

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENFERMAGEM DE RIBEIRÃO PRETO**

**ELIANA LEÃO DO PRADO**

**Qualidade da água utilizada por uma população de zona rural  
de Fortaleza de Minas – MG: um risco à saúde pública**

**Ribeirão Preto**

**2010**

**ELIANA LEÃO DO PRADO**

**Qualidade da água utilizada por uma população de zona rural de  
Fortaleza de Minas - MG: um risco à saúde pública**

**Tese apresentada à Escola de Enfermagem de  
Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo  
para obtenção do título de Doutor em Ciências,  
Programa de Pós-Graduação Enfermagem em  
Saúde Pública.**

**Linha de Pesquisa: Saúde Ambiental**

**Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Angela Maria Magosso  
Takayanagui**

**Ribeirão Preto**

**2010**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada à fonte.

## FICHA CATALOGRÁFICA

Prado, Eliana Leão do

Qualidade da água utilizada por uma população de zona rural de Fortaleza de Minas – MG: um risco à saúde pública. Ribeirão Preto, 2010.

196 p. : il. ; 30cm

Tese de Doutorado, apresentada à Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto/USP. Área de Concentração: Enfermagem em Saúde Pública.

Orientador: Takayanagi, Angela Maria Magosso.

1. Abastecimento rural de água. 2. Promoção da saúde água. 3. Qualidade ambiental. 4. Saneamento rural. 5. Saúde da população rural. 6. Saúde ambiental. 7. Saúde pública.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

PRADO, Eliana Leão do

Qualidade da água utilizada por uma população de zona rural de Fortaleza de Minas  
- MG: um risco à saúde pública. Ribeirão Preto, 2010.

Tese apresentada à Escola de Enfermagem de  
Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo  
para obtenção do título de Doutor em Ciências,  
Programa de Pós-Graduação Enfermagem em  
Saúde Pública.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

### Banca Examinadora

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Assinatura \_\_\_\_\_

*Por isso, vos digo: não andeis cuidadosos quanto à vossa vida,  
pelo que haveis de comer ou pelo que haveis de beber; nem  
quanto ao vosso corpo, pelo que haveis de vestir. Não é a vida  
mais do que o mantimento, e o corpo, mais do que a vestimenta?  
Mas buscai primeiro o Reino de Deus, e a sua justiça, e todas  
essas coisas vos serão acrescentadas.*

*Mateus 6: 25 e 33*

# *Dedicatória*

*A minha amada irmã **Silvania Leão do Prado**, com amor e saudades pelo tempo não vivido, pelos abraços não dados e pelo conhecimento não compartilhado. Você faz parte dessa minha história, quisera muito poder compartilhar este momento contigo, mas mesmo que distante, dentro do meu coração existe a certeza da vitória. A Você todo o meu reconhecimento pelo seu potencial, pois mesmo que por um curto período aqui conosco, Você sempre foi uma grande educadora, pesquisadora e acima de tudo desbravadora dos conhecimentos e sentimentos.*

# *Agradecimentos*

*A Deus, o Senhor dos Senhores, o Rei dos Reis, por ter criado os céus; a terra; e a mim, conforme a sua imagem e semelhança. Para frutificar, multiplicar, encher, sujeitar e reinar sobre todas as coisas.*

*Os meus pais amados Luiz do Prado e Nelcy Leão do Prado, por terem sido instrumentos de Deus para que eu fosse gerada aqui na terra. Por me ensinarem a ter persistência e coragem para enfrentar as diversidades da vida. Por me mostrarem que mesmo com a perda da minha irmã Silvânia, a vida segue em frente e que havia mais seis filhos para amá-los e serem amados. Vocês são a expressão do amor, do perdão, da luta e da perseverança em minha vida!*

*Aos meus pais espirituais Apóstolo Arnaldo Ferreira, Profeta Soraya Ferreira e família, por me amarem e cuidarem de mim com respeito e rompimento durante todo tempo. Pelos ensinamentos sobre o Reino e da Justiça de Deus, uma palavra reveladora e transformadora. **I believe!***

*Aos meus irmãos amados Pedro, Paulo, Rinaldo, Neli, Marisa e Juscelino, pela longa caminhada de ensinamentos, carinho, amor, perdão, respeito e doação durante todos os nossos momentos vivenciados. Obrigada também pelos sobrinhos lindos que Vocês me deram.*

*Aos meus sobrinhos lindos e amados Marrielle, Eduardo, Jhony, Samara, Rafael, Ryan, Gabriel, Mariângela, Rayane, Isabelle, Miguel e Mariana, que são sal e luz para este mundo. Vocês sempre me mostraram o quanto é gratificante viver...*

*As minhas cunhadas Angela e Taiana e ao meu cunhado Evair, pelo carinho, amor, ensinamentos, respeito e dedicação durante toda essa jornada. Vocês são pessoas preciosas para mim e para Deus!*

*As minhas primas amadas, Renata e Rosiane, pela jornada árdua que enfrentamos durante um período de nossas vidas! Obrigada por vocês estarem sempre comigo, independente das circunstâncias! Amo vocês! Aos meus tios, tias, primos e primas, por vocês fazerem parte da minha vida! Com vocês tudo têm mais vida!*

*Aos meus queridos amigos, Amanda, César, Cláudia, Daniela, Fabricius, Fernando (Meleiro), Heloisa, Itamar (Mamão), Ivana, Pr. Leandro César, Pr. Luiz Zanon e família, Lúcia, Luiz, Marcinho, Neusa Neves, Nilson, Renato Cazon e família, Rosilei (Rosa), Sueli, por darem alegria à minha vida e por sempre acreditarem em mim. Com vocês tudo fica mais divertido e vivo!*

*À minha professora primária Selma Maria Rossiter que realmente marcou minha vida. Em todas as aulas, lembro-me como se fosse hoje, você sempre tinha muita paixão por transformar as coisas, mesmo quando tudo parecia impossível, você encontrava uma saída. Você trabalhou em mim, o amor pela Arte e pela Ciência. As Ciências da vida, do amor, do encontro e do desencontro, do querer e do perder. E aquilo que todos nós sempre desejamos: "A constante busca por um mundo melhor!"*

*Ao querido Prof. Dr. João Álvares da Costa, meu amigo e mestre. Obrigada por você me ensinar a ser uma pessoa melhor neste mundo, por ser a expressão do caráter, do amor, da ternura, da vida, da luta em todos os momentos... Sinto saudades e a sua falta! Eu devo muito a você, que foi a pessoa que Deus colocou no meu caminho para me amar e cuidar de mim durante o tempo que estive aqui entre nós!*

*À minha orientadora, Profa. Dra. Angela M. M. Takayanagui que me acolheu, ouviu-me e juntas conseguimos transformar um sonho em realidade. Serei sempre grata por todos os ensinamentos, porque na vida sempre aprendemos, e grande legado deixado a minha pessoa durante todo o processo do meu aprendizado como pessoa e como pesquisadora nesta Instituição. A Você todo o meu respeito e admiração pelo seu conhecimento e dedicação às pessoas e as questões voltadas para a Saúde Ambiental, nunca desista dos seus sonhos!*

*À Profa. Dra. Ana Maria de Almeida, coordenadora do Programa de Pós Graduação em Enfermagem em Saúde Pública da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, pelo trabalho desenvolvido, juntamente com a sua equipe, para o aprimoramento e reconhecimento do Programa durante todos estes anos. O resultado não é sorte, mas sim anos e anos de dedicação, competência e trabalho eficaz. Parabéns!*

*Ao meu co-orientador do Programa PDEE na Escola Nacional de Saúde Pública da Universidade Nova de Lisboa, Prof. Dr. Antonio Tavares, pela orientação, sugestões e apoio durante meu estágio no exterior.*

*Aos queridos amigos integrantes do Departamento de Engenharia Sanitária e Saúde Pública da Administração Regional de Saúde de Lisboa e Vale do Tejo Engo. Matos, Engas. Cândida, Carla, Patrícia e Vera, e também Dra. Clara e Dra. Lina, pelo conhecimento adquirido e compartilhado com vocês, e também por dividirem as minhas alegrias e tristezas diárias! Sinto muita falta de Vocês!*

*A guerreira Profa. Dra. Vera Lúcia Soares, que sempre esteve ao meu lado, ensinando-me que na vida temos que enfrentar e crer que somos capazes. Obrigada por ter compartilhado comigo tantos ensinamentos, ensinamentos que vão além do conhecimento técnico em química analítica, mas ensinamentos reveladores e transformadores!*

*Ao Prof. Dr. Sinval Avelino dos Santos, obrigada pelo acolhimento e por acreditar em mim. Por sempre mostrar-me que era possível mais, que existe uma fonte inesgotável em mim e por partilhar comigo de tantas dores, mas também de tantas alegrias e vitórias!*



*À Profa. Dra. Susana I. S. Muñoz, coordenadora do laboratório de Ecotoxicologia e Parasitologia Ambiental da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, pela atenção e sugestões oferecidas, além da amizade, que me foram de grande importância.*

*À Profa. Dra. Eny Maria Vieira, chefe do Laboratório de Química Ambiental - LQAMB do Instituto de Química de São Carlos, Departamento de Química e Física Molecular da Universidade de São Paulo/USP, pela pronta disposição, apoio e infraestrutura disponibilizadas para realização das análises de metais totais em água e sedimentos, validação e análise dos agrotóxicos endossulfam e metalaxil. Obrigada pela amizade e carinho!*

*Ao Prof. Dr. Sergio Marcos Sanches, docente do Instituto Federal do Triângulo Mineiro-Campus Ituiutaba, pela amizade, pela sua ajuda incondicional, paciência e determinação. Por ajudar-me na realização de toda metodologia quantitativa, que não seria possível se não fosse pelo seu conhecimento e disposição em ensinar-me e realizar comigo todas as investigações laboratoriais. A minha eterna gratidão!*

*Ao Engo Agrônomo, Prof. Dr. Luiz Antonio Cerdeira, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental de Jaguariúna – SP, pelo apoio e oportunidade de discussões e imprescindível colaboração durante a definição das análises de agrotóxicos em água e sedimentos.*

*À Prefeitura Municipal de Fortaleza de Minas - MG, gestão 2005-2008, pelo apoio técnico e logístico recebido, por meio da Secretaria Municipal da Saúde, da Secretaria de Engenharia e Obras, do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente e da ONG Amigos do Meio Ambiente de Fortaleza de Minas - MG.*

*À Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER, pelo apoio técnico para realização das visitas ao cenário do estudo e sugestões para construção da estratégia metodológica.*

*Ao Prof. Eng. Manuel Reginaldo Ferreira, Diretor da Faculdade de Ensino Superior de Passos – FESP/UEMG, pela amizade, carinho e realização do levantamento das coordenadas dos vértices definidores da área investigada para identificação dos pontos de coletas.*

*Ao Prof. Dr. Eduardo Goulart Collares, professor adjunto da Faculdade de Ensino Superior de Passos - Universidade do Estado de Minas Gerais – FESP/UEMG, pela disponibilidade e contribuição para o levantamento das características geomorfológicas do córrego Chapadão, que faz parte da sub-bacia do Rio São João.*

*À Profa. Dra. Cristina Pascoalato, do Laboratório de Recursos Hídricos da Universidade de Ribeirão Preto – LRH/UNAERP, pela pronta disposição, apoio e infra-estruturas disponibilizadas para realização das análises de Escherichia coli ou Coliformes Termotolerantes e Coliformes Totais em água.*

*À Profa. Dra. Lucia Scatena, pela amizade e apoio fundamental na parte das definições e análises estatísticas deste trabalho!*

*Aos amigos e pesquisadores da equipe do Laboratório de Saúde Ambiental da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Cláudia Mara, Janaina, Jamilye, Tatiane e seu marido Silvano, Ana Paula, Adriana, Sílvia, Juliana, Bárbara, Francine e Leonardo, pela convivência e carinho durante esta jornada!*

*Aos amigos e pesquisadores do laboratório de Ecotoxicologia e Parasitologia Ambiental da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Karina, Fabiana e Renato, pela convivência e carinho durante esta jornada!*

*À Carla Cristina Barizza, do setor de documentação Técnico Científica da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, pela pronta disposição para trabalhar a arte e impressão dos pôsteres!*

*Aos funcionários do Departamento de Enfermagem Materno-Infantil e Saúde Pública da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Rosana Martins, Andréia Heloisa, Augusto Leoni, e Shirley de Figueiredo, por estarem sempre dispostos a colaborar e encontrar uma solução nos momentos mais difíceis!*

*Ao Departamento de Enfermagem Materno-Infantil e Saúde Pública da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de desenvolver o curso de doutorado!*

*À Capes, pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa com a concessão da bolsa de doutorado e bolsa PD/E no exterior.*

## RESUMO

PRADO, E. L. **Qualidade da água utilizada por uma população de zona rural de Fortaleza de Minas – MG: um risco à saúde pública.** 2010. 196 f. Tese (Doutorado) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2010.

Saneamento ambiental é um dos mais importantes meios de controle da prevenção de doenças, de conservação do meio ambiente e de promoção da saúde. Porém, não é uma realidade em todas as partes do mundo, principalmente nos países em desenvolvimento, onde ainda se pode encontrar áreas urbanas densamente povoadas com precárias condições de saneamento, representando uma grande preocupação para os profissionais da área de saúde pública. Essa problemática revela-se particularmente importante para as pessoas que estão mais expostas a possíveis riscos de contaminação, devido à falta de infra-estrutura de saneamento, principalmente nos ambientes rurais. Este estudo teve como objetivo verificar a condição da qualidade da água utilizada para consumo humano, na comunidade da zona rural de Fortaleza de Minas – MG, por meio da identificação da origem, captação, tratamento, armazenamento e distribuição da água consumida e da análise dos seus parâmetros microbiológicos, físicos e químicos. Visou também levantar a percepção da população em relação à qualidade da água consumida. O estudo foi desenvolvido na Comunidade Rural do Bairro Chapadão do município, tendo sido utilizada a técnica de Tubos Múltiplos para as análises microbiológicas; para a identificação e quantificação dos metais, empregou-se a técnica de Espectrometria de Emissão Atômica - ICP-AES e, para os agrotóxicos, a técnica de cromatografia líquida de alta eficiência. Também foram feitas entrevistas com 15 sujeitos da comunidade rural, incluídos neste estudo. Foi detectada a presença de *Escherichia coli* e Coliformes Totais em todas as amostras de água investigadas, acima do valor permitido pela Portaria do Ministério da Saúde – MS nº 518/2004. Foram detectados valores acima do máximo permitido para turbidez, cor aparente e pH, previstos pela Portaria MS nº 518/2004. A presença dos metais arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro e manganês, em algumas amostras de água, apresentaram valores acima do permitido pela Portaria MS nº 518/2004. Os agrotóxicos  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam e metalaxil não foram identificados nas amostras de água. O método de validação desenvolvido para análise dos agrotóxicos  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam e metalaxil foi considerado eficiente, podendo ser empregado em futuras análises para o monitoramento de  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam e metalaxil em água para consumo humano. Quanto à percepção dos sujeitos sobre a qualidade da água, foi levantado que 66,67% dos entrevistados não utilizavam nenhum tipo de tratamento para a água consumida, e o mesmo percentual referiu armazenar a água em caixas de amianto. Quando perguntados sobre a qualidade da água consumida, mesmo os 46,67% dos sujeitos que referiram considerar a água de boa qualidade, também destacaram não saber se a mesma continha “veneno”. Os resultados evidenciam a importância do tratamento da água para consumo da população deste estudo, em conformidade com as normas contidas na Portaria MS nº 518/2004, que estabelece procedimentos para controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, visando manter um padrão de potabilidade. Também revelam a necessidade de que as políticas públicas na área da saúde e meio ambiente encontrem medidas intersetoriais voltadas para as populações da zona rural, no que se refere ao saneamento ambiental, que é uma das principais bases da promoção da saúde humana.

**Palavras-chave:** Abastecimento Rural de Água, Qualidade da Água, Promoção da Saúde, Saneamento Rural, Saúde da População Rural, Saúde Ambiental, Saúde Pública.

## ABSTRACT

PRADO, E. L. **Quality of the water used by the countryside population of Fortaleza de Minas–MG: a risk to the public health.** 2010. 196 f. Doctoral thesis – Nursery School of Ribeirão Preto, University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2010.

Environmental sanitation is one of the most important means to control the prevention of diseases, the conservation of the environment, and the promotion of health. However, is not a reality in every part of the world, especially in the developing countries, where densely inhabited urban areas with precarious sanitation conditions can still be found, which represents a great concern to the professionals of public health. This problem reveals itself particularly important to the people who are more exposed to possible risks of contamination, due to the lack of sanitation infrastructure, especially on rural environments. The purpose of this study is to verify the quality of the water used for human intake on the rural community of Fortaleza de Minas – MG, through the identification of the origin, captivation, treatment, storing and distribution of the water consumed, and the analysis of its microbiological, physical and chemical parameters. It also aimed to increase the population perception with regards to the quality of the consumed water. The study was developed in the Rural Community of the Chapadão neighborhood, using the Multiple Tubes technique for the microbiological analysis; for the identification and quantification of metals, the Spectrometry Atomic Emission – ICP-AES technique was used; and for the agro toxics, the high efficiency liquid chromatography technique was used. Interviews were made with 15 individuals from the rural community included in the study. The presence of *Escherichia coli* and Total Coliforms forms were detected in all the samples of the investigated water, above the permitted by the law 518/2004 of the Health Ministry – MS. Values above the permitted by the law 518/2004 of the Health Ministry were detected for turbidity, visible color and pH. The presence of the metals arsenic, cadmium, lead, copper, chromium, iron and manganese in same of the water samples, were higher than the values permitted by the law 518/2004 of the Health Ministry. The agro toxics  $\alpha$  and  $\beta$ -endossulfam and metalaxil were not identify in the water samples. The validation method developed for the analysis of the agro toxics  $\alpha$  and  $\beta$ -endossulfam and metalaxil was considered efficient, allowing it to be used in future analysis for the monitoring of  $\alpha$  and  $\beta$ -endossulfam and metalaxil in human consumed water. In regards to the perception of the individuals about the quality of the water, it was verified that 66,67% of the interviewed people did not used any kind of treatment for the water consumed, and the same percentage preferred to store the water in asbestos boxes. When asked about the quality of the water consumed, even the 46,67% of the individuals that preferred to consider the water of “good quality”, emphasized not knowing if it contained “poison”. The results show the importance of the treatment of the water for consume of this study population, jointly with precept contain in the Health Ministry law nº 518/2004, that establish procedures to control and watch the quality of the water for human consume, aiming to keep the pattern of potability. It also revel the necessity for public politics in the health and environmental departments to find joint measures focused on the countryside population, concerning the environmental sanitation, which is one of the bases for the promotion of human health.

**Key-words:** Countryside water supply, Quality of water, Promotion of health, Rural sanitation, Health of the countryside population, Environmental health, Public health.

## RESUMEN

PRADO, E. L. **Calidad del agua utilizado por una población de la zona rural de Fortaleza de Minas–MG**: un riesgo a la salud pública. 2010. 196 h. Tesis (Doctorado) – Escuela de Enfermería de Ribeirão Preto, Universidad de São Paulo, Ribeirão Preto, 2010.

El saneamiento ambiental es uno de los medios más importantes de control de la prevención de enfermedades, de conservación del medio ambiente y de promoción de la salud. Sin embargo, no es una realidad en todas las partes del mundo, especialmente en los países en desarrollo, donde todavía se encuentran zonas urbanas densamente pobladas con precarias condiciones de saneamiento, lo que representa una gran preocupación para los profesionales en el área de salud pública. Este problema es particularmente importante para las personas que están más expuestas a los posibles riesgos de contaminación, debido a la falta de infraestructura de saneamiento, especialmente en el medio rural. Este estudio tuvo como objetivo verificar el estado de la calidad del agua utilizado para el consumo humano, en el área rural de Fortaleza de Minas, estado de Minas Gerais, identificando el origen, la captación, el tratamiento, almacenamiento y distribución del agua consumido y con el análisis de sus parámetros microbiológicos, físicos y químicos. También buscó verificar la percepción de la población respecto a la calidad del agua consumido. El estudio se realizó en la Comunidad Rural del Barrio *Chapadão* del municipio, con utilización de la técnica de Tubos Múltiples para el análisis microbiológico. Para la identificación y cuantificación de los metales, se utilizó la técnica de Espectrometría de Emisión Atómica - ICP-AES y, para los plaguicidas, la técnica de cromatografía líquida de alta eficiencia. También fueron realizadas entrevistas con 15 personas de la comunidad rural, incluidos en este estudio. Se detectó la presencia de *Escherichia coli* y Coliformes Totales en todas las muestras de agua investigadas, por encima del valor permitido por la Portaria 518/2004 del Ministerio de la Salud - MS. Fueron detectados valores por encima del máximo permitido para la turbidez, color aparente y el pH, según lo dispuesto por la Resolución 518/2004 del MS. La presencia de los metales arsénico, cadmio, plomo, cobre, cromo, hierro y manganeso, en algunas muestras de agua, mostró valores superiores a los permitidos por la Resolución 518/2004 del MS. Los plaguicidas  $\alpha$  y  $\beta$ -endosulfan y metalaxil no fueron identificados en las muestras de agua. El método de validación desarrollado para el análisis de los plaguicidas  $\alpha$  y  $\beta$ -endosulfan y metalaxil fue considerado eficiente y puede ser utilizado en futuros análisis para la monitorización de  $\alpha$  y  $\beta$ -endosulfan y metalaxil en el agua para consumo humano. En cuanto a la percepción de los sujetos sobre la calidad del agua, se verificó que el 66,67% de los encuestados no utilizó ningún tipo de tratamiento para el agua consumido, y el mismo porcentaje reportó almacenar el agua en cajas de amianto. Cuando preguntados acerca de la calidad del agua consumido, mismo los 46,67% de los sujetos que informaron considerar el agua de buena calidad, también destacaron no saber si el agua contenía "veneno". Los resultados evidencian la importancia de tratar el agua para consumo de la población de este estudio, en conformidad con las normas contenidas en la Resolución MS n. 518/2004, que establece los procedimientos para el control y vigilancia de la calidad del agua para el consumo humano, visando mantener un estándar de potabilidad. También revelan la necesidad de las políticas públicas en el área de la salud y medio ambiente encontrar medidas intersectoriales dirigidas a las poblaciones rurales, en relación al saneamiento ambiental, que es una de las principales bases de la promoción de la salud humana.

**Palabras clave:** Abastecimiento Rural de Agua, Calidad del Agua, Promoción de la Salud, Saneamiento Rural, Salud Rural, Salud Ambiental, Salud Pública.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bairro Chapadão do município de Fortaleza de Minas - MG, 2007.....	96
Figura 2 - Distribuição geográfica dos pontos de amostragem do Córrego Chapadão – MG Y: Localização dos pontos de amostragem.....	99
Figura 3 - Pontos de coleta de amostras de água e sedimentos desta investigação, 2006 e 2007 .....	99
Figura 4 - Principais etapas empregadas em SPE visando ao isolamento de um composto.....	108
Figura 5 – Água consumida pela população do bairro Chapadão.....	114
Figura 6 – Caixas de alvenaria e de amianto para armazenar água.....	115
Figura 7 – Espectro de UV do $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam, 2009.....	145
Figura 8 – Espectro de UV do padrão do metalaxil, 2009 .....	146
Figura 9 – Cromatograma do padrão do $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam de 10 mg L <sup>-1</sup> , 2009....	146
Figura 10 – Cromatograma do padrão do metalaxil 100 mg L <sup>-1</sup> .....	146
Figura 11 – Curvas analíticas para $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam, 2009 .....	147
Figura 12 – Curva analítica para metalaxil .....	148
Figura 13 – Cromatograma do limite de detecção do $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam a 0,4 mg L <sup>-1</sup> , 2009 .....	150
Figura 14 - Cromatograma do limite de detecção do metalaxil a 0,1 mg L <sup>-1</sup> .....	150
Figura 15 – Cromatograma do limite de quantificação do método para $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam a 0,5 mg L <sup>-1</sup> , 2009 .....	151
Figura 16 – Cromatograma obtido para o limite de quantificação do metalaxil, 0,3 mg L <sup>-1</sup> , 2009.....	151
Figura 17 – Curva analítica para $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam usada para estudo da precisão, 2009.....	152
Figura 18 – Cromatograma originado de amostra de água do ponto 1 do córrego Chapadão, 2009.....	154

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultados da análise de variância (Teste F) e teste de Tukey para os dados de <i>Escherichia coli</i> em relação aos seis períodos avaliados .....	119
Gráfico 2 - Resultados da análise de variância (Teste F) e teste de Tukey para os dados de <i>Escherichia coli</i> em relação aos quatro pontos avaliados .....	120
Gráfico 3 - Resultados da análise de variância (Teste F) e teste de Tukey para os dados de coliformes totais em relação aos seis períodos avaliados .....	122
Gráfico 4 - Resultados da análise de variância (Teste F) para os dados de Coliformes Totais em relação aos quatro pontos avaliados .....	123
Gráfico 5 - Resultados da análise de variância (Teste F) e teste de Tukey para os dados de Turbidez em relação aos seis períodos avaliados .....	129
Gráfico 6 - Resultados da análise de variância (Teste F) para os dados de Turbidez em relação aos quatro pontos avaliados .....	130
Gráfico 7 - Resultados da análise de variância (Teste F) e teste de Tukey para os dados de Cor Aparente em relação aos seis períodos avaliados .....	131
Gráfico 8 - Resultados da análise de variância (Teste F) para os dados de Cor Aparente em relação aos quatro pontos avaliados .....	131
Gráfico 9 - Resultados da análise de variância (Teste F) e teste de Tukey para os dados de pH em relação aos seis períodos Avaliados .....	132
Gráfico 10 - Resultados da análise de variância (Teste F) para os dados de pH em relação aos quatro pontos avaliados .....	133
Gráfico 11 - Concentração de As em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, Município de Fortaleza de Minas, investigadas em seis períodos de coletas do córrego Chapadão-MG, em 2006, 2007 e 2008 .....	134
Gráfico 12 - Concentração de As em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, Município de Fortaleza de Minas - MG, investigadas em 4 pontos de coletas do córrego Chapadão, em 2006, 2007 e 2008 .....	135
Gráfico 13 - Concentração de Pb em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, Município de Fortaleza de Minas-MG, investigadas em seis períodos de coletas do córrego Chapadão, em 2006, 2007 e 2008 .....	136

Gráfico 14 - Concentração de Pb em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, Município de Fortaleza de Minas-MG, investigadas em 4 pontos de coletas do córrego Chapadão, em 2006, 2007 e 2008 .....	137
Gráfico 15 - Concentração de Cr em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, Município de Fortaleza de Minas, investigadas em seis períodos de coletas do córrego Chapadão-MG, em 2006, 2007 e 2008 .....	138
Gráfico 16 - Concentração de Cr em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, Município de Fortaleza de Minas-MG, investigadas em 4 pontos de coletas do córrego Chapadão, em 2006, 2007 e 2008 .....	139
Gráfico 17 - Concentração de Fe em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, Município de Fortaleza de Minas-MG, investigadas em seis períodos de coletas do córrego Chapadão, em 2006, 2007 e 2008 .....	140
Gráfico 18 - Concentração de Fe em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, Município de Fortaleza de Minas-MG, investigadas em 4 pontos de coletas do córrego Chapadão, em 2006, 2007 e 2008 .....	141
Gráfico 19 - Concentração de Mn em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, município de Fortaleza de Minas-MG, investigadas em seis períodos de coletas do córrego Chapadão, em 2006, 2007 e 2008 .....	142
Gráfico 20 - Concentração de Mn em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, município de Fortaleza de Minas - MG, investigadas em 4 pontos de coletas do córrego Chapadão, em 2006, 2007 e 2008 .....	143



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Condições espectrométricas de análise de metais em amostras de água e Sedimentos .....	107
Tabela 2 - Valores indicadores da presença de <i>Escherichia coli</i> , encontrados em quatro pontos de coleta de água do córrego Chapadão-MG, em 2006, 2007 e 2008 .	118
Tabela 3 – Valores indicadores da presença de Coliformes Totais em quatro pontos de coleta de água do córrego Chapadão-MG, em 2006, 2007 e 2008.....	121
Tabela 4 – Valores encontrados para turbidez, cor aparente e pH em quatro pontos de coleta de água do córrego Chapadão-MG, em 2007 e 2008.....	125
Tabela 5 – Concentração dos metais As, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe e Mn em dois pontos de coleta de sedimentos do córrego Chapadão-MG, em 2006, 2007 e 2008 .....	144
Tabela 6 – Concentrações de $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam empregadas, área média, equação de regressão linear e coeficiente de correlação ( r ), 2009.....	148
Tabela 7 - Concentração de metalaxil empregada, área média, equação de regressão linear e coeficiente de correlação ( r ), 2009 .....	148
Tabela 8 – Resultados da precisão do método para a determinação do $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam em água para consumo humano, 2009.....	153
Tabela 9 – Porcentagem de recuperação do $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam, e também do metalaxil em água para consumo humano, 2009.....	153

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Abrea	Associação Brasileira dos Expostos ao Amianto
Amafort	Amigos do Meio Ambiente de Fortaleza de Minas
Anvisa	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ANA	Agência Nacional das Águas
APHA	American Public Health Association (Associação Americana de Saúde Pública)
Atsdr	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Agência de Substâncias Tóxicas e registro de doenças)
AWWA	American Water Works Association (Associação Americana de Trabalhos sobre Água)
Cenepi	Centro Nacional de Epidemiologia
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CETEC	Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
Cetesb	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CG-ECD	Cromatógrafo Gasoso com Detector de Captura de Elétrons
Cgvam	Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental
Cnem	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CNS	Conselho Nacional de Saúde
Codema	Conselho Municipal de Proteção e Conservação do Meio Ambiente
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Copam	Conselho de Política Ambiental
CV	Coeficiente de variação
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de oxigênio
Demisp	Departamento de Enfermagem Materno-Infantil e Saúde Pública
DWD	Drinking Water Directive (Diretivas para Água Potável)
EC	Europe Community (Comunidade Européia)
EERP/USP	Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo
Emater-MG	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais

FAO	Food and Agriculture Organization (Organização para Alimentação e Agricultura)
FE	Fase estacionária
FEAM-MG	Fundação Estadual do Meio Ambiente do estado de Minas Gerais
FM	Fase Móvel
Funasa	Fundação Nacional da Saúde
Gierss	Grupo Interinstitucional de Estudos da Problemática dos Resíduos de Serviços de Saúde
GFEA	German Federal Environment Agency (Agência Ambiental Federal Alemã)
GLP	Good Laboratory Practices (Boas Práticas de Laboratório - BPL)
HPLC	High-performance Liquid Chromatography (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência)
HSDB	Hazardous Substance Data Bank (Banco de Dados de Substâncias Perigosas)
Ibama	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renováveis
IARC	International Agency for Research on Cancer (Agência Internacional para Pesquisa sobre Cancer)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICP-AES	Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (Espectrometria de Emissão Atômica)
IDB	Indicadores e Dados Básicos
IEF	Instituto Estadual de Florestas
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
ILO	International Labour Organization (Organização Internacional do Trabalho)
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IQSC/USP	Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo
ISO	International Standardization Organization (Organização Internacional de Normatização)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre mudanças Climáticas)
Iupac	International Union of Pure and Applied Chemistry (União Internacional de Química Pura e Aplicada)
LD	Limite de Detecção
MG	Minas Gerais
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde

NASA	National Aeronautics and Space Administration
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
OPAS	Organización Panamericana de la Salud (Organização Panamericana de Saúde)
Plansab	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
Procon	Programa de Orientação e Proteção ao Consumidor
PSF	Programa Saúde da Família
Segrh	Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SEMA	Secretaria Especial do Meio Ambiente
SEMAD	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SIM	Selected Ion Monitoring (Monitoramento Seletivo de Íons).
Sinis	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
Sisema	Sistema Estadual do Meio Ambiente
Sisnama	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SMSFM	Secretaria Municipal da Saúde de Fortaleza de Minas
SPE	Extração em fase sólida
SUS	Sistema Único de Saúde
SV/MS	Secretaria de Vigilância/Ministério da Saúde
TCLE	Termo de Consentimento Livre Esclarecido
UBS	Unidade Básica de Saúde
Ugrhi	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UNAERP	Universidade de Ribeirão Preto
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization(Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura)
UNDP	United Nations Development Population (Desenvolvimento das Nações Unidas para a População)
UNEP	United Nations Development Programme (Programa das Nações Unidas)
UNITAR	United Nations Institute For Training And Research (Instituto das Nações Unidas para Treinamento e Pesquisa)
UNICEF	United Nations International Children's Emergency Fund (Fundo das Nações Unidas para a Infância)

USEPA	United States Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América)
USGS	US Geological Survey (Serviços Geológicos dos Estados Unidos)
VGQS	Valores Guias de Qualidade de Sedimentos
WEF	Water Environment Federation (Federação da Água e do Meio Ambiente)
WHO	World Health Organization (Organização Mundial da Saúde)

## LISTA DE SÍMBOLOS

a.C	Antes de Cristo
As	Arsênio
Cd	Cádmio
Cr	Cromo
Cu	Cobre
d.C.	Depois de Cristo
Fe	Ferro
g	Gramma
°C	Grau Celsius
HCl	Ácido Clorídrico
HNO <sub>3</sub>	Ácido Nítrico
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de Hidrogênio
kg	Quilograma
L =	Litro
Mn	Manganês
m <sup>3</sup>	Micrograma por metro cúbico
mg	Miligrama
mg Kg <sup>-1</sup>	Miligrama por quilograma
mg L <sup>-1</sup>	Miligrama por litro
mg/m <sup>3</sup>	Miligrama por metro cúbico
min	Minuto
mL	Mililitro
mm	Milímetro
mol L <sup>-1</sup>	Concentração molar por litro

Pb	Chumbo
PPB	Partes por bilhão
PPM	Partes por milhão
$\mu\text{g}$	Micrograma
$\mu\text{g L}^{-1}$	Micrograma por litro
$\alpha$	Alfa
$\beta$	Beta
V	Volume

## *Sumário*

Apresentação .....	27
1 Introdução .....	29
2 Revisão da Literatura .....	33
2.1 Saúde pública e saneamento .....	34
2.2 Saneamento ambiental: importância da água para a saúde.....	36
2.3 Regulamentação dos serviços de água e saneamento no Brasil .....	40
2.4 Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano.....	49
2.5 Parâmetros para controle da qualidade da água .....	53
2.5.1 Parâmetros microbiológicos .....	53
2.5.2 Parâmetros físicos.....	54
2.5.2.1 Turbidez.....	54
2.5.2.2 Cor aparente.....	55
2.5.2.3 Temperatura .....	55
2.5.3 Parâmetro químico .....	56
2.5.3.1 pH.....	56
2.6 Metais e impactos na saúde .....	56
2.6.1 Arsênio (As) .....	58
2.6.2 Cádmio (Cd).....	64
2.6.3 Chumbo (Pb).....	65
2.6.4 Cobre (Cu) .....	67
2.6.5 Cromo (Cr) .....	68
2.6.6 Ferro (Fe).....	69
2.6.7 Manganês (Mn) .....	71
2.6.8 Investigação de metais por Espectrometria de Emissão Atômica com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado ICP-AES .....	72
2.6.8.1 Limite de Detecção e Limite de Quantificação.....	73
2.7 Agrotóxico.....	76
2.7.1 Validação da metodologia analítica para determinação de agrotóxicos....	81
2.7.2 Principais características dos agrotóxicos avaliados nesta pesquisa.....	84



3	Objetivos .....	91
3.1	Geral .....	92
3.2	Específicos .....	92
4	Metodologia.....	93
4.1	Método da investigação .....	94
4.2	Cenário do estudo .....	95
4.3	Sujeitos da pesquisa.....	96
4.4	Procedimento metodológico .....	97
4.4.1	Coleta de dados e elaboração de instrumentos .....	97
4.4.2	Coleta e análise de amostras de água e sedimentos.....	100
4.4.2.1	Metodologia analítica para determinação dos parâmetros microbiológicos da água .....	101
4.4.2.2	Metodologia analítica para a determinação dos parâmetros físicos da água.....	104
4.4.2.3	Metodologia analítica para determinação de metais em água e sedimentos .....	105
4.4.2.4	Metodologia analítica para determinação de agrotóxicos na água...	107
4.4.2.5	Destino dos resíduos gerados nos procedimentos analíticos .....	111
4.4.3	Coleta e análise dos dados obtidos com as entrevistas.....	111
4.5	Análise dos dados .....	112
4.6	Aspectos éticos.....	112
5	Resultados e Discussão .....	113
5.1	Quanto à captação, tratamento, armazenamento e distribuição da água.....	114
5.2.1	Análises Microbiológicas .....	117
5.2.2	Análises Físicas .....	123
5.2.3	Parâmetros Químicos - Metais .....	133
5.2.4	Validação do método para análise dos agrotóxicos $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam e metalaxil .....	145
5.2.4.1	Seleção do comprimento de onda utilizado em HPLC-UV .....	145
5.2.4.2	Linearidade das curvas analíticas, a ser usada para determinação do $\alpha$ e $\beta$ endossulfam e do metalaxil em água para consumo humano do córrego Chapadão .....	147
5.2.4.3	Sensibilidade da técnica analítica para a determinação $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam presente em amostras de água para consumo humano .....	149

5.2.4.4 Limite de Detecção do método para a determinação do $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam e do metalaxil .....	149
5.2.4.5 Limite de quantificação do método para a determinação do $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam e do metalaxil .....	151
5.2.4.6 Precisão do método para determinação do $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam.....	152
5.2.4.7. Ensaio de recuperação para o $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam .....	153
5.2.4.8 Resultados das determinações de $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam e metalaxil em amostras de água para consumo humano coletadas no córrego Chapadão	154
5.3 Quanto ao perfil dos sujeitos da investigação.....	157
5.4 Quanto à percepção dos sujeitos em relação às condições ambientais do local .....	158
6 Conclusões.....	163
Quanto à captação, tratamento, armazenamento e distribuição da água.....	164
Quanto à percepção dos sujeitos em relação às condições ambientais do local	167
7 Considerações finais e proposições futuras .....	169
Referências .....	171
Apêndices.....	192

# Apresentação

Desta forma, esta pesquisa abordou a questão da condição da qualidade da água utilizada para consumo humano de uma comunidade de zona rural de Fortaleza de Minas – MG, no que se refere a sua origem, captação, tratamento, armazenamento e distribuição, bem como aos parâmetros microbiológicos, físicos e químicos e à percepção da população em relação à qualidade da água consumida.

