Para abastecimento humano deve apresentar características sanitárias e toxicológicas adequadas, como a ausência de organismos patogênicos e substâncias tóxicas, para evitar danos à saúde e ao bem-estar humano.

O município de Campos dos Goytacazes apresenta uma rica hidrografia tanto em relação às águas superficiais quanto às subterrâneas, entretanto, mesmo com toda a sua abundância hídrica, a água potável não é distribuída a toda a sua população. Entretanto, devido aos custos de tratamento, adução e distribuição para localidades distantes do centro de abastecimento de água e/ou crescimento desordenado, existem diversas comunidades afastadas do centro urbano que não recebem água tratada em suas casas, nem possuem um sistema de esgotamento sanitário, recorrendo a soluções alternativas de abastecimento, como a construção de poços rasos para captação de água para o consumo, e construção de fossas (sumidouros) para eliminação de seus dejetos, quase sempre construídos sem nenhum critério técnico, contribuindo para a contaminação do lençol freático, e consequentemente a contaminação da própria água utilizada.

O uso de uma água fora dos padrões de potabilidade, sobretudo com relação aos parâmetros físico-químicos, pode expor a população a diversas doenças de veiculação hídrica.

Este estudo, que propõe a avaliação da qualidade da água consumida em algumas localidades dos distritos de Campos dos Goytacazes, onde não há rede pública de abastecimento, é de suma importância para gerar informações que possam ser utilizadas em ações visando a melhoria da qualidade de vida da população.

2.1 – OBJETIVOS

Avaliar parâmetros físico-químicos da água das fontes subterrâneas (lençol freático) utilizadas pelas comunidades em distritos de Campos dos Goytacazes-RJ e verificar sua correlação com a incidência de doenças de veiculação hídrica.

2.1.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar se a água consumida pelos moradores dos distritos que não recebem água tratada pela rede pública em suas casas está em conformidade com os padrões de potabilidade para água para fins de consumo humano;
- Investigar a ocorrência de doenças/enfermidades que podem estar relacionados à qualidade da água no que diz respeito aos parâmetros físico-químicos.

3 – REVISÃO DE LITERATURA

3.1 - ÁGUA SUBTERRÂNEA

De acordo com o Segundo o Relatório das Nações Unidas Sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos no Mundo, publicado em 2006, devido a gestões equivocadas, recursos limitados e mudanças climáticas têm trazido sérios problemas: um quinto da população do planeta não possuía acesso à água potável e 40% não dispõe de condições sanitárias básicas (ONU, 2006).

Para Tundisi (2008), um dos grandes problemas ambientais do início do sec. XXI no Brasil são as disparidades de distribuição dos recursos hídricos no território, o que traz problemas sociais, especialmente levando-se em conta a disponibilidade/demanda e a saúde humana na periferia das grandes regiões metropolitanas. Diante disso, a recuperação de mananciais e de infra-estrutura de saneamento básico e tratamento de esgotos, devem ser prioridades fundamentais no país.

A água subterrânea é a água que infiltra no subsolo, acumula-se e circula nos vazios existentes nas rochas e nos solos. Estes vazios podem ser espaços intersticiais dos grãos (rochas sedimentares ou solos), fraturas ou vazios divisionares (rochas ígneas ou metamórficas), vazios de dissolução (rochas calcáreas) e vazios vesiculares (rochas ígneas e vulcânicas) (POPP, 1998).

A denominação atual mais freqüente passou a ser “águas subterrâneas”, pois a partir da década de 70 esta denominação passou a compreender toda a água que ocorre abaixo da superfície de uma determinada área, água do solo, água da zona não saturada, água da zona saturada, água de camadas aflorantes muito permeáveis (aquífero livre), água de camadas encerradas entre outras relativamente menos permeáveis (aquífero confinado), água de camadas relativamente argilosas (aquitardes), água de camadas muito argilosas (aquiludes) (REBOUÇAS, 2006).

Na formação dos aquíferos, a água percola o solo, preenchendo gradualmente os poros deste, saturando a faixa inferior dos solos e rochas (CAPUCCI, 2001). A principal fonte das águas subterrâneas é a água da chuva que infiltra no solo até atingir a zona saturada (BAIRD, 2002). Através de um fluxo muito lento, esta água também alimenta rios, lagos e mares ou emerge à

superfície, formando fontes (CAPUCCI, 2001). Entretanto, a direção do fluxo d'água de um corpo d'água superficial pode variar sazonalmente, ou seja, durante a estação chuvosa, a água flui dos corpos d'água superficiais para a água subterrânea, enquanto na estiagem o fluxo pode se inverter (CAPUCCI, 2001).

Os aquíferos têm diferentes denominações conforme sua relação com as camadas não saturadas (PAIVA, 2003). Um aquífero livre ou aquífero não confinado ocorre quando a superfície que limita a zona saturada coincide com o lençol freático (CAPUCCI, 2001). Neste caso, um poço feito neste aquífero é denominado poço sem pressão, pois está sujeito apenas a pressão atmosférica, de sorte que a extração de água é feita por bombeamento (POPP, 1998).

Segundo Lopes (1994), o uso de água subterrânea vem crescendo nos últimos anos por razões ambientais, técnicas e econômicas, como fonte alternativa e complementar de abastecimento de água potável em áreas urbanas atendidas pelo sistema de abastecimento público por razões de qualidade, quantidade, custo ou associação destes e também sendo excelente fonte estratégica de água potável para a zona rural, pequenas cidades, comunidades isoladas.

A sobre-exploração e a poluição deste recurso, por longos períodos de tempo pode acarretar sérios problemas como: secamento de poços rasos utilizados para abastecimentos locais e irrigação; aumento da profundidade onde se encontra o lençol d'água, acarretando maiores gastos na perfuração e na utilização de energia para bombeamento; os aquíferos litorâneos podem sofrer contaminação por intrusão da cunha salina (água do mar), ocorrência do fenômeno da subsidência (abaixamento do terreno) de terrenos, devido à compactação gradual do solo; e, em áreas rurais, por poluição difusa de fertilizantes, pesticidas, fossas sépticas, drenagens urbanas. (CAPUCCI, 2001).