O capítulo 1 traz uma introdução geral ao tema estudado, enfocando a problemática de abastecimento de água e esgotamento sanitário relacionada à promoção da saúde e prevenção de doenças.

O capítulo 2 apresenta a revisão da literatura que alicerçou esta pesquisa, em termos das práticas agrícolas e da falta de saneamento que, em muitos casos, tornam o meio rural um ambiente com grande degradação ambiental. São trazidas questões que revelam que o uso do solo fora de sua capacidade de aptidão, o manejo inadequado da terra; o uso indiscriminado de fertilizantes e agrotóxicos; e, a falta de saneamento nas moradias estão comprometendo cada vez mais a qualidade da água consumida pela população rural.

Para facilitar a apresentação dos assuntos abordados, a revisão está dividida em sete tópicos: Saúde Pública e Saneamento, a Importância da Água para a Saúde Humana, Regulamentação dos Serviços de Água e Esgotamento Sanitário no Brasil, Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, Agrotóxico, Principais Características dos Agrotóxicos e Metais analisados nesta investigação.

No capítulo 3 são apresentados os objetivos gerais e específicos desta investigação.

O capítulo 4 traz o percurso metodológico seguido neste estudo, bem como a caracterização da pesquisa desenvolvida. Neste capítulo são apresentados também os passos metodológicos e as ferramentas que possibilitaram atingir os objetivos inicialmente propostos.

Nos capítulos 5 e 6 são apresentados os resultados e a discussão, seguidos pelas conclusões e preposições decorrentes desta investigação. Integram também este trabalho, as referências utilizadas no estudo, além dos Apêndices A (Roteiro para entrevista) e B (Termo de Consentimento Livre-Esclarecido).

# 1 Introdução

Ao longo da história humana, os maiores problemas de saúde pública que os homens enfrentaram sempre estiveram relacionados ao controle de doenças transmissíveis, controle e melhoria do ambiente físico, no que diz respeito ao saneamento, à provisão de água e comida sem contaminação e em volume suficiente, à assistência médica e ao alívio da incapacidade e do desamparo (ROSEN, 2006).

Também, segundo esse mesmo autor, desde tempos remotos, nas mais antigas civilizações, cerca de quatro mil anos atrás, foram encontradas evidências de atividades ligadas à saúde comunitária, sendo identificadas antigas cidades indianas planejadas em blocos retangulares, com banheiros e esgotos, com ruas pavimentadas e drenadas por esgotos cobertos. A cultura creto-micênica, por exemplo, dispunha de grandes arqueodutos; escavações revelaram, em Tróia, que em toda parte em que havia sistemas de abastecimento de água para beber, também era organizado o destino dos dejetos, com um sistema de esgotamento sanitário.

Dessa forma, os sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário vêm proporcionando benefícios gerais para a saúde da população, desde os primórdios, seguindo duas vias: mediante efeitos diretos e indiretos, com diferenças a depender do nível de desenvolvimento da localidade atendida.

Não há dúvidas de que dentre os fatores que contribuem para a promoção da saúde e prevenção de doenças, encontram-se as condições existentes no ambiente físico, representadas pela tríade básica da vida: solo, ar e água, e, conseqüentemente, dos alimentos, pela importância da cadeia alimentar (TAKAYANAGUI, 2004).

Segundo relatório de gestão dos problemas da poluição no Brasil, a saúde humana tem sido comprometida pela falta de abastecimento de água potável e coleta e tratamento de esgotos, entre outros, destacando-se, no Brasil, as regiões norte, nordeste e centro-oeste, como as mais afetadas (BANCO MUNDIAL, 1998).

A importância da qualidade da água. A história mostra que algumas das mais graves epidemias que já atingiram populações humanas, com exceção da peste bubônica, estavam relacionadas à veiculação hídrica (UJVARI, 2003).

Nessa mesma direção, a história também mostra que onde a água de abastecimento público foi sendo saneada por medidas de tratamento e, principalmente, desinfecção (classicamente pelo cloro), essas epidemias ou quadro

de morbi-mortalidade regrediram rapidamente, dando origem a uma melhor qualidade de vida (BRANCO 1991a; HELLER, 1997).

Por ser considerado um bem imprescindível à vida, a água deve se caracterizar por um padrão mínimo de qualidade, além de ser um fator condicionante do desenvolvimento econômico e do bem estar social, representado tanto pela sua qualidade como pela quantidade (BRANCO, 2001b).

Segundo relatório da Organização das Nações Unidas - ONU, atualmente 1/3 da população mundial vive em escassez de água e, com base nas estimativas de aumento populacional em 2025 para 8,3 bilhões de pessoas, cerca de 5,5 bilhões de indivíduos (2/3 da população mundial) irão sofrer com a falta de água e deverão reduzir o consumo em 35%. Ou seja, a quantidade total de água na Terra é a mesma e a demanda de água no mundo dobra a cada 21 anos, tendo aumentado 10 vezes desde 1900 (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2006).

Outro fator importante é o uso indevido da água, que também representa uma crescente e séria ameaça para o desenvolvimento sustentável e a proteção do meio ambiente, o que tem promovido discussões e questionamentos sobre o tema, em instâncias governamentais e acadêmicas.

Assim, muitas têm sido as pesquisas que revelam a relação direta entre condições de saneamento, em especial da qualidade de água consumida e a saúde da população, nas quais, a classificação das infecções relacionadas com a qualidade da água pode ser por via direta e via indireta (AZIZULLAH, et al., 2010; HELLER, 1997; ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2006; UJVARI, 2003;).

A maioria dos estudos nessa área vem destacando que as principais medidas profiláticas para eliminar ou minimizar o perigo de transmissão de doença pela água são: proteção dos mananciais, tratamento adequado da água para consumo humano, manutenção constante do sistema de distribuição de água às residências, considerando-se, também, a importância da implementação e controle de sistemas de água e esgoto para a saúde pública e meio ambiente, contribuindo para a diminuição das doenças do tipo feco-oral e a degradação ambiental (CONDINI, 2001; HELLER, 2006).

Portanto, a água para consumo humano deve atender a rigorosos critérios de qualidade, de modo a não causar prejuízo à saúde de seus consumidores. No Brasil, atualmente, a Portaria MS nº 518/2004, estabelece procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para

consumo humano e seu padrão de potabilidade, o que contribui para maior garantia da qualidade de água distribuída à população; porém, é preciso uma ação contínua e coordenada de diferentes setores sanitários e ambientais, no sentido de se alcançar o cumprimento dessa exigência legal em todo o país (BRASIL, 2004b).

Por conseguinte, em ambas as situações, tanto na zona rural quanto nos centros urbanos, a busca por uma melhor qualidade da oferta da água utilizada vai na mesma direção das atuais recomendações da ONU que, em seus 8 objetivos de Desenvolvimento do Milênio, divulgadas no ano 2000, definiu claramente no 7º objetivo, a garantia da sustentabilidade ambiental e, conseqüentemente, da saúde humana e da melhoria da condição de vida dos povos, reduzindo pela metade, até 2015, a proporção da população sem acesso permanente e sustentável à água potável segura e ao esgotamento sanitário (UNITED NATIONS DEVELOPMENT POPULATION, 2000).

Paralelamente, o país vem reduzindo o índice de desmatamento, o consumo de gases que provocam a diminuição da camada de ozônio e aumentando sua eficiência energética com maior uso de fontes renováveis de energia. Porém, a melhoria ao acesso à água potável, condições de moradia e do saneamento ambiental dependem dos investimentos realizados pelo setor público (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2007).

Nesse sentido, esta pesquisa sobre a qualidade da água utilizada por população rural no interior de Minas Gerais, que não recebe nenhum tipo de tratamento para consumo humano, acrescida do conhecimento dos moradores a respeito dessa água, constituiu-se em mais um desafio acadêmico de importância para se ampliar o conhecimento nessa área, visando contribuir para a busca de soluções, na direção do alcance do 7º Objetivo de Desenvolvimento do Milênio, proposto pela ONU no ano 2000 (UNITED NATIONS DEVELOPMENT POPULATION, 2000).

Espera-se também que este estudo possa contribuir para o alcance de soluções integradas de saneamento rural, bem como a melhoria da oferta hídrica, tanto nos aspectos quantitativos quanto qualitativos, e alcance de melhores condições socioambiental da população desta investigação.



## 2 Revisão da Literatura

## **2.1 Saúde pública e saneamento**

A Organização Mundial da Saúde – OMS - definiu, em 1946, que saúde significa um completo bem estar físico mental e social e não meramente a ausência de doenças ou enfermidade, o que foi reiterado na Conferência Internacional sobre Atenção Primária à Saúde - APS, reunida em Alma-Ata, URSS, em setembro de 1978.

Nessa conferência ainda se afirmou que a saúde também é um direito humano fundamental e que o alcance do maior grau possível de saúde é um objetivo social sumamente importante em todo o mundo, cuja realização exige a intervenção de muitos outros setores, além da saúde, como o social e o econômico, incluindo-se dar condições à criação de trabalho digno, à alimentação para todos, à moradia higiênica, à educação e à qualidade adequada do meio ambiente, entre outros (BRASIL, 2001b).

Em várias partes do mundo tem sido evidenciado a importância da conservação e proteção de um ambiente saudável, tornando-se também centro da preocupação do novo modelo de desenvolvimento da sociedade atual.

Na concepção de saúde, um novo modelo iniciado na década de 60 com Lalonde, passaria a incorporar os fatores ambientais, sociais, políticos, econômicos, comportamentais, biológicos e médicos, ampliando o conceito do processo saúde-doença, sendo representado pela biologia humana, meio ambiente, estilo de vida e a forma como se organizam os Serviços de Saúde (LALONDE, 1981).

Com essa concepção, surgiu um novo olhar e agir sobre um cenário globalizado, de modo a atender às necessidades das populações, o que tem estado implícito nos debates e conferências internacionais que enfatizam a promoção da saúde como um conceito de fundamental importância para as práticas sanitárias atuais.

Dentre esses eventos internacionais assumidos em diversos países, destacam-se a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento-Eco-92, realizada no Rio de Janeiro em 1992; a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável dos Pequenos Países Insulares em Desenvolvimento, em Santa Cruz de La Sierra, Bolívia, 7 ao 8 de Dezembro de 1996; a Conferência Panamericana sobre Saúde e Ambiente no Desenvolvimento Humano Sustentável, em Washington, D.C. em 1995 e as Reuniões da Cúpula de

Santa Cruz de La Sierra e Santiago, no Chile em 1998 (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO , 2004).

Nessas reuniões, e também em outros eventos internacionais sobre saúde, ambiente e desenvolvimento sustentável, os governantes têm assumido compromissos e responsabilidades, estabelecendo diretrizes para orientar ações voltadas para a sustentabilidade ambiental. Essas diretrizes vêm sendo fortemente lideradas por organismos internos, como OMS, Organização das Nações Unidas - ONU, Organização Pan-Americana da Saúde - OPAS e Fundo das Nações Unidas para a Infância - UNICEF, entre outros.

Em abril de 2007, mais de 400 cientistas reunidos em Bruxelas divulgaram o polêmico Relatório do “Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC”, Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, grupo vinculado à ONU, revelando, mais uma vez, a indissociável relação entre a ação humana e os resultados e condições ambientais, de saúde e de vida no Planeta (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2007).

No Brasil, a urbanização acelerada associada à forte concentração de renda apresenta estreita relação com o crescimento das áreas de pobreza. Os projetos de desenvolvimento não sustentáveis, a ampliação do desmatamento, principalmente a baixa qualidade da água para o consumo e o saneamento precário são fatores que estão associados ao aumento de doenças infecto-contagiosas, como malária e diarreia, dentre outras. Por sua vez, a contaminação ambiental por poluentes químicos e físicos é um fator emergente na geração de agravos à saúde (BRASIL, 2001a).

Nesse contexto, o saneamento do ambiente, definido por Soares, Bernardes e Cordeiro Netto (2002) como o conjunto operacional da saúde ambiental, que engloba todas as ações isoladas ou em conjunto, destinadas a assegurar a saúde no âmbito das questões ambientais, revela-se um pressuposto fundamental para o planejamento dos sistemas de saneamento, de modo a privilegiar os impactos positivos sobre a saúde pública e sobre o meio ambiente, através de um planejamento integrado.

Sabe-se que o serviço de saneamento, seja em áreas urbanas ou rurais, é de vital importância para proteger a saúde da população, minimizar as consequências da pobreza e proteger o meio ambiente. No entanto, os recursos financeiros disponíveis para o setor são escassos no Brasil, resultando num

processo de degradação ambiental crescente, com impactos na saúde, principalmente das camadas sociais mais inferiores.

Na maioria dos países em desenvolvimento, a improbidade e a carência de infra-estrutura sanitária são responsáveis pela alta mortalidade por doença de veiculação hídrica e por um grande número de mortes evitáveis a cada ano. Nesses países, verificam-se condições que tendem a piorar devido às necessidades crescentes de serviços e ações de saneamento ambiental, que excedem a capacidade dos governos de reagir adequadamente (BANCO MUNDIAL, 2000).

Assim, o que se percebe é que suprir essa demanda de estrutura sanitária tem sido um grande desafio para alguns países, mesmo com todos os esforços das organizações internacionais e nacionais para garantir a melhoria do estado de saúde da população, através da utilização de estratégias de promoção da saúde, prevenção da doença e outras formas de intervenção.

Além do mais, outro obstáculo atual é o contínuo processo de expansão urbano-industrial, o que tem se transformado em um problema crescente para a saúde pública, requerendo intervenção com finalidade de se prevenir problemas futuros. Nesse âmbito do cuidado ambiental, com finalidade que a maioria dos países possua algum tipo de regulação sobre despejos industriais, seu cumprimento não é efetivo porque as autoridades sanitárias, muitas não possuem capacidade, nem os meios suficientes para fiscalização ou para tornar obrigatória sua aplicação (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2001).

Contudo, ainda que sejam várias as dificuldades encontradas na realização de diferentes ações voltadas para a melhoria das estruturas de saneamento, principalmente em países como o Brasil, não se pode negligenciar a importância da água para consumo humano, bem como a necessidade do controle de sua qualidade, além de ser necessário a obtenção de sistemas de coleta e tratamento de esgoto e de lixo, somado ao permanente controle de vetores, ambos na direção de uma melhor condição de saúde da população.

## **2.2 Saneamento ambiental: importância da água para a saúde**

A evolução humana traz anexada em sua história ações importantes relacionadas ao saneamento e sua relação com a saúde humana. No final do século XIX e início do século XX, a qualidade da água tornou-se uma questão de grande

interesse para a saúde pública, deixando de estar associada apenas a aspectos estéticos e sensoriais, tais como cor, gosto e odor, mas levando em consideração outras características e condições que podem causar impacto à saúde humana e ao ambiente.

Por ser imprescindível para sobrevivência das populações, a água é um dos bens mais preciosos e importante para garantia de uma vida mais saudável. O desenvolvimento dos recursos hídricos e a conservação dos sistemas naturais é um desafio para a sociedade brasileira, passando por vários aspectos relacionados às condições sociais e econômicas.

Na atualidade, com o aumento populacional, o desenvolvimento industrial e tecnológico acelerados, as fontes de águas disponíveis estão comprometidas ou correndo risco de se tornarem impróprias para o consumo humano. A poluição dos mananciais, o desmatamento, o assoreamento dos rios, o uso inadequado de irrigação, a impermeabilização do solo, entre tantas outras ações do homem moderno, são responsáveis pela contaminação da água trazendo conseqüências sócio-econômicas e ambientais comprometendo o equilíbrio dos ecossistemas e provocando doenças, devido à inadequada qualidade ou pela falta de água, impedindo o desenvolvimento socioeconômico (BRASIL, 2003a; MACHADO, 2003; PHILIP JUNIOR; MALHEIROS, 2005).

Segundo Rouquayrol e Almeida Filho (1999), pode-se ter doenças de veiculação hídrica direta por ingestão, como: febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar, disenteria amebiana, enteroinfecções em geral, cólera, hepatite infecciosa, poliomielite e giardíase. Há também doenças veiculadas pelo contato com a pele ou com as mucosas, como esquistossomose, infecção dos olhos, ouvidos, nariz e garganta e doenças de pele. Ainda, há também algumas doenças que dependem da água para se manifestarem, como por exemplo a dengue.

De acordo com essa mesma autora, algumas doenças são causadas pela presença de substância química na água. Dentre elas, a fluorose, devido ao excesso de flúor; o saturnismo, causado pelo chumbo; e, a metaemoglobinemia (cianose), provocada por nitratos. Algumas substâncias fornecem à água propriedades laxantes, como os sulfatos, ou a tornam tóxica, como o zinco, arsênio, cromo hexavalente, cianetos, cádmio e agrotóxicos, entre outras.

Segundo Isaac-Marquez et al. (1994), a água para consumo humano é um dos importantes veículos de enfermidades diarreicas de natureza infecciosa, o que

torna primordial a avaliação de sua qualidade. As doenças de veiculação hídrica são causadas principalmente por microrganismos patogênicos de origem entérica, animal ou humana, transmitidos basicamente pela rota fecal-oral, ou seja, são excretadas nas fezes de indivíduos infectados e ingeridos na forma de água ou alimento contaminado por água poluída com fezes, o que justifica a importância de seu monitoramento e controle (GRABOW, 1996).

No meio rural, o risco de ocorrências de surtos de doenças de veiculação hídrica é alto, principalmente pela dificuldade de se encontrar sistemas adequados de saneamento, o que possibilita a contaminação bacteriana de águas que, muitas vezes, são captadas em poços rasos e nascentes, inadequadamente vedados ou próximos de fontes de contaminação, como fossas e áreas de pastagens ocupadas por animais (STUKEL et al., 1990).

No Brasil, segundo dados do Datasus, doenças relacionadas a deficiências no saneamento ambiental resultaram em 3,4 milhões de internações no país, no período de 1995 a 1999. Serviços adequados de saneamento ambiental poderiam ter prevenido 80% dos casos de febre tifóide e paratifóide, 60% a 70% dos casos de tracoma e esquistossomose e 40% a 50% das doenças diarréicas e outras parasitoses (BRASIL, 2004a).

Para Merten; Minella, (2002), registros do Sistema Único de Saúde – SUS também mostram que 80% das internações hospitalares do país ocorreram devido a doenças de veiculação hídrica, ou seja, doenças relacionadas à qualidade imprópria da água para consumo humano, contribuindo para o agravamento da situação da saúde pública.

O abastecimento de água, cada vez mais, tem preocupado os gestores públicos, pois a falta de acesso à água de qualidade tem sido considerada fator de risco à saúde, além de limitante ao desenvolvimento. Dados do relatório “Saúde no Mundo”, editado pela OMS, em 2006, mostram que 85 de 102 agravos à saúde e traumatismo são atribuídos ao saneamento ambiental deficiente.

Nesse relatório, em âmbito mundial, retratam que 24% das enfermidades e 23% das mortes prematuras resultam da exposição a ambientes insalubres e sem atenção sanitária (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2006c). Publicação produzida pela OMS e Unicef relatam que 90,5% das mortes por diarreia aguda, em países em desenvolvimento, atingem população menor de 15 anos de idade, distintamente do observado em países desenvolvidos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2005b).

Nesse contexto, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2005), mediante documento intitulado “Objetivos de Desenvolvimento do Milênio”, estabeleceu metas para garantir a sustentabilidade ambiental, as quais propõem, até 2015, reduzir em 50% a proporção da população atual sem acesso permanente e sustentável à água segura.

O saneamento ambiental, que envolve as atividades relacionadas ao esgotamento sanitário, limpeza pública, drenagem urbana e controle de vetores de importância sanitária, têm o abastecimento de água como atividade primordial.

No mundo, 1,2 bilhões de pessoas possuem acesso a fontes de águas tratadas, enquanto 2,5 bilhões vivem sem saneamento básico. Estas últimas figuram entre as mais pobres do mundo e também como as mais propensas a adquirir doenças. A falta de abastecimento de água potável é responsável por 80% das mortes nos países em desenvolvimento. Seis mil crianças, com menos de cinco anos morrem por dia em todo o mundo em razão de doenças relacionadas a impurezas da água consumida. Elas são vulneráveis a doenças fatais como diarreia, cólera, febre tifóide e doenças transmitidas por insetos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2008).

A implantação de sistemas de Saneamento Ambiental acarreta redução considerável de gastos financeiros. Ou seja, para cada dólar investido em serviços de saneamento, obtém-se uma redução de 16% (dezesesseis por cento) no orçamento da União e, considerando ainda benefícios indiretos, como conforto, bem-estar e desenvolvimento econômico, esta relação atinge em torno de US\$3,50 por cada dólar investido (BRASIL, 2003d; MARTINS et al., 2002).

Outro indicador que deve ser analisado é o Índice de Desenvolvimento Humano – IDH. Os países que apresentam o IDH maior que 0,7 e a longevidade maior que 60 anos, possuem maior cobertura de serviços de saneamento ambiental (abastecimento de água maior que 60% e esgotamento sanitário maior que 50%). Por outro lado, os países que apresentam o IDH menor que 0,7 e longevidade menor que 60 anos apresentam baixa cobertura dos serviços de saneamento (abastecimento de água menor que 60% e esgotamento sanitário menor que 50%). (LIBÂNIO; CHERNICHARO; NASCIMENTO, 2005).

Na composição de IDH, todos os parâmetros possuem pesos iguais que variam de 0 (zero) a 1 (um), e quanto mais se aproximar de 1,0 (um) maior será o bem estar social do país. Ainda, o IDH apresenta três níveis: baixo ( $0,0 < \text{IDH} < 0,5$ ),

médio ( $0,5 < \text{IDH} < 0,8$ ) e alto ( $0,8 < \text{IDH}, 1,0$ ). Por ser abrangente, o índice representa a cobertura dos serviços de saneamento básico dos países, porque incorpora os três fatores (PIB per capita, Longevidade e Educação), principalmente a expectativa de vida (LIBÂNIO; CHERNICHARO; NASCIMENTO, 2005; PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2007).

O que ocorre no Brasil não é diferente da tendência mundial no que se refere ao saneamento ambiental. Com IDH igual a 0,792, refletem-se, em números, essas preocupações, que têm relações diretas com o PIB. Os estados mais ricos da federação possuem a melhor cobertura em serviços de saneamento ambiental, embora ainda seja baixa, considerando-se a importância dessa para a saúde e bem estar da população (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2006).

Contudo, fornecer acesso universal à água ainda é um dos maiores desafios de desenvolvimento com que a comunidade internacional se depara no início do século XXI. O acesso restrito constitui um entrave ao crescimento econômico, uma fonte de profundas desigualdades que têm por base a riqueza e o gênero e uma das principais barreiras ao rápido progresso em direção aos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio.

### **2.3 Regulamentação dos serviços de água e saneamento no Brasil**

A água por ser um bem, não apenas para a saúde, mas em termos econômicos é imprescindível para a sobrevivência das populações e do meio ambiente, devendo receber atenção das políticas nacionais e internacionais, com a participação de toda a sociedade, em especial dos grandes usuários. Por outro lado, tão importante quanto é a água para a saúde, também é o conhecimento e difusão dos meios legais e institucionais para sua proteção, recuperação e gestão.

No Brasil, foram estipulados mecanismos legais, possibilitando tornar a água um recurso natural disponível, não apenas em quantidade, mas também em qualidade para os seus múltiplos usos pela sociedade. Em âmbito nacional, tem-se o Decreto Lei nº. 24.643 de 10 de julho de 1934, que cria o Código de Águas; a Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei 6.938, de 31/08/1981; a Constituição Federal de 1988; a Política Nacional de Saúde, instituída pela Lei 8080,



de 19/09/1990; e a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei 9.433, de 08/01/1997.

O Código de Águas, criado com o Decreto nº. 24.643 em 1934, é o marco legal do gerenciamento de recursos hídricos no Brasil. Foi de fundamental importância para a gestão pública do setor saneamento, estabelecendo uma política hídrica bastante moderna e complexa para a época, abrangendo vários aspectos, tais como: aplicação de penalidade, propriedade, domínio, aproveitamento, concessões e autorizações, fiscalização, relações com o solo e sua propriedade, desapropriação, derivações e desobstrução (BRASIL, 1934).

A Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela lei 6.938 de 31/08/1981, com diretrizes voltadas para o saneamento básico, usa a compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico; a definição de áreas prioritárias de ação governamental relativa à qualidade e ao equilíbrio ecológico, atendendo aos interesses da União, Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios (art.04 incisos I e II) (BRASIL, 1981).

A Constituição da República Federativa do Brasil 1988 (BRASIL, 2006b), apresenta em seu capítulo VI do Meio Ambiente:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem como de uso comum do povo e essencial a sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o poder de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 2006b, p. 189).

A Política Nacional de Saúde, promulgada em 1990, apresenta no art. 6º, inc. II, a execução de ações de vigilância sanitária e de vigilância epidemiológica voltadas ao saneamento básico. Assim, o SUS, no seu campo de atuação, participa da formulação da política e na execução de saneamento básico (art.06, inciso II) (BRASIL, 1990b).

A articulação das políticas e programas a cargo das comissões intersetoriais, abrange o saneamento e meio ambiente (art.13, inciso II).

Compete à Direção Nacional do Sistema Único da Saúde executar serviços de saneamento básico e colaborar na fiscalização das agressões ao meio ambiente que tenham repercussão sobre a saúde humana e atuar junto aos órgãos municipais, estaduais e federais competentes, para controlá-las (art.18, incisos IV e VI).

A Lei nº. 9433 de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei 8001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº. 7990, de 28 de dezembro de 1989, entre outros, traz as diretrizes voltadas ao saneamento básico (BRASIL, 1997a):

- “Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequada aos respectivos usos” (art.01).
- “Gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade, e a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental constituem diretrizes para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos” (art.03, inciso I e III).
- “Os planos de recursos hídricos são planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o Gerenciamento de Recursos Hídricos” (art.06).
- “Os Planos de Recursos Hídricos serão elaborados por Bacias Hidrográficas, para o Estado e para o país” (art.08).

Nesse contexto, é importante ressaltar que seu texto contempla, com muita clareza, os princípios básicos praticados hoje em todos os países que avançam na gestão de recursos hídricos, como é o caso do Brasil.

O primeiro princípio é o da adoção da Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento. Tendo-se os limites da bacia definidos pelo perímetro da área a ser planejada, fica mais fácil fazer o confronto entre as disponibilidades e demandas, essenciais para o estabelecimento do balanço hídrico. No entanto, a bacia hidrográfica segundo o seu conceito holístico, deve considerar a tomada das águas subterrâneas, como também incorporar as demandas e as relações com as bacias adjacentes e o restante do território da unidade federada coberto apenas parcialmente pela mesma.

O segundo princípio é o de uso múltiplo da água, que coloca todas as categorias usuárias em igualdade de condições relativas ao acesso dos recursos naturais. No Brasil, tradicionalmente, o setor elétrico atuava como único agente do processo de gestão dos recursos hídricos superficiais, ilustrando a clara assimetria de tratamento historicamente conferida pelo poder central, durante a primeira metade do

século XX, favorecendo este setor em detrimento das demais categorias usuárias da água. E não foi outro fator, senão o rápido crescimento da demanda por água para outros usos, que fez florescer e tomar corpo o princípio dos usos múltiplos.

O terceiro princípio é o reconhecimento do valor econômico da água, fortemente indutor de seu uso racional, dado que serve de base para a instituição da cobrança pela utilização dos recursos hídricos, um dos instrumentos de política do setor.

O quarto princípio é o da gestão descentralizada e participativa. A filosofia que fundamenta este princípio é a de que tudo que puder ser decidido em níveis hierárquicos mais baixos de governo não será resolvido por níveis mais altos desta hierarquia. Em outras palavras, o que puder ser decidido no âmbito dos governos regionais, e mesmo local, não deve ser tratado nos níveis Estadual ou Federal, respectivamente. Quanto à gestão participativa, esta constitui um método que enseja aos usuários, à sociedade civil organizada, às ONGs e outros agentes interessados, a possibilidade de influenciar no processo da tomada de decisão sobre investimento e outras formas de intervenção na bacia hidrográfica.

O quinto e último princípio estabelecem que, em situação de escassez, a prioridade deve ser dada para o abastecimento humano e a dessedentação de animais, enriquecendo dispositivo já previsto no Código das Águas.

Desta forma, o enquadramento dos Corpos d'Água em classes de usos preponderantes, são importantes para se estabelecer um sistema de vigilância sobre os níveis de qualidade da água dos mananciais, além de estabelecer a relação entre a gestão do meio ambiente, tomando por base a Resolução nº. 20/86 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA.

A Resolução nº. 20/86 estabelece a classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. A aplicação desta Resolução compete aos órgãos de controle ambiental, cabendo-lhes a fiscalização para o cumprimento da legislação, bem como a aplicação das penalidades previstas, inclusive a interdição de atividades industriais poluidoras (BRASIL, 1986).

A Lei 9433/97 ao instituir a Política Nacional de Recursos Hídricos e criar o Sistema Nacional de gerenciamento de Recursos Hídricos, estabeleceu também, um marco fundamental na implementação dos comitês de bacia. Este Sistema é integrado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, pelos Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal, pelos órgãos dos poderes públicos federal,

estaduais e municipais de recursos hídricos, pelas Agências de Água e pelos Comitês de Bacias Hidrográficas.

Como continuidade da gestão integrada dos recursos hídricos, foi criada em julho de 2000 a Agência Nacional de Águas - ANA, com a missão de implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos e coordenar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A função administrativa básica da ANA é a de controlar por meio de outorgas de direito de uso, a alocação das águas de domínio da União. O valor econômico dessas águas dependerá da localização do corpo hídrico e da equação quantidade, demanda e qualidade dos recursos hídricos nele disponíveis.

A ANA é uma agência gestora das águas, enquanto um recurso natural, e não uma agência reguladora da prestação de serviços públicos. Portanto, a ANA tem a função de coordenar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, estimular e prestar assistência técnica e organizacional na criação e consolidação dos Comitês de Bacia Hidrográfica e seus braços executivos, das agências de água ou de bacias, e na organização e atuação dos órgãos e entidades estaduais gestores de recursos hídricos (BRASIL, 2002b).

Quanto ao Saneamento ambiental, embora ainda seja considerado pelas autoridades como básico, teve sua regularização somente em 5 de janeiro de 2007, com a instituição da Lei nº. 11.445, dentre outras definições, que prevê o Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB.

A Lei estabelece as diretrizes nacionais da Política de Saneamento Básico; determina o planejamento, a regulação, a fiscalização e o controle social como fundamentais para a gestão dos serviços; estimula a solidariedade e a cooperação entre os entes federados; define as regras gerais para a atuação dos prestadores de serviços - público e privado - e dos agentes reguladores; prevê a obrigatoriedade da elaboração dos planos municipais, regional e nacional de Saneamento Básico; bem como estabelece mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas para o Plano, em consonância com o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico – SINIS (BRASIL, 2008c).

O capítulo IX da Lei nº. 11.445/2007 define as diretrizes e os objetivos da política Nacional de Saneamento Básico e, portanto, dá as dimensões e vincula o PLANSAB em termos de conteúdo, abrangência e desafios.

Em seu Artigo 48 indica as diretrizes dessa política em torno dos seguintes pontos (BRASIL, 2008c):

- Eqüidade social e territorial e desenvolvimento urbano e regional;
- Qualidade de vida; condições ambientais e saúde pública;
- Desenvolvimento sustentável, eficiência, eficácia e adequada regulação;
- Planejamento com base em indicadores epidemiológicos e de desenvolvimento social;
- Adoção de critérios de renda e cobertura, urbanização, concentração populacional,
- Disponibilidade hídrica, riscos sanitários, epidemiológicos e ambientais;
- Garantia do atendimento à população rural;
- Desenvolvimento científico;
- Bacia hidrográfica como unidade de referência;
- Estímulo à cooperação entre entes federados;
- Articulação com as políticas para o desenvolvimento urbano e regional, habitação,
- Combate e erradicação da pobreza, proteção ambiental, promoção da saúde e outras de interesse social.

O Artigo 49, dessa mesma lei, estabelece os objetivos da Política Nacional de Saneamento Básico relacionados aos seguintes aspectos (BRASIL, 2008c):

- Redução de desigualdades regionais, geração de emprego e renda e inclusão social;
- Priorizar áreas ocupadas por populações de baixa renda;
- Salubridade ambiental dos povos indígenas e populações tradicionais conforme suas características socioculturais; e das populações rurais e núcleos urbanos isolados;
- Maximização da relação benefício-custo e do retorno social;
- Incentivar mecanismos de planejamento, regulação e fiscalização;
- Promover alternativas de gestão com ênfase na cooperação federativa;
- Promover o desenvolvimento institucional;
- Minimizar os impactos ambientais e assegurar o atendimento às normas relativas à proteção do meio ambiente, ao uso e ocupação do solo e à saúde.

O Artigo 52 da Lei 11.445/2007 define o conteúdo, a abrangência e os objetivos do PLANSAB, que conterà (BRASIL, 2008c):

- Os objetivos e metas nacionais e regionalizadas de curto, médio e longo prazo, para a universalização dos serviços de saneamento básico e o alcance de níveis crescentes de saneamento básico no território nacional, observando a compatibilidade com os demais planos e políticas públicas da União;
- As diretrizes e orientações para o equacionamento dos condicionantes de natureza político-institucional, legal e jurídica, econômico-financeira, administrativa, cultural e
- Tecnológica com impacto na consecução das metas e objetivos estabelecidos;
- A proposição de programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas da Política Federal de Saneamento Básico, com identificação das respectivas fontes de financiamento;
- As diretrizes para o planejamento das ações de saneamento básico em áreas de especial interesse turístico;
- Os procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações executadas.

A Lei nº. 11.445/2007 também traz um grande avanço na articulação do Saneamento Básico com o setor de recursos hídricos, pois ressalta que os planos de Saneamento Básico deverão ser compatíveis com os planos de bacia hidrográfica (Art. 52) (BRASIL, 2008c).

Dessa forma, o PLANSAB deve considerar e dialogar com as seguintes diretrizes do PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos (Art. 53) (BRASIL, 2008c):

- Racionalização do uso dos recursos hídricos para abastecimento público;
- Soluções adequadas que minimizem o impacto do Saneamento Básico nos recursos hídricos;
- Práticas adequadas de proteção de mananciais e bacias hidrográficas;
- Busca de integração e convergências das políticas setoriais de recursos;
- Hídricos e Saneamento Básico nos diversos níveis de governo;

- Identificação dos usuários das águas no setor, de forma a conhecer as demandas, a época destas demandas, o perfil do usuário, tecnologias utilizadas, dentre outras características.

O Plano deverá abranger e orientar a integração das modalidades do Saneamento, no que diz respeito ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais. De forma a contribuir para a melhoria da salubridade ambiental, incluindo o provimento de banheiros e unidades hidrossanitárias para populações de baixa renda.

Neste sentido, o Brasil estará trabalhando para atingir uma das metas, propostas nos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio da Organização das Nações Unidas, até o ano 2015, que é a redução pela metade da proporção de pessoas sem acesso ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2006).

No compromisso com os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, o PLANSAB deve identificar o real impacto do Saneamento Básico e planejar o esforço do setor para o alcance dos oito objetivos propostos e buscar os meios possíveis para que, até 2015, seja cumprida a meta (BRASIL, 2008c).

Em relação ao âmbito estadual de Minas Gerais, destacam-se a Constituição do Estado de 21/09/1989; a Política Estadual de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº. 13.199, de 29 de janeiro de 1999; e, a lei 13.317, de 24/09/1999, que abrange o Código de Saúde do Estado de Minas Gerais.

Sites oficiais do governo desse Estado destacam partes da Constituição do Estado de Minas Gerais e da Lei que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos, pertinentes para este estudo, a saber:

Na Constituição mineira de 1989 têm-se as seguintes diretrizes relacionadas ao saneamento:

[...] o Estado assegurará, com base em programas especiais, ampla assistência técnica e financeira ao Município de escassas condições de desenvolvimento socioeconômico, com prioridade para população inferior a trinta mil habitantes, incluindo: instalação de equipamentos necessários para o ensino, a saúde e o saneamento básico (art.183, inciso II).

[...] o Estado formulará política e os planos plurianuais estaduais e de saneamento básico, sendo submetidos a um Conselho Estadual de Saneamento Básico, promovendo os recursos necessários para a implementação da Política Estadual de Saneamento Básico, na qual, a execução do programa estadual ou municipal, será

precedida de planejamento que atenda aos critérios de avaliação do quadro sanitário e epidemiológico estabelecido em lei (art.192, inciso I, II e III).

[...] todos têm direitos a meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum ao povo e essencial à sadia qualidade de vida, e ao Estado e à coletividade é imposto o dever de defendê-lo e conservá-lo para as gerações presentes e futuras (art.214).

A Política de Recursos Hídricos de 1999, do estado de Minas Gerais, apresenta as seguintes diretrizes para as políticas do estado (MINAS GERAIS, 1999):

A Política Estadual de Recursos Hídricos visa assegurar o controle pelos usuários atuais e futuros do uso da água e de sua utilização em quantidade e regime satisfatórios

(art.2)

[...] o Estado assegurará, por intermédio da Secretaria de Gerenciamento dos Recursos Hídricos de Minas Gerais – SEGRH-MG os recursos financeiros e institucionais necessários ao atendimento do disposto na Constituição do Estado com relação à Política e ao Gerenciamento de Recursos Hídricos (art.04).

[...] são instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos, o Plano Estadual de Recursos Hídricos, os Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas, o Sistema Estadual de Informação sobre Recursos Hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seus usos preponderantes, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso de recursos hídricos, a compensação a municípios pela exploração e restrição de uso de recursos hídricos, o rateio de custos das obras de uso múltiplo de interesse comum ou coletivo e as penalidades (art.09, inciso I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII e IX).

Também no Código de Saúde do estado de Minas Gerais de 1999 (MINAS GERAIS, 1999) têm-se as seguintes diretrizes como destaque, relacionadas à questão da água para consumo humano:

[...] consideram-se fatores determinantes e condicionantes da saúde da população, entre outros, a alimentação, a moradia, o saneamento, o meio ambiente, o acesso aos bens e serviços essenciais, bem como as ações que se destinam a garantir às pessoas e à coletividade condições de bem estar físico, mental e social (art.04).

[...] a atenção à saúde encerra todo o conjunto de ações levadas a efeito pelo SUS, em todas as instâncias de governo, para o atendimento das demandas pessoais e das exigências ambientais e, compreende três grandes campos: o da assistência, o da intervenção ambiente e das políticas externa ao setor da saúde que interferem nos determinantes sociais do processo saúde-doença das coletividades (art.08, inciso I, II e IV).

[...] saneamento, para efeitos desta lei, é definido como o conjunto de ações, serviços e obras que visam à salubridade ambiental, por meio de abastecimento de água de qualidade compatível com os padrões de potabilidade e em quantidade suficiente para assegurar higiene e conforto, coleta, tratamento e disposição adequada do esgotamento sanitário; coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos; drenagem de águas pluviais, controle de animais vetores, hospedeiros, reservatórios e sinantrópicos (art.42, incisos I, II, III, IV, V, VI, VIII).



[...] o SUS participará da formulação da política ambiental e de saneamento do Estado e executará, no que lhe couber, as ações de vigilância ambiental e de saneamento, em caráter complementar e supletivo, nas esferas federal, estadual e municipal da competência legal específica (art.43)

Neste sentido, faz-se necessário o controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano, de forma a atender os padrões de potabilidade e em quantidade suficiente para assegurar higiene e segurança, que são considerados fatores determinantes e condicionantes da saúde da população.

## **2.4 Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano**

Na metade do século XIX ocorreram avanços da compreensão sobre a relação entre água contaminada e doença, destacando-se o trabalho do epidemiologista John Snow, em 1855, relacionando um surto de cólera em Londres com poços de abastecimento público de água contaminada por esgoto (ROSEN, 2006).

Em função dessas descobertas, no início do século XX, muitos sistemas de tratamento de água foram construídos nos Estados Unidos como estratégia de controle da qualidade da água para consumo humano, fazendo uso de um sistema de filtração lenta. Em 1908, a cloração foi empregada pela primeira vez no Estado de New Jersey. Nesse período outros desinfetantes também foram utilizados, como por exemplo, o ozônio na Europa (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1999).

É importante observar que as iniciativas de potabilização da água para consumo humano ocorreram antes do estabelecimento de padrões e normas de qualidade da água por órgãos públicos ou pela academia. O padrão para qualidade da água, elaborada pelo serviço de saúde pública em 1914, nos Estados Unidos, foi estabelecido de forma a aplicar somente a água produzida por sistema de abastecimento e transportada por navios e trens para outros Estados, limitando-se a contaminantes capazes de causar doenças contagiosas (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1999).

Atualmente, a OMS é a instituição que traz recomendações seguidas pela maioria dos países, recomendando valores máximos permitidos para componentes da água, a partir de estudos toxicológicos realizados em todo o mundo e publicados

em diferentes fontes acadêmicas e eventos científicos. Alguns países, como os Estados Unidos, Canadá e Comunidade Européia, baseados também em recomendações da OMS estimulam pesquisas tecnológicas e bio-ensaios, que acabam servindo de padrões, tanto para a OMS, como para os demais países do mundo. Todas as normas de potabilidade da água utilizada para consumo humano no Brasil seguem basicamente os padrões recomendados pela Organização Mundial de Saúde, encontrados no Guidelines for Drinking Water Quality (Diretrizes para qualidade da água potável) (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1996).

Em todos os países da comunidade européia, a norma de qualidade para fins de consumo humano, a Drinking Water Directive - DWD 98/83/EC (Diretivas da Água Potável), é submetida a cada cinco anos a um processo de revisão, que tem por objetivo definir estratégias relativas à gestão do sistema de produção de água potável, no sentido de propor a inclusão de novos parâmetros químicos e biológicos, a revisão dos limites máximos de contaminação dos parâmetros já existentes e o gerenciamento de riscos para o setor (EUROPE COMMUNITY, 2003).

No Brasil, o Ministério da Saúde, por meio da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), da Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental (CGVAM) e Centro Nacional de Epidemiologia (CENEPI), promoveu ao longo do ano de 2000, a atualização das Normas de Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, resultando na Publicação da Portaria nº 1469, do Ministério da Saúde, em 29 de dezembro de 2000. Esse processo de atualização contou com a revisão da norma vigente na época, a Portaria nº. 36/90, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2000a, 2004b).

Em 2005, ocorreu um novo ordenamento na estrutura do Ministério da Saúde, sendo revogada a Portaria do MS nº. 1469/2000 e passando a vigorar a Portaria do MS nº 518/2004, em vigor até o presente momento (BRASIL, 2004b).

Como ocorre em outros países, no Brasil, a revisão da norma de qualidade da água para consumo humano, estabelecida na Portaria em vigor, é de cinco anos ou a qualquer tempo, mediante solicitação devidamente justificada por órgãos governamentais e não governamentais de reconhecida capacidade técnica. Essa Portaria constitui um importante instrumento para o efetivo exercício da vigilância do controle da qualidade da água para consumo humano.

Nessa Portaria, constam parâmetros relativos à potabilidade da água para consumo humano, sendo estabelecidos padrões microbiológicos, químicos e físicos da água, que devem ser seguidos em todo território nacional, a saber:

O padrão de potabilidade da água para consumo humano estabelecido pela Portaria do MS nº 518/2004 estabelece que toda água para consumo humano deve obedecer ao padrão microbiológico de potabilidade, padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção, padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde, assim como padrão de radioatividade e padrão de aceitação para consumo humano.

Quanto às características microbiológicas da água, essa Portaria considera que água para consumo, em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras, deve apresentar ausência de *Escherichia Coli* ou Coliformes Termotolerantes e Coliformes Totais. Para garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser observado o padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-filtração (BRASIL, 2004b).

Quanto aos parâmetros químicos da água, é de grande importância esse controle para se caracterizar a qualidade da água para consumo humano, pois permite classificar a água por seu conteúdo mineral, através dos íons presentes, bem como determinar o grau de contaminação, permitindo determinar a origem dos principais poluentes, caracterizar picos de concentração de poluentes tóxicos e as possíveis fontes, e também avaliar o equilíbrio bioquímico necessário para manutenção da vida aquática, além de permitir a avaliação da necessidade de nutrientes (BRANCO, 1991a).

Ainda, dentre esses parâmetros, podem ser citados alguns metais pesados, como por exemplo, arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês e outros, que são considerados de relevância para a saúde pública. Embora, alguns desses elementos sejam considerados importantes nutrientes para o desenvolvimento da vida, em concentrações elevadas, podem causar sérios riscos para o desenvolvimento das plantas, da saúde dos animais e para o organismo humano (PEIRANO, 2002).

Nesse sentido, o controle da qualidade da água para consumo humano inclui programas de monitoramento com vistas a conhecer sua qualidade nas diversas partes do sistema por meio de análises físico-químicas e microbiológicas,

acompanhados do gerenciamento de todo o sistema, a fim de detectar as causas da variação da qualidade da água e adotar as medidas preventivas e corretivas cabíveis (PEIRANO, 2002).

Além das análises da água, o gerenciamento do sistema inclui as atividades relacionadas a proteção dos mananciais; o controle e a otimização dos processos unitários de tratamento; a proteção e a conservação dos reservatórios de distribuição; a operação e a manutenção das adutoras; a operação e a manutenção da rede de distribuição e o controle de vazamentos.

No que se refere às competências da União, Estados, Municípios e Distrito Federal, na área de Vigilância em Saúde Ambiental, a Secretaria de Vigilância em Saúde, implementou ações para viabilizar o desenvolvimento do Sistema Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental – SINVSA (BRASIL, 2001a).

O SINVSA compreende “o conjunto de ações e serviços prestados por órgãos e entidades públicas e privados relativos à vigilância em saúde ambiental, visando o conhecimento e a detecção ou prevenção de qualquer mudança nos fatores determinantes e condicionantes do meio ambiente que interferem na saúde humana, com a finalidade de recomendar e adotar medidas de prevenção e controle dos fatores de riscos relacionados às doenças e outros agravos à saúde”, em especial, a água para consumo humano (BRASIL, 2001a).

Neste contexto, para garantir à população o acesso à água com qualidade compatível com o padrão de potabilidade estabelecido na legislação vigente, visando para a promoção da saúde, foi estabelecido o programa de monitoramento nacional de controle da água para consumo humano – Vigiágua.

De forma a operacionalizar as ações do Vigiágua foi elaborado um Programa Nacional, que é coordenado, no âmbito federal, pela Coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde – CGVAM, da Secretaria de Vigilância em Saúde – SVS do Ministério da Saúde, que inclui modelo, campo e forma de atuação baseados nas diretrizes do SUS (BRASIL, 2004a, 2004b, 2008d).

Este Programa Nacional têm como objetivos específicos de atuação:

- a) Reduzir a morbi-mortalidade por doenças e agravos de transmissão hídrica, por meio de ações de vigilância sistemática da qualidade da água consumida pela população;
- b) avaliar e gerenciar o risco à saúde das condições sanitárias das diversas formas de abastecimento de água;
- c) monitorar, sistematicamente, a qualidade da água consumida pela população, nos termos da legislação vigente;
- d)

informar a população sobre a qualidade da água e riscos à saúde; e) apoiar o desenvolvimento de ações de educação em saúde e mobilização social (BRASIL, 2008d).

Neste contexto, espera-se uma atuação conjunta, integrada e articulada nas distintas esferas de governo, de diferentes atores e setores institucionais, inclusive os parceiros que atuam no controle social, de forma a atingir os objetivos propostos na implementação do Programa Nacional, visando à promoção da saúde.

## **2.5 Parâmetros para controle da qualidade da água**

A qualidade de uma água é definida por sua composição química, física e bacteriológica. Para o consumo humano há necessidade de uma água livre de matéria suspensa visível, cor, sabor e odor, ou de quaisquer substâncias orgânicas ou inorgânicas, além de outros organismos capazes de alterar sua potabilidade, em que possam causar enfermidades (MACEDO, 2004; HELLER, 2006).

Nesta pesquisa, e sentido, investigou-se a qualidade da água para consumo humano por meio de um conjunto de parâmetros determinados por análises microbiológicas, físicas e químicas, de acordo com os parâmetros nacionais exigidos pela legislação (BRASIL, 2004b).

### **2.5.1 Parâmetros microbiológicos**

Denomina-se de bactérias do grupo coliforme bacilos gramnegativos, em forma de bastonetes, aeróbios ou anaeróbios facultativos que fermentam a lactose a 35-37°C, produzindo ácido, gás e aldeído em um prazo de 24-48 horas. É também oxidase-negativos e não formam esporos. A razão da escolha desse grupo de bactérias como indicador de contaminação da água deve-se a fatores, como presença nas fezes de animais de sangue quente, inclusive os seres humanos. A presença na água possui uma relação direta com o grau de contaminação fecal, sendo também, facilmente detectáveis e quantificáveis por técnicas simples e economicamente viáveis, em qualquer tipo de água; além disso, possuem maior tempo de vida na água que as bactérias patogênicas intestinais, por serem menos exigentes em termos nutricionais, além de ser incapazes de se multiplicarem no

ambiente aquático; são, também, mais resistentes à ação dos agentes desinfetantes do que os germes patogênicos (BRASIL, 2006a; HELLER, 2006).

O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gran-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo (KONEMAN et al., 2001).

As bactérias coliformes termotolerantes reproduzem-se ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar carboidratos. O uso das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme “total”, porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente (KONEMAN et al., 2001).

Neste caso, a determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera.

## **2.5.2 Parâmetros físicos**

### **2.5.2.1 Turbidez**

A presença de materiais em suspensão como argila, sílica, matéria orgânica e inorgânica, quando presentes na água causa a turbidez. Quando temos uma concentração elevada desses materiais, ocorre a redução da penetração da luz na água, inibindo assim a ação fotossintética no ambiente (MEDEIROS, 2003).

Para determinação da turbidez em água para consumo humano, faz-se uso do equipamento chamado de turbidímetro, utilizando-se o método nefelométrico, considerado o mais indicado devido a sua alta sensibilidade de detecção. A unidade de turbidez é denominada de Unidades Nefelométricas de Turbidez – UNT (RICHTER; AZEVEDO-NETTO, 1991).

### **2.5.2.2 Cor aparente**

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Dentre os colóides orgânicos, podem-se mencionar os ácidos húmico e fúlvico, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos (BRASIL, 2008b).

A cor, em sistemas públicos de abastecimento de água, é esteticamente indesejável. A sua medida é de fundamental importância, visto que água de cor elevada provoca a sua rejeição por parte do consumidor e o leva a procurar outras fontes de suprimento muitas vezes inseguras.

A Portaria do MS nº 518/2004 estabelece para cor aparente o Valor Máximo Permitido de 15 (quinze) uH como padrão de aceitação para consumo humano (BRASIL, 2004b).

### **2.5.2.3 Temperatura**

Variações de temperatura são parte do regime climático normal e, corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termoelétricas (BRASIL, 2008c).

A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de variáveis físico-químicas. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam (BRASIL, 2008c).

### **2.5.3 Parâmetro químico**

#### **2.5.3.1 pH**

Para expressar o grau de acidez ou basicidade de uma solução, utiliza-se o pH- potencial hidrogeniônico. O pH expressa a concentração de íons de hidrogênio nessa solução, com escala que vai de 0 a 14, denotando graus de acidez ou alcalinidade. Para valores abaixo de 7 e próximos de zero indicam aumento de acidez, enquanto valores de 7 a 14 indicam aumento da basicidade (BRASIL, 2007).

O pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental, pode interferir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas. O pH tem efeito direto sobre os ecossistemas aquáticos naturais, e também, efeitos indiretos contribuem para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados quando presente nas águas; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes (CONDINI, 2001; HELLER, 2006).

Desta forma, as restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais, tanto de acordo com a legislação federal, quanto pela legislação estadual.

### **2.6 Metais e impactos na saúde**

O termo “metal” (do grego Metallon) distingue aqueles elementos que formam íons (cátions) e possuem ligações metálicas. Quanto às propriedades físicas, os metais apresentam boa condutibilidade térmica (calor) e elétrica, brilho característico, alta densidade, ductibilidade e maleabilidade, em geral com ponto de liquefação alto.

Alguns metais são considerados elementos essenciais, isto é, compõem moléculas e possuem funções metabólicas, como por exemplo, o ferro (Fe), magnésio (Mg), cálcio (Ca), manganês (Mn) e potássio (K). Entre os metais e semimetais essenciais para a vida estão: sódio (Na), potássio (K), cálcio (Ca), manganês (Mn), ferro (Fe), boro (B), cobre (Cu), cobalto (Co), molibdênio (Mo) e zinco (Zn). Porém, a toxicidade de um elemento depende de sua concentração no



organismo. Dessa forma, em alta concentração, todo metal pode, em algum grau, ser considerado tóxico (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

Entre os metais não essenciais para a vida estão: alumínio (Al), cromo (Cr), níquel (Ni), cádmio (Cd), mercúrio (Hg) e chumbo (Pb). Mesmo pequenas quantidades de metais não essenciais, acumuladas no organismo, podem levar a graves intoxicações ou doenças (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

Dentro do grupo dos metais, há os metais denominados “pesados” que correspondem àqueles elementos com densidade alta comparada com outros metais; mais especificamente, aqueles com densidade superior a  $5,0 \text{ g cm}^{-3}$ , localizando-se, portanto, entre o cobre e o chumbo na tabela periódica dos elementos químicos. No entanto, há divergências quanto ao valor da densidade que segrega os elementos pesados e não pesados (BAIRD, 2002; HYPOLITO; NASCIMENTO, 2005).

Segundo Baird (2002), os transporte dos metais pesados, que contaminam as águas e alimentos, se dá por via aérea, seja como gases ou absorvidas em material particulado em suspensão. Portanto, cerca da metade dos metais pesados que entram nos Grandes Lagos são depositados a partir do ar.

Por haver divergências quanto aos elementos pesados e não pesados, existe também a denominação do uso do termo elemento traço, que são considerados os elementos químicos que ocorrem na natureza, de um modo geral, em pequenas concentrações, da ordem de partes por bilhão (ppb) à parte por milhão (ppm). Além disso, muitas vezes, inclui-se, na classe de metais, o Arsênio (As), que é, na verdade, um semi-metal tóxico (LIMA et al., 2001).

De acordo com Baird (2002), do ponto de vista ecotoxicológico, os metais-traço são os mais preocupantes, porque em pequenas concentrações são capazes de provocar efeitos tóxicos graves em organismos vivos. Bioquimicamente, a toxicidade dos metais-traço se dá pela afinidade dos cátions com o enxofre. Uma vez que o radical  $-SH$  está presente em diversas proteínas, a atividade enzimática é comprometida quando há ligação com metais, refletindo, dessa forma, no metabolismo do ser vivo como um todo.

Já de acordo com Fontenelle, Pedrotti e Fornaro (2009), a atmosfera é um compartimento de suma importância para o transporte dos metais traços nos ciclos biogeoquímicos, sendo considerada fonte significativa de metais tóxicos para os ecossistemas naturais, como o solo e as superfícies de lagos e oceanos.

Adicionalmente, as características físicas e químicas do aerossol, como tamanho da partícula, pressão de vapor e solubilidade em água, determinarão o processo pelo qual estas espécies serão removidas.

Nesse caso, é importante observar que Pb e Cd se apresentam, predominantemente, na fração fina ( $d < 2,5 \mu\text{m}$ ), que corresponde ao material particulado que atinge as regiões mais profundas do trato respiratório. O cobre encontra-se, geralmente, presente no material particulado com diâmetro aerodinâmico entre 1-5  $\mu\text{m}$  (DAVIDSON; WU, 1988; JAMBERS; DEKOV; VAN GRIEKEN, 2000).

Os metais-traço, em ambientes não impactados, estão presentes nos ecossistemas aquáticos como resultado do intemperismo das rochas, dos solos e dos transportes atmosféricos (REBOUÇAS, 2002).

### 2.6.1 Arsênio (As)

O As elementar foi descrito, pela primeira vez, por Paracelso por volta de 1520 d.C., tendo sido obtido pela redução de compostos de As. Seu uso terapêutico data de 400 a.C., havendo relatos de seu emprego por Hipócrates, Aristóteles, Dioscórides e Plínio, o Velho. Desde então, o As vem sendo objeto de muitos estudos, bem como de imaginosas lendas e tradições (WINDHOLZ, 1976).

O arsênio de símbolo As, número CAS 7440-38-2, NIOSH RTECS: CG 0525 000, HSDB: 509, European Commission 0033-001-00X, DOT/UM/NA/IMCO: UM 1558/IMCO 6.1, é considerado um semi-metal, cristalino, muito quebradiço e, sob aquecimento, oxida-se rapidamente para óxido arsenioso, incolor e inodoro. Pode apresentar-se sob duas formas alotrópicas, o cinza metálico e o amarelo, e, ocasionalmente, ser encontrado na forma livre; porém, o mais comum é sob a forma de minerais. O mineral mais comum e rico em As é a arsenopirita (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

Quanto à composição química, o As pode apresentar o Arsenato de Cálcio  $[\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2]$  e o Arsenito de Cálcio  $[\text{Ca}(\text{AsO}_2)_2]$ , que são hidrossolúveis, sendo que o arsenato de sódio ( $\text{Na}_3\text{AsO}_4$ ) e o arsenito de sódio ( $\text{NaAsO}_2$ ) possuem solubilidade em água mais elevada. O trióxido de arsênico e o ácido arsênico ( $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ) são também solúveis na água, sendo que o trissulfeto de arsênico ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ) é

praticamente insolúvel na água. Quando aquecidos, sofrem decomposição, emitindo fumos arsenicais tóxicos.

O As pode ser encontrado em 4 estados de oxidação: arsenato (+5), arsenito (+3), arsina (-3) e o metal (0). As espécies solúveis geralmente ocorrem nos estados de oxidação +3 e +5. O As metálico não ocorre naturalmente no ambiente.

Em meio fortemente redutor, pode haver As(0) e As(-3). Em ambientes moderadamente redutores e anaeróbicos, predominam as formas trivalentes. A espécie pentavalente predomina em meios ricos em oxigênio e aeróbicos. A estabilidade e a predominância das espécies de As em meio aquático dependem do potencial redox e do pH (MENDES; BELLATO; MARQUES NETO, 2009; VIRARAGHAVAN; MOAZED, 2003).

O As raramente ocorre na forma livre; geralmente encontra-se ligado ao enxofre, oxigênio e ferro. O arsênio trivalente As(III) é altamente reativo quando covalentemente ligado aos ditióis vicinais. Os tióis reduzem compostos de As(V). Em experimentos laboratoriais, foi observada inativação de enzimas (piruvato desidrogenase e 2-oxoglutarato desidrogenase) e de proteínas contendo grupos tióis (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

Os compostos do As apresentam diferentes toxicidades dependendo da forma química. As toxicidades dos compostos arseniais diminuem da seguinte forma: arsina (-3) > derivados orgânicos da arsina > arsênio inorgânico (+3) > arsênio orgânico (+3) > arsênio inorgânico (+5) > compostos orgânicos pentavalentes (+5) > compostos de arsênio e arsênio elementar. De acordo com essa escala, a toxicidade do As (III) é cerca de 10 vezes maior que a do As(V) (MENDES; BELLATO; MARQUES NETO, 2009; VIRARAGHAVAN; MOAZED, 2003).

Nas monitorizações biológicas ou ambientais é importante conhecer as espécies químicas presentes; e para isso é necessário fazer a especificação, a qual desempenha um importante papel na avaliação da toxicidade do As. Portanto, ocorrendo à ingestão de água contaminada com As, é indicado fazer a especificação para conhecer as formas químicas envolvidas no metabolismo, contribuindo, dessa forma, para o conhecimento dos efeitos tóxicos à saúde (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2007b; MENDES; BELLATO; MARQUES NETO, 2009).

Quanto aos principais usos e aplicações na agricultura, os compostos inorgânicos do As foram usados, desde a metade do século XIX até meados do

século XX, para eliminar lagartas nas culturas de algodão e como herbicida no combate às ervas daninhas nas culturas de maçã e batatas. Devido à sua alta toxicidade, a sua utilização caiu em desuso, tanto durante o processo de fabricação quanto na aplicação na agricultura, por problemas de envenenamento acidental, além do aparecimento de outros agrotóxicos orgânicos muito eficientes no combate às pragas. Atualmente, nos Estados Unidos, ainda são permitidos alguns agrotóxicos organoarseniais (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2007b).

A produção mundial de trióxido de arsênio no ano 2000 foi estimada em 33 900 t e a produção por país foi de 8.200 no Chile, 16.000 na China, 1.000 na França, 1.500 no Cazaquistão, 2.400 no México, 1.500 na Rússia e outros países com 1.800. Atualmente, a China é a maior produtora com 40% da produção mundial (16.000 toneladas métricas) (US GEOLOGICAL SURVEY, 2001).

O consumo de As metálico é limitado, sendo que cerca de 95% do As é comercializado na forma de trióxido de arsênio. A China produz As metálico em todos os graus de pureza, com uso destinado, predominantemente, à fabricação de produtos eletrônicos. Em 1998, a China foi considerada a maior produtora mundial de trióxido de arsênio. Os outros principais produtores, além da China, são: Chile, Gana, México e França (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2007b).

No Brasil, o herbicida arsenial orgânico, metano-arseniato ácido monossódico, nome técnico MSMA, comercialmente conhecido como Daconate, de persistência curta, é autorizado para aplicação em pós-emergência nas culturas e ervas daninhas de café, algodão, cana de açúcar, citrus e partes não agrícolas. A tolerância em citrus é de 0,03 mg L<sup>-1</sup> de As e o intervalo de segurança é de 143 dias, não devendo se efetuar mais que 3 aplicações ao ano e antes do início da floração. Nas culturas de café, não se preconiza a aplicação em árvores com frutos (BRASIL, 2000b).

Segundo World Health Organization (2001), compostos arilarseniais (ácido p-aminofenilarsônico) são misturados nas rações para aves e suínos como promotor do crescimento e do controle de enteropatias em perus.

Trióxido de arsênio e ácido arsênico são usados como descolorante, clareador, e como dispersante de bolhas de ar na produção de garrafas de vidro e outras vidrarias. Na fabricação de vidro opalescente, é usado um composto

contendo 66% de areia, 3% de PbO, 3% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e entre 0,19 a 0,66% de As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2007b; AZEVEDO; CHASIN, 2003).

O As metálico é usado na produção de ligas não ferrosas, principalmente ligas de chumbo para a fabricação de baterias, e para melhorar a resistência do latão à corrosão. Para a preparação de arseneto de gálio, é utilizado o As metálico de alta pureza (99, 9999%). Os semicondutores, fabricados com arseneto de gálio, operam a uma velocidade muito maior que os de silício (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2007b; AZEVEDO; CHASIN, 2003; CARAPPELLA, 1992).

Segundo Carapella (1992), outros compostos intermetálicos do As são usados na fabricação de semicondutores, incluindo diodos de emissão de luz, lasers, circuitos integrados e células solares.

A utilização de compostos de As como medicamento é muito antiga. Os compostos inorgânicos do arsênio foram muito utilizados até a metade do século XX para o tratamento de leucemia, psoríase e asma crônica. Na década de 1970, na medicina ocidental, o seu uso foi praticamente abolido (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2007b).

Os fertilizantes fabricados com rochas fosfáticas podem conter As como contaminante. O uso desse tipo de fertilizante pode aumentar os níveis de As no solo e, conseqüentemente, a contaminação dos lençóis freáticos.

Quanto ao transporte, distribuição e transformação no ambiente, o As pode ser lançado na atmosfera tanto por causas naturais como pela atividade humana, em geral por processos com grande desprendimento de calor, como fundições, usinas geradoras de eletricidade a partir do carvão, incêndios florestais e atividade vulcânica. Processos biológicos como a biometilação e redução microbiana também contribuem para a carga de As na atmosfera, gerando compostos metilados voláteis de As e arsina, respectivamente. O As é lançado na atmosfera principalmente em materiais particulados, podendo ser dispersados então pelos ventos (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2007b).

O fluxo de massa de As na atmosfera tem estimativas de emissões de 31.109 g/ano (incluindo tanto as fontes naturais como as antropogênicas) contra uma taxa de remoção de 30-50.109 g/ano. Do total de As lançado à atmosfera, 60% seria devido à atividade humana e 40% a causas naturais. Dentre as fontes

antropogênicas, 60% poderiam ser atribuídas à queima de carvão e fundições de cobre (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2007b; MATSCHULLAT et al., 2000; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2001).

O As presente na atmosfera, principalmente na forma de compostos inorgânicos gerados pela atividade humana ou por fontes naturais como o vulcanismo, pode ocorrer também como compostos orgânicos voláteis e arsina produzidos por microrganismos (TAMAKI; FRANKENBERG JUNIOR, 1992).

Dessa forma, o material particulado carregado pelo vento é a principal forma de transporte do As lançado à atmosfera, tanto pela atividade humana como por causas naturais. Após os tempos de retenção anteriormente mencionados, o As retorna para a terra e para as superfícies aquáticas, por deposição seca ou por precipitações como chuvas e nevascas.

A presença, distribuição e interações do As em águas formam um conjunto mais complexo e dinâmico, com processos de transformações físicas e químicas. Além dos processos biológicos de metilação, demetilação e redução, o comportamento químico dos compostos de As é influenciado pelo pH e potencial redox da água, além dos processos de adsorção e dessorção em sedimentos e argilas.

O As dissolvido na água do mar pode ser encontrado em diferentes estados de oxidação, tanto em formas inorgânicas, como arsenatos e arsenitos, como em formas orgânicas, como os ácidos monometilarsônico e dimetilarsínico. A introdução direta de As em águas pela atividade humana é decorrente, principalmente, da fabricação de metais e da deposição do As lançado à atmosfera. A introdução de As natural ocorre por deposição de material de atividades vulcânicas, deposição do As existente na atmosfera por erosão eólica e por passagem direta do solo para a água (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2007b).

No Brasil, há vários estudos sobre a presença de As em sedimentos, provocados por atividades de mineração. No Amapá, o lençol freático de Vila de Santana a 30 km de Macapá e áreas ao norte do estado, no município de Serra do Navio, estão contaminados com As, devido ao lançamento de rejeitos de As produzidos durante o processamento de minérios de manganês (LIMA et al., 2003).

Os compostos de As provenientes da deposição do material particulado presente na atmosfera ou de formas transportadas pela água tendem a ser absorvidos pelo solo. No sentido inverso, a erosão provocada pelo vento e pela

chuva pode levar o As presente no solo para a atmosfera e para os rios e lençóis freáticos. Entretanto, as distâncias percorridas pelo As liberado pela ação da água tendem a ser pequenas, porque ele é novamente reabsorvido pelo solo (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2007b). A passagem do solo para o ar também pode ocorrer pela ação de microrganismos que reduzem pequenas quantidades de As a suas formas voláteis (TURPEINEN et al., 1999).