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2002), estima-se que o volume de água subterrânea no Brasil é da ordem de 112.000 Km³. Até 2002, as estimativas eram de aproximadamente 300.000 poços sendo usados, e mais de 10.000 mais são perfurados a cada ano. Cidades como Ribeirão Preto (SP), Mossoró e Natal (RN), Maceió (AL), Barreiras (BA) e a região metropolitana de Recife (PE), dependem totalmente ou em parcialmente de água subterrânea para seus suprimentos. No Maranhão, mais de 70% das cidades são supridas por água subterrânea, e no Piauí, essa parcela ultrapassa a 80%. No Brasil, não há um controle da utilização das águas subterrâneas, sendo difícil caracterizar seu nível de utilização (Rebouças 2006).

O Estado do Rio de Janeiro possui cerca de 80% do seu território, significando que o principal tipo de sistema aquífero do Estado do Rio de Janeiro é do tipo fissural, ou seja, a água circula e armazena-se em fissuras e falhas das dessas rochas. Nos 20% restante da sua área, ocorrem rochas sedimentares e sedimentos variados, na qual se encontra inserida a porção continental da bacia Sedimentar de Campos dos Goytacazes, dentre outros municípios (CAPUCCI, 2001).

O Município de Campos dos Goytacazes, localizado na região Norte Fluminense possui também grande potencial hidrogeológico de águas subterrâneas (FREITAS, 2003). O abastecimento de água da população é feito por meio de duas formas de captação: superficial e subterrânea, sendo que a última é feita por meio de poços profundos e uma grande quantidade de poços rasos, conhecidos popularmente na região como cacimba (CAETANO, 2000 e CORIDOLA, 2005). O município apresenta elevada potencialidade hídrica subterrânea, mesmo sob condições geológicas diferentes (CAETANO, 2000), e seu aproveitamento, segundo estudos da ENCO (Engenharia Consultoria Planejamento Ltda.), pode ser feito a um custo mais baixo do que a água superficial (CAETANO, 2000).

De acordo com Caetano (2000), este município devido as suas características litológicas, estruturais, sedimentares e estratigráficas permitiu a formação de dois sistemas de aquíferos: O Sistema Aquífero Fraturado de Embasamento Cristalino e o Sistema Aquífero Sedimentar, sendo que, segundo estatísticas de Capucci (2001), dos 48 poços existentes na época da realização do seu trabalho, 44 eram do Sistema Poroso, havendo um predomínio do Sistema Aquífero Poroso.

O Sistema Aquífero Fraturado de Embasamento Cristalino localizam-se a sudoeste e ao norte do município compreendidas pelos distritos de Murundu, Santa Maria, Ibitioca, Vila Nova de Campos, Morro do Coco, Conselheiro Josino, entre outros, num total de 1656 Km², caracterizando-se por apresentar descontinuidade, de porosidade secundária (fissuras) e de caráter livre a semiconfinado, que está associado às zonas de fraqueza e ruptura das rochas do embasamento cristalino.

O Sistema Aquífero Sedimentar favoreceu a formação de dois tipos de sistemas aquíferos sedimentares: Sistemas Aquíferos Terciários e Sistemas Aquíferos Quaternários Deltáicos, que ao todo atingem uma área de aproximadamente 3.801 km², abrangendo os municípios de Campos dos Goytacazes, São João da Barra e São Francisco do Itabapoana, todos no Norte do estado do Rio de Janeiro (CAETANO, 2000). Em relação aos sedimentos terciários formaram-se dois aquíferos: Aquífero Formação Barreiras e Aquífero Formação Emborê.

A Formação Emborê, é caracterizada por areias quartzosas, arenitos e matriz argilosa, com grãos fracamente consolidados por material carbonático, por vezes intercalados por argilitosossilíferos, calcarenitos, calciruditos e dolomitos. Caetano (2000) estima que a área ocupada pelo Aquífero Formação Emborê seja de 345 Km² e vazão média de 70,93 m³/h (FREITAS, 2003).

O Aquífero Formação Barreiras, com características de confinado a não confinado, é formado por sedimentos permeáveis compostos por arenitos, siltitos, argilitos e conglomerados continentais de idade cenozóica. Apresenta valores de vazão entre 34,55 e 47,17 m³/h (FREITAS, 2003).

O Aquífero Quaternário Deltaico, formado por solos residuais, areias, cascalhos, argilas e siltes, atingindo até 120 m de espessura. Neste sistema, Caetano (2000) encontrou vazão média de 139,67 m³/h (FREITAS, 2003).

O aquífero Quaternário Deltaico na região de Campos do Goytacazes é um aquífero livre, formado por depósitos recentes (SANTOS, 2004) e sua recarga provém principalmente do Rio Paraíba do Sul e dos canais de drenagem (CAETANO, 2000) com área de descarga na Lagoa Feia. Todos os poços perfurados sobre esta faixa preferencial obtiveram excelentes vazões de exploração, chegando a alcançar 300 m³/h (FREITAS, 2003).

Segundo Freitas (2003), devido Campos ser uma grande produtora de álcool, a fertirrigação aumenta alguns problemas qualitativos encontrados na região, como por exemplo, índices de ferro, potássio e sódio fora dos padrões, além do nitrato sob áreas de concentração urbana. Este autor ainda afirma que o clima tropical, juntamente com processos agrícolas praticados na área do Aquífero Quaternário Deltaico e a influência marinha, incrementam a salinização do solo e da água subterrânea sendo, de maneira geral a região sul/sudeste do aquífero é a mais problemática do ponto de vista qualitativo, sendo que os índices qualitativos estão sujeitos a mudanças de concentrações no decorrer do ciclo hidrológico devido à variação do nível de água na região de descarga.

Freitas (2003) identificou, em sua área de estudo, íons e parâmetros fora dos padrões de potabilidade estabelecidos pela portaria (1469/2000 do ministério da saúde, portaria vigente em 2000), indicando ter origem ligada a atividades humanas, como os canais de condução de vinhaça para fertirrigação e a própria geração e condicionamento de efluentes domésticos em fossas sépticas em grandes concentrações urbanas.

A captação de água do lençol freático no Município de Campos dos Goytacazes é algo comum. Poços rasos tipo cacimba são perfurados maciçamente. Entretanto estes são vulneráveis a diversos tipos de poluição e/ou contaminação, provocados por “fossas sépticas” (na verdade sumidouros), por tubulações de esgoto com fissuras, por disposição inadequada de resíduos sólidos e por muitas outras formas (CORIDOLA, 2005).

Muitas comunidades do município não recebem água tratada pela rede de abastecimento pública, por isso, a população busca alternativas de abastecimento de água da maneira mais econômica e prática encontrada, principalmente por meio de poços freáticos, quase sempre fora dos padrões de potabilidade (ROSA, 2004).

3.3 – ÁGUA, SANEAMENTO E SAÚDE

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), uma estimativa com base em casos de diarreia, tracoma e infecções intestinais causadas por parasitas intestinais em 192 países, sugere que melhorias no sistema de abastecimento de água potável, saneamento e gerenciamento de recursos hídricos poderiam evitar 10% das mortes causadas por doenças e 6,3% de todas as mortes no mundo. No Brasil, 28.800 pessoas morrem por doenças provocadas por problemas relacionados à água, saneamento e higiene, correspondendo a 2,3% de todas as mortes no país (PRÜSS-ÜSTÜN, 2008).

O abastecimento humano, dentre os vários usos da água, é tido como o mais nobre e prioritário, pois o homem depende de uma oferta adequada para sua sobrevivência, utilizando-a para o funcionamento de seu organismo, sua higiene pessoal e de utensílios e o preparo de alimentos, dentre outros (BRAGA, 2005).

Conforme afirma Barcellos (2003), existe uma correlação inversa significativa entre a qualidade de água distribuída à população e casos de surtos de doenças nos municípios, demonstrando que os sistemas de abastecimento repetidamente fora dos padrões legais de potabilidade representam um meio potencial de disseminação de doenças.

Para a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS/OMS), os benefícios que se podem obter com a melhoria no sistema de abastecimento e destino adequado de dejetos, na redução da morbidade, são: prevenção de pelo menos 80 % dos casos de febre tifóide e paratifóide; redução de 60 a 70% dos casos de tracoma e esquistossomose; e prevenção de 40 a 50% dos casos de disenteria bacilar, amebíase, gastroenterites e infecções cutâneas, entre outras (ANA, 2006).

Além da poluição biológica, a poluição por substâncias químicas é outro fator de risco para a saúde humana. Dentre os principais componentes químicos estão os agrotóxicos, metais pesados e compostos orgânicos (BARCELLOS, 2003).

A utilização de poços de água em comunidades rurais tem sido frequentes em cidades brasileiras, entretanto, nem sempre estão dentro dos padrões de potabilidade permitidos pela legislação. Um dos principais problemas é a presença de nitrato, que pode estar relacionado à proximidade com fossas sépticas (ARAÚJO, 2004). Estudos levam a considerar a água utilizada nas propriedades rurais como um fator de risco à saúde dos seres humanos que a utilizam sem um tratamento adequado (AMARAL, 2003).

De acordo com dados do Ministério da Saúde, a incidência de doenças de veiculação hídrica, bem como dos maiores coeficientes de mortalidade infantil, é maior nas regiões menos desenvolvidas do país e nos municípios de baixa renda: áreas onde se verificam os mais baixos indicadores de cobertura pelos sistemas de abastecimento de água (ABICALIL, 2003).

3.4 – PADRÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA

Os padrões de qualidade da água referem-se a certo conjunto de parâmetros capazes de refletir, direta ou indiretamente, a presença efetiva ou potencial de algumas substâncias ou microorganismos capazes de comprometer a qualidade da água do ponto de vista estético ou da salubridade (BRANCO, 2006).

A Portaria Nº 518, de 25 de Março de 2004 do Ministério da Saúde (Brasil, 2004), estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, entre outras providências, padronizando assim os valores máximos permitidos (VMP).

Na atualidade, a Organização Mundial da Saúde (OMS), é a instituição que acompanha e recomenda os valores máximos permitidos (VMP) a partir de estudos toxicológicos realizados em todo o mundo e publicados em diferentes eventos científicos baseados no tema, no entanto todas as normas de potabilidade no Brasil seguem basicamente os padrões recomendados pela OMS no *Guidelines for Drinking - Water Quality* (FREITAS e FREITAS, 2005).

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas. Os parâmetros físico-químicos, alguns descritos a seguir, servem para caracterizar tanto águas para abastecimento como águas residuárias, mananciais e corpos receptores (VON SPERLING, 2005). A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva a ela. A turbidez é constituída pelos sólidos em suspensão na água. Pode ter origem natural, como partículas de rochas, argila, silte, algas e outros microorganismos, podendo ter origem antrópica, como despejos domésticos e industriais, microrganismos e erosão.

A turbidez de origem natural não proporciona nenhum risco sanitário a não ser o aspecto esteticamente desagradável. Entretanto, estes sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microorganismos patogênicos, diminuindo a eficiência da desinfecção. Além do mais, se a turbidez for de origem antropogênica, pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos. Em mananciais superficiais a turbidez pode reduzir a penetração da luz solar, prejudicando a fotossíntese.

O potencial hidrogeniônico (pH) representa a concentração de íons hidrogênio H^+ – em escala antilogarítmica, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Sua faixa vai de 0 a 14 (VON SPERLING, 2005).

As substâncias que constituem o pH são os sólidos e gases dissolvidos na água, que podem ser de origem natural – dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria

orgânica e fotossíntese, ou podem ser de origem antropogênica, como despejos domésticos que liberam matéria orgânica que é oxidada liberando produtos que influenciam o pH; e despejos industriais tais como lavagem ácida de tanques (VON SPERLING, 2005).