A contaminação de água por As tem recebido enorme atenção devido ao grande potencial para causar doenças ao homem, sendo considerada a principal forma de contaminação através da ingestão de água ou peixes contaminados por esse elemento (MATSCHULLAT et al., 2000). Tal contaminação tem desencadeado uma série de doenças, como conjuntivite, hiperqueratose, hiperpigmentação, doenças cardiovasculares, distúrbios do sistema nervoso central e vascular periférico, câncer de pele e gangrena nos membros (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2007b).

Com a ocorrência natural do  $\text{As}$  na crosta terrestre, o homem, bem como todo o ecossistema, está em constante exposição a esse elemento. No entanto, as atividades antropogênicas têm contribuído para o aumento dos níveis ambientais de As, colocando em risco toda população exposta por meio da poeira, solo, água e alimentos.

Estudos epidemiológicos têm demonstrado que a maioria dos casos de toxicidade do As - induzido em humanos é devido à exposição a As inorgânico, podendo resultar em câncer de pele e o desenvolvimento de câncer de bexiga. Mediante a ingestão de alimentos contaminados, ingestão de água contaminada por ação geológica natural ou por ação industrial próxima. Em todas estas situações, a exposição se dá em dose, em geral, baixa, mas persistente (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2007b).

Dessa forma, nas últimas décadas, a comunidade científica tem aumentado a sua preocupação com relação ao risco de exposição ambiental, risco de exposição ocupacional e risco de exposição por meio dos alimentos pelo As.

Nesse sentido, no Brasil, a Portaria do MS nº. 518/2004 estabelece como valor máximo permitido de As na água para consumo humano o valor de  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$  (BRASIL, 2004b).

### 2.6.2 Cádmiio (Cd)

O Cd é um metal branco azulado, número CAS 7440-43-9, podendo se apresentar na cor prata esbranquiçado, branco acinzentado ou metálico lustroso, de símbolo Cd, ocupando juntamente com o zinco e o mercúrio, o grupo IIb da Tabela Periódica. A sua descoberta como elemento ocorreu em 1817, pelo professor de metalurgia Friedrich Strohmeyer (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

Quanto a sua composição química, o Cd é encontrado em pequena quantidade na natureza e, em geral, associado a outros minérios de zinco, como a esfarelita (ZnS), na qual se encontra na proporção de 0,1 a 0,5%. Ocorre também na forma de sulfeto (CdS), formando a greenockita, minério sem importância comercial. É quase sempre obtido como o subproduto dos minérios de zinco, cobre e chumbo, por destilação em coluna de fracionamento (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

O Cd apresenta alto potencial tóxico quando ingerido com alimentos ou bebidas. Em recursos hídricos, em geral, sua presença está vinculada à contaminação oriunda de mineração de metais não-ferrosos; acidificação de solos e lagos; fundições de minério não-ferroso; extração de rochas fosfatadas e manufatura de fertilizantes fosfatados e corrosão em soldas de juntas ou tubos de zinco galvanizados. Pode atingir o ambiente por meio de várias fontes antrópicas, por meio de subproduto de eletroposição, produção de aço-inox, pigmentos, fertilizantes e agrotóxicos (BIZARRO; MEURER; TATSCH, 2008; UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2007).

No ambiente aquático, o Cd está presente em diferentes formas, inclusive associado ao material particulado e orgânico dissolvido, os quais apresentam diferentes fatores de bioconcentração e toxicidade. Em geral, a forma iônica dissolvida (Cd II) é considerada mais disponível para o acúmulo pelos organismos aquáticos (TOMAZELLI, 2003).

O Cd é um agente tóxico cumulativo que possui como principais efeitos observados na exposição a longo prazo a doença pulmonar crônica obstrutiva e o enfisema, além de distúrbios crônicos dos túbulos renais. Há referências também a efeitos cardiovasculares e ao sistema esquelético, cuja gravidade é proporcional ao tempo e à intensidade da exposição (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2008b; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1992).



Os homens são protegidos da exposição crônica a baixos níveis pela metalotionina, proteína rica em enxofre que tem a função de regular o metabolismo de zinco. Por ter muitos grupos sulfidril, a metalotionina pode complexar quase todo Cd ingerido, sendo o complexo, subseqüentemente, eliminado na urina. Em altas concentrações, o metal é retido nos rins e fígado. Algumas manifestações de toxicidade incluem anemia fraca e osteoporose (BAIRD, 2002).

A Portaria do MS nº. 518/2004 estabelece como valor máximo permitido de Cd na água para consumo humano o valor de 0,005 mg L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2004b).

### 2.6.3 Chumbo (Pb)

O Pb é um metal cinza-azulado, sem odor, maleável, sensível ao ar, de massa molecular 207,19, número CAS: 7439-92-1, NIOSH RTECS: Of7525000, OHM/TADS: 7216776, DOT: NA 1794 ORM-C, HSDB: 231, pertence ao grupo IVB da Tabela Periódica de classificação dos elementos. Possui quatro isótopos de ocorrência natural, com as seguintes abundâncias: <sup>204</sup>Pb (1,4%); <sup>206</sup>Pb (24,1%); <sup>207</sup>Pb (22,1%) e <sup>208</sup>Pb (52,4%) (INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY, 1998).

Considerado um elemento de ocorrência natural, o Pb é, relativamente, abundante na crosta terrestre, apresentando uma concentração média entre 10 e 20 mg/kg. As maiores fontes naturais de chumbo são emissões vulcânicas, intemperismo geoquímica e névoas aquáticas. Uma pequena quantidade de chumbo (<sup>207</sup>Pb) é derivado do decaimento do gás radônio, lançado por fontes geológicas. As maiores fontes geológicas de chumbo são as rochas ígneas e metamórficas (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1995).

Em condições naturais apenas traços são encontrados nas águas, da ordem de 0,01 µg mL<sup>-1</sup> ou menos. Maiores concentrações são decorrentes da contaminação por efluentes de indústrias ou minas, ou como resultado da ação corrosiva em canalizações contendo este metal.

O teor de Pb no solo é influenciado por atividades antropogênicas e pelo transporte do metal através do ar, oriundo de várias fontes. Tanto a deposição seca quanto a úmida são importantes nas contaminações. Em águas superficiais, a concentração de Pb é em torno de 0,02 µg L<sup>-1</sup> (TRIANAFYLLIDOU; LAMBRINIDOU; EDWARDS, 2009; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1995).

O Pb ocorre naturalmente em plantas e resulta de processos de captação e incorporação do ambiente. Há uma relação linear positiva entre as concentrações de chumbo nas plantas e no solo, sendo que este metal afeta as plantas em locais onde as concentrações ambientais são muito elevadas. Assim como em outros ambientes, a medida dos níveis originais do chumbo em plantas é dificultada pela contaminação generalizada dos diferentes biomas terrestres, através de séculos de uso do metal, no qual se inclui a aplicação direta de agentes químicos contendo Pb na agricultura e a contaminação de fertilizantes (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1995, 1989).

O Pb ingerido vai, inicialmente, para o sangue, mas, em excesso, entra para os tecidos, incluindo os órgãos e particularmente o cérebro. Eventualmente, o Pb deposita-se nos ossos, tomando o lugar do cálcio, pois o Pb II e Ca II são íons similares no tamanho. A absorção do Pb pelo corpo é aumentada em pessoas que têm deficiência de cálcio e é muito maior em crianças do que em adultos (BAIRD, 2002).

Muitos efeitos adversos à saúde são atribuídos a altas concentrações de Pb no corpo, incluindo toxicidade nervosa, hematopoiética, renal, endócrina e no sistema esquelético, sendo o sistema nervoso central, o primeiro a ser afetado. Danos no desenvolvimento cognitivo e comportamental em bebês e crianças jovens representam os efeitos de maior relevância. Toxicidade, a qual é dependente da idade e da dose de exposição, ocorre por meio da exposição a baixos níveis de várias fontes ambientais, incluindo ar, alimentos e água (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2007a; TOMAZELLI, 2003; TRIANTAFYLLIDOU; LAMBRINIDOU; EDWARDS, 2009).

Embora muitos estudos venham diagnosticando um aumento da concentração de Pb em algumas partes do planeta, as aplicações que resultam em sua dispersão descontrolada vêm sendo bastante reduzidas nas duas últimas décadas em muitos países ocidentais e, como conseqüência, sua concentração ambiental tem diminuído substancialmente, como por exemplo, o que ocorreu na América do Norte e na Europa com a eliminação gradativa da adição do chumbo-tetrametila na gasolina (BAIRD, 2002)

A Portaria do MS nº. 518/2004 estabelece como valor máximo permitido de chumbo na água para consumo humano o valor de 0,01 mg L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2004b).

### 2.6.4 Cobre (Cu)

O cobre é um metal marrom, avermelhado e nobre como o ouro e a prata, é o primeiro elemento do grupo IB da Tabela Periódica, tendo como identificadores o número CAS: 7440-50-8, número NIOSH RTECS: GL5324000, número OHM/TADS: 7216649, número DOT: não relatado e o número HSDB: 1622. Apresenta quatro estados de oxidação: metálico ( $\text{Cu}^0$ ), íon cuproso ( $\text{Cu}^+$ ), íon cúprico ( $\text{Cu}^{++}$ ) e o íon trivalente ( $\text{Cu}^{+++}$ ). Dentre as suas propriedades, destacam-se a elevada condutividade térmica e elétrica, maleabilidade, baixa corrosividade (ou resistência à corrosão), habilidade de se amalgamar e aspecto agradável (INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY, 1998).

O cobre é amplamente distribuído na natureza no estado elementar, como sulfetos, arsenitos, cloretos e carbonatos. Na crosta terrestre, apresenta uma abundância natural de, aproximadamente,  $60 \text{ mg Kg}^{-1}$  ( $50 \text{ mg L}^{-1}$ ) e  $2,5 \times 10^{-4} \text{ mg L}^{-1}$  nos mares. Ocorre em muitos minérios, na forma de óxidos ou sulfetos. As principais fontes naturais de cobre são as poeiras, os vulcões, os processos biogênicos e de névoas de água marinha (AZEVEDO; CHASIN, 2003; BIARD, 2002).

O cobre é liberado para a atmosfera, anualmente, em torno de 75 mil toneladas, das quais um quarto é decorrente de fontes naturais e o restante de atividades antropogênicas (MOORE et al., 1997).

As fontes antropogênicas de cobre incluem a emissão pelas atividades de mineração e fundição, pela queima de carvão como fonte de energia, pelos incineradores de resíduos municipais, pelos agentes antiaderentes em pinturas, na agricultura por meio de fertilizantes, algicida, suplemento alimentar e excretos de animais e humanos pelos esgotos. O uso contínuo de agrotóxicos, como fungicidas cúpricos pode elevar o teor de cobre, visto que grande parte do produto aplicado nas folhas atinge o solo e desta forma pode acumular-se em sua superfície (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2004; HAZARDOUS SUBSTANCES DATA BANK, 2000a).

O cobre tem como principal função, no ser humano, agir como catalisador de reações bioquímicas, participando da síntese de hemoglobina e de outras proteínas que contêm ferro, oxidando-o a ferro (III). Altas concentrações de íons cobre levam a ações tóxicas em organismos, resultando, em particular, na atrofia de vários órgãos e tecidos, anemia endêmica, dano renal e hepático, neurotoxicidade, aumento da

pressão sanguínea e da frequência respiratória, entre outras (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2004; MERIAN, 1991; HAZARDONS SUBSTANCES DATA BANK, 2000a).

Por outro lado, para o homem, o risco à saúde decorrente da deficiência de cobre é superior ao decorrente da exposição excessiva.

A Portaria do MS nº. 518/2004 estabelece como valor máximo permitido de cobre na água para consumo humano o valor de 2 mg L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2004b).

### 2.6.5 Cromo (Cr)

O Cr é um metal cinza-aço, com forma cristalina cúbica, sem odor e muito resistente a corrosão, massa molecular 51, 996, tendo como identificadores o número CAS: 7440-47-3, número NIOSH RTECS: GB4200000, número ONU (UM/NA) não fixado, número de resíduo perigoso na EPA: D007 e o número HSDB: 910. O Cr ocorre nos estados de oxidação +2 a +6, mas o estado elementar (Cr<sup>0</sup>), Cr (II), Cr (III) e Cr (IV) é o mais comum (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2008a; AZEVEDO; CHASIN, 2003).

O Cr é encontrado naturalmente em rochas, animais, plantas, solo, poeiras e névoas vulcânicas. Entre as fontes naturais de contaminação ambiental estão os incêndios florestais e as erupções vulcânicas.

O Cr de origem antropogênica é introduzido no ambientes, por meio de emissões decorrentes da fabricação de cimento; construção civil, devido aos resíduos provenientes do cimento; soldagem de ligas metálicas; fundição; manufatura do aço e ligas; indústria de galvanoplastia; lâmpadas; minas; lixo urbano industrial; incineração de lixo; cinzas de carvão; curtumes; preservativos de madeiras e fertilizantes. Nestes processos, o cromo pode aparecer nas formas trivalente (Cr III), hexavalente (Cr VI) e elementar, sendo a forma hexavalente de maior impacto à saúde humana (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2008a; UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000).

A maioria do cromo em água superficial pode estar sob a forma de material particulado, ou depositado em sedimentos. Algumas partículas podem permanecer como matéria suspensa e posteriormente serem depositadas nos sedimentos. A maioria dos compostos solúveis de cromo, em água de superfície pode estar

presente como cromo hexavalente e, uma pequena parte, como cromo trivalente em complexos orgânicos, sendo que o cromo hexavalente é mais estável na água do mar. O cromo hexavalente pode, entretanto, ser reduzido a Cr III por matérias orgânicas presentes na água e pode, eventualmente, depositar-se nos sedimentos (HAZARDONS SUBSTANCES DATA BANK, 2000 a ou b?).

A ocorrência de Cr em concentrações mais elevadas nas águas está relacionada ao contato com recipientes e canalizações que contenham este elemento, inclusive plásticas, ao uso de fertilizantes e ao lançamento de despejos industriais de galvanoplastia, de mineração e metalurgia do zinco bem como de processos de combustão (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2008a; SEILER; SIGEL, 1998).

O cromo hexavalente é a forma mais tóxica e mais prontamente absorvida pelas células vivas. Os mamíferos podem tolerar, acima de 200 vezes, o total da capacidade em peso do seu corpo sem apresentar efeitos tóxicos. Sua concentração diminui com o tempo de permanência, sendo a urina sua principal via excretora. Os efeitos agudos de exposição incluem corrosão do trato gastrointestinal e necrose dos rins, enquanto que a exposição crônica, via inalação de Cr VI, pode resultar em úlceras na pele, orifícios no septo nasal, dermatites e aumento da sensibilidade da pele (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2008a).

A Portaria do MS nº. 518/2004 estabelece como valor máximo permitido de Cr na água para consumo humano a concentração de 0,05 mg L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2004b).

### 2.6.6 Ferro (Fe)

O Fe puro é um metal branco-prateado, maleável, muito reativo, facilmente oxidável, raramente comercializado nessa forma, massa molecular 55, 8, apresenta como identificadores os números CAS: 1309-97 (ferro sólido) e 7439-89 (pó de ferro), NIOSH RTECS: 4565500, UN/NA: 9188 (substância tóxica, sólida), OHM/TADS: 7216754 e fonte HAZARDEX. O ferro em pó é uma substância cinzenta e brilhante (AZEVEDO; CHASIN, 2003; INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY, 1998).

O Fe de ocorrência natural é composto de quatro isótopos: <sup>56</sup>Fe (91,66%), <sup>54</sup>Fe (5,82%), <sup>57</sup>Fe (2,19%) e <sup>58</sup>Fe (0,33%), apresentando quatro formas alotrópicas: α-ferro, forma estável à temperatura ambiente e que pode ser transformada em β-

ferro a 770°C; acima de 900°C é convertido em  $\gamma$ -ferro, seguindo-se nova transformação em  $\sigma$ -ferro acima de 1.400°C (HAZARDONS SUBSTANCES DATA BANK, 2000c).

O Fe é o elemento mais abundante na crosta terrestre depois do oxigênio, silício e alumínio, compondo 30% da massa total do planeta. Quase todas as rochas e solos contêm pelo menos traços de ferro, estando presente como  $\text{Fe}^{2+}$ , mas é rapidamente oxidado na superfície da terra a  $\text{Fe}^{3+}$ . Nesta última forma, o ferro é solúvel em água (KROSCWITZ, 1995; SIENKO; PLANE, 1977).

Nas águas superficiais pode ser encontrado sob as formas de (ferro ferroso) e trivalente (ferro férrico), como solução, colóide, suspensão ou em complexos orgânicos e minerais. Em águas não poluídas, seu teor varia muito em função da litologia da região e do período chuvoso, quando pode ocorrer o carreamento de solos com teores de ferro mais elevados. Pode ocorrer em maiores concentrações devido à drenagem de áreas de mineração, ou ao lançamento de efluentes indústrias de metalurgia ou de processamento de metais.

O Fe é considerado um elemento essencial a todas as formas de vida, é componente chave na manutenção da homeostase celular. A essencialidade desse metal deve-se a incorporação a um grande número de enzimas e proteínas. Onde, os processos biológicos são intermediados por enzimas que requerem o ferro como co-fator para seu funcionamento.

Tanto a deficiência quanto o excesso de ferro são prejudiciais ao organismo humano, bem como a todas as formas de vida. A deficiência de Fe, no organismo, leva à anemia hipocrômica microcítica, à alteração do metabolismo muscular e a disfunção no sistema imunológico (AZEVEDO; CHASIN, 2003; CASARETT; KLAASSEN; DOULL, 2008).

Entre as fontes antropogênicas de ferro de origem industrial estão as emissões pelas atividades de mineração, fundição, soldagem, polimento de metais e o uso de compostos de ferro como agente antioxidante da gasolina. Existe a fonte de origem urbana, que são os efluentes de esgotos e o escoamento superficial urbano (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 1997; ABU-HILAL; DADRAN, 1990).

A objeção à presença de ferro no sistema de distribuição de água potável não é devido a razões de saúde; sua presença está relacionada à alteração de cor, paladar e odor. Em ambientes oxidantes o  $\text{Fe}^{2+}$  passa a  $\text{Fe}^{3+}$  dando origem ao

hidróxido férrico, que é insolúvel e se precipita, tingindo fortemente a água. Apesar de o organismo humano necessitar de até 19 mg de ferro por dia, os padrões de potabilidade exigem que uma água de abastecimento público não ultrapasse 0,3 mg L<sup>-1</sup>. Este limite é estabelecido em função de problemas estéticos relacionados à presença do ferro na água e do sabor ruim que o ferro lhe confere (BRASIL, 2004b; DEZUANE, 1997).

### 2.6.7 Manganês (Mn)

O Mn é um sólido frágil, quebradiço, lustroso, ou pó branco-acinzentado, massa molecular 54, 938049, apresenta como identificadores os números CAS: 7439-96-5, RTECS: NIOSH/009275000, HSDB: 550, EU EINESCS/ELINCS: 231-105-1 e ICSC: 0174. Esse metal de transição do grupo VIIb da Tabela Periódica é considerado o mais abundante após o ferro e o titânio, apresenta várias formas e estados e oxidação que vão de 0 a +7 (INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY, 1998).

O Mn ocorre naturalmente em diversos tipos de rochas, não apresenta gosto ou cheiro especial e não ocorre no ambiente como um metal puro, e sim combinado com outras substâncias, como o oxigênio, enxofre e cloro (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2008c; AZEVEDO; CHASIN, 2003).

O Mn é um metal presente na atmosfera sob diversas formas. A corrente de ar, seco ou úmido, contendo carbonatos, hidróxidos ou óxidos de manganês em baixas concentrações pode transportar o metal para diversos compartimentos do ecossistema. Ocorre principalmente, em rochas ígneas e metamórficas a forma de íons bivalentes e é encontrado, frequentemente no estado de oxidação +2, entretanto mais estável sob a forma de Mn (IV) (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004).

O Mn é um elemento essencial, apresentando alta significância fisiológica na atividade dos organismos, ocorrendo em várias enzimas, fazendo parte do seu processo de oxido-redução, contribuindo também para o crescimento e formação de tecidos ósseos e sanguíneos. É permeável à barreira placentária em roedores e seres humanos, concentrando-se no fígado e cérebro de fetos (NASCIMENTO, 2002).

As concentrações de Mn que ocorrem naturalmente no ar são baixas, estando o metal presente sob diversas formas na atmosfera, apresentando média anual em ambientes não poluídos e áreas rurais variando de 0,01 a 0,07  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . No entanto, em áreas industriais, as médias anuais podem ser maiores que 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , apresentando partículas com diâmetro menor que 5 $\mu\text{m}$ , favorecendo a ampla distribuição do metal e sua introdução no sistema respiratório (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2008c; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004).

Quando em excesso, o Mn absorvido por inalação, pode acarretar pneumonia e/ou doenças neuropsiquiátricas. Sais de manganês, em alguns microrganismos, são, aparentemente, potentes mutagênicos, entretanto, alguns estudos comprovam teratogênese ou carcinogênese em mamíferos (MERIAN, 1991).

A Portaria do MS nº 518/2004 estabelece como valor máximo permitido de Mn na água para consumo humano 0,1  $\text{mg L}^{-1}$  (BRASIL, 2004b).

### **2.6.8 Investigação de metais por Espectrometria de Emissão Atômica com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado ICP-AES**

Historicamente, a Espectrometria de Emissão Atômica com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-AES) baseou-se na atomização e excitação por chama, arco elétrico e centelha elétrica. Todos esses métodos continuam tendo aplicações importantes na análise de elementos metálicos. As fontes de plasma têm se tornado o método mais importante e largamente utilizado para a espectroscopia de emissão atômica (SKOOG; HOLLER; NIEMAN, 2002).

Por definição, plasma é uma mistura gasosa condutora de eletricidade que contém uma concentração significativa de cátions e elétrons. Em um plasma de argônio, freqüentemente, empregado em análises por emissão, os íons argônio e elétrons são as principais espécies condutoras, embora os cátions da amostra também estejam presentes em menor quantidade. Íons argônio, uma vez formados em um plasma, são capazes de absorver energia suficiente para manter a temperatura em um nível no qual ionizações adicionais sustentam o plasma indefinidamente; temperaturas maiores que 10.000 K são encontradas. Três tipos de plasma de alta temperatura podem ser utilizados: plasma indutivamente acoplado



(ICP), plasma de corrente contínua (DCP) e plasma induzido por microondas (MIP) (SKOOG; HOLLER; NIEMAN, 2002).

A espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP-AES) é uma técnica que usa plasma de argônio como fonte de excitação. O plasma de argônio é formado pela ação do campo magnético da bobina sobre o argônio, na tocha. A tocha consiste de tubos concêntricos com fluxo de argônio independentes para cada um. O topo da tocha é centrado em uma bobina de radiofrequência (RF), que é a fonte de energia do sistema. Depois da ignição, o plasma é propagado indutivamente com o campo gerado na bobina de radiofrequência (BOSTELMANN, 2006).

A técnica de ICP-AES aplica-se a um grande número de metais, principalmente para os chamados refratários (que formam óxidos estáveis e não se decompõem facilmente com a temperatura da chama). Trata-se de uma técnica amplamente utilizada em análises ambientais por suas características (DANTAS, 1999; LEMES, 2001; SANTOS, 1999), considerando-se: que é uma técnica multielementar rápida que permite a determinação simultânea de seus constituintes maiores, menores e traço; que, embora a sensibilidade da técnica para muitos dos elementos comumente determinados não seja muito baixa, por exemplo Cu, Cd, Ni, Pb, não existe grande diferença quando comparada à técnica Espectrofotométrica de Absorção Atômica (AAS); porém, ela é muito sensível para elementos metálicos refratários (por exemplo V, Be) bem como para alguns metálicos como B e P; que a baixa vulnerabilidade do ICP-AES para os interferentes interelementares, faz com que a calibração para uma variedade de materiais ambientais seja muito mais fácil do que para a técnica de Espectrofotométrica de Absorção Atômica.

#### **2.6.8.1 Limite de Detecção e Limite de Quantificação**

O termo limite de detecção é um dos parâmetros úteis para se escolher um determinado método analítico. Está associado a sinais analíticos instrumentais, sendo sua conceituação bastante conflitante. Considera-se, inicialmente, a incorporação de duas variáveis: a magnitude do sinal analítico e a linha de base com o respectivo ruído para dar a indicação da concentração de um elemento possível de

ser medido. De acordo com os autores Ribani, Collins e Bottoli (2007) o limite de detecção é definido de várias maneiras, muitas delas contraditórias.

Segundo Lanças (2004), o limite de detecção de um analito detectável, nas condições experimentais estabelecidas pela metodologia, não necessariamente quantificada como valor exato. Corresponde à concentração produtora de sinal medido de três vezes o nível do ruído médio medido. Outra definição estabelece o limite de detecção como sendo a concentração referente a um dado sinal analítico, seja ele de corrente de pico, voltametria, absorvância, em métodos espectrofométricos, ou qualquer outro sinal analítico corresponde a duas ou três vezes a magnitude da linha de base com ruído. A linha de base com ruído pode ser analisada, estatisticamente, fazendo-se pelo menos vinte medidas de um branco para se obter a linha de base do sinal observado, determinando a estimativa do desvio padrão destas medidas. A equação abaixo exemplifica essa condição.

$$LD = X_b + KS_b$$

Onde:  $X_b$  = média de n medidas do branco ( $n \geq 20$ )

$$K = 3$$

$S_b$  = estimativa do desvio padrão das medidas do branco

O limite de detecção pode ser determinado mediante o sinal e ruído. O desvio-padrão da resposta e do coeficiente angular é calculado estatisticamente.

O sinal e ruído podem ser aplicados somente para processos analíticos que exibem linha de base. A determinação da razão do sinal/ruído é realizada por meio de comparação dos sinais medidos da amostra com baixas concentrações conhecidas do analito com as do branco, estabelecendo a mínima concentração na qual o analito pode ser detectado. A razão sinal/ruído deve ser três vezes o desvio padrão de um branco como demonstrado na equação abaixo (CARDOSO, et al., 2010).

$$LD = 3 \times S_{\text{branco}} / m$$

onde:

$S_{\text{branco}}$  = estimativa do desvio padrão do branco de 20 leituras do branco

M = Coeficiente angular da curva analítica (sensibilidade do aparelho).

O limite de quantificação corresponde à menor quantidade do analito passível de quantificação com exatidão e fidelidade determinada nas condições experimentais determinadas. Ele pode ser estimado por meio do sinal/ruído, do desvio padrão e por processos estatísticos.

Os procedimentos sinal e ruído podem ser aplicados somente para processos analíticos que exibem linha de base. Efetua-se a determinação da razão sinal ruído, por meio da comparação dos sinais medidos da amostra com baixas concentrações conhecidas do analito com as do branco. Estabelecendo-se a concentração mínima na qual o analito pode ser quantificado. O limite de quantificação é definido como sendo 10 vezes o sinal do ruído (FAJGELJ; AMBRUS, 2000).

A fórmula para cálculo do limite de quantificação está expressa na equação a seguir.

$$LQ = 10 \times (s/ S)$$

Onde:

s= desvio-padrão da resposta

S = O coeficiente angular do gráfico de calibração

#### - Quantificação de metais totais ICP-AES

Para se definir adequadamente a relação entre concentração e resposta ao analito é necessário realizar um número suficiente de análises das soluções dos padrões. A curva analítica deve ser construída com, no mínimo, 5 pontos na faixa das concentrações esperadas. Cada solução-padrão é preparada por adição de um volume apropriado da solução-estoque, devendo este volume ser sempre menor ou igual a 2% do volume total das amostras (BRESSOLE; BROMET-PETIT; AUDRAN, 1996).

Embora alguns procedimentos analíticos possam requerer o uso de calibração não-linear, é usual utilizar-se um modelo linear com procedimento de parâmetro-padrão baseado na metodologia dos “mínimos quadrados”. Nesta aproximação, a variável independente (x) é a concentração; a variável dependente (Y) é a resposta do detector.

Nesse caso, os gráficos analíticos são representados pela equação da reta ou regressão linear ( $y = a + bx$ ), onde a concentração de cada analito é dada pela equação (SANTOS, 1999):

$$I_r = a_0 + a_1 \times C$$

Onde:

$I_r$  = intensidade relativa da emissão do analito

$C$  = concentração do analito ( $\text{mg L}^{-1}$ )

$a_0$  = coeficiente linear da regressão

$a_1$  = coeficiente angular da regressão

## 2.7 Agrotóxico

A denominação dada ao grupo de substâncias químicas destinadas ao controle de pragas (animais ou vegetais) e de doenças de plantas varia muito. No Brasil, estas substâncias são referidas como praguicidas, defensivos agrícolas, agrotóxicos e mais recentemente de agrotóxicos. Esta última nomenclatura somente foi adotada após a sanção da Lei Federal nº. 7.802, de 11 de julho de 1989, atualmente regulamentada pelo Decreto 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que torna claro o caráter danoso dessas substâncias, que são capazes de destruir a vida animal e vegetal, características que ficam totalmente mascaradas em uma denominação de caráter positivo como a de “defensivos agrícolas” (PERES; MOREIRA; DUBOIS, 2003).

Além disso, o termo “defensivos agrícolas”, utilizado pela Legislação brasileira até a Constituição de 1988 (publicada em 1989), excluía, pelo seu próprio significado, todos os agentes utilizados nas campanhas sanitárias urbanas para controle de vetores. De acordo com Peres, Moreira e Dubois (2003), o termo agrotóxico é mais ético, honesto e esclarecedor, tanto para os agricultores, como para os consumidores.

Na língua inglesa, essas substâncias são referidas como *pesticide*, denominação mantida pelo forte lobby da indústria química internacional, que reforça o caráter positivo do termo (produto que mata somente as pestes) e ratifica os interesses mercadológicos da indústria internacional. Na língua espanhola, tais substâncias são tratadas por “praguicidas” (*plaguicidas*), mostrando clara associação à denominação de agrotóxicos (PERES; MOREIRA; DUBOIS, 2003).

A legislação brasileira, por meio do Decreto nº 98.816 de 11/01/1990 do Ministério da Agricultura, que regulamentou a Lei nº. 7.802 de 11/07/89, aborda os termos “agrotóxicos e componentes” no Capítulo I, Artigo 2º, incisos XX e XXI como:

[...] agrotóxicos: Os produtos químicos destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora e da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento (Capítulo I, Artigo 2º, incisos XX).

[...] Componentes: os princípios ativos, os produtos técnicos, suas matérias-primas, os ingredientes inertes e aditivos usados na fabricação de agrotóxicos e afins (Capítulo I, Artigo 2º, incisos XXI) (BRASIL, 1990a).

Mais especificamente para a área da Saúde, o mesmo decreto tem como objeto o termo “afins”, que é definido no inciso XXII, como:

[...] afins: os produtos e os agentes de processos físicos e biológicos que tenham a mesma finalidade dos agrotóxicos, bem como outros produtos químicos, físicos e biológicos utilizados na defesa fitossanitária, domissanitária e ambiental, não enquadrados no inciso XX (Capítulo I, Artigo 2º, incisos XXII) (BRASIL, 1990a)

Dada a grande diversidade de produtos, cerca de 300 princípios ativos em 2 mil formulações comerciais diferentes no Brasil, segundo o Manual de Vigilância da Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos, os agrotóxicos são classificados de acordo com o tipo ou espécie de organismo que pretende eliminar ou controlar, de acordo com a estrutura química das substâncias ativas e de acordo com o grau de perigo a saúde humana que eles oferecem (BRASIL, 1990a, 1997b; ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 1992; ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DA SAÚDE; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 1997).

Quanto ao organismo que elimina ou controla, os agrotóxicos são classificados como inseticidas (insetos), herbicidas (ervas daninhas), fungicidas (fungos), raticidas (roedores), bactericidas (bactérias), nematocidas (vermes), larvicidas (larvas), cupinicidas (cupins), formicidas (formigas), pulguicidas (pulgas), piolhidas (piolhos), carrapaticidas (carrapatos), acaricidas (ácaros), molusquicidas (moluscos), avicidas (aves) e columbicidas (pombos).

Quanto à estrutura química, os agrotóxicos são classificados como classes químicas principalmente usadas como inseticidas: organoclorados (ex: DDT, HCH, aldrin, lindano), organofosforados (ex: malationa, diclorvós, metil parationa, metamidofós), carbamatos (ex.: aldicarb, carbaril, zectran), piretróides (ex: deltametrina, cipermetrina, permetrina, fenpropratina), neocotinóides (ex: imidacloprido, tiacloprido). Classes químicas utilizadas principalmente como herbicidas: cloroacetanilidas (ex: metolaclo, alaclo, acetoclo), ácidos

ariloxialcanóico (ex: 2,4 D; 2, 4,5 T), triazinas (ex: atrazina, ametrina, simazina), uréias (ex: diurom, linurom) e glicina substituída (ex: glifosato). Classes químicas principalmente usadas como fungicidas: triazol (ex: propiconazol, difenoconazol, tebuconazol), ditiocarbamatos (ex: mancozebe, manebe, propinebe, metiram), benzimidazol (ex: carbendazim, metil tiofanato), dicarboximidas (ex: captana).

A toxicidade dos agrotóxicos é baseada na dose letal 50 (DL 50) que é um valor estatístico que determina a quantidade de agrotóxico em mg/kg de peso corporal necessária para matar 50% da amostra populacional em estudos por intoxicações agudas, nas quais os valores são determinados em cobaias e extrapolados para humanos a partir do peso. Essa classificação garante a interpretação direta do grau de perigo dos agrotóxicos à saúde humana, facilitando ao agricultor, e principalmente ao leigo, a compreensão quanto à dimensão do risco à saúde do envolvido ao utilizar esses produtos.

Segundo a FAO, os impactos toxicológicos dos agrotóxicos na saúde humana e nos seres vivos em geral dependem dos seguintes fatores (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2004):

- Do tempo de exposição;
- Da quantidade aplicada;
- Da toxicidade, que é expressa como LD50 (concentração do agrotóxico que mata metade dos organismos testes em um determinado período de tempo), resposta aguda (morte) ou crônica (não causa a morte, mas observa-se efeitos subletais nos organismos testes como câncer, tumores, efeitos teratogênicos, efeitos na reprodução, etc);
- Da persistência medida como tempo de meia-vida (tempo necessário para que a concentração do composto diminua 50%). Determina a partir de processos de degradação como hidrólise, biodegradação, oxidação e fotólise;
- Dos produtos de degradação, que podem ter toxicidade igual, maior ou menor que o produto principal, como exemplo o DDT que se degrada a DDE e DDD;
- Do comportamento do agrotóxico no ambiente, que depende da solubilidade, do coeficiente de partição octanol-água e do coeficiente de absorção no solo.

Há quatro classes, a saber: Classe I (rótulo vermelho) - extremamente tóxicas, Classe II (rótulo amarelo) - altamente tóxicas, Classe III (rótulo azul) - moderadamente tóxicas, Classe IV (rótulo verde) - pouco tóxicas. É importante ressaltar que, dentre as substâncias da

Classe I, encontram-se aquelas comprovadamente carcinogênicas e mutagênicas (BRASIL, 1992).

Essa classificação tem importância fundamental na aplicação do Receituário Agrônomo, uma vez que padroniza a rotulagem, orienta o uso seguro e adequado pelos agricultores e facilita a classificação e a visualização dos produtos segundo o seu grau de toxidez.