O pH é uma das variáveis ambientais mais importantes nos ecossistemas aquáticos, ao mesmo tempo em que é uma das mais difíceis de interpretar devido ao grande número de fatores que podem influenciá-lo (ESTEVES, 1998). Considerando a ecologia aquática, valores de pH distantes da neutralidade podem afetar a vida aquática e os microorganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica. Mas em termos de saúde pública, para abastecimento de água, não apresentam nenhuma implicação, a não ser que os valores sejam extremamente baixos ou elevados, o que pode causar irritação na pele ou nos olhos (VON SPERLING, 2005).

Em termos de tratamento de água e abastecimento doméstico, seus valores influenciam nas etapas do tratamento da água, como a coagulação, desinfecção, controle da corrosividade e remoção da dureza. Assim como um pH baixo apresenta potencial de corrosividade e agressividade nas tubulações e peças de água para abastecimento, o pH elevado pode provocar incrustações nas tubulações e peças de água para abastecimento. Em termos de saúde pública, não tem significado sanitário, entretanto elevadas concentrações dão um gosto amargo à água.

O ferro e o manganês são dois elementos muito frequentes na superfície da terra, por isso, seus compostos são encontrados em todos os corpos de água, mesmo que em concentrações muito reduzidas. São considerados micronutrientes, isto é, indispensáveis ao metabolismo dos seres vivos, podendo estar sob a forma complexada ou reduzida na água, sendo que o pH, a temperatura e o potencial redox da água são os fatores ambientais mais importantes para a determinação de suas concentrações (ESTEVES, 1998).

O ferro e o manganês estão presentes nas formas insolúveis (Fe^{3+} e Mn^{4+}) em diversos tipos de solos, mas também podem ter origem antropogênica por meio de despejos industriais. Na ausência de oxigênio dissolvido, como em águas subterrâneas ou fundo de lagos e represas, estes íons estão sob a forma solúvel reduzida (Fe^{2+} e Mn^{2+}). Estas formas reduzidas, ao serem expostas ao ar atmosférico (ex: na torneira de casa) voltam a se oxidar às suas formas insolúveis (Fe^{3+} e Mn^{4+}), que se precipitam, podendo causar coloração na água (VON SPERLING, 2005).

Estes compostos, segundo Von Sperling (2005), têm pouca importância sanitária nas concentrações naturais, entretanto, em certas concentrações podem causar coloração na água o que pode manchar roupas durante a lavagem. Em concentrações mais altas podem causar sabor e odor na água.

Os cloretos (Cl⁻) são provenientes da dissolução de sais, como sólidos dissolvidos advindos da dissolução de minerais ou pela intrusão de águas salinas que, em determinadas concentrações conferem um sabor salgado à água.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

O Estudo foi realizado em 10 localidades em distritos do Município de Campos dos Goytacazes, situado na região Norte Fluminense (Tabela 1).

Tabela 1- Lista das localidades amostradas, data das campanhas e número de amostras

	Localidade	Data da 1ª campanha	Número de amostras	Data da 2ª campanha	Número de amostras
1	Bariri – Travessão	19/02/09	08	09/06/09	06
2	Travessão	12/03/09	08	09/06/09	07
3	Posse do Meio (localidade próxima a Usina Santa Maria)	19/03/09	08	18/06/09	08
4	Conceição do Imbé	02/04/09	10	02/07/09	08
5	Praça São Benedito e Estrada da Lagoa de Cima (Distrito Lagoa de Cima)	12/04/09	09	02/07/09	07
6	Campo Novo e Venda Nova	23/04/09	10	04/08/09	10
7	Baixa Grande	06/05/09	10	04/08/09	07
8	Pernambuca/Ibitioca	15/05/09	10	16/07/09	09
9	Guriri	21/05/09	08	16/07/09	05
10	Ponta da Lama	21/05/09	02	16/07/09	02

No total foram 83 amostras na 1ª campanha e 69 na 2ª campanha. A escolha das localidades foi feita tomando como objeto de estudo as localidades que não possuíam água tratada fornecida pela rede de abastecimento pública na ocasião da realização deste trabalho. Sendo assim, os moradores dessas localidades utilizavam predominantemente água subterrânea, e eventualmente outras fontes alternativas.

A pesquisa foi realizada com o auxílio de duas bolsistas de iniciação científica e dois bolsistas da Unidade de Pesquisa e Extensão Agroambiental (UPEA) do Instituto Federal Fluminense. As amostras foram colhidas majoritariamente de poços freáticos, como também em poço artesianos e outras fontes alternativas de água, como cachoeira e nascente, entre os meses de fevereiro e julho de 2009.

A fim de obter resultados confiáveis, foram realizadas duas campanhas de amostragem (repetição) em cada comunidade, em diferentes meses do ano, o que também possibilitou uma avaliação sobre o efeito dos períodos chuvoso e seco nos resultados das análises. A primeira campanha ocorreu predominantemente no período chuvoso e a segunda no período mais seco.

As amostras para determinações físico-químicas foram coletadas em frascos plásticos limpos e as amostras para determinação microbiológicas foram coletadas utilizando bolsas nasco (saco

plástico esterilizado), ambas acondicionadas em caixas de material isotérmico contendo cubos de gelo. A amostragem foi feita aleatoriamente nas localidades, sendo que a pesquisa de campo, em cada amostragem, foi realizada em 3 etapas: aplicação do questionário sócio-ambiental, coleta das amostras de água e pesquisa nos postos de saúde sobre doenças de veiculação hídrica. As duas primeiras etapas ocorreram simultaneamente durante o trabalho de campo e a última ocorreu após o término da segunda amostragem.

Juntamente com a aplicação do questionário sócio-ambiental, foram coletadas amostras de água diretamente do poço, quando não foi possível, foi coletada da torneira das residências.

Com auxílio de uma trena foram medidas as distâncias entre as fontes de água (quase sempre poço) e a fossa séptica das casas.

No Laboratório de Monitoramento das Águas da Foz do Rio Paraíba do Sul (LabFoz) instalado na UPEA, os ensaios realizados foram seguidos de acordo com normas padrões de procedimento descritas no livro *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*, 21ª Edição (EATON, 2005).

As amostras coletadas eram submetidas aos seguintes ensaios: Determinação de Potencial Hidrogeniônico – pH; Determinação de Turbidez; Determinação de Cloro Livre; Determinação de Cloro Total; e Determinação de Flúor.

As análises físico-químicas foram realizadas em triplicata e as médias realizados em quintuplicata, totalizando assim 15 determinações por resultado, seguindo recomendações da Resolução CONAMA 396 /2008, sobre água subterrânea.

Encerrado o período de amostragem e aplicação do questionário sócio-ambiental, foram realizadas saídas de campo para visitar os postos de saúde das localidades que possuíam, a fim de coletar dados sobre a incidência de doenças de veiculação hídrica.

Na determinação do pH foi utilizado o pHmetro portátil da marca Thermo Scientific, modelo Orion 3, adquirido pelo LabFoz/IFF.

Nos Ensaio de Determinação de Turbidez determina-se a presença de sólidos em suspensão numa solução. Nas análises foi utilizado o Turbidímetro portátil.

A determinação de Cloro Livre consistiu em analisar, utilizando Colorímetro Digital Kit Pocket para cloro, a concentração de Ácido Hipocloroso (HClO) e íons Hipoclorito (OCl⁻) presentes em água, que são agentes desinfetantes adicionados nas estações de tratamento de água. No caso do cloro total e do fluor a determinação foi idêntica a que foi realizada de Cloro Livre, exceto pelo uso do reagente específico.

Para a determinação de ferro e manganês foi utilizado o Portable Datalogging Spectrophotometer de bancada. Para análise de ferro, é selecionado o programa para ferro (Fe) no

aparelho e em seguida ajustado o comprimento de onda para 510 nm. Para o manganês, no mesmo aparelho, é selecionado o programa para manganês (Mn) e em seguida selecionado o comprimento de onda para 560 nm. Os resultados são obtidos em mg/L de ferro e manganês.

Os dados das análises físico-químicas foram digitalizados em planilhas para análises estatísticas. Para os parâmetros pH, turbidez, cloro total, cloro livre, flúor, ferro e manganês foram calculados média total e desvio padrão combinado (Sc) para cada localidade nas duas campanhas.

Os resultados dos ensaios físico-químicos foram comparados pela portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. Apenas o valor máximo permitido (VMP) para Cloro total e o teor mínimo recomendado para flúor não estavam contemplados na legislação, sendo utilizados então valores utilizados na pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e por alguns Estados Brasileiros.

Os resultados dos questionários sócio-ambientais e dos questionários epidemiológicos foram utilizados para interpretação dos resultados obtidos nos ensaios físico-químicos e microbiológicos.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - pH

Para as análises de pH, a faixa ideal recomendada pela portaria 518/2004 MS para consumo humano é de 6,0 a 9,5. A Figura 1 apresenta os resultados médios do parâmetro pH obtidos nas localidades estudadas.

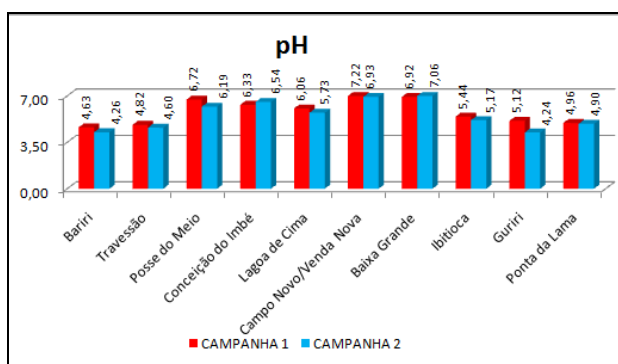


Figura 1 - Resultado das médias dos valores de pH por localidade nas 1ª e 2ª campanhas.

A maioria das médias observadas nas localidades amostradas apresentou-se abaixo do valor de 6,0, estando, portanto fora da faixa ideal de pH da água para consumo humano, segundo Portaria Nº 518, de 25 de Março de 2004, do Ministério da Saúde. Os desvios-padrão obtidos foram pequenos comparados aos valores das médias, sendo que o máximo ocorreu em Ponta da Lama (a média obtida foi de 4,96 e desvio-padrão de 0,21 na 1ª campanha), demonstrado, portanto a baixa variabilidade das amostras nas localidades amostradas.

Com exceção de Baixa Grande e Ponta da Lama, as demais localidades apresentaram problemas de acidez na água consumida, sendo, portanto necessária uma atenção especial a este parâmetro quando na implementação de um tratamento de água nestas localidades.

5.2 - FERRO

Na água para consumo humano o VMP é de 0,3 mg/L. A tabela 2 e apresenta os resultados médios do parâmetro ferro e seus respectivos desvios-padrão.

Tabela 2 - Valores médios do parâmetro ferro e seus respectivos desvios-padrão.

Localidade	1ª Campanha	2ª Campanha
	média/desvio-padrão	média/desvio-padrão
Bariri	0,05±0,05	0,08±0,12
Travessão	ND	0,06±0,06
Posse do Meio	0,01±0,01	0,10±0,16
Conceição do Imbé	0,14±0,16	0,06±0,01
Lagoa de Cima (Praça São Benedito)	0,03±0,05	0,06±0,06
Campo Novo/Venda Nova	1,40±1,50	2,01±1,91
Baixa Grande	1,60±3,90	2,00±4,00
Pernambuca/Ibitioca	0,01±0,02	0,04±0,01
Ponta da Lama	0,00±0,00	0,00±0,00
Guriri	0,21±0,38	0,09±0,12

ND – não determinado

A maioria das médias observadas nas localidades amostradas apresentou-se abaixo do valor de 0,3 mg/L que é o valor máximo permitido para água para consumo humano, segundo Portaria N° 518, de 25 de Março de 2004, do Ministério da Saúde. Campo Novo/ Venda Nova e Baixa Grande obtiveram médias altas, excedendo em muito o VMP. Nestas localidades a alta concentração de ferro é uma característica da água subterrânea, o que confirma este resultado.