Segundo a OMS, quando se trata de agrotóxicos de baixa toxicidade, mas com forte tendência a se acumular no organismo humano, o risco principal é vinculado à exposição prolongada, mesmo quando as doses são relativamente pequenas (OMS, 1992). Níveis de ingestão diária aceitável (IDA) são estabelecidos com base em informações como as propriedades bioquímicas, metabólicas, farmacológicas e toxicológicas dos agrotóxicos, obtidos através de estudos em animais de experimentação e as observações em seres humanos (OMS, 1997).

Estima-se que, anualmente, três milhões de pessoas sejam contaminadas por agrotóxicos em todo o mundo, sendo que 70% dos casos ocorrem em países em desenvolvimento (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2006c).

Segundo Moreira et al. (2002), o Brasil está entre os quatro países com maior consumo de agrotóxicos no mundo, estimando um consumo de 2,5 a 3 milhões de toneladas por ano. Em 2001, o Brasil movimentou cerca de 2,29 bilhões de dólares no comércio desse produto (BRASIL, 2008b).

São vários os exemplos de iniciativas internacionais voltadas para o uso seguro de agrotóxicos, principalmente no âmbito das organizações intergovernamentais das nações Unidas, a Organização Mundial de Saúde – OMS, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2004; UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME, 1987; UNITED NATIONS INSTITUTE FOR TRAINING AND RESEARCH, 1999).

Os agrotóxicos são amplamente utilizadas em florestas nativas e plantadas nos ambientes hídricos, urbanos e industriais, em campanhas sanitárias para o

combate a vetores de doenças, nas pastagens para a pecuária, e principalmente para o beneficiamento de produtos agrícolas, seja na produção, processamento, estocagem, transporte ou comercialização desses produtos. Embora o uso de agrotóxicos tenha aspectos positivos, existe o risco inerente de contaminação ambiental e há necessidade de se legalizar o seu uso e comércio, de forma a manter sua eficiência agrônômica e redução dos efeitos deletérios ao meio ambiente e a saúde, principalmente porque acabam alcançando as vegetações adjacentes aos locais de aplicação, os animais que vivem no solo e as águas (EL-KABBANY; RASHED; ZAYED, 2000; FERREIRA et al., 2006).

Várias pesquisas têm relatado a presença de agrotóxicos nas águas, tanto superficiais como profundas, no solo, no ar, e em alimentos, colocando grandes segmentos da população humana expostos a estes agentes através do ambiente em geral, ou devido à manipulação destas substâncias no ambiente de trabalho e/ou ao consumo de alimentos potencialmente contaminados (APREA et al., 2002; CLAVER et al., 2006a; KONSTANTINOOU; HELA; ALBANIS, 2006; PALMA et al., 2004; MALOSCHIK et al., 2006; QUINTANA; MARTÍ; VENTURA, 2001; VEIGA, et al., 2006; YOUNES; GALAL-GORCHEV, 2009).

Depois da exposição ocupacional, as principais fontes de exposição humana aos agrotóxicos são as fontes ambientais, já que uma vez utilizados estes produtos têm a capacidade de acumular-se no ar, água ou solo. Onde, eles podem causar danos em espécies não-alvo como os seres humanos e ainda diminuir a biodiversidade, contaminando águas subterrâneas, lagos, rios e outros corpos de água, poluir suprimentos de água potável e outras fontes que podem ser vitais para o bem estar humano (FERREIRA et al., 2006; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2009).

Segundo Claver et al. (2006b), o uso de agrotóxicos representa riscos para a qualidade da água, principalmente em áreas próximas a regiões agrícolas. Portanto, vários estudos têm comprovado que a dispersão dos agrotóxicos, principalmente no solo, tem contaminado as águas superficiais e subterrâneas (DORES; DELAMONICA-FREIRE, 2001; FERREIRA et al., 2006; RAMALHO; AMARAL SOBRINHO; VELLOSO, 2000; VEIGA et al., 2006).

Nesse contexto, o uso de agrotóxicos e seus possíveis efeitos à saúde humana e ambiental se tornaram uma grande preocupação à comunidade científica,



principalmente quando o recurso hídrico potencialmente contaminado é utilizado para consumo humano (VEIGA et al., 2006).

### **2.7.1 Validação da metodologia analítica para determinação de agrotóxicos**

Para a investigação da contaminação dos recursos hídricos superficiais por agrotóxicos é de grande importância a escolha do método de extração a ser utilizado. A extração é geralmente feita utilizando-se solventes orgânicos, sendo que sua eficiência depende de outros fatores, como pH, massa ou volume da amostra.

Atualmente, as culturas agrícolas empregam uma grande variedade de agrotóxicos com polaridades muito diferentes e, esse fator pode inviabilizar um único método de extração capaz de extrair todos os agrotóxicos da amostra. Sendo assim, há diversos métodos de extração que podem ser empregados, tais como, a extração líquido-líquido (LEE), microextração em fase sólida (SPME), extração em fase sólida (SPE), entre outros (SOUZA, 2000).

Outro fator importante a ser observado é a validação do método analítico. A Validação de um método analítico é um processo contínuo que começa no planejamento da estratégia analítica e continua ao longo de todo o seu desenvolvimento e transferência, visando o fornecimento de evidência objetiva de que os requisitos específicos para um determinado uso são atendidos, demonstrando assim, que o método é "adequado ao uso" pretendido. Aonde não houver um modelo pronto para sistemas de validação, é preciso fazer ajustes e adequações para melhores adaptações (RIBANI; COLLINS; BOTTOLI, 2007).

No Brasil, há três agências credenciadas para verificar a competência de laboratórios de ensaios: a ANVISA, o INMETRO e o MAPA. Esses órgãos disponibilizam guias para o procedimento de validação de métodos analíticos, tais como a Resolução ANVISA RE nº 899, de 29/05/2003, o documento INMETRO DOQ-CGCRE-008, de março de 2003; e, a Instrução Normativa nº 46, de 10 de junho de 2003 (BRASIL, 2003b, 2003c, 2007).

As características de desempenho do método investigadas no processo de validação são: especificidade, linearidade; faixa linear de trabalho, sensibilidade; exatidão, limites de detecção e limite de quantificação. Dependendo do experimento, devem-se avaliar quais desses critérios são os de maior relevância para se obter o

melhor processo de validação, pois nem sempre é necessário levar em consideração todos os critérios (RIBANI; COLLINS; BOTTOLI, 2007).

#### - Especificidade

A especificidade de um método está relacionada ao evento de detecção. Nas técnicas cromatográficas que utilizam espectrômetro de massas como detector, a especificidade do método é determinada pelo espectrômetro de massas, e pode ser obtida por meio do Selected Ion Monitoring (Monitoramento Seletivo de Íons) – SIM, característicos do analito de interesse (LANÇAS, 2004; OLIVARES, 2006; BRASIL, 2003b, 2003c, 2007).

#### - Linearidade

Linearidade é a habilidade de um método analítico em produzir respostas que sejam diretamente proporcionais à concentração do analito em amostras, em uma dada faixa de concentração. A quantificação requer que se conheça a dependência entre a resposta medida e a concentração do analito. A linearidade é obtida por padronização interna ou externa e formulada como expressão matemática usada para o cálculo da concentração do analito a ser determinado na amostra real. A linearidade de um método pode ser observada pelo gráfico dos resultados dos ensaios em função da concentração do analito.

O coeficiente de correlação linear ( $r$ ) é usado para indicar o quanto pode ser considerada adequada à reta como modelo matemático (BRASIL, 2003b, 2003c, 2007; LANÇAS, 2004; OLIVARES, 2006).

#### - Faixa linear de trabalho

A faixa linear de trabalho de um método é o intervalo entre os níveis inferior e superior de concentração do analito no qual foi demonstrado ser possível a determinação com a precisão, exatidão e linearidade exigidas, sob as condições específicas do ensaio. A faixa linear é definida como a faixa de concentrações na qual a sensibilidade pode ser considerada constante, e é expressa nas mesmas unidades do resultado obtido pelo método analítico (BRASIL, 2003b, 2003c, 2007; LANÇAS, 2004; OLIVARES, 2006).

#### - Sensibilidade

A sensibilidade é um parâmetro que demonstra a variação da resposta em função da concentração do analito. Pode ser expressa pela inclinação da reta de regressão de calibração, e é determinada simultaneamente aos testes de linearidade.

A sensibilidade depende da natureza do analito e da técnica de detecção utilizada (BRASIL, 2003b, 2003c, 2007; LANÇAS, 2004; OLIVARES, 2006).

#### - Exatidão

Exatidão é a proximidade dos resultados obtidos pelo método em estudo em relação ao valor de referência aceito convencionalmente como verdadeiro, sendo expresso em termos de componentes de erros aleatórios e sistemáticos (tendência). A exatidão é sempre considerada dentro de certos limites, a um dado nível de confiança, ou seja, aparece sempre associada a valores de precisão. Assim, esse critério pode ser analisado em termos de recuperação e precisão (BRASIL, 2003b, 2003c, 2007; LANÇAS, 2004; OLIVARES, 2006).

##### a) Recuperação

É a relação percentual entre a concentração da substância determinada mediante aplicação do procedimento analítico e a concentração aceita como verdadeira.

##### b) Precisão

A precisão é a avaliação da dispersão dos resultados de ensaios independentes, obtidos em uma série de medidas repetidas de uma mesma amostra, amostras semelhantes ou padrões, em condições definidas. A precisão pode ser expressa em termos de repetitividade.

Repetitividade é o grau de concordância entre os resultados de medições, sob as chamadas condições de repetitividade: mesmo procedimento de medição; mesmo observador; mesmo instrumento sob as mesmas condições; mesmo local; e repetições dentro de um curto período de tempo (BRASIL, 2003b, 2003c, 2007; LANÇAS, 2004; OLIVARES, 2006).

- Limite de detecção e limite de quantificação

Quando são realizadas medidas em amostras com baixos níveis do analito, como por exemplo, a análise de resíduos, é importante saber qual o menor valor de concentração do analito que pode ser detectada pelo método. O limite de detecção do método (LD) é definido como a concentração mínima de uma substância medida e declarada com 95% de confiança de que a concentração do analito é maior que zero. O LD é determinado através de análise completa de uma dada matriz contendo o analito.

O Limite de Quantificação é a menor concentração do analito que pode ser medida e quantificada com um nível aceitável de precisão e exatidão por um método analítico (BRASIL, 2003b, 2003c, 2007; LANÇAS, 2004; OLIVARES, 2006).

### **2.7.2 Principais características dos agrotóxicos avaliados nesta pesquisa**

Nesta investigação, os agrotóxicos pesquisados foram o endossulfam e o metalaxil-M.

Quanto ao endossulfam, este agrotóxico foi desenvolvido e introduzido pelo laboratório da Hoechst AG em 1952 e, desde então, vem sendo utilizado em larga escala. Apesar de seu grande espectro de ação, é bem tolerado por uma série de insetos benéficos e têm se mostrado efetivo para uma grande variedade de pragas, no caso Hemíptera, Lepidóptera, Homóptera, Coleóptera, Isóptera, Thysanóptera e Orthóptera, que são as de maior importância agrícola, além de ácaros (NAQVI; VAISHNAVI, 1993).

Segundo monografia publicada pela ANVISA, o endossulfam está registrado sobre nº CAS 115-29-7, código E02, apresentando índice de ingestão diária – IDA (mg/kg p.c) 0.006, sinonímia Bio 5462, os limites máximos permitidos (LMRs) se referem à soma de alfa e beta endossulfam e sulfato de endossulfam com finalidade de uso agrícola e não agrícola, como por exemplo, usado como preservantes de madeira. É um acaricida, formicida e inseticida do grupo dos organoclorados e subgrupo dos clorociclodienos, juntamente com o aldrin, dieldrin, endrin, heptacloro e clordano (BRASIL, 2009a, 2009b).

No Brasil, o agrotóxico endossulfam é autorizado para aplicação foliar nas culturas de algodão, cacau, café, cana de açúcar e soja, com autorização para aplicação no solo na cultura de cada de açúcar (BRASIL, 2009a).

Quanto às propriedades físico-química, o endossulfam é um sólido cristalino de cor marrom, com leve odor de dióxido de enxofre (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2000). O endossulfam técnico é uma mistura de dois estéreoisômeros biologicamente ativos ( $\alpha$  e  $\beta$ ) que deve conter pelo menos 94 % de endossulfam, segundo especificações da FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations), sendo aproximadamente 70% de  $\alpha$ -endossulfam e 30 % de  $\beta$ -endossulfam. O  $\alpha$ -endossulfam é assimétrico enquanto que o  $\beta$ -endossulfam é simétrico e pode ser facilmente convertido ao  $\alpha$ -endossulfam, mas a recíproca não se aplica (GERMAN FEDERAL ENVIRONMENT AGENCY, 2007).

O endossulfam técnico é estável à ação da luz solar, pouco estável à ação dos ácidos, bastante instável à ação dos álcalis, praticamente insolúvel em água e consideravelmente lipofílico, sendo solúvel na maioria dos solventes orgânicos (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2000; INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2000).

Considerado a base para o desenvolvimento da síntese química de organoclorados largamente introduzidos na década de 40 do século XX e por seu potente efeito inseticida e baixa solubilidade em água e alta persistência, o Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT), foi sintetizado por Zeidler em 1874. Devido a sua ação inseticida sobre os vetores no combate à malária e prevenção de epidemias de tifo, o DDT, foi amplamente utilizado na agricultura e na saúde pública (OGA, 2003; FLORES et al., 2004).

No entanto, o poder residual, antes considerado uma qualidade do produto, passou a ser um problema por gerar grave impacto ecológico, fazendo o produto permanecer no ambiente por longos períodos de tempo, produzindo metabólitos tóxicos decorrentes de degradação no ambiente por vezes mais tóxico que o próprio ingrediente ativo.

O acaricida, formicida e inseticida endossulfam apresenta expressiva toxicidade ao ambiente aquático. Está sendo bastante utilizado no Manejo Integrado de Pragas (MIP) em soja, bem como em culturas de algodão, cacau e café e recentemente seu registro foi liberado para a cana-de-açúcar (ANDREI, 1999).

Dentre os agrotóxicos usados na agricultura e saúde pública, o grupo dos organoclorados tem sofrido várias restrições. O uso de muitos deles foi proibido devido

a sua alta persistência no ambiente e efeitos deletérios em espécies não-alvo (NAQVI; VAISHNAVI, 1993).

Com registro autorizado para culturas com amplas abrangências geográficas, até o presente momento esse agrotóxico continua gerando polêmica em torno de sua utilização, dividindo opiniões em duas vertentes: expressiva toxicidade para organismos aquáticos e a alta eficiência no controle de pragas, bem como a seletividade a insetos benéficos, sendo muito utilizado no manejo integrado de pragas (MIP).

Grande parte dos organoclorados destinados ao uso na agricultura teve a comercialização, uso e distribuição proibidos para uso agrícola no Brasil pela Portaria nº 329, de 02 de setembro de 1985, pela necessidade de proteger a saúde humana, animal e o meio ambiente (OGA, 2003; FLORES et al., 2004; BRASIL, 2009a). Entretanto, algumas substâncias como o endossulfam e o dicofol, foram liberadas em caráter emergencial para comercialização, distribuição e uso em algumas culturas (Portaria nº. 95, de 21 de novembro de 1985).

O controle da produção, da comercialização e do emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente, é uma incumbência do Poder Público, atribuída pelo artigo 225 da Constituição Federal, regulamentado no caso específico dos agrotóxicos, pela Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Assim sendo, a Anvisa é o órgão responsável no âmbito do Ministério da Saúde por avaliar a toxicidade dos agrotóxicos e seus impactos à saúde humana, emitindo um parecer toxicológico favorável ou desfavorável à concessão do registro pelo Ministério da Agricultura.

Quanto aos estudos exigidos para efetuar a avaliação toxicológica dos agrotóxicos, seguem parâmetros e metodologias adotadas internacionalmente, em particular pela ONU/OMS – Organização Mundial de Saúde, OECD – Organization for Economic Co-operation and Development, USA/EPA – Environmental Protection Agency e ONU/FAO – Food and Agriculture Organization. A avaliação toxicológica leva também em conta as condições brasileiras de uso e consumo de culturas tratadas com agrotóxicos e o impacto desses produtos na saúde humana de trabalhadores e consumidores (BRASIL, 2009b).

Uma vez concedido o registro de determinado agrotóxico, este possui *validade ad eternum*, sem previsão de qualquer prazo para renovação ou revalidação do mesmo. Entretanto, como o conhecimento técnico científico sobre os ingredientes ativos e, especialmente, sobre o surgimento de perigos e riscos associados ao uso, tende a ser

desenvolvida, a partir da colocação dos agrotóxicos no mercado, a Lei nº 7.802, de 1989 e o Decreto nº 4.074, de 2002 que prevêem a reavaliação toxicológica (BRASIL, 2009a).

Dessa forma, para atender o cumprimento das etapas da reavaliação toxicológica prevista na RDC nº. 10/2008 e detalhada na RDC nº 48/2008, a ANVISA disponibilizou em seu site a consulta pública nº. 61 para que sejam apresentadas críticas e sugestões relativas à proposta de Regulamento Técnico para o endossulfam (BRASIL, 2009a).

Como resultado da reavaliação toxicológica, foi publicada a Resolução RDC nº 28, de 9 de agosto de 2010, que dentre outras, determina a retirada programada do agrotóxico endossulfam no prazo de 3 anos (BRASIL, 2010a).

A redução proporcional do volume do produto endossulfam (concentração de 350 gramas por litro) disponibilizado perante o mercado nacional, considerando o volume de 21.000.000 (vinte e um milhões) de litros, ocorrerá de acordo com o seguinte cronograma e volumes (BRASIL, 2010a):

- No período de 31 de julho de 2010 a 31 de julho de 2011 - a produção, a formulação, a importação do produto técnico e do produto formulado não poderá ultrapassar os 14 milhões de litros de produto formulado no total, comercializados por todas as empresas registrantes do produto no Brasil;
- No período de 31 de julho de 2011 a 31 de julho de 2012 - a produção do produto técnico e do produto formulado não poderá ultrapassar os 8 milhões de litros de produto formulado no total, comercializados por todas as empresas registrantes do produto no Brasil;
- 31 de julho de 2011 - cancelamento das importações de produtos técnicos e formulados à base de endossulfam mantendo apenas a produção local;
- 31 de julho de 2012 - cancelamento da produção de todos os produtos técnicos e formulação de todos os produtos formulados à base de endossulfam, em todo o território nacional;
- 31 de julho de 2013 - cancelamento da comercialização de todos os produtos formulados à base de endossulfam e de todos os informes de avaliação toxicológica de produtos técnicos e formulados com o ingrediente ativo endossulfam;

- 31 de julho de 2014 - cancelamento da monografia do ingrediente ativo endossulfam, mantida até esta data exclusivamente para fins de monitoramento dos resíduos;
- Exclusão na monografia do ingrediente ativo endossulfam, para todas as culturas, do modo de aplicação aérea e do modo de aplicação manual/costal;
- Exclusão na monografia do ingrediente ativo endossulfam como uso para o controle de formigas;
- Exclusão na monografia do ingrediente ativo endossulfam como uso preservativo de madeira.

Atualmente, a Portaria do MS nº 518/2004 estabelece como valor máximo permitido de endossulfam na água para consumo humano o valor de 20 µg L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2004b).

O outro agrotóxico investigado nesta pesquisa foi o metalaxil-M [metil D, LN-(dimetilfenil-N-(2-metoxiacetil) alaninato)], registrado sob nº. CAS70630-17-0, código M31, apresentando índice de ingestão diária – IDA (mg/kg p.c) 0.08, sinonímia (CGA 329 351; CGA 76539; R-Metalaxyl; Mefenoxam), para uso agrícola, segundo monografia publicada pela ANVISA (BRASIL, 2008b).

O Metalaxil-M pertence à classe fungicida sistêmico do grupo dos alaninatos (acilaninas), é uma mistura racêmica de enantiômeros R- e S-, com classificação toxicológica II (altamente tóxico), dependendo de sua formulação e comercialização sob vários nomes, incluindo Ridomil<sup>®</sup>, Apron<sup>®</sup>, Fonganil Neu<sup>®</sup> (BRASIL, 2008b).

No Brasil, o uso agrícola do Metalaxil-M é autorizado para aplicação foliar nas culturas da batata, cebola, fumo, melancia, melão, milho, pepino, repolho, rosa, tomate, uva e aplicação em sementes de algodão, milho, soja e sorgo (BRASIL, 2008b).

O fungicida metalaxil-M, quando aplicado continuamente em lavouras para controle de pragas e de doenças, pode causar acúmulo desses compostos no ambiente, ocasionando possíveis impactos ambientais, afetando populações microbianas, podendo favorecer determinados grupos em detrimento de outros. Quando aplicados nas doses recomendadas, geralmente, apresentam baixa toxicidade para comunidade microbiana nativa dos solos (HILL, 1978; MONKIEDJE; ILORI; SPITELLER, 2002).

O transporte de agrotóxicos no ambiente pode ocorrer por meio da sua movimentação vertical no solo, processo conhecido por lixiviação, da volatilização da molécula ou do escoamento superficial. A lixiviação é a principal forma de transporte no



solo das moléculas não-voláteis e solúveis em água. Essas moléculas caminham no perfil, acompanhando o fluxo d'água, o qual é governado pela diferença de potencial da água entre dois pontos. Quando uma molécula orgânica é lixiviada, pode atingir zonas superficiais do perfil e, em alguns casos, pode até mesmo alcançar o lençol freático (LAVORENTI; PRATA; REGINATO, 2003).

A disponibilidade e, conseqüentemente, o transporte de agrotóxicos no solo são governados pelos processos de sorção, transformação e absorção radicular das moléculas, aliados às condições ambientais, como: pluviosidade, temperatura, entre outras. Moléculas altamente sorvidas aos colóides do solo, assim como moléculas que são mineralizadas rapidamente, tendem a apresentar um baixo potencial de lixiviação. De forma geral, os principais fatores determinantes da lixiviação de agrotóxicos no solo são a solubilidade da molécula em água, a textura e a estrutura do solo e o índice pluviométrico da região em questão (LAVORENTI; PRATA; REGINATO, 2003).

Em relação à toxicidade do metalaxil-M em organismos não-alvo de forma geral, principalmente em seres humanos, ainda não se conhece bem seus possíveis efeitos.

A Portaria do MS nº. 518/2004 não estabelece o valor máximo permitido de metalaxil-M na água para consumo humano (BRASIL, 2004b).

Do mesmo modo como ocorre com grande parte dos municípios brasileiros (IBGE, 2010), em Fortaleza de Minas, cidade situada na região Sudoeste do Estado de Minas Gerais, há um sistema precário de saneamento do ambiente, especificamente em termos do tratamento de esgotos e de água de abastecimento público, que possui uma cobertura de 100% de domicílios urbanos abastecidos por rede de água, coleta e destinação final dos resíduos domiciliares; em relação aos esgotos domésticos, não existe nenhum tipo de tratamento (FORTALEZA DE MINAS, 2005).

Por outro lado, enquanto a população urbana desse município recebe água tratada captada de um manancial superficial, a população rural utiliza água não tratada, captada diretamente de cursos d'água que passam por grandes áreas de produção agrícola e pecuária, que recebem processos de tratamento agrícola com agrotóxicos (FORTALEZA DE MINAS, 2005).

A realidade vivenciada por essa comunidade, selecionada para este estudo, leva a um questionamento sobre o nível do impacto das condições ambientais na saúde da população envolvida, sob a hipótese de que há uma relação direta entre a qualidade da água consumida e a inadequação do esgotamento sanitário.

Esta investigação tem como base dois pressupostos teóricos fundamentais da estratégia da promoção da saúde. O primeiro refere-se à relação direta existente entre condições ambientais e situação de saúde da comunidade. O segundo pressuposto está intrinsecamente envolvido especialmente com um dos oito objetivos de Desenvolvimento do Milênio, proposto pela ONU em setembro de 2000, para os países membros das Nações Unidas, o Objetivo de nº. 7, que trata de garantir a sustentabilidade ambiental e, conseqüentemente, a saúde humana e a melhoria da condição de vida dos povos, por meio da oferta de água potável para a população mundial (BRISCOE, 1984; HELLER, 1997; OPAS, 2001; SOARES; BERNARDES; CORDEIRO NETTO, 2002; UNITED NATIONS DEVELOPMENT POPULATION, 2000).

Enquanto a população urbana desse município em que foi realizada esta investigação recebe água tratada, captada de um manancial superficial, a maior parte de sua população rural utiliza água não tratada, captada diretamente de cursos d'água que, frequentemente, passam por grandes áreas de produção agrícola e pecuária, que, por sua vez, recebem processos de tratamento agrícola com agrotóxicos (FORTALEZA DE MINAS, 2005).

Assim, considera-se que os resultados a serem obtidos com a análise e avaliação da situação do abastecimento de água, da população rural deste estudo, possam contribuir para a busca de soluções de problemas que podem levar agravos à saúde e à qualidade de vida de populações em situações semelhantes, além de oferecer subsídios à administração pública municipal para implementação de ações voltadas para o saneamento e infra-estrutura rural, fortalecendo os programas voltados à saúde da comunidade.

Dessa forma, é de fundamental importância que continuem sendo realizadas pesquisas voltadas para populações rurais, apesar de hoje representarem 18,8% da população brasileira, uma vez que vem recebendo muito pouca atenção, tanto por parte das políticas públicas, quanto de pesquisas acadêmicas, mesmo com o conhecimento de que danos à saúde pública tornam-se mais acentuados para populações vulneráveis, como as de zona rural.

## 3 Objetivos

**3.1 Geral**

Verificar a condição da qualidade da água utilizada para consumo humano de uma comunidade de zona rural de Fortaleza de Minas – MG.

**3.2 Específicos**

- Identificar a origem, captação, tratamento, armazenamento e distribuição da água utilizada para consumo humano;
- Analisar os parâmetros microbiológicos, físicos e químicos da água utilizada pela população do estudo;
- Levantar a percepção da população em relação à qualidade da água consumida.

## 4 Metodologia

#### 4.1 Método da investigação

A metodologia utilizada nesta pesquisa foi elaborada de acordo com a natureza e objetivos delineados no estudo, assim como a abordagem e procedimentos técnicos adotados (SILVA; MENEZES, 2001; GIL, 2010; SANTOS, 2010).

Quanto a sua natureza e finalidade, trata-se de uma pesquisa aplicada a uma comunidade de zona rural que utiliza água não tratada para consumo humano. De acordo com Gil (2010), estudos desse tipo têm por objetivo gerar conhecimento visando à resolução de problemas específicos identificados no âmbito dos interesses locais.

Quanto aos objetivos, trata-se de um estudo descritivo e exploratório. Estudos desse tipo visam descrever as características de uma determinada população ou fenômeno com suas variáveis, permitindo também explorar uma realidade não conhecida. Envolvem o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados, como questionários e observação sistematizada, assumindo, em geral, a forma de levantamento, com interrogação direta das pessoas, cujo comportamento e características se deseja conhecer (GIL, 2010; SANTOS, 2010).

Este estudo é também classificado como exploratório, pois visa proporcionar maior conhecimento existente sobre a qualidade da água utilizada por uma população de zona rural, contribuindo para a redução dos riscos ambientais, assim como para a saúde da população exposta. Para Gil (2010), pesquisas exploratórias têm como finalidade proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses, por meio de levantamento bibliográfico e entrevistas com pessoas que tiveram experiência prática com o assunto.

Em relação à forma de abordagem ou dos métodos empregados, trata-se de uma pesquisa que utilizou a abordagem quantitativa, que permitiu expressar os resultados sob a forma de números, opiniões e informações por meio de recursos e técnicas estatísticas (SILVA; MENEZES, 2001; GIL, 2010; SANTOS, 2010).

Quanto aos procedimentos técnicos adotados, de acordo com Silva; Menezes (2001), trata-se de um levantamento, pois as pesquisas deste tipo caracterizam-se pela interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer, podendo ser, também, classificada como uma pesquisa de campo

(LAKATOS; MARCONI, 1994). Além desses conceitos metodológicos, este estudo teve uma parte analítica, em que se trabalhou com análise de matrizes ambientais, com base em parâmetros microbiológicos, físicos e químicos da água utilizada pela população em estudo. Também, contou com entrevistas com a população selecionada.

#### 4.2 Cenário do estudo

Esta pesquisa foi desenvolvida no município de Fortaleza de Minas - MG, localizado na região Sul do estado, numa área de 218.858 quilômetros quadrados, a uma altitude de 855 m, com uma população urbana aproximada de 2.700 habitantes e rural de aproximadamente 1.100, com densidade populacional de 17 hab/km<sup>2</sup>, com Índice de Desenvolvimento Humano - IDH de 0,765, classificado como médio pelo PNUD (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2000a).

O município está incluído entre os mais novos municípios mineiros, com menos de 25 anos de emancipação, fazendo parte da Microrregião Econômica Mogiana Mineira, do Sul de Minas, classificado com o Produto Interno Brasileiro – PIB de R\$112.138,00 mil e PIB per capita de R\$30.040,00. Figura-se entre um dos maiores produtores de milho da região, tendo também na indústria extrativista do níquel outra atividade econômica promissora (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2005).

Em relação aos recursos hídricos da área, o município faz parte da área de abrangência da Bacia Hidrográfica do Médio Rio Grande – CBH-AMERG, pertencendo a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 7 – UGRHI 7, localizada na região Sul-Sudoeste do estado de Minas Gerais.

A Bacia Hidrográfica do Médio Rio Grande está situada na região do reservatório de Peixoto e ribeirão Sapucaí e na mesorregião Sul-Sudoeste, apresentando uma área de drenagem de 9.856 km<sup>2</sup>. Compõem 18 sedes municipais, somando uma população total aproximada de 291.900 habitantes. O clima na bacia é considerado semi-úmido, apresentando de quatro a cinco meses por ano de seca; sua disponibilidade hídrica é superior a 20 L/s/Km<sup>2</sup>. O Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi classificado como médio no rio São João, e ruim, no ribeirão da Bocaina, em 2005, por influência das variáveis coliformes termotolerantes, fósforo

total, turbidez, oxigênio dissolvido-OD e pela Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO (MINAS GERAIS, 2009).

Quanto às características do meio físico, a área apresenta-se envolvida pelas unidades geomorfológicas por planalto dissecado do Sul de Minas, Serra da Canastra, depressão do Rio Grande e Planato da Bacia do Paraná (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS, 1983). A geologia está representada por rochas da Bacia do Paraná, principalmente arenitos das formações Botucatu e Aquidauana, basaltos da formação Serra Geral e por rochas metamórficas (xistos, gnaisses e quartzitos) dos grupos Canastra e Araxá. Localmente ocorrem calcários e rochas metabásicas (COLLARES, 2008; MINAS GERAIS, 1994).

Esta pesquisa foi realizada no bairro Chapadão, considerado zona rural do Município de Fortaleza de Minas, localizado na região Sul de Minas Gerais, conforme Figura 1, a seguir. O bairro é caracterizado por pequenas propriedades rurais, apresentando um relevo acidentado, com predomínio de atividades agrícolas, com o cultivo de tomates, milho e café, e também, pastagem de gado leiteiro e de corte.



Figura 1 – Bairro Chapadão do município de Fortaleza de Minas - MG, 2007

### 4.3 Sujeitos da pesquisa

A área selecionada para este estudo possui uma população residente, estimada em 85 pessoas, que residem em 19 casas. Foram selecionadas todas as casas para as entrevistas, sendo entrevistado um adulto por moradia, o que representa 100% do total das moradias.

Como critério de inclusão, foi entrevistado apenas um adulto presente na moradia na hora da visita e que tenha aceitado participar da pesquisa. Na existência de mais de um adulto presente na moradia, na hora da visita, a escolha do entrevistado ficou a critério dos moradores.



No caso de não haver na residência uma pessoa adulta, foi agendada nova visita em horário e data combinada entre o pesquisador e o morador presente.

Das 19 casas selecionadas para o estudo, 4 foram excluídas por diferentes motivos: em 2 delas, a residência estava fechada, mesmo retornando-se ao local mais de uma vez; em 2 casos, os moradores haviam se mudado do bairro Chapadão. Portanto, houve uma perda de 21% do total das casas selecionadas para o estudo, resultando em uma amostra com um n=15 casas.

Além desses 15 sujeitos incluídos, considerados como informantes primários, contou-se, também, com informantes secundários constituídos por 1 técnico da Emater e por 1 Administrador da Fazenda, da área onde foi realizado este estudo.

#### **4.4 Procedimento metodológico**

##### **4.4.1 Coleta de dados e elaboração de instrumentos**

A coleta de dados constituiu-se em uma fase da pesquisa em que se buscou a obtenção de dados sobre a realidade pesquisada. Nesta pesquisa, esta fase constituiu-se de várias etapas, incluindo-se a de elaboração de instrumentos para coleta dos dados em campo.

Na primeira etapa foi realizado o planejamento metodológico após várias visitas ao local escolhido para estudo, com a finalidade de avaliar a condição da área, em busca do delineamento metodológico e da elaboração dos instrumentos necessários para a coleta de dados, iniciando-se pela obtenção de autorização da Prefeitura Municipal de Fortaleza de Minas - MG para a realização da pesquisa.

Com a colaboração dos informantes secundários, foi realizada a observação em campo, com registro dos dados observados pelo pesquisador em caderno onde eram anotados dados sobre a origem, captação, tratamento, armazenamento e distribuição da água utilizada pela população em estudo.

Uma vez reconhecida à área de estudo, partiu-se para a construção do instrumento para coleta de dados, de acordo com a avaliação prévia feita sobre o local de estudo.

Na segunda etapa foi realizado o plano de amostragem dos dados quantitativos e qualitativos desta investigação, abrangendo coleta e análise de água e

de sedimentos do córrego Chapadão, que abastece o local do estudo, nos meses de setembro e novembro de 2006; janeiro, março e julho de 2007; e, janeiro de 2008, correspondendo, respectivamente aos períodos de seca, chuva e períodos intermediários, considerando-se a variável ligada à sazonalidade e condições climáticas.

A investigação laboratorial foi realizada por meio da análise de amostras de água e de sedimentos, visando-se conhecer suas condições microbiológicas, físicas e químicas. As análises de metais foram realizadas na Central de Análises Químicas do Instituto de Química do Campus da USP de São Carlos – IQSC/USP; as análises dos agrotóxicos foram realizadas no Laboratório de Química Analítica Aplicada a Medicamentos e Ecossistemas Aquáticos e Terrestres do Instituto de Química do Campus da USP de São Carlos – IQSC/USP; e, as análises físicas e microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Recursos Hídricos do Campus da Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP.

Os quatro pontos de coleta foram definidos desde a nascente do córrego Chapadão até a residência dos sujeitos selecionados para a pesquisa, sendo escolhido como ponto 1, um local na nascente do Córrego; como ponto 2, um local após a área utilizada para cultivo de tomate e milho; como ponto 3, um local no reservatório de água (caixa de alvenaria); e, como ponto 4, um local na residência de um dos sujeitos da pesquisa (torneira).