Na maioria das localidades, os desvios-padrão obtidos estavam bem próximos dos valores das médias, sendo que em Baixa Grande o desvio padrão foi altíssimo (3,86 e 4,0 mg/L) se comparado com a média e o VMP. Isso pode ser verificado, através das figuras 2 e 3, onde é possível observar, na figura 18 duas amostras com valores bem maiores das demais, e na figura 19 uma amostra com valor bem discrepante em relação às demais, explicando o alto desvio padrão observado.

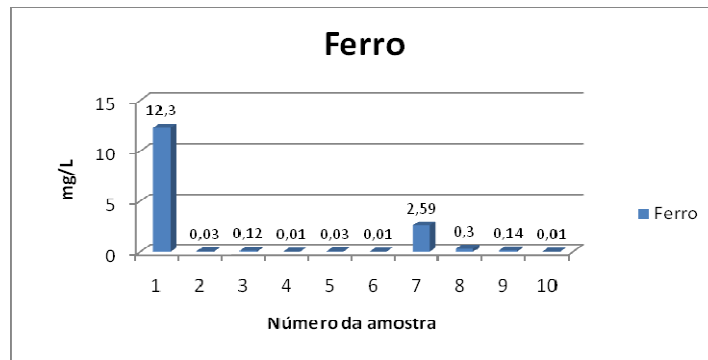


Figura 2 - Resultado das médias de ferro em Baixa Grande na 1ª campanha

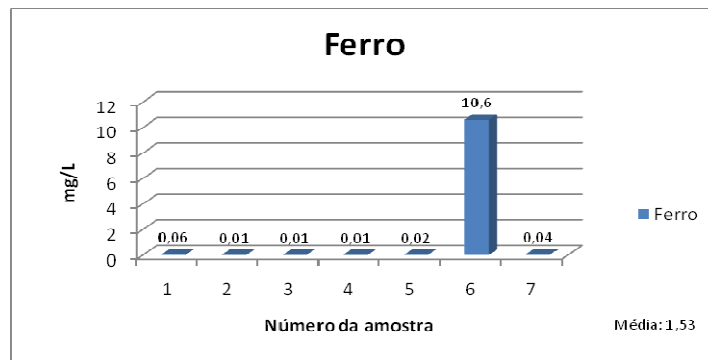


Figura 3 - Resultado das médias de ferro em Baixa Grande na 2ª campanha

5.3 - CLORO TOTAL E CLORO LIVRE

O VMP adotado para cloro total em água para consumo humano é de 5 mg/L. A Figura 4 apresentam os resultados médios do parâmetro Cloro total.

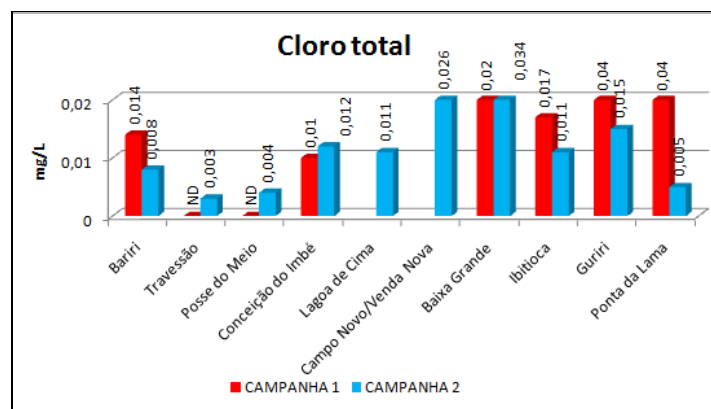


Figura 4 - Resultado das médias dos valores de cloro total por localidade nas 1ª e 2ª campanhas.

Todas as médias observadas nas localidades amostradas apresentaram-se abaixo do VMP para cloro total – que é de 5 mg/L – e com médias bem baixas. Os desvios-padrão obtidos não foram tão

pequenos se comparados aos valores das médias, entretanto como as médias foram bem baixas, foram considerados insignificantes.

Para cloro residual livre, o teor mínimo recomendado em qualquer ponto é de 0,2 mg/L e o teor máximo 2,0 mg/L. A tabela 3 apresenta os resultados médios do parâmetro cloro livre e seus respectivos desvios-padrão desta pesquisa.

Todas as médias observadas nas localidades amostradas apresentaram-se abaixo da concentração mínima de 0,2 ml/L, estando, portanto abaixo do padrão recomendável para cloro livre na água para consumo humano, segundo Portaria N° 518, de 25 de Março de 2004, do Ministério da Saúde. Os desvios-padrão obtidos foram pequenos, assim como as médias, sendo que as variações das amostras foram em valores bem insignificantes, se comparados ao valor mínimo recomendado pela portaria 518/2004 MS.

Tabela 3 - Valores médios do parâmetro cloro livre e seus respectivos desvios-padrão.

Localidade	1ª Campanha	2ª Campanha
	média/desvio-padrão	média/desvio-padrão
Bariri	0,010±0,010	0,000±0,000
Travessão	ND	0,003±0,003
Posse do Meio	ND	0,000±0,000
Conceição do Imbé	0,002±0,014	0,008±0,002
Lagoa de Cima (Praça São Benedito)	ND	0,006±0,005
Campo Novo/Venda Nova	ND	0,015±0,003
Baixa Grande	0,017±0,009	0,022±0,002
Pernambuca/Ibitioca	0,002±0,004	0,004±0,000
Ponta da Lama	0,001±0,003	0,005±0,000
Guriri	0,003±0,003	0,010±0,003

ND – não determinado

Valores de cloro livre acima do VMP foram encontrados apenas em Campo Novo e Venda Nova, na 1ª campanha, quando 20% das amostras apresentaram cloro livre acima do VMP. Já na 2ª campanha, todas as amostras estavam dentro do padrão.

Portanto, os valores de cloro total e cloro livre encontrados ficaram praticamente todos abaixo do VMP recomendado pela portaria 518/2004 MS. Este resultado é um indicador que preventivamente não se tem utilizado o cloro com agente para combater microorganismos presentes na água consumida, conforme recomendação dos organismos de saúde.

5.4 - FLÚOR

Considerando a água para consumo humano, foi adotado como padrão para teor mínimo 0,7 mg/L, e como VMP 1,5 mg/L de flúor. A Figura 5 apresenta os resultados médios do parâmetro flúor.

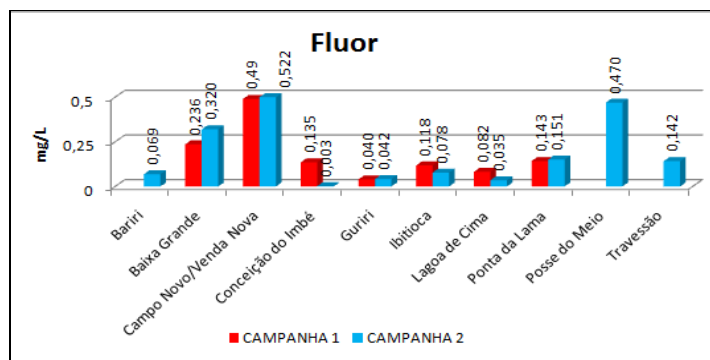


Figura 5 - Resultado das médias dos valores de flúor por localidade nas 1ª e 2ª campanhas.

Todas as médias observadas nas localidades amostradas apresentaram-se abaixo do valor de mínimo recomendado, entretanto, como o flúor já é encontrado em pequenas proporções e geralmente é adicionado à água tratada para ajudar na prevenção de cáries, a sua baixa concentração não vai influenciar negativamente na qualidade da água. Desta forma, as análises de flúor indicam a necessidade de incorporação de elemento em caso da implementação de tratamento de água nas localidades estudadas.

5.7 - TURBIDEZ

O VMP para turbidez recomendado é de 5 UT (unidade de turbidez). A Figura 6 apresentam os resultados médios do parâmetro pH desta pesquisa.

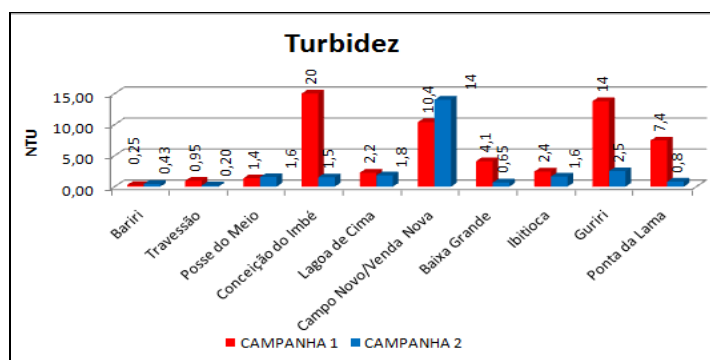


Figura 6 - Resultado das médias de turbidez por localidade nas 1ª e 2ª campanhas.

A maioria das médias observadas nas localidades amostradas apresentaram-se abaixo do valor de 5 NTU, estando, portanto dentro do padrão de turbidez para água para consumo humano, segundo Portaria N° 518, de 25 de Março de 2004, do Ministério da Saúde. Conceição do Imbé, Campo Novo/Venda Nova e Guriri tiveram os maiores valores de turbidez. Em Conceição do Imbé, esta média alta se deve principalmente ao uso de água de cachoeira em algumas amostras, que apresentou alta turbidez, devido provavelmente a ocorrência de chuvas, fato bastante comum na

localidade. Já em Campo Novo, Venda Nova e Guriri, como as amostras eram provenientes de poço, a influência maior pode ter sido da presença do ferro precipitado. Os desvios-padrão obtidos, comparados aos valores das médias, foram pequenos na maioria das localidades demonstrado, portanto a baixa variabilidade das amostras nas localidades amostradas.

5.8 – OCORRÊNCIA DE DOENÇAS

Foi verificado em todas as localidades o uso de fossas e/ou sumidouros para destino do esgoto doméstico. Algumas vezes, o esgoto era até jogado em áreas abertas de pastagem ou próximos a córregos. A população não toma as devidas providências para a proteção de seus recursos hídricos subterrâneos devido à falta de conhecimento, sendo assim constroem suas fossas sem o conhecimento dos locais adequado, sem os devidos critérios técnicos.

Em decorrência disto, as pessoas sofrem com enfermidades que possivelmente estão relacionadas à má qualidade da água, principalmente diarreia e verminose. A maioria das localidades sofre bastante com estas enfermidades e nem sempre isto é refletido nas estatísticas dos serviços públicos. Muitos desses moradores são pessoas de baixa renda que devido à sua falta de conhecimento ou de renda, consomem a água sem nenhum tratamento.

6 - CONCLUSÕES

Apesar de a água não ser igualmente bem distribuída no tempo e no espaço, o município de Campos dos Goytacazes, localizado na Região Norte Fluminense é rico em recursos hídricos, tanto superficiais quanto subterrâneos. Entretanto, estes recursos hídricos vêm sofrendo comprometimento em sua qualidade. Os resultados obtidos nas localidades estudadas:

- Com exceção de Baixa Grande e Ponta da Lama, as demais localidades apresentaram problemas de acidez na água consumida, sendo, portanto necessária uma atenção especial a este parâmetro quando na implementação de um tratamento de água nestas localidades;

- Destacadamente as localidades de Campo Novo/Venda Nova e Baixa Grande foram as que apresentaram concentrações de ferro acima do VMP nas duas campanhas, exigindo, portanto atenção especial no que se refere a este parâmetro;

- As localidades de Bariri, Lagoa de Cima, Campo Novo/Venda Nova, Baixa Grande e Ponta da Lama apresentaram valores acima do VMP para o parâmetro manganês. A presença deste elemento está quase sempre associada com a do ferro, indicando, portanto que a formação geológica nestas localidades é determinante na ocorrência destes elementos;