A seleção dos pontos incluídos nesta pesquisa levou em consideração a probabilidade de locais com contaminação da água, a partir das informações coletadas em visitas. Assim, em relação aos pontos selecionados para amostragem, procurou-se abranger os locais onde havia cultura de tomate, milho e a presença de animais (Figura 2).



Figura 2 - Distribuição geográfica dos pontos de amostragem do Córrego Chapadão – MG  
Y: Localização dos pontos de amostragem

Na Figura 3, a seguir, pode-se visualizar as condições locais dos diferentes pontos de amostragem selecionados para esta investigação.



Figura 3 - Pontos de coleta de amostras de água e sedimentos desta investigação, 2006 e 2007

A terceira etapa abrange coleta de dados com os sujeitos da investigação, tendo sido realizada por meio de entrevistas com os 15 sujeitos selecionados, para esta investigação, utilizando-se um roteiro elaborado com perguntas semi-estruturadas. Esse instrumento foi previamente testado com 4 juízes, constituídos

por moradores do local, formulado com base nos objetivos específicos do estudo, contemplando-se questões relativas à origem, armazenamento, qualidade e tratamento caseiro da água, bem como sobre a compreensão da relação entre água e saúde pelos sujeitos da investigação (Apêndice A). Esses sujeitos foram, posteriormente, incluídos no estudo porque não houve alteração do roteiro.

#### **4.4.2 Coleta e análise de amostras de água e sedimentos**

Foram coletadas, em duplicata e separadamente amostras de água dos 4 pontos, e de sedimentos de 2 pontos (Pontos 1 e 2), selecionados no local do estudo em cada um dos seis períodos de coleta dos dados analíticos, durante 7 dias consecutivos. Assim, foram coletadas, no total 508 amostras, sendo 340 de água e 168 de sedimento para as análises em duplicata (microbiológica, física e de metais) e, em triplicata (agrotóxicos), totalizando a realização de 1064 análises laboratoriais.

Nos períodos determinados para a coleta de dados, foi planejado um esquema que contava com o apoio da equipe da Prefeitura Municipal de Fortaleza de Minas para a realização do transporte do pesquisador para a coleta de amostras de água. Para as análises microbiológicas e físicas foram utilizados frascos de vidro estéril com tampa azul e boca larga, de forma a facilitar a coleta da amostra. Após a coleta, as amostras foram armazenadas em caixa térmica, com gelo mantidas a temperatura de  $\pm 4$  °C, para sua preservação. Todas as amostras foram analisadas num período inferior a 24 horas, sendo que, as análises de pH foram feitas num intervalo máximo de 6 horas.

As amostras de água destinadas às análises dos agrotóxicos Endossulfam e Metalaxil foram coletadas em frasco de vidro (Borossilicato), de cor âmbar, com tampa de borracha coberta com folha de alumínio, limpos e estéreis, com capacidade de 1L, segundo norma técnica de coleta e preservação de amostras de água da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB), 1987). Após essa coleta das amostras, os frascos foram mantidos refrigerados a  $\pm 4$ °C e realizadas as análises no prazo máximo de sete dias.

As coletas de amostras de água para análise de metais totais (As, Cd, Pb, Cu, Cr, e Fe) foram realizadas em frascos de polietileno, previamente lavados com ácido nítrico a 30% (Suprapur® Merck - Germany), com capacidade de 500 mL. Todos os frascos foram abertos dentro d'água e lavados com água do local, para minimizar possíveis interferências. Em seguida foram preenchidos com amostra de

água. As amostras foram mantidas em caixas térmicas, com gelo, até o final da amostragem.

Após a coleta, as amostras foram filtradas e acidificadas com ácido nítrico até  $\text{pH} < 2$ , e mantidas refrigeradas para análises posteriores. Essas análises foram realizadas dentro do prazo estabelecido no manual da Cetesb para coleta e preservação de amostras de água (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 1987).

Os sedimentos foram coletados nos pontos 1 e 2, no fundo do córrego Chapadão, nos primeiros 10 cm da coluna sedimentar (Figura 3). Essa profundidade foi definida levando-se em consideração o histórico de uso e ocupação da área investigada.

Todas as amostras coletadas para a análise de metais totais foram armazenados em frascos de polietileno de boca larga limpos e estéreis, preservados a  $-20^{\circ}\text{C}$  e analisados obedecendo-se o prazo para análise, seguindo as mesmas normas (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 1987).

#### **4.4.2.1 Metodologia analítica para determinação dos parâmetros microbiológicos da água**

A determinação dos parâmetros microbiológicos, *Escherichia coli* e Coliformes Totais, das amostras de água foram feitas de acordo com os procedimentos do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), 1998). Pela Técnica dos tubos múltiplos

Esta técnica se baseia no princípio de que as bactérias presentes em uma amostra podem ser separadas uma das outras por agitação, resultando uma suspensão de células bacterianas individuais, uniformemente distribuídas na amostra original. Consiste na inoculação de volumes decrescentes da amostra, em meio de cultura adequado ao crescimento dos microrganismos investigados, sendo cada volume inoculado em uma série de tubos (COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009)

Desta forma, o teste se processou em duas etapas (ensaios presuntivo e confirmativo), de realização obrigatória para todas as amostras de água coletada.

➤ Teste Presuntivo

Consiste na semeadura de volumes determinados de amostra em série de tubos de Caldo Lactosado (Lactose Broth) ou caldo Lauril Triptose, ambos contendo púrpura de bromocresol, que são incubadas na estufa à temperatura de  $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$ , durante 24-48 horas, ocorrendo um enriquecimento de organismos fermentadores de lactose.

A acidificação com ou sem produção de gás, decorrente da fermentação da lactose, é prova presuntiva positiva para a presença de bactérias do grupo coliforme, conforme procedimento a seguir.

- a) tomou-se uma bateria contendo 15 tubos de ensaio distribuídos de 5 em 5;
- b) nos primeiros 5 tubos, com caldo lactosado de concentração dupla, inoculados 10 mL da amostra de água a ser examinada, com pipeta esterilizada (Diluição 1:1);
- c) nos 10 tubos restantes, com caldo lactosado de concentração simples, inoculou-se nos 5 primeiros, 1 mL da amostra (diluição 1:10) e nos 5 últimos tubos, inoculou-se 0,1 mL da amostra, em cada tubo (diluição 1:100) e homogenizou;
- d) incubou-se a  $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$  durante 24/48 horas;

Se houver a formação de gás dentro do tubo de Durham, após 24/48 horas, significa que o teste presuntivo foi positivo. Nesse caso, é realizado o teste confirmativo.

➤ Teste confirmativo

Consiste na transferência de cada cultura com resultado presuntivo positivo, para o Caldo Lactosado Bile Verde Brilhante, sendo incubados na estufa à temperatura de  $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$ , durante 24-48 horas. A produção de gás, a partir da fermentação da lactose, é prova confirmativa positiva para a presença de bactérias do grupo coliforme (Coliforme Total), conforme procedimento a seguir:

- a) tomou-se o número de tubos do Teste Presuntivo que deram Positivos (Formação de gás) nas 3 diluições 1:1; 1:10 e 1:100;
- b) tomou-se igual número de tubos contendo o meio de Cultura Verde Brilhante Bile a 2%;

- c) com a alça de platina, previamente flambada e fria, retirou-se de cada tubo positivo uma porção de amostra e inoculou no tubo correspondente contendo o meio Verde Brilhante. Em seguida, identificou-se os tubos;
- d) Os tubos foram incubados durante 24/48 horas a  $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ;

Se houver a formação de gás dentro do tubo de Durham, após 24/48 horas, o teste é considerado Positivo. Caso contrário, o teste é considerado negativo.

➤ **Determinação de Coliformes Termotolerantes**

Consiste na transferência de cada cultura com resultado presuntivo positivo para tubos contendo meio E.C., que foram incubados à temperatura de  $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ , durante  $24 \pm 2$  horas em banho-maria, com agitação e temperatura constante.

O resultado foi considerado positivo com a formação de gás a partir da fermentação da lactose presente no meio E.C.

Os resultados são expressos em N.M.P (Número Mais Provável) /100 mL de amostra. Para determinar o N.M.P, verifica-se a combinação formada pelo número de tubos positivos que apresentaram as diluições 1:1; 1:10 e 1:100 no Teste Confirmativo. Onde, o NMP de coliformes é obtido através de um quadro em que são dados os limites de confiança de 95%, para cada valor de NMP determinado.

A Portaria do MS nº 518/2004 estabelece que o valor máximo permitido – VMP para o padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano para os parâmetros Coliformes Totais e *Escherichia coli* ou coliformes Termotolerantes, para Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: ausência em 100mL em 95% das amostras examinadas no mês; Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100mL (BRASIL, 2004b).

Em amostras individuais procedentes de poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimento sem distribuição canalizada, tolera-se a presença de coliformes totais, na ausência de *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes, nesta situação devendo ser investigada a origem da ocorrência, tomadas providências imediatas de caráter corretivo e preventivo e realizada nova análise de coliformes (BRASIL, 2004b).

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Recursos Hídricos da Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP.

#### 4.4.2.2 Metodologia analítica para a determinação dos parâmetros físicos da água

Os parâmetros físicos analisados foram: pH, turbidez e cor aparente.

➤ pH

As medidas do pH foram feitas à temperatura de 25°C em um pHmetro de bancada, da marca Digimed DmPh-2, o qual foi previamente calibrado com os tampões de valores de pH 4, 7 e 10.

O método eletromagnético consiste, basicamente, em colocar a amostra de água em copo de becker de 50mL, introduzir o eletrodo do medidor de pH e ler o valor diretamente no visor do aparelho.

➤ Turbidez

As análises de turbidez das amostras de água foram feitas em um turbidímetro modelo 2100P, da marca HACH, previamente calibrado com os padrões de formazina de 0,1; 20; 200; 1000 e 4000 UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez). Depois da calibração do equipamento procedeu-se a leitura das amostras.

A turbidez das amostras de água foram determinadas pelo método eletromagnético, que consiste basicamente em colocar a amostra de água em copo de becker de 50 mL, introduzir o eletrodo do turbidímetro e ler o valor diretamente, no visor do aparelho.

A Portaria do MS nº 518/2004 estabelece que o padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção deve atender o valor máximo para qualquer amostra pontual de 5.0 Unidades de Turbidez - UT (BRASIL, 2004b).

➤ Cor aparente

A cor aparente foi obtida por meio do Espectrofotômetro, modelo DR2800, marca HACH, que consta essencialmente de dois tubos de vidro, de um disco padrão de cor, de um dispositivo para adaptação dos tubos e de um disco e sistema de observação ótico.

A Portaria do MS nº 518/2004 e estabelece que o VMP para cor aparente deve ser de 15 uH (Unidade Hazen – mg Pt-Co) (BRASIL, 2004b).

Os parâmetros físicos foram analisados no Laboratório de Recursos Hídricos da Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP).



#### 4.4.2.3 Metodologia analítica para determinação de metais em água e sedimentos

➤ Preparo das amostras

As amostras de sedimentos foram todas secas em estufa a temperatura de 40 °C, maceradas com o auxílio de um pistilo e almofariz e peneiradas em peneira de malha de 250 µm de diâmetro. Em seguida, para a extração dos analitos de interesse (metais), as amostras foram submetidas à digestão ácida utilizando-se um bloco digestor do modelo MA850 e da marca Marconi. Todas as extrações foram feitas em triplicatas.

➤ Digestão de amostras de sedimentos para determinação de As, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe e Mn

Para determinação dos metais nos sedimentos, as amostras foram submetidas à digestão ácida, seguindo uma adaptação do método 3050B proposto pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1996), adicionando-se 0,5 g da amostra seca em um tubo digestor e somando-se um volume de 10 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado. Após 16 horas, a temperatura do bloco digestor foi elevada a 95 °C (± 5 °C), permitindo-se o refluxo por 30 minutos. A amostra foi resfriada, adicionando-se 5 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado e, novamente sob refluxo na mesma temperatura, a mistura foi evaporada a aproximadamente 5 mL. Após resfriamento, foram adicionadas as amostras 3 alíquotas de 3 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30 % cada uma. Em cada adição de peróxido, retornou-se o tubo digestor ao aquecimento permitindo a completa reação sem que houvesse efervescência em excesso.

Deixou-se evaporar novamente até se obter aproximadamente 5 mL da mistura e, após resfriar, adicionou-se 10 mL de HCl concentrado, retornando ao refluxo por 20 minutos. Após a digestão, adicionou-se água ultrapura (Milli-Q – Millipore) completando o volume para 50 mL com o auxílio de um balão volumétrico, filtrando-se a mistura em papel de filtro e deixando-a pronta para análise por ICP-AES.

➤ Digestão de amostras de água para a determinação de As, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe e Mn

O procedimento para a digestão ácida das amostras de água seguem uma adaptação do método 3005A da Environmental Protection Agency (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1992).

Foram adicionados ao tubo digestor, 100 mL da amostra de água, obtendo-se um volume de 5 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado e 10 mL de HCl concentrado. Após 16 horas, elevou-se a temperatura do bloco digestor a 95 °C (± 5 °C) permitindo-se o refluxo até o volume da mistura ser reduzido a aproximadamente 15 mL. Resfriou-se a mistura, adicionou-se água ultrapura (Mili-Q – Millipore) completando o volume para 50 mL com o auxílio de um balão volumétrico e, filtrou-se em papel filtro, deixando-a preparada para análise por ICP-AES.

➤ Determinação de metais por Espectrometria de Emissão Atômica com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado ICP-AES

Depois de realizadas as etapas de extração, foi realizada a determinação dos metais pseudo-totais presentes nas amostras, por um ICP-AES, modelo Optima 3000, da marca Perkin Elmer, na Central de Análise Químicas do Instituto de Química do Campus da USP de São Carlos - SP.

- Condições espectrofotométricas

O equipamento utilizado nas análises de metais disponibiliza recursos em seu programa que permitiu a escolha criteriosa das linhas de emissão a serem utilizadas para cada elemento. A determinação dos metais nos analitos desta investigação foi possível por meio do método do gráfico analítico, utilizando-se solução-padrão multielementares em concentrações distintas para cada metal e acidificadas com HNO<sub>3</sub> (2 %), a fim de se aproximar das condições reais, da mesma forma como se aplicou às amostras (Tabela 1). As condições de operação foram às seguintes:

- Fluxo dos gases:

- Gás refrigerante Ar: 15 Lmin<sup>-1</sup>
- Gás auxiliar Ar: 0,5 Lmin<sup>-1</sup>

- Gás nebulizador Ar: 0,8 Lmin<sup>-1</sup>
- Potência do plasma: 1300 W
- Fluxo de amostra: 1 mL min<sup>-1</sup>

**Tabela 1 - Condições espectrométricas de análise de metais em amostras de água e Sedimentos**

<b>Metal</b>	<b>Faixa de concentração (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>λ* (nm)</b>
As	0,00; 0,20; 2,00 e 4,00	308,215
Cd	0,00; 0,20; 0,40 e 0,80	214,438
Pb	0,00; 0,50; 3,00 e 6,00	220,353
Cu	0,00; 1,00; 3,00 e 6,00	324,754
Cr	0,00; 0,50; 2,00 e 4,00	205,560
Fé	0,00; 0,50; 2,00 e 4,00	238,204
Mn	0,00; 0,50; 1,00 e 2,00	257,610

\* λ é o comprimento de onda em que se realizou a determinação

#### 4.4.2.4 Metodologia analítica para determinação de agrotóxicos na água

Foi realizada a validação de um método para análise dos agrotóxicos α e β-endossulfam e metalaxil em água destinada ao consumo humano, de forma a garantir a confiabilidade dos resultados obtidos neste estudo.

➤ Preparo das amostras para pesquisa de agrotóxicos na água

- Padrões e Solução-estoque

Os padrões analíticos dos agrotóxicos foram obtidos da empresa Sigma – Aldrich, com 99% de pureza.

As soluções estoque, foram preparadas nas concentrações de 10, 100 e 500 mgL<sup>-1</sup> e as de trabalho, nas concentrações de 1,0; 0,5; 0,25; 0,1; 0,03 e 0,02 mgL<sup>-1</sup>, em solvente acetato de etila (Merck p.a.).

Nesse estudo empregou-se na validação do método analítico o desvio

padrão (S), coeficiente de variação (CV) ou desvio padrão relativo, coeficiente de correlação (r), linearidade, recuperação, limite de detecção (LOD) e limite de quantificação (LOQ).

- Extração em fase sólida (SPE) e pre-concentração das amostras

A SPE é uma técnica de separação líquido-sólido baseada nos mecanismo de separação da cromatografia líquida clássica. Do ponto de vista prático, a SPE comporta-se como uma cromatografia líquida, empregando-se em uma pequena coluna aberta, usualmente denominada cartucho de extração, a qual contém a fase sólida. A solução contendo o analito de interesse é colocada no topo superior do cartucho e aspirada com um pequeno vácuo ou pressionada levemente com uma seringa de forma a penetrar no cartucho. Após a fase líquida contendo os compostos de interesse a ser drenada, o analito que ainda se encontra retido pode ser eluído com um pequeno volume de solvente (LANÇAS, 2004).

Na Figura 4 encontram-se apresentadas às etapas empregadas na extração em fase sólida.

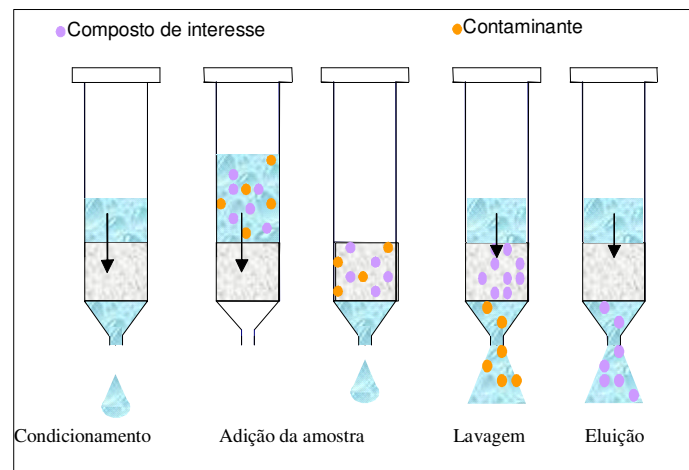


Figura 4 - Principais etapas empregadas em SPE visando ao isolamento de um composto  
Fonte: Lanças (2004)

Nessa pesquisa foram utilizados, para a extração em fase sólida – SPE, os cartuchos com fase C18 de 500 mg e volume de 3 mL da marca Agilent Technologies, devido às características apresentadas, tais como: eficiência, economia de solvente, reprodutibilidade, rapidez, segurança e seletividade, conforme procedimento descrito a seguir.

1) A água utilizada no método de extração foi procedente da nascente do Córrego

- Chapadão;
- 2) Enriqueceu-se a amostra de água com os agrotóxicos endossulfam e metalaxil, na concentração de  $10 \text{ mg L}^{-1}$ .
  - 3) Percolou-se 10 mL de metanol grau HPLC e em seguida 10 mL de água em uma coluna contendo adsorvente, a vácuo C18, para condicionar a coluna;
  - 4) Adicionou-se 50 mL da amostra de água a ser analisada à coluna acondicionada e descartou-se o filtrado;
  - 5) Eluiu-se os agrotóxicos retidos na coluna com 20mL de metanol;
  - 6) Coletou-se o filtrado que foi evaporado até a secura com nitrogênio;
  - 7) Ressuspendeu-se o remanescente com 1 mL de metanol.

Após realizadas as etapas de extração, os compostos investigados presentes nas amostras de água foram analisadas em cromatógrafo em fase líquida de alta eficiência (HPLC) .

➤ Condições cromatográficas para análise de agrotóxicos nas amostras de água

As determinações analíticas dos agrotóxicos  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam e metalaxil foram obtidas no cromatógrafo líquido da marca Agilent Technologies 1200 séries com detector de arranjo de diodos UV – DAD (Diodearray) G 1315 D e bomba G 1311A Quaternary. Utilizou-se uma coluna de fase reversa de aço inoxidável (C18), da marca Agilent Technologies zorbax SB-C18, de 250 mm de comprimento, diâmetro interno de 4,6 mm e tamanho de partícula de  $5 \mu\text{m}$ .

As condições cromatográficas ideais encontradas para análise do  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam foram às seguintes: Detector UV-Vis; fluxo da fase móvel  $1 \text{ mL min}^{-1}$ ; Volume de Injeção  $20 \mu\text{L}$ ; comprimento de onda a  $214 \text{ nm} \pm 2$ ; Temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C}$ ); Fase móvel acetonitrila/água 75-25%; e, Método isocrático.

- Seleção do comprimento de onda utilizado nas análises cromatográficas

Preparou-se duas amostras, uma do alfa e beta endossulfam em metanol, e a outra do metalaxil em metanol. Ambas as soluções foram preparadas na concentração de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  .

Foram obtidos os espectros de absorção do padrão dos agrotóxicos endossulfam e metalaxil, que compreendeu uma varredura de 200 a 800 nm, no Espectrofotômetro de UV/visível da marca Hitachi, modelo U3501.

- Preparo da curva analítica e linearidade

Após determinar as condições cromatográficas ideais para análise dos agrotóxicos endossulfam e metalaxil, construiu-se as curvas analíticas. As curvas analíticas do  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam e metalaxil foram preparadas a partir dos padrões analíticos dos agrotóxicos da marca Sigma – Aldrich, com 99% de pureza, cujas solução-estoque foram preparadas na concentração de 100 mg L<sup>-1</sup>.

A curva analítica para o  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam foi preparada com seis pontos, onde cada ponto foi feito em triplicata, com as respectivas concentrações de 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; e 10 mg L<sup>-1</sup>.

- Determinação do limite de detecção e quantificação

Para a determinação do limite de detecção do método foram preparadas algumas soluções do padrão endossulfam e metalaxil, nas seguintes concentrações: 0,3; 0,4; 0,5; 0,7; e 0,9 mg L<sup>-1</sup>, em metanol. Os pontos preparados foram analisados em ordem crescente de concentração.

O limite de detecção do método foi de 0,3 mg L<sup>-1</sup>. Limite de quantificação é dado pela equação  $LQ = 10 \times (s/S)$ , onde  $s$  = desvio-padrão da resposta e  $S$  = coeficiente angular do gráfico de calibração. Nesta investigação, o limite de quantificação encontrado foi de 0,5 mg L<sup>-1</sup>.

- Ensaio de precisão para o agrotóxico  $\alpha$  e  $\beta$ -Endossulfam

Para a determinação da precisão, cada ponto foi preparado em quintuplicata em três níveis de concentração 1,5; 4,5; e 8,5 mg L<sup>-1</sup>. Esses valores foram selecionados por possuírem concentrações dentro da faixa linear utilizada; contudo, as concentrações foram diferentes das concentrações utilizadas para o preparo da curva analítica. Todas as soluções foram analisadas pela técnica de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), de acordo com as especificações descritas nas condições cromatográficas.

- Extração em fase sólida e ensaio de recuperação do agrotóxico  $\alpha$  e  $\beta$ -Endossulfam

Os ensaios de recuperação foram feitos em quintuplicata, em dois níveis de concentração 4,5 e 7,5 mg L<sup>-1</sup>. Inicialmente fez-se o acondicionamento do adsorvente C18 com 10 mL de metanol, seguido de 10 mL de águas livres de compostos orgânicos.

Após o acondicionamento, adicionou-se 10 mL de cada amostra, controlando-

se o fluxo em aproximadamente 1 mL min<sup>-1</sup>. Deixou-se o adsorvente secar por 30 segundos, em seguida, os cartuchos foram eluídos com 10 mL de metanol grau HPLC.

#### 4.4.2.5 Destino dos resíduos gerados nos procedimentos analíticos

Todos os resíduos resultantes dos procedimentos analíticos dessa investigação, foram acondicionados em frascos rotulados e encaminhados aos Laboratórios de Resíduos Químicos dos *Campi* da Universidade de São Paulo de São Carlos e Ribeirão Preto, para posterior tratamento, seguindo os protocolos existentes (SUDAN; FRONER, 2009; UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2010).

#### 4.4.3 Coleta e análise dos dados obtidos com as entrevistas

Para identificação da origem, captação, tratamento, armazenamento e distribuição da água utilizada pela população do estudo, assim como da percepção dos moradores sobre a água consumida, foram realizadas entrevistas com uma amostra de 15 sujeitos do local de estudo.

As entrevistas ocorreram em janeiro de 2009, após o término das coletas de dados analíticos em campo, iniciando-se por visitas domiciliares as 19 moradias do Bairro Chapadão.

Ao final, considerando-se 21% de perdas (4 moradias, correspondendo a 4 sujeitos). As entrevistas foram realizadas com o auxílio de 1 MP4, após a aquiescência dos entrevistados, atendendo-se às exigências do Conselho Nacional de Saúde – CNS sobre pesquisas com seres humanos, Resolução 196/96 (CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE, 1996).

A entrevista permitiu um relacionamento mais próximo entre o entrevistado e entrevistador, possibilitando o levantamento de respostas válidas e informações pertinentes para se conhecer a realidade específica da comunidade estudada. Não exigiu que o entrevistado soubesse ler e escrever, possibilitando flexibilidade para esclarecer dúvidas, fazer adaptações para facilitar o entendimento ao entrevistado (LAKATOS; MARCONI, 1994; LUDKE; ANDRÉ, 1986).

Segundo Minayo (2008), a entrevista é uma fonte rica de dados, pois auxilia nas investigações ligadas à área da saúde. Permite o relato pessoal e aprofundado dos sujeitos, que passam a ser observados no contexto pessoal de cada um.

Nesta pesquisa, a entrevista guiada por roteiro previamente elaborado e testado, possibilitou o levantamento de dados sobre a qualidade da água consumida pela população de uma comunidade rural do Município de Fortaleza de Minas – MG, bem como a percepção dessa população aos recursos hídricos (APÊNDICE A).

#### 4.5 Análise dos dados

Os parâmetros dos dados obtidos para *Escherichia coli*, Coliformes totais e parâmetros físicos em água foram submetidos à análise de variância com o uso do teste F. Quando o teste F apresentou significância estatística,  $p < 0,05$ , foi realizado o teste de comparação múltipla de médias, e teste de Tukey, que permitiu verificar quais os períodos e pontos de coleta que apresentaram diferenças em relação ao parâmetro avaliado. O nível de significância estatística adotado em todos os testes foi de 5% de probabilidade.

Em relação aos parâmetros dos dados obtidos para metais e agrotóxicos, os dados foram avaliados utilizando-se análise de frequência.

Os dados obtidos com as entrevistas foram organizados por categoria de respostas, segundo os itens constantes no instrumento, seguindo a seqüência das perguntas elaboradas e colocadas em um banco de dados do Programa Excell, procedendo-se a sua quantificação.

#### 4.6 Aspectos éticos

Atendendo às recomendações e exigências contidas na Resolução nº 196/96, do Conselho Nacional de Saúde – CNS, todos os sujeitos desta investigação concordaram em participar da pesquisa, assinando um Termo de Consentimento Livre Esclarecido – TCLE (APÊNDICE B), sendo previamente informados sobre seus objetivos e sua forma de participação na investigação (CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE, 1996).

Este projeto teve aprovação prévia pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo – EERP/USP.



## 5 Resultados e Discussão

Os resultados desta pesquisa estão apresentados segundo os objetivos propostos, em termos da investigação da qualidade da água consumida por uma comunidade rural no Município de Fortaleza de Minas – MG, que não é servida por rede de abastecimento de água tratada, utilizando recursos hídricos captados diretamente de água superficial para consumo diário.

Inicialmente, é apresentado um perfil das condições de captação, uso e distribuição da água utilizada para consumo, pela comunidade. A seguir, são trazidos os resultados analíticos referente aos parâmetros microbiológicos, físicos e químicos da água.

Também são apresentados, neste capítulo, dados referentes à percepção, dos 15 sujeitos selecionados neste estudo, sobre a água consumida pela população.

### 5.1 Quanto à captação, tratamento, armazenamento e distribuição da água

A água do córrego Chapadão, consumida pela população deste estudo, compõe a Bacia Hidrográfica do Médio Rio Grande, com nascente à montante, situada em propriedades agrícola particulares, que faz parte da sub-bacia do Rio São João (COLLARES, 2008; MINAS GERAIS, 2009).

Predominam no local de estudo, atividades agrícolas com o cultivo de tomates, milho e café, e também, pastagem de gado leiteiro e de corte. Grande parte da população é de classe econômica baixa e não conta com sistema de saneamento local.

A população faz uso direto desse recurso hídrico in natura, sem tratamento coletivo instituído, tendo o córrego como única fonte de água para consumo (Figura 5).



Figura 5 – Água consumida pela população do bairro Chapadão

Todos os sujeitos revelaram conhecer a origem da água do córrego Chapadão, indicando uma nascente externa ao bairro, à montante, na Serra Chapadão, referindo passar por plantações de tomates e por áreas de pastagens.

Quanto ao armazenamento e distribuição da água consumida pelos sujeitos investigados, observou-se que ao longo do córrego Chapadão, a água era armazenada em caixas de alvenaria e de amianto, e distribuída por meio de tubos de PVC. Segundo informações dos sujeitos, esta prática é usada para melhorar a vazão da água até suas residências (Figura 6).



Figura 6 – Caixas de alvenaria e de amianto para armazenar água

Segundo Bom (2002), o armazenamento de água é recomendado quando não há possibilidade do abastecimento contínuo direto da rede de abastecimento, seja por vazão insuficiente, seja por sistemas mal dimensionados. Toda água só pode ser armazenada, após passar pelo sistema convencional de tratamento.

## 5.2 Quanto aos Parâmetros Analíticos

Os dados referentes à investigação dos parâmetros microbiológicos, físicos analisados nesta pesquisa foram obtidos por meio da coleta de amostras de água e de sedimentos, seguindo os critérios metodológicos adotados em seis períodos sazonais, nos meses de setembro e novembro de 2006; janeiro, março e julho de 2007; e, janeiro de 2008, para análises físicas e microbiológicas de metais totais. Para investigação da presença de agrotóxicos foram analisadas amostras de água e de sedimentos nos meses de janeiro, março e julho de 2007, e janeiro de 2008.

Foi utilizada a análise de variância com o uso do teste F para análise dos resultados da investigação dos parâmetros microbiológicos e físicos. Quando o teste F apresentou significância estatística,  $p < 0,05$ , foi realizado o teste de comparação múltipla de médias, teste de Tukey, que permitiu verificar quais períodos e pontos de coleta apresentam diferenças em relação ao parâmetro avaliado. O nível de significância estatística adotado em todos os testes foi de 5% de probabilidade.

Em relação aos parâmetros dos dados obtidos para metais e agrotóxicos, os dados foram avaliados utilizando análise de frequência.

As coletas de água e sedimentos foram sempre realizadas nas primeiras horas da manhã e o clima variou de acordo com o período do ano. Assim, no primeiro período de coleta, realizado em setembro de 2006, a temperatura ambiente média era de 26°C, clima seco, não havendo plantação no entorno do córrego Chapadão, pois a colheita já havia sido realizada e a área estava sendo utilizada para pastagem de animais, com livre acesso à água, ao longo do leito do córrego.

O segundo período de coleta foi realizado de novembro a dezembro de 2006, com temperatura média ambiente de 27°C e com a presença de chuva. Nesse período, havia uma área no entorno do córrego Chapadão preparada para o cultivo de tomates e a outra, próxima ao ponto 2 de coleta, com pastagem de animais.

O terceiro período de coleta foi realizado em janeiro de 2007, com temperatura ambiente média de 24°C e com a presença de chuva intensa. Neste período, havia uma área no entorno do córrego Chapadão preparada para o cultivo de tomates e outra preparada para o cultivo de milho.

O quarto período de coleta foi realizado em março de 2007, com temperatura ambiente média de 27°C e com a presença de chuva. Nesse período, havia o cultivo de tomates no entorno do córrego Chapadão, próximo ao ponto 2 de coleta. Na outra área, próxima ao ponto 1 (nascente do córrego Chapadão), o local estava preparado para o cultivo de tomates.

O quinto período de coleta foi realizado em julho de 2007, com temperatura ambiente média de 7°C e sem a presença de chuva. Nesse período, a colheita de tomates já estava finalizada, e, na área havia presença de gado de corte e de leite.

O sexto período de coleta foi realizado em janeiro de 2008, com temperatura média ambiente de 25°C e com a presença de chuva. Nesse período, não havia a plantação de tomates, mas foi observada a presença de animais pastando no local; observou-se também a presença de pés de tomates nos estrume de gado. Observou-se, ainda, no local, a presença de muitos resíduos como barbante de material sintético, sacos sintéticos, estacas de bambu, garrafas PET e fios de material sintético, resíduo de material comumente utilizado para essa atividade, porém sem sua retirada do local após o uso.

Na sequência, são apresentadas as quantificações das análises microbiológicas para os parâmetros *Escherichia coli* e coliformes totais em água,

parâmetros físicos em água, os parâmetros de metais totais em água e sedimentos, e os parâmetros dos agrotóxicos endossulfam e metalaxil-M em água e sedimentos.

### 5.2.1 Análises Microbiológicas

As análises microbiológicas das amostras de água coletada nos 4 pontos definidos nesta investigação, nos 6 períodos de coleta, realizadas por meio de tubos múltiplos, revelou valores acima do máximo permitido para a *Escherichia coli* e Coliformes totais, de acordo com os valores previstos na Portaria do MS nº 518/2004 (BRASIL, 2004b).

Essa Portaria do MS nº 518/2004 considera como valor máximo permitido – VMP de *Escherichia coli* e Coliformes totais em água para consumo humano, em sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês, a ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês. Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês, apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100 mL (BRASIL, 2004b).

No caso de amostras individuais procedentes de poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimento sem distribuição canalizada, tolera-se a presença de coliformes totais, na ausência de *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes. Neste caso, devera ser investigada a origem da ocorrência, tomadas providências imediatas de caráter corretivo, preventivo e realizada nova análise de coliformes (BRASIL, 2004b).

A água para consumo humano é um dos importantes veículos de enfermidades diarreicas de natureza infecciosa, o que torna primordial a avaliação de sua qualidade microbiológica (ISAAC-MARQUEZ et al., 1994).

Segundo Stukel et al. (1990), no meio rural o risco de ocorrência de surtos de doenças por veiculação hídrica é alto, principalmente em função da possibilidade de contaminação por microrganismos patogênicos de origem entérica, animal ou humana, que muitas vezes são captadas de água de superfície e subterrâneas próximas de fontes de contaminação, como fossas e áreas de pastagem ocupadas por animais.

Neste contexto, destaca-se que em todos os períodos investigados e nos quatro pontos de coleta, os parâmetros microbiológicos estão acima do permitido

pela Portaria do MS. Acredita-se que tal fato esteja ligado à ausência de tratamento da água consumida pelos sujeitos investigados.

Na Tabela 2, a seguir, são apresentadas as concentrações de *Escherichia coli* encontradas nas águas coletadas do córrego Chapadão, nos meses de setembro e novembro de 2006; janeiro, março e julho de 2007; e janeiro de 2008.

**Tabela 2 - Valores indicadores da presença de *Escherichia coli*, encontrados em quatro pontos de coleta de água do córrego Chapadão-MG, em 2006, 2007 e 2008**

Data da coleta	Valores dos pontos de coleta (mL)*				
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	
1º Período	21/09/06	63	150	246	240
	22/09/06	67	48	118	173
	23/09/06	21	35	48	60
	24/09/06	28	61	75	80
	25/09/06	11	70	71	35
	26/09/06	15	38	106	36
	27/09/06	40	98	43	55
2º Período	27/11/06	50	50	50	50
	28/11/06	68	75	120	140
	29/11/06	17	49	33	22
	30/12/06	49	79	79	33
	01/12/06	80	81	140	22
	02/12/06	29	49	50	22
	03/12/06	45	49	79	49
3º Período	17/01/07	40	490	490	320
	18/01/07	38	470	470	290
	19/01/07	28	150	130	80
	20/01/07	42	140	152	90
	21/01/07	37	85	96	78
	22/01/07	30	70	87	101
	23/01/07	30	68	85	87
4º Período	11/03/07	40	45	42	44
	12/03/07	51	53	50	52
	13/03/07	62	70	88	69
	14/03/07	35	62	70	42
	15/03/07	29	42	55	65
	16/03/07	33	52	65	61
	17/03/07	42	92	86	89
5º Período	15/07/07	20	20	60	40
	16/07/07	20	70	35	80
	17/07/07	35	18	18	18
	18/07/07	15	18	18	350
	19/07/07	40	40	20	20
	20/07/07	20	20	20	20
	21/07/07	25	25	20	35
6º Período	17/01/08	5	10	10	12
	18/01/08	4	9	8	10
	19/01/08	6	10	10	9
	20/01/08	5	8	9	8
	21/01/08	8	8	8	10
	22/01/08	4	8	8	9
	23/01/08	4	7	8	8

LDA (limite de detecção analítico) = 1

\*NMP/100 mL (número mais provável em 100 mL)

VMP (valor máximo permitido) = ausência em 100 mL

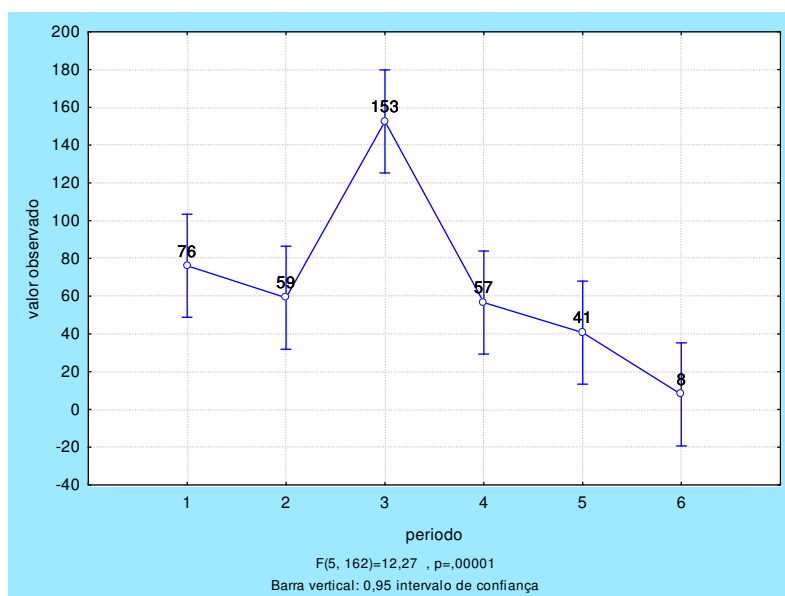
Valores acima do máximo permitido

Portaria do MS nº 518/2004

Pelos dados apresentados pode-se observar a evidência de que a água utilizada pela população em estudo apresentou valores acima do máximo permitido para *Escherichia coli*, de acordo com os valores determinados pela Portaria do MS nº 518/2004, revelando um possível risco e impacto à saúde humana.

No Gráfico 1, a seguir, são apresentados os resultados da análise de variância (Teste F) e teste de Tukey para os dados de *Escherichia coli* em relação aos seis períodos avaliados.

Observou-se que o 3º período foi o que apresentou maior diferença significativa devido à água de escoamento superficial, durante o período de chuva, sendo um dos fatores que mais contribuíram para a mudança da qualidade microbiológica da água neste período.



período	valor observado	Teste de Tukey
6	8	a
5	41	a b
4	57	a b
2	59	a b
1	76	b
3	153	c

Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si

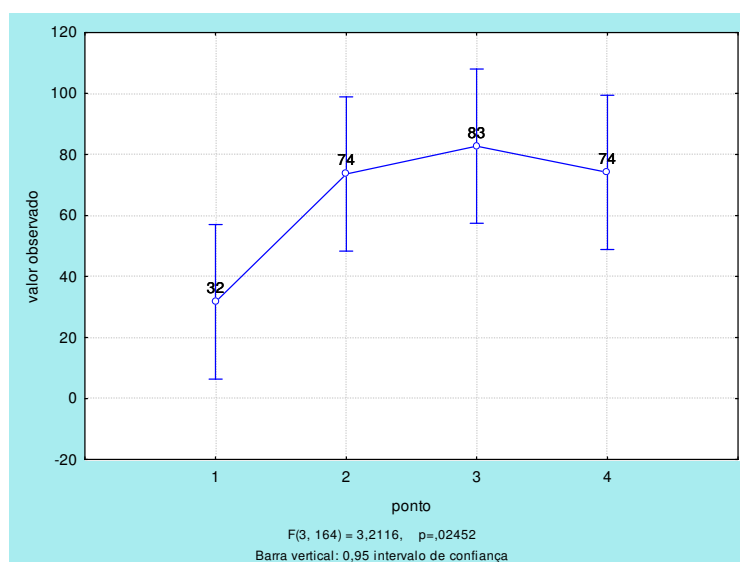
**Gráfico 1 - Resultados da análise de variância (Teste F) e teste de Tukey para os dados de *Escherichia coli* em relação aos seis períodos avaliados**

Neste caso, o aumento dos VMP de *Escherichia coli*, presentes nas amostras de água do córrego Chapadão e das casas dos sujeitos investigados nesta

pesquisa, aponta para uma relação direta com a presença de chuva, devido ao arraste de excretas humanas e animais, presentes no entorno do córrego. A ausência de tratamento convencional também contribui para contaminação encontrada.

No Gráfico 2, a seguir, são apresentados os resultados da análise de variância (Teste F) e teste de Tukey para os dados de *Escherichia coli* em relação aos quatro pontos avaliados.

Observou-se que a maior diferença encontrada foi entre o ponto 1 e 3, o que pode ser atribuído a depreciação na qualidade microbiológica da água do ponto 1 para o ponto 3. Onde, o ponto 3 está localizado em uma área degradada.



Tukey HSD test; variable valor observado  
(*Escherichia coli*)

Homogenous Groups, alpha = .05000  
Error: Between MSE = 6894,8, df=164,00

Cell No	Pontos	Valor observado	1	2
1	1	32	a	b
2	2	74	a	b
4	4	74	a	b
3	3	83		b

**Gráfico 2 - Resultados da análise de variância (Teste F) e teste de Tukey para os dados de *Escherichia coli* em relação aos quatro pontos avaliados**

Na Tabela 3, a seguir, são apresentadas as concentrações de coliformes totais encontradas nas águas coletadas do córrego Chapadão, nos meses de setembro e novembro de 2006; janeiro, março e julho de 2007; e janeiro de 2008.



Nota-se que no 3º período o VMP para Coliformes Totais estão bem acima do permitido pela Portaria do MS nº 518/2004. Este resultado revela a possibilidade da presença de excretas humanas e animais, presentes no entorno do córrego, que foram arrastadas para o leito do córrego pelas constantes chuvas neste período.

**Tabela 3 – Valores indicadores da presença de Coliformes Totais em quatro pontos de coleta de água do córrego Chapadão-MG, em 2006, 2007 e 2008**

Valores dos pontos de coleta (mL)*		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
Data da coleta					
1º Período	21/09/06	130	180	340	260
	22/09/06	80	60	220	185
	23/09/06	33	130	140	140
	24/09/06	34	220	90	180
	25/09/06	90	80	80	90
	26/09/06	80	210	227	420
	27/09/06	90	180	210	320
2º Período	27/11/06	80	240	490	330
	28/11/06	90	620	450	270
	29/11/06	33	220	140	33
	30/12/06	130	790	470	790
	01/12/06	110	680	450	810
	02/12/06	33	330	330	240
	03/12/06	120	130	130	49
3º Período	17/01/07	140	2200	7900	520
	18/01/07	138	620	750	495
	19/01/07	105	400	390	175
	20/01/07	78	385	320	190
	21/01/07	150	420	610	210
	22/01/07	140	380	520	195
	23/01/07	130	410	608	225
4º Período	11/03/07	70	75	75	80
	12/03/07	82	89	92	95
	13/03/07	110	130	130	125
	14/03/07	105	125	114	135
	15/03/07	132	150	152	150
	16/03/07	120	132	131	141
	17/03/07	98	121	107	105
5º Período	15/07/07	60	60	80	70
	16/07/07	40	110	40	110
	17/07/07	40	20	20	20
	18/07/07	20	20	20	40
	19/07/07	60	65	75	70
	20/07/07	65	70	35	45
	21/07/07	68	68	35	50
6º Período	17/01/08	20	20	25	24
	18/01/08	4	20	28	18
	19/01/08	11	8	37	17
	20/01/08	20	10	46	26
	21/01/08	9	15	24	17
	22/01/08	21	22	27	26
	23/01/08	21	21	25	25

LDA (limite de detecção analítico) = 1

\*NMP/100 mL (número mais provável em 100 mL)

VMP (valor máximo permitido) = ausência em 100 mL

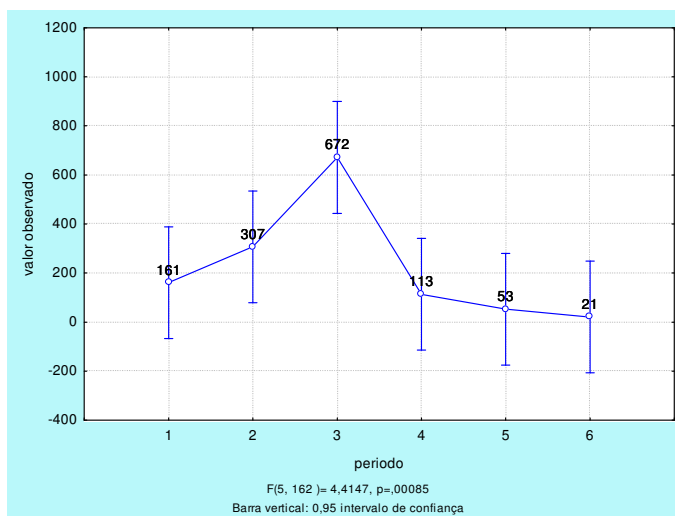
Valores acima do máximo permitido - Portaria do MS nº 518/2004

Pelos dados apresentados pode-se observar a evidência de que a água utilizada pela população em estudo apresenta valores acima do máximo permitido para Coliformes Totais, de acordo com os valores previstos na Portaria do MS nº

518/2004, revelando um possível risco e o impacto à saúde humana (BRASIL, 2004b)

Esta Portaria prevê que em amostras individuais procedentes de nascentes, sem distribuição canalizada, tolera-se a presença de coliformes totais, na ausência de *Echerichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes. Porém, quando detectada, deve ser investigada a origem da ocorrência e tomadas providências imediatas de caráter corretivo e preventivo e realizada nova análise para coliforme (BRASIL, 2004b).

No Gráfico 3, a seguir, são apresentados os resultados da análise de variância (Teste F) e teste de Tukey para os dados de coliformes totais em relação aos seis períodos avaliados. Observou-se que o 3º período foi o que apresentou maior diferença significativa devido à água de escoamento superficial, durante o período de chuva, sendo um dos fatores que mais contribuiu para a mudança da qualidade microbiológica da água neste período.



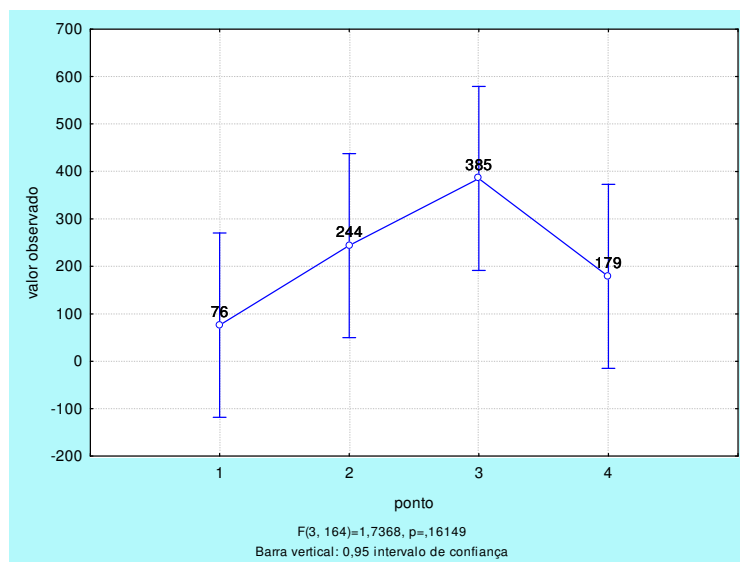
Tukey HSD test; variable valor observado (Coliformes Totais)  
Homogenous Groups, alpha = .05000  
Error: Between MSE = 3729E2, df=162,00

Cell No.	Períodos	Valor Observado Mean	1	2
6	6	21	a	
5	5	53	a	
4	4	113	a	
1	1	161	a	
2	2	307	a	b
3	3	672		b

**Gráfico 3 - Resultados da análise de variância (Teste F) e teste de Tukey para os dados de coliformes totais em relação aos seis períodos avaliados**

No Gráfico 4, a seguir, são apresentados os resultados da análise de variância (Teste F) para os dados de Coliformes Totais em relação aos quatro

pontos avaliados. Como não houve diferença estatística entre os pontos, não foi efetuado o teste de Tukey.



**Gráfico 4 - Resultados da análise de variância (Teste F) para os dados de Coliformes Totais em relação aos quatro pontos avaliados**

Esses resultados evidenciam o risco à saúde que esse tipo de fonte pode representar, caso não seja aplicadas medidas visando o tratamento e à preservação da qualidade microbiológica da água.

Dessa forma, a estruturação do sistema de gestão de recursos hídricos, a partir da gestão de bacias hidrográficas, pode contribuir não só para a avaliação da qualidade da água e o entendimento da dinâmica do sistema, mas também para a escolha de medidas de manejo e recuperação deste ecossistema e melhoria da qualidade de vida da população que faz uso desta água.

### 5.2.2 Análises Físicas

Cor aparente, turbidez e pH foram os parâmetros investigados nesta pesquisa por se constituírem nos principais indicadores físicos de qualidade da água potável.

Cor aparente, embora seja mais um atributo estético da água, é uma característica derivada da existência de substâncias em solução, sendo essas, na grande maioria dos casos, de natureza orgânica. De acordo com a Portaria do MS 518/04, o padrão de aceitação para consumo humano é de 15 unidade de Hazen – uH.

Turbidez também é um parâmetro que indica a qualidade estética das águas para abastecimento público, sendo considerado um parâmetro operacional de grande importância para o controle dos processos de coagulação, floculação, sedimentação e filtração em estações de tratamento de água. De acordo com a Portaria do MS nº 518/04, o padrão de aceitação para consumo humano é de 5 unidade de turbidez – Ut (BRASIL, 2004b).

O pH é um parâmetro que estabelece a condição ácida ou alcalina de uma água, não gerando risco sanitário associado diretamente a sua medida. De acordo com esta mesma Portaria, a faixa recomendada de pH na água distribuída para consumo humano é de 6,0 a 9,5 (BRASIL, 2004b).

Na tabela 4, a seguir, pode-se observar as concentrações dos parâmetros físicos para cor aparente, turbidez e pH, encontradas nas águas coletadas do córrego Chapadão, nos meses de setembro e novembro de 2006; janeiro, março, e julho de 2007 e janeiro de 2008.

Avaliando as características físicas da água superficial do córrego Chapadão, verifica-se que todos os indicadores analisados (turbidez, cor aparente e pH), durante o período de chuva, não estavam dentro dos valores determinados, pela legislação, para consumo humano (BRASIL, 2004b).

**Tabela 4 – Valores encontrados para turbidez, cor aparente e pH em quatro pontos de coleta de água do córrego Chapadão-MG, em 2007 e 2008**

DATA	PONTO COLETA	TURBIDEZ <sup>1</sup>	COR APARENTE <sup>2</sup>	pH <sup>3</sup>
21/9/2006	P1	0,34	4,00	6,70
	P2	0,30	8,00	6,88
	P3	0,55	<b>21,00</b>	6,76
	P4	1,89	<b>20,00</b>	6,89
22/9/2006	P1	0,36	4,00	6,73
	P2	0,31	8,00	6,89
	P3	0,55	<b>22,00</b>	6,78
	P4	1,86	<b>21,00</b>	6,77
23/9/2006	P1	0,35	3,00	6,64
	P2	0,29	7,00	6,77
	P3	0,53	<b>20,00</b>	6,73
	P4	1,87	<b>19,00</b>	6,63
24/9/2006	P1	3,73	8,00	6,36
	P2	1,36	6,00	6,91
	P3	1,16	8,00	6,74
	P4	0,48	10,00	6,79
25/9/2006	P1	0,31	2,00	6,32
	P2	0,54	1,00	6,52
	P3	0,66	1,00	6,40
	P4	1,21	1,00	6,50
26/9/2006	P1	0,33	1,00	6,18
	P2	1,02	4,00	6,36
	P3	1,08	7,00	6,38
	P4	1,16	8,00	6,37
27/9/2006	P1	0,44	1,00	6,19
	P2	0,51	6,00	6,38
	P3	1,02	6,00	6,56
	P4	1,22	4,00	6,58
27/11/2006	P1	0,65	10,00	5,16
	P2	0,88	<b>15,00</b>	6,05
	P3	1,58	<b>20,00</b>	6,31
	P4	2,09	<b>19,00</b>	6,00
28/11/2006	P1	0,66	8,00	5,14
	P2	0,92	<b>14,00</b>	6,02
	P3	1,59	<b>18,00</b>	6,28
	P4	2,06	<b>18,00</b>	6,03
29/11/2006	P1	0,64	9,00	5,15
	P2	0,86	<b>14,00</b>	6,03
	P3	1,57	<b>19,00</b>	6,29
	P4	2,08	<b>18,00</b>	6,02
30/11/2006	P1	0,54	3,00	5,54
	P2	0,93	<b>18,00</b>	5,88
	P3	1,69	<b>22,00</b>	6,02
	P4	2,54	<b>25,00</b>	6,04

-continua-

-continuação-

DATA	PONTO COLETA	TURBIDEZ <sup>1</sup>	COR APARENTE <sup>2</sup>	pH <sup>3</sup>
1/12/2006	P1	0,66	8,00	5,63
	P2	1,13	<b>23,00</b>	6,45
	P3	1,98	<b>30,00</b>	6,50
	P4	2,03	<b>28,00</b>	6,38
2/12/2006	P1	0,67	8,00	5,23
	P2	1,12	<b>22,00</b>	6,02
	P3	2,88	<b>29,00</b>	6,00
	P4	2,02	<b>27,00</b>	6,09
3/12/2006	P1	0,91	5,00	5,35
	P2	1,94	<b>19,00</b>	5,98
	P3	2,19	<b>23,00</b>	5,85
	P4	2,41	<b>20,00</b>	5,95
17/1/2007	P1	<b>13,6</b>	<b>163,00</b>	6,00
	P2	<b>591</b>	<b>5920,00</b>	6,00
	P3	<b>230</b>	<b>2310,00</b>	6,50
	P4	<b>33,1</b>	<b>336,00</b>	6,58
18/1/2007	P1	<b>13,6</b>	<b>140,00</b>	6,00
	P2	<b>591</b>	<b>120,00</b>	6,00
	P3	<b>230</b>	<b>222,00</b>	5,98
	P4	<b>33,1</b>	<b>173,00</b>	6,00
19/1/2007	P1	<b>14,9</b>	<b>98,00</b>	6,00
	P2	<b>11,6</b>	<b>87,00</b>	5,95
	P3	<b>21,6</b>	<b>536,00</b>	5,90
	P4	<b>17,1</b>	<b>112,00</b>	6,00
20/1/2007	P1	<b>9,76</b>	<b>783,00</b>	6,00
	P2	<b>8,68</b>	<b>124,00</b>	6,00
	P3	<b>53,8</b>	<b>495,00</b>	6,60
	P4	<b>11,00</b>	<b>127,00</b>	6,00
21/1/2007	P1	<b>78,20</b>	<b>168,00</b>	6,00
	P2	<b>12,30</b>	<b>152,00</b>	6,00
	P3	<b>49,90</b>	<b>248,00</b>	6,50
	P4	<b>12,60</b>	<b>410,00</b>	5,99
22/1/2007	P1	<b>16,60</b>	<b>77,00</b>	6,00
	P2	<b>15,00</b>	<b>79,00</b>	6,00
	P3	<b>24,00</b>	<b>82,00</b>	6,70
	P4	<b>40,30</b>	<b>89,00</b>	6,50
23/1/2007	P1	<b>14,40</b>	<b>56,00</b>	6,00
	P2	<b>9,93</b>	<b>63,00</b>	6,00
	P3	<b>8,88</b>	<b>72,00</b>	5,90
	P4	<b>6,57</b>	<b>68,00</b>	6,00
11/3/2007	P1	<b>11,00</b>	<b>47,00</b>	5,34
	P2	<b>6,40</b>	<b>42,00</b>	5,83
	P3	<b>6,60</b>	<b>31,00</b>	6,01
	P4	<b>17,50</b>	<b>68,00</b>	6,28
12/3/2007	P1	<b>10,70</b>	<b>40,00</b>	5,30
	P2	<b>8,20</b>	<b>47,00</b>	5,80
	P3	<b>9,50</b>	<b>38,00</b>	6,10
	P4	<b>10,10</b>	<b>41,00</b>	6,11

-continua-

-continuação-

DATA	PONTO COLETA	TURBIDEZ <sup>1</sup>	COR APARENTE <sup>2</sup>	pH <sup>3</sup>
13/3/2007	P1	9,80	40,00	5,29
	P2	11,40	48,00	5,78
	P3	13,20	49,00	6,12
	P4	14,50	51,00	6,11
14/3/2007	P1	12,00	46,00	5,34
	P2	6,40	41,00	5,83
	P3	6,60	32,00	6,19
	P4	16,40	66,00	6,31
15/3/2007	P1	20,90	73,00	5,29
	P2	6,50	38,00	5,78
	P3	8,50	38,00	6,12
	P4	7,80	39,00	6,26
16/3/2007	P1	10,80	40,00	5,36
	P2	5,20	37,00	5,95
	P3	7,10	36,00	6,10
	P4	7,30	37,00	6,10
17/3/2007	P1	1,60	5,00	5,89
	P2	5,40	35,00	5,94
	P3	9,30	41,00	6,19
	P4	8,30	43,00	6,21
15/7/2007	P1	2,20	12,00	5,20
	P2	3,10	15,00	6,10
	P3	2,98	20,00	6,40
	P4	5,40	22,00	6,12
16/7/2007	P1	4,20	12,00	5,14
	P2	5,40	13,00	6,13
	P3	6,20	23,00	6,28
	P4	6,30	25,00	6,03
17/7/2007	P1	4,80	8,00	5,25
	P2	6,20	13,00	6,42
	P3	7,50	18,00	6,33
	P4	6,90	20,00	6,08
18/7/2007	P1	3,80	9,00	5,23
	P2	7,60	19,00	6,78
	P3	7,50	21,00	6,05
	P4	8,20	24,00	6,05
19/7/2007	P1	5,20	9,00	5,64
	P2	8,20	24,00	6,25
	P3	9,10	31,00	6,45
	P4	10,00	29,00	6,42
20/7/2007	P1	6,50	9,00	5,36
	P2	7,20	21,00	6,58
	P3	6,80	28,00	6,56
	P4	7,00	26,00	6,45
21/7/2007	P1	8,00	12,00	5,63
	P2	8,90	25,00	6,08
	P3	9,40	31,00	6,18
	P4	10,00	32,00	6,27

-continua-

-continuação-

DATA	PONTO COLETA	TURBIDEZ <sup>1</sup>	COR APARENTE <sup>2</sup>	pH <sup>3</sup>
17/1/2008	P1	<b>11,30</b>	<b>20,60</b>	5,71
	P2	4,31	<b>22,90</b>	6,25
	P3	<b>7,08</b>	<b>30,50</b>	6,42
	P4	<b>6,35</b>	<b>30,00</b>	6,87
18/1/2008	P1	<b>11,20</b>	<b>20,80</b>	5,68
	P2	4,81	<b>23,50</b>	6,30
	P3	<b>7,98</b>	<b>32,00</b>	6,40
	P4	<b>7,34</b>	<b>33,00</b>	6,88
19/1/2008	P1	1,30	4,90	6,51
	P2	2,77	<b>16,40</b>	6,10
	P3	3,77	<b>20,10</b>	6,95
	P4	3,84	<b>21,30</b>	7,42
20/1/2008	P1	3,72	<b>23,10</b>	5,91
	P2	3,20	<b>15,70</b>	6,00
	P3	3,52	<b>18,80</b>	6,66
	P4	4,66	<b>20,90</b>	6,68
21/1/2008	P1	<b>9,21</b>	12,60	6,98
	P2	2,01	12,70	6,25
	P3	3,17	<b>16,30</b>	6,07
	P4	2,85	17,00	6,57
22/1/2008	P1	<b>8,90</b>	<b>18,20</b>	5,86
	P2	4,60	<b>19,00</b>	6,35
	P3	4,90	<b>18,90</b>	6,25
	P4	<b>5,20</b>	<b>21,00</b>	6,40
23/1/2008	P1	<b>10,00</b>	<b>17,50</b>	5,45
	P2	<b>8,90</b>	<b>17,00</b>	6,20
	P3	<b>9,80</b>	<b>16,50</b>	6,15
	P4	<b>10,10</b>	<b>23,00</b>	6,35

Notas:

<sup>(1)</sup> Valor máximo permitido = 5 UT (Unidade de Turbidez)

<sup>(2)</sup> Valor máximo permitido = 15 uH (Unidade Hazen – mg Pt-Co/L)

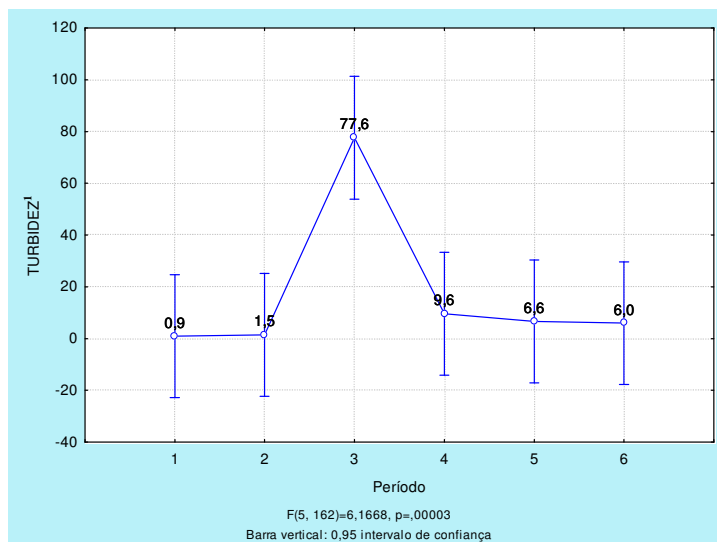
<sup>(3)</sup> Adimensional

  Valores acima do máximo permitido – Portaria do MS nº 518/2004

O alto índice de turbidez e cor aparente, detectados nas amostras de água, indica a presença de materiais em suspensão como argila, sílica, matéria orgânica e inorgânica presentes no manancial.

No gráfico 5, a seguir, são apresentados os resultados da análise de variância (Teste F) e teste de Tukey para os dados de Turbidez, em relação aos seis períodos avaliados. Observou-se que o 3º período foi o que apresentou maior diferença significativa devido água de escoamento superficial, durante o período de chuva, sendo um dos fatores que mais contribuiu para a presença de material em suspensão.





Tukey HSD test; variable TURBIDEZ<sup>1</sup> (turbidez)  
Homogenous Groups, alpha = .05000  
Error: Between MSE = 4046, df=162,00

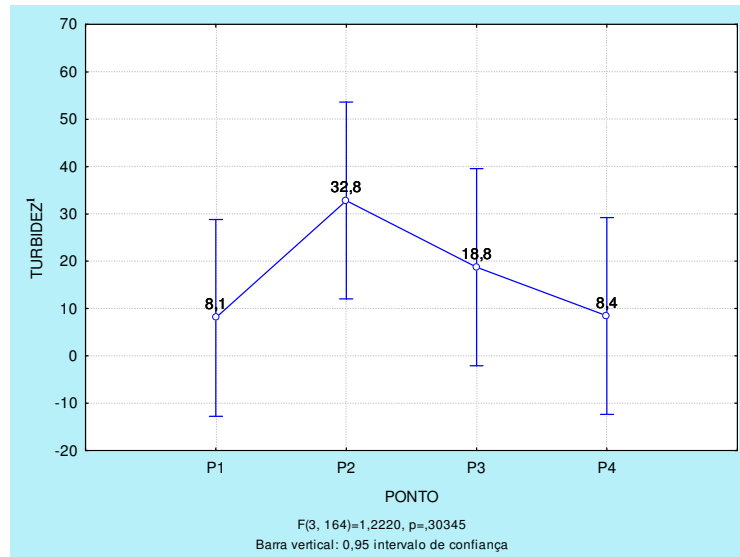
Cell No.	Períodos	Valor Observado	1	2
		Mean		
1	1	0,9		a
2	2	1,5		a
6	6	6,0		a
5	5	6,6		a
4	4	9,6		a
3	3	77,6		b

**Gráfico 5 - Resultados da análise de variância (Teste F) e teste de Tukey para os dados de Turbidez em relação aos seis períodos avaliados**

A origem da turbidez pode ser natural ou antropogênica, sendo importante a sua quantificação e também a identificação da sua origem. Por ser um método de fácil determinação e de medição em tempo real, a turbidez pode ser utilizada como indicador potencial para doenças de veiculação hídrica (PÁDUA; FERREIRA, 2006).

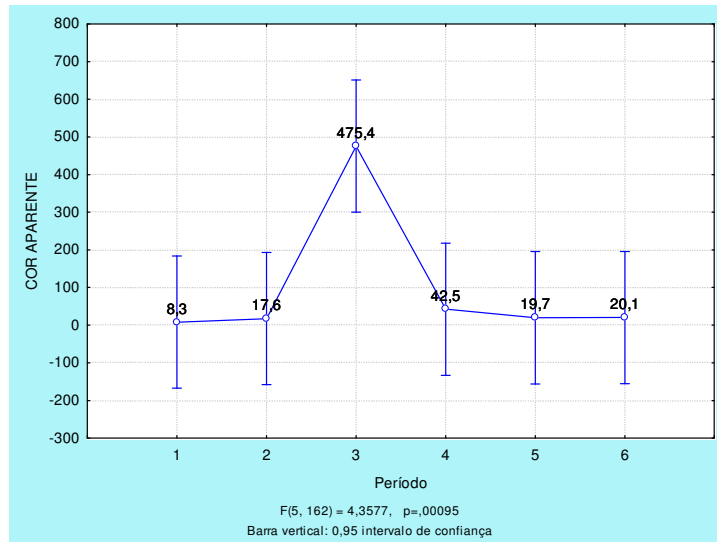
Segundo Sperling (2005), água com elevado teor de turbidez é indicativo de um alto conteúdo orgânico e inorgânico suspenso, que pode servir de abrigo para microrganismos e diminuir a eficiência do tratamento químico ou físico da água.

No Gráfico 6, a seguir, são apresentados os resultados da análise de variância (Teste F) para os dados de Turbidez em relação aos quatro pontos avaliados. Como não houve diferença estatística entre os pontos, não foi efetuado o teste de Tukey.



**Gráfico 6 - Resultados da análise de variância (Teste F) para os dados de Turbidez em relação aos quatro pontos avaliados**

No Gráfico 7, a seguir, são apresentados os resultados da análise de variância (Teste F) e teste de Tukey para os dados de Cor Aparente em relação aos seis períodos avaliados. Com destaque para o 3º período, devido ao aumento de substâncias em suspensão presentes na água, provocados pelas intensas chuvas na época.

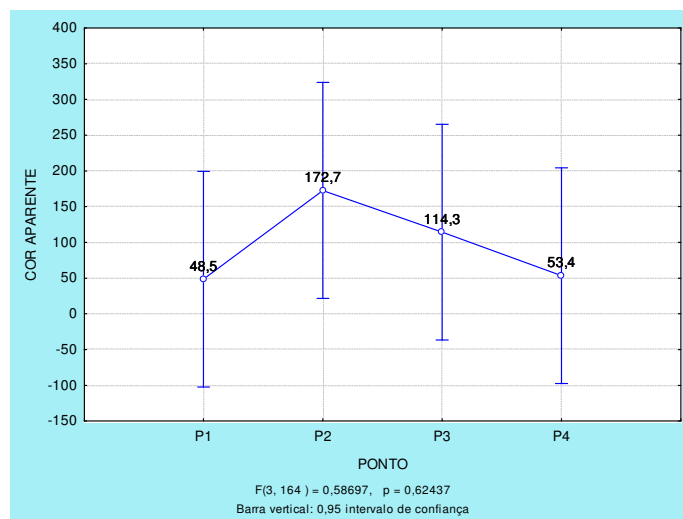


Tukey HSD test; variable APARENTE (Cor aparente)  
 Homogenous Groups, alpha = .05000  
 Error: Between MSE = 2213E2, df = 162,00

Cell No.	Períodos	Valor Observado Mean	1	2
1	1	8,3	a	
2	2	17,6	a	
6	6	19,7	a	
5	5	20,1	a	
4	4	42,5	a	
3	3	475,4		b

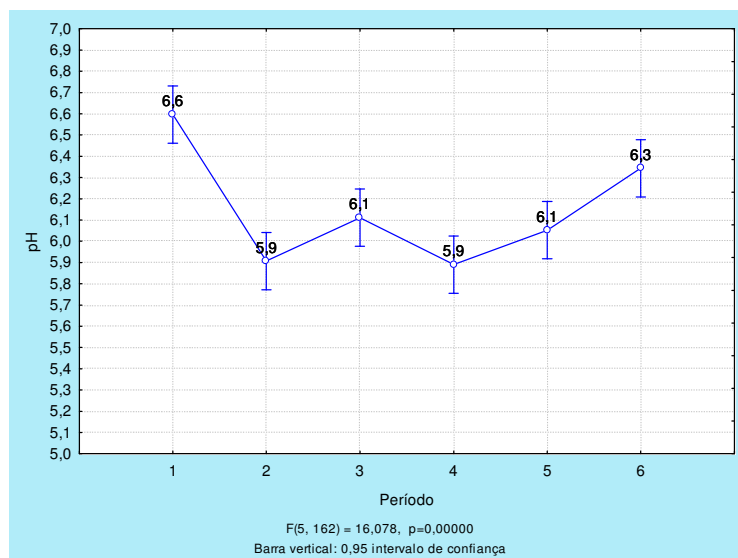
**Gráfico 7 - Resultados da análise de variância (Teste F) e teste de Tukey para os dados de Cor Aparente em relação aos seis períodos avaliados**

No gráfico 8, a seguir, são apresentados os resultados da análise de variância (Teste F) para os dados de Cor Aparente, em relação aos quatro pontos avaliados. Como não houve diferença estatística entre os pontos, não foi efetuado o teste de Tukey.



**Gráfico 8 - Resultados da análise de variância (Teste F) para os dados de Cor Aparente em relação aos quatro pontos avaliados**

No Gráfico 9, a seguir, são apresentados os resultados da análise de variância (Teste F) e teste de Tukey para os dados de pH em relação aos seis períodos avaliados.



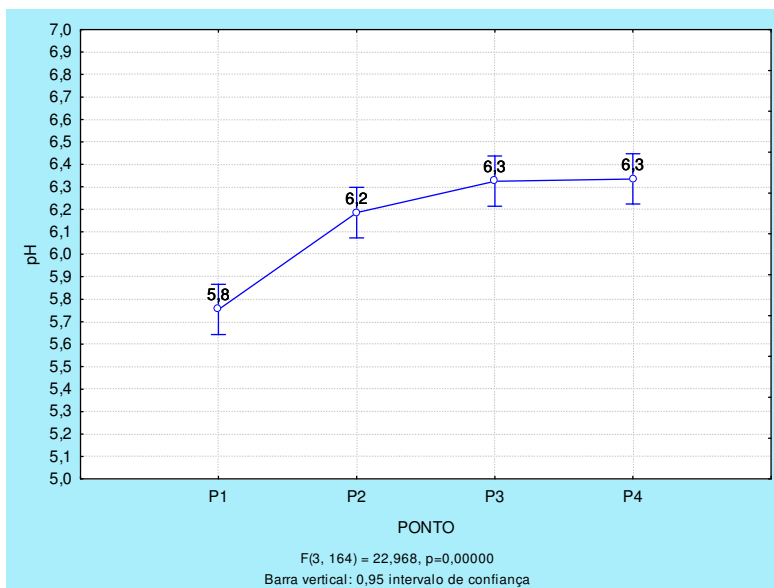
Tukey HSD test; variable pH (pH)  
Homogenous Groups, alpha = .05000  
Error: Between MSE = ,13053, df=162,00

Cell No.	Períodos	Valor Observado	1	2	3
		Mean			
4	4	5,9	a		
2	2	5,9	a		
5	5	6,1	a		
3	3	6,1	a	b	
6	6	6,3		b	c
1	1	6,6			c

**Gráfico 9 - Resultados da análise de variância (Teste F) e teste de Tukey para os dados de pH em relação aos seis períodos Avaliados**

Segundo Sperling (2005), água com pH baixo compromete o gosto, a palatabilidade e aumenta a corrosão, enquanto que águas com pH elevado comprometem a palatabilidade, aumentam a formação de crustrações e diminuem a eficiência da desinfecção por cloração.

No Gráfico 10, a seguir, são apresentados os resultados da análise de variância (Teste F) para os dados de pH em relação aos quatro pontos avaliados. Observou-se que o ponto 1 foi o que apresentou maior diferença significativa entre os pontos.



Tukey HSD test; variable pH (pH)				
Homogenous Groups, alpha = .05000				
Error: Between MSE = 2213E2, df = 164,00				
Cell No.	Pontos	Valor Observado	1	2
Mean				
1	1	5,8		b
2	2	6,2	a	
3	3	6,3	a	
4	4	6,3	a	

**Gráfico 10 - Resultados da análise de variância (Teste F) para os dados de pH em relação aos quatro pontos avaliados**

Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas, o pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental.

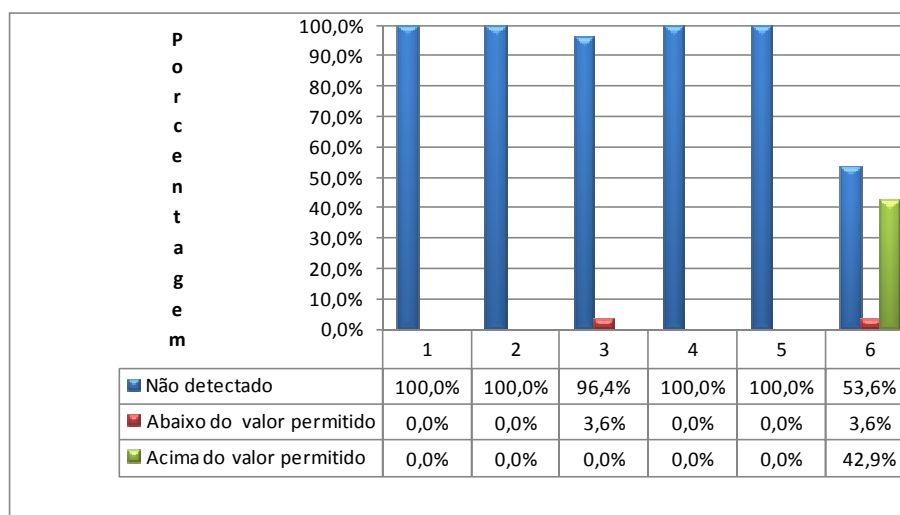
A solução alternativa individual de abastecimento de água pela adição de cloro pode ser comprometida pela presença elevada de sólidos e substâncias em suspensão, podendo levar também à formação dos subprodutos, como por exemplo, os trihalometanos.

### 5.2.3 Parâmetros Químicos - Metais

Foram realizadas análises para identificação e quantificação dos metais As, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe e Mn em amostras de água do Córrego Chapadão.

No Gráfico 11, a seguir, são apresentados os valores das concentrações de As em amostras de água coletadas nos seis períodos do córrego Chapadão - MG, em 2006, 2007 e 2008. Esses valores mostraram que no 6º período com 42,9%, as

amostras apresentaram valores acima do permitido pela Portaria do MS nº 518/04, que determina como valor máximo de As na água para consumo humano 0,01 mg L<sup>-1</sup>. Nos demais períodos, esses valores mostraram que todas as amostras analisadas encontravam-se de acordo com o VMP pela Portaria do MS nº 518/04.



**Gráfico 11 - Concentração de As em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, Município de Fortaleza de Minas - MG, investigadas em seis períodos de coletas do córrego Chapadão, em 2006, 2007 e 2008**

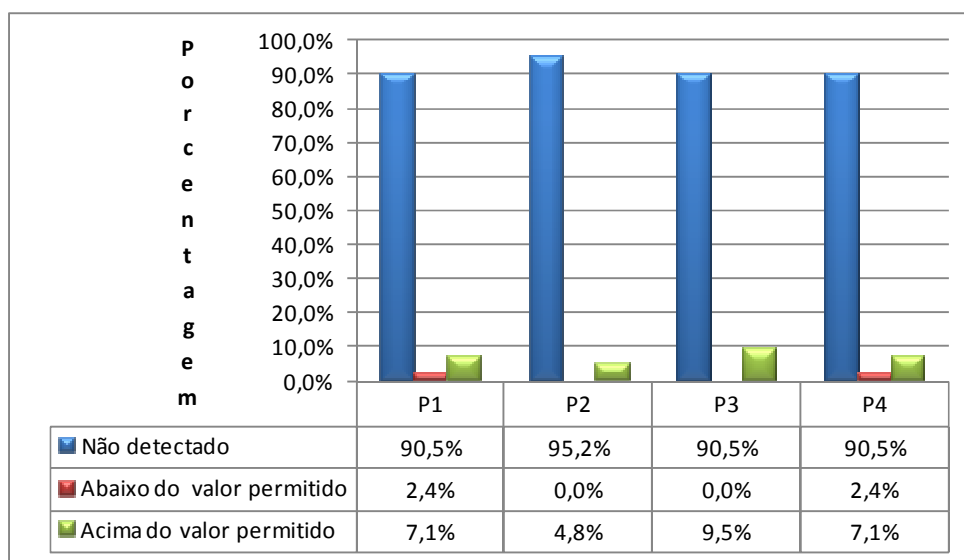
No Brasil, o herbicida arsenial orgânico, metanoarseniato ácido monossódico, nome técnico MSMA, comercialmente conhecido como Daconate, de persistência curta, é autorizado para aplicação em pós-emergência nas culturas e ervas daninhas de café, algodão, cada de açúcar, citrus e partes não agrícolas (BRASIL, 2000b).

Temos também os fertilizantes fabricados com rochas fosfáticas, que podem conter As como contaminante. O uso deste tipo de fertilizante tem aumentado os níveis de As no solo e conseqüentemente à contaminação dos lençóis freáticos (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

Por outro lado, temos a ocorrência natural do As na crosta terrestre; portanto, o ser humano está exposto diariamente a este contaminante. As atividades antropogênicas têm uma grande contribuição nos níveis ambientais de As. As principais fontes de exposição ambientais são: poeira, solo, água e alimentos (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

No Gráfico 12, a seguir, são apresentados os valores das concentrações de As em amostras de água coletadas nos 4 pontos do córrego Chapadão - MG, em

2006, 2007 e 2008. Esses valores mostraram que nos pontos 1 com 7,1%, 2 com 4,8%, 3 com 9,5% e 4 com 7,1% do 6º período de coletas, as amostras apresentaram valores acima do permitido pela Portaria do MS nº 518/04, que determina como valor máximo de As na água para consumo humano 0,01 mg L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2004b).

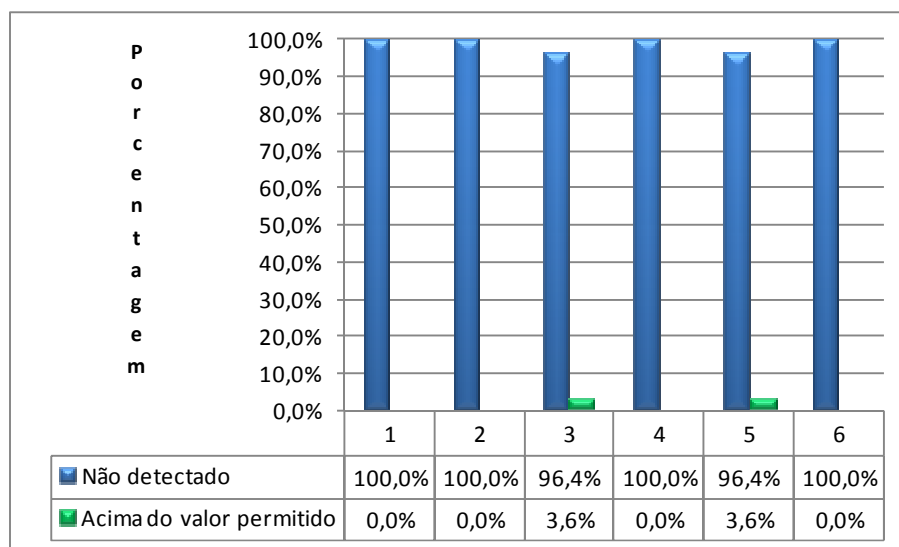


**Gráfico 12 - Concentração de As em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, Município de Fortaleza de Minas - MG, investigadas em 4 pontos de coletas do córrego Chapadão, em 2006, 2007 e 2008**

De acordo com os resultados encontrados nesta pesquisa, observou-se que em todos os pontos coletados e períodos foram identificados a presença de As na água que abastece a população do Bairro investigado. Tal fato pode estar diretamente relacionado à ocorrência natural do As na crosta terrestre e na presença também nos herbicidas e fertilizantes à base de rochas fosfáticas, que são amplamente aplicados na agricultura local.

No Gráfico 13, a seguir, são apresentados os valores das concentrações de Pb em amostras de água coletadas nos seis períodos do córrego Chapadão - MG, em 2006, 2007 e 2008. Esses valores mostraram que o Pb foi detectado em água nos 3º e 5º períodos, em 3,6% das amostras, com valores superiores ao permitido pela Portaria do MS nº 518/04, que determina como valor máximo de Pb na água para consumo humano 0,01 mg L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2004b). Nos demais períodos, esses valores

mostraram que todas as amostras analisadas encontravam-se de acordo com o VMP por essa Portaria.



**Gráfico 13 - Concentração de Pb em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, Município de Fortaleza de Minas - MG, investigadas em seis períodos de coletas do córrego Chapadão, em 2006, 2007 e 2008**

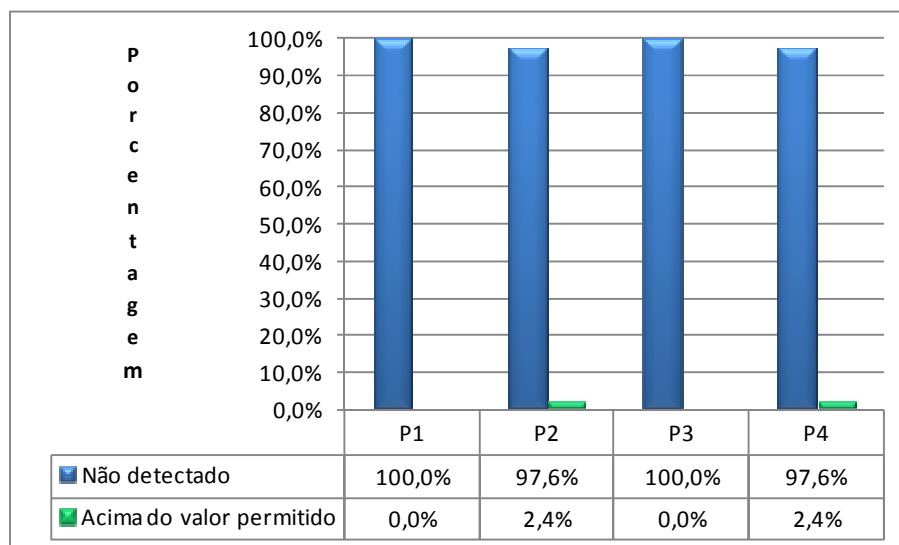
O Pb é depositado em lagos, rios e oceanos, é proveniente da atmosfera ou da lixiviação do solo, podendo ser de fontes naturais ou antropogênicas. Quando encontrado em águas superficiais pode estar complexado tanto em compostos orgânicos naturais (ácidos húmicos ou fúlvicos), como compostos de origem antropogênica (por exemplo, ácido etileno-diaminotetracético) (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2007a).

Segundo Azevedo e Chasin (2003), entre as fontes antropogênicas mais importantes, destacam-se as operações de produção e processamento do metal, além das indústrias de ferro e aço. O escoamento superficial urbano e a deposição atmosférica são fontes significativas indiretas do chumbo encontrado em ambientes aquáticos.

No Gráfico 14, a seguir, são apresentados os valores das concentrações de Pb em amostras de água coletadas nos 4 pontos do córrego Chapadão-MG, em 2006, 2007 e 2008. Esses valores mostraram que nos pontos 2 e 4 em 2,4% das amostras, do 3º período e 5º período de coletas, apresentaram valores acima do permitido pela



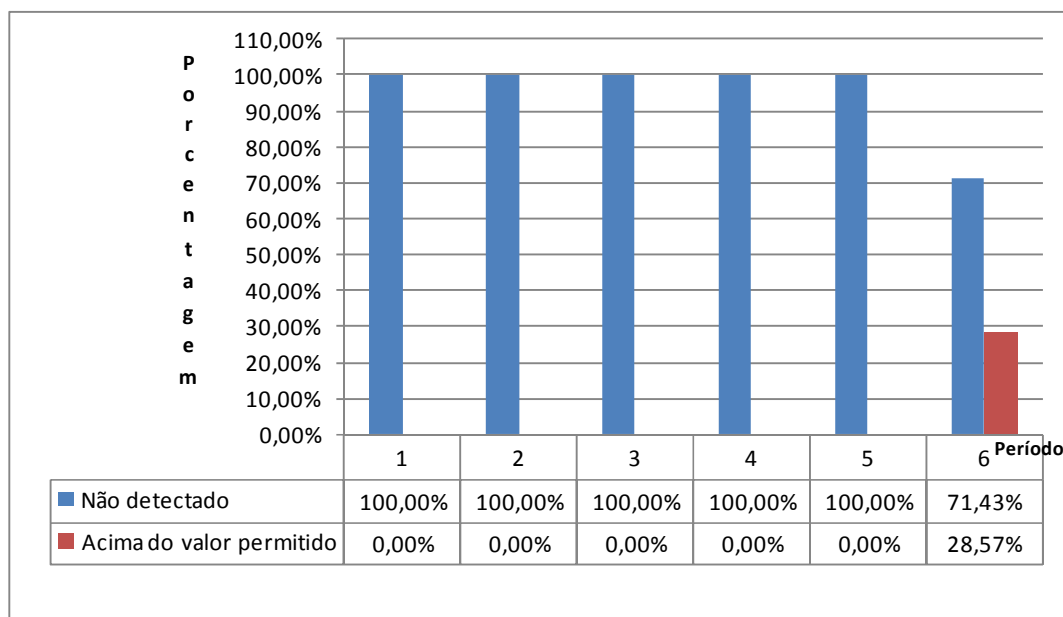
Portaria do MS nº 518/04, que determina como valor máximo de Pb na água para consumo humano  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$  (BRASIL, 2004b).



**Gráfico 14 - Concentração de Pb em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, Município de Fortaleza de Minas-MG, investigadas em 4 pontos de coletas do córrego Chapadão, em 2006, 2007 e 2008**

Elevados níveis de Pb na água para consumo humano podem ser encontrados em decorrência da corrosão plúmbica e subsequente lixiviação do metal, em tubulações feitas à base de chumbo. A combinação entre água com baixo pH e baixas concentrações de sais dissolvidos, e encanamento à base de chumbo ou com soldas do metal no sistema de distribuição, podem lixiviar quantidade substanciais de chumbo. Reservatórios, cisternas e tanques para água recobertos na superfície com chumbo podem ser as maiores fontes de contaminação pelo metal em água para consumo (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2007a).

No Gráfico 15, a seguir, são apresentados os valores das concentrações de Cr em amostras de água coletadas nos seis períodos do córrego Chapadão - MG, em 2006, 2007 e 2008. Esses valores mostraram que o Cr foi detectado em água no 6º período em 28,57% das amostras com valores superiores ao permitido pela Portaria do MS nº 518/04, que determina como valor máximo de Cr na água para consumo humano  $0,05 \text{ mg L}^{-1}$  (BRASIL, 2004b). Nos demais períodos, esses valores mostraram que todas as amostras analisadas encontravam-se de acordo com o VMP por essa Portaria.



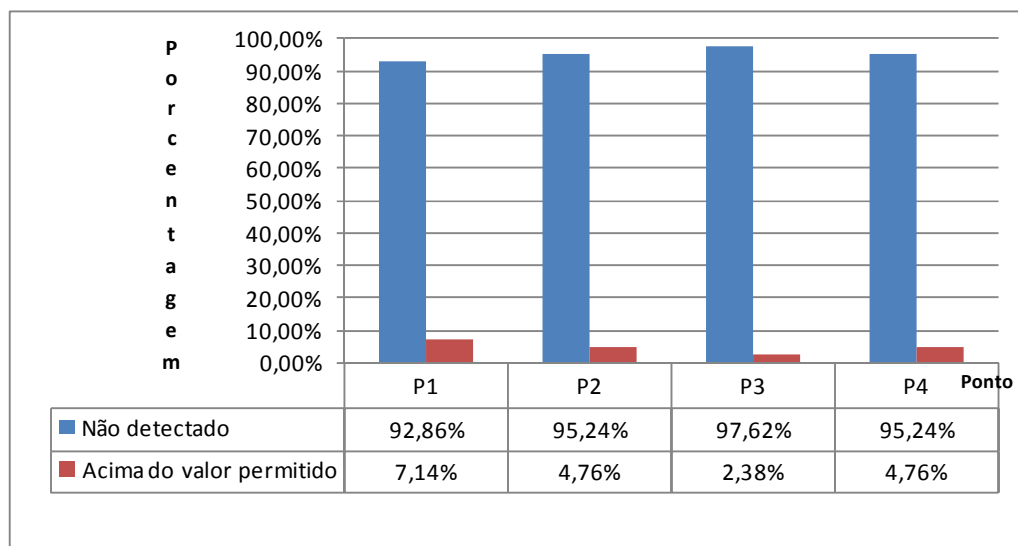
**Gráfico 15 - Concentração de Cr em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, Município de Fortaleza de Minas, investigadas em seis períodos de coletas do córrego Chapadão-MG, em 2006, 2007 e 2008**

O Cr é um elemento geralmente abundante na crosta terrestre. Entre as formas naturais de contaminação ambiental estão os incêndios florestais e as erupções vulcânicas. Em áreas onde ocorre o depósito significativo de cromo, as fontes de água podem apresentar concentrações superiores a  $50 \mu\text{g L}^{-1}$ , valores estes que ultrapassam os padrões nacionais e internacionais para água potável (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2008a).

As principais fontes antropogênicas de contaminação por Cr são emissão decorrentes da fabricação de cimento; construção civil, devido aos resíduos provenientes do cimento; soldagem de ligas metálicas; fundições; manufatura do aço e ligas; indústria de galvanoplastia; lâmpadas; minas; lixos urbanos e industriais; incineração de lixo; cinzas de carvão; curtumes; preservativos de madeiras e fertilizantes (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2008a; HAZARDOUS SUBSTANCES DATA BANK, 2000b).

No Gráfico 16, a seguir, são apresentados os valores das concentrações de Cr em amostras de água coletadas nos 4 pontos do córrego Chapadão - MG, em 2006, 2007 e 2008. Esses valores mostraram que nos pontos 1 com 7,14%; 2 com 4,76%; 3 com 2,38%, e, 4 com 4,76% do 6º período de coletas, as amostras

apresentaram valores acima do permitido pela Portaria do MS nº 518/04, que determina como valor máximo de Cr na água para consumo humano 0,05 mg L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2004b).



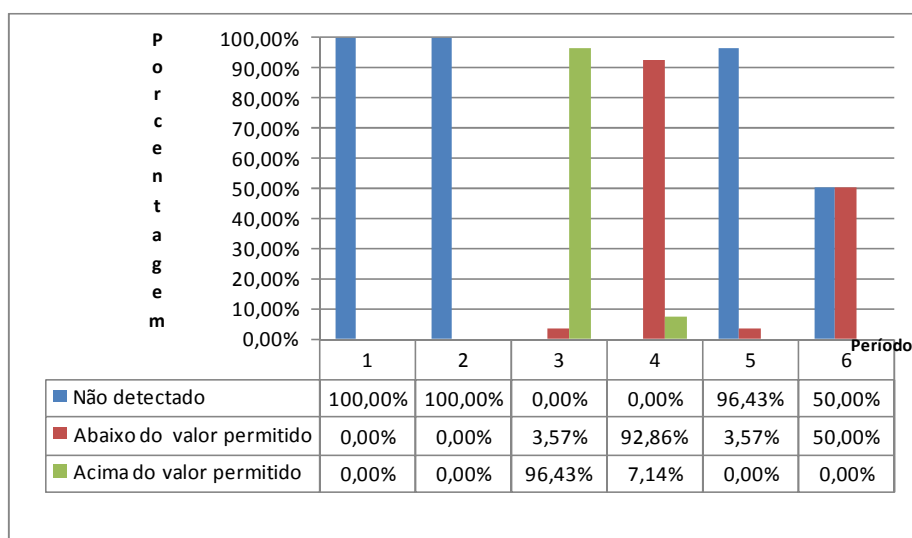
**Gráfico 16 - Concentração de Cr em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, Município de Fortaleza de Minas-MG, investigadas em 4 pontos de coletas do córrego Chapadão, em 2006, 2007 e 2008**

Segundo Hazardous Substances Data Bank (2000b), com relação à contaminação das águas, é possível constatar que a maioria do Cr pode estar na forma de material particulado em água superficial, ou depositados nos sedimentos. Algumas partículas podem permanecer como matéria suspensa e posteriormente ser depositadas nos sedimentos. A maioria dos compostos solúveis de cromo, em água de superfície, pode estar presente, como cromo hexavalente, e uma pequena parte como cromo (III), em complexos orgânicos, sendo o cromo hexavalente mais estável na água do mar. O Cr hexavalente pode, entretanto, ser reduzido a cromo (III), por matérias orgânicas presentes na água e pode, eventualmente, depositar-se no sedimentos.

Desta forma, as principais fontes antropogênicas que contaminam as águas superficiais e profundas são as operações de galvanoplastia, indústria de tingimento de couro e manufatura de tecidos. A deposição de partículas de Cr presentes no ar atmosférico é também uma fonte de exposição significativa, ainda que não identificável (HAZARDOUS SUBSTANCES DATA BANK, 2000b).

No Gráfico 17, a seguir, são apresentados os valores das concentrações de Fe em amostras de água coletadas nos seis períodos do córrego Chapadão - MG, em 2006, 2007 e 2008. Esses valores mostraram que no 3º período com 96,43% e 4º período com 7,14%, as amostras apresentaram valores acima do máximo permitido pela Portaria do MS nº 518/04, que determina como valor máximo de Fe na água para consumo humano 0,3 mg L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2004b). Nos demais períodos, esses valores mostraram que todas as amostras analisadas encontravam-se de acordo com o VMP pela Portaria do MS nº 518/04.

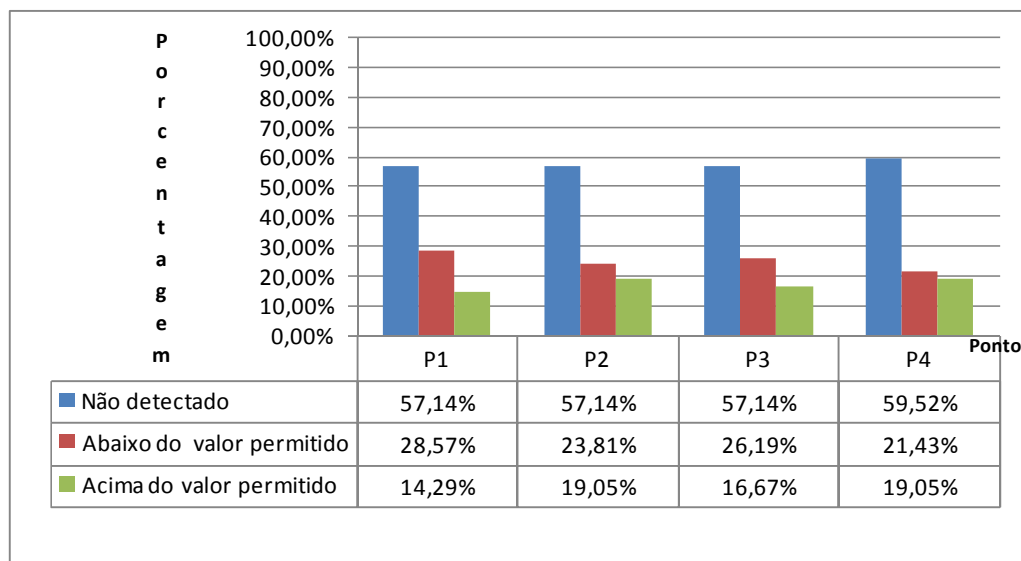
Dessa forma, esse limite é estabelecido em função de problemas estéticos relacionados à presença do ferro na água e do sabor ruim que o ferro lhe confere.



**Gráfico 17 - Concentração de Fe em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, Município de Fortaleza de Minas - MG, investigadas em seis períodos de coletas do córrego Chapadão, em 2006, 2007 e 2008**

O Fe é o elemento telúrico mais abundante, compondo 30% da massa total do planeta. Constitui 80% do núcleo e é o quarto elemento mais abundante da crosta terrestre, depois do oxigênio, silício e alumínio. Ao lado do alumínio é o mais importante elemento metálico no ambiente terrestre. Uma pequena parte ocorre no estado livre (sendo de origem meteórica), mas a maior parte aparece combinada com oxigênio, silício ou enxofre. Quase todas as rochas e solos contêm pelo menos traços de ferro (HAZARDOUS SUBSTANCES DATA BANK, 2000c).

No Gráfico 18, a seguir, são apresentados os valores das concentrações de Fe em amostras de água coletadas nos 4 pontos do córrego Chapadão - MG, em 2006, 2007 e 2008. Esses valores mostraram que nos pontos 1 com 14,29%; 2, com 19,05%; 3, com 16,67%, e, 4 com 19,05%, as amostras apresentaram valores acima do permitido pela Portaria do MS nº 518/04, que determina como valor máximo de Fe na água para consumo humano  $0,3 \text{ mgL}^{-1}$  BRASIL, 2004b).

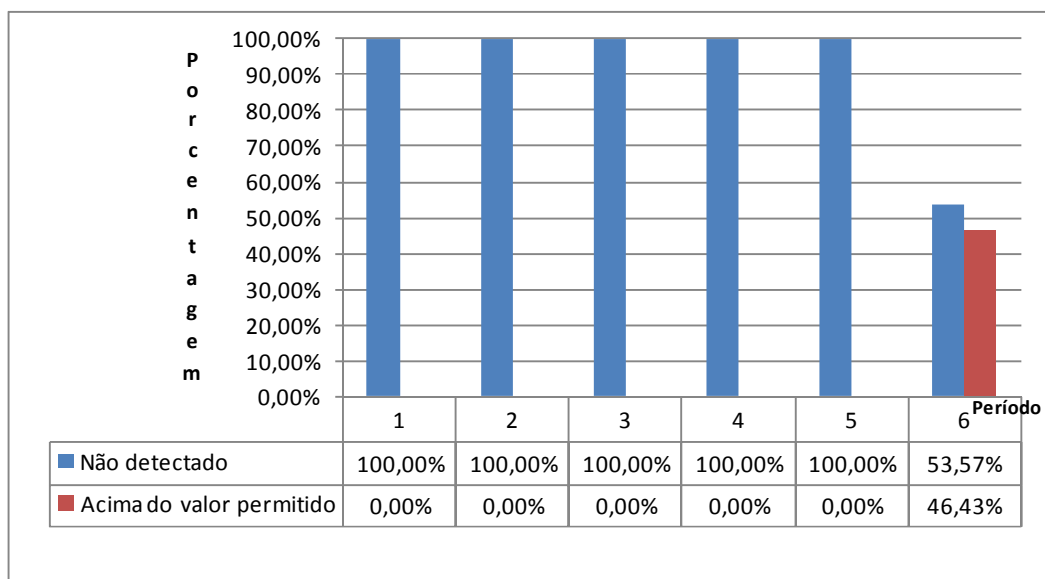


**Gráfico 18 - Concentração de Fe em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, Município de Fortaleza de Minas - MG, investigadas em 4 pontos de coletas do córrego Chapadão, em 2006, 2007 e 2008**

Quanto à objeção da presença de ferro na água para consumo humano, não é devido a razões de saúde; sua presença está relacionada à alteração de cor, de paladar e de odor. Essas alterações no padrão da água potável são devidas ao crescimento de organismos filamentosos que utilizam compostos de ferro na obtenção de energia para seu crescimento, como por exemplos as espécies *Gallionella* e *Leptothrix* (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2004; DEZUANE, 1997)

No Gráfico 19, a seguir, são apresentados os valores das concentrações de Mn em amostras de água coletadas nos seis períodos do córrego Chapadão - MG, em 2006, 2007 e 2008. Esses valores mostraram que no 6º período com 46,43%, as amostras apresentaram valores acima do permitido pela Portaria do MS nº 518/04, que determina como valor máximo de Mn na água para consumo humano  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$

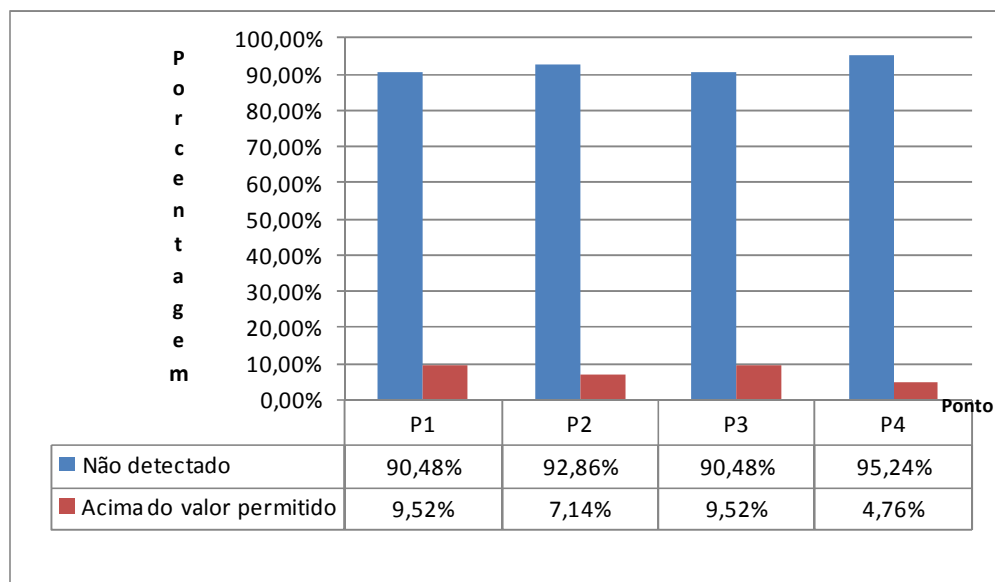
(BRASIL, 2004b) . Nos demais períodos, esses valores mostraram que todas as amostras analisadas encontravam-se de acordo com o VMP por essa Portaria.



**Gráfico 19 - Concentração de Mn em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, município de Fortaleza de Minas-MG, investigadas em seis períodos de coletas do córrego Chapadão, em 2006, 2007 e 2008**

O Mn é um elemento amplamente distribuído na crosta terrestre, água e atmosfera, sob a forma particulada. Também está presente em minérios, como minério de ferro, no qual sua concentração varia de 50-350 g/Kg (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2008c).

No Gráfico 20, a seguir, são apresentados os valores das concentrações de Mn em amostras de água coletadas nos 4 pontos do córrego Chapadão - MG, em 2006, 2007 e 2008. Esses valores mostraram que nos pontos 1, com 9,52%; 2, com 7,14%; 3, com 9,52%, e, 4 com 4,76% do 6º período de coleta, as amostras apresentaram valores acima do permitido pela Portaria do MS nº 518/04, que determina como valor máximo de Mn na água para consumo humano 0,1 mg L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2004b).



**Gráfico 20 - Concentração de Mn em água utilizada para consumo humano pela comunidade rural do bairro Chapadão, município de Fortaleza de Minas - MG, investigadas em 4 pontos de coletas do córrego Chapadão, em 2006, 2007 e 2008**

A presença de Mn na água é derivado do solo e das pedras. No oceano, o metal é encontrado principalmente na forma de dióxido, o qual é produzido a partir dos sais, por algumas espécies de bactérias comuns no solo e no lodo oceânico. O material particulado suspenso nas águas pode conter concentrações apreciáveis de Mn (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2008c).

O transporte e a degradação do Mn na água são controlados pela solubilidade dos compostos presentes. Em geral, em pH 4-7 predomina a forma Mn (II), que está associada a carbonato, o qual possui solubilidade relativamente baixa. Isto pode ser controlado pela presença de óxidos de Mn e o metal pode ser convertido a outros estados de oxidação (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2008c).

Em águas extremamente reduzidas, a degradação do Mn tende a ser controlada pela formação de sulfetos, pobremente solúveis. Em águas mais profundas, com