- Os valores de cloro total e cloro livre encontrados ficaram praticamente todos abaixo do VMP recomendado pela portaria 518/2004 MS. Este resultado é um indicador que preventivamente não se tem utilizado o cloro com agente para desinfecção dos microorganismos presentes na água consumida, conforme recomendação dos organismos de saúde;

- As análises de flúor indicam a necessidade de incorporação desta substância em caso da implementação de tratamento de água nas localidades estudadas;

- Com relação a turbidez, em todas as localidades estudadas este parâmetro apresentou nas análises valores superiores ao VMP conforme Portaria Nº 518 do MS, devendo, portanto também receber atenção especial em caso de tratamento de água; e

Identificou-se ao longo do trabalho que possivelmente a ocorrência de doenças nas localidades estão relacionadas à má qualidade da água, principalmente diarreia e verminose. A maioria das localidades sofre bastante com estas enfermidades e nem sempre isto é refletido nas estatísticas dos serviços públicos. Muitos desses moradores são pessoas de baixa renda que devido à sua falta de conhecimento ou de renda, consomem a água sem nenhum tratamento.

A partir dos resultados obtidos e do grande potencial hídrico existente na região, recomendamos que o poder público viabilizasse a distribuição de água tratada para as comunidades afastadas a partir do próprio potencial das localidades. Cordeiro (2008) desenvolveu mini-estações de tratamento convencionais que podem atender perfeitamente as pequenas localidades, com baixo custo de instalação e operação.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABICALIL, M. T. **Atual situação dos Serviços de Água e Esgotos no Brasil. In O Estado das Águas no Brasil, 2001-2002.** Edição Comemorativa do Dia Mundial da Água, ANA/ MMA, Brasília: 2003.

AMARAL, L. A.; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O. D.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. **Água para consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais.** Rev. Saúde Pública; 37(4): 510-4, 2003.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Evolução dos aspectos legais, institucionais e técnicos.** [2002-2004].

Disponível em:

<http://www.ana.gov.br/pnrh/DOCUMENTOS/5Textos/3EvolucaoLegal4_04_03.pdf>

Data de acesso: 02/10/2009

ANA. **4. Panorama Nacional dos Recursos Hídricos.** 2006a.

Disponível em :

<http://www.ana.gov.br/pnrh/DOCUMENTOS/5Textos/4PanoramaNacional04_04_03.pdf>

Acesso em: 29/11/2008

ARAÚJO, P. P.; PONTE, M. X.; SOUZA, A. N. **Potencial hidrogeológico e a questão da água no abastecimento público,** Xinguara/ PA. *XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.* Cuiabá – MT, 2004.

BAIRD, Colin. **Química Ambiental.** Porto Alegre. Ed. Bookman, 2002

- BARCELLOS, C. **Informações sobre Água e saúde no Brasil: fontes de dados e possibilidades de interrelacionamento.** Edição Comemorativa do Dia Mundial da Água, ANA/ MMA, Brasília: 2003.
- BRANCO, S. M.; AZEVEDO, S. M. F. O.; TUNDISI, J. G. **Água e saúde humana.** In REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação.** 3. Ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.
- CAETANO, L. C. **Água subterrânea no município de Campos dos Goytacazes: uma opção para o abastecimento.** Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. 2000.
- CAPUCCI, E.; MARTINS, A. M.; MANSUR, K. L.; MONSORES, A. L. M. **Poços tubulares e outras captações de águas subterrâneas: orientação aos usuários.** Rio de Janeiro: SEMADS, 2001
- CORIDOLA, R.; VIEIRA, E. M.; ALVES, M. G.; ALMEIDA, F. T. **Uso das Técnicas de Geoprocessamento na Elaboração de Mapa Preliminar de Vulnerabilidade dos Aquíferos do Município de Campos de Goytacazes – RJ.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2933-2940.
- CORDEIRO, W. S. **Alternativas de Tratamento de Água para comunidades Rurais.** Dissertação apresentada (Mestrado em Engenharia Ambiental) CEFET/ Campos, Campos dos Goytacazes, RJ, 2008
- EATON, Andrew D.; CLESCERI, Lenore S.; RICE Eugene W.; GREENBERG Arnold E.. **Standard Methods for the Examination of water & wastewater** 21 Ed. [S.L.]: Apha, 2005.)
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** 2. Ed. – Rio de Janeiro: Interciência, 1998
- FREITAS, D. M. **Águas Subterrâneas na Baixada Campista (Campos dos Goytacazes, RJ): Geometria, Qualidade e Dinâmica no Aquífero Quaternário Deltaico.** Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 2003. 197p.
- FREITAS, M. B.; FREITAS, C. M. **A vigilância da qualidade da água para consumo humano – desafios e Perspectivas para o Sistema Único de Saúde.** Revista Ciência e Saúde Coletiva 10(4): 993-1004, 2005.
- LOPES, M. F. C. **Condições de Ocorrência de Água Subterrânea nas Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari.** Dissertação de Mestrado para obtenção do Título de Mestre em Ciências na área de Recursos Hídricos. Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP, Campinas, 1994. 82p
- ONU. **Falta água potável para 1,1 bilhão no mundo.** Paris, 09/03/06.
Disponível em: < Fonte : http://www.onu-brasil.org.br/view_news.php?id=3741>
Acessado em: 20 setembro de 2009
- PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas.** Porto Alegre: ABRH, 2003.
- POPP, J. H. **Geologia Geral.** 5. ed. Rio de Janeiro: Ed. LCT, 1998
- PRÜSS-ÜSTÜN, A.; BOS, R.; Gore, F.; BARTRAM, J. **Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health.** World Health Organization, Geneva, 2008.
- REBOUÇAS, A. C. **Água doce no mundo e no Brasil.** In REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação.** 3. Ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.
- SANTOS, M. G. **Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas dos sistemas aquíferos sedimentares da região de Campos dos Goytacazes.** Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. 2004
- TUNDISI, J. G. **Recursos Hídricos no Futuro: Problemas e Soluções.** Estudos Avançados [online]. Vol.22, n.63, pp 07-16. 2008.
- VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e Tratamento de Esgotos.** 3. Ed.- Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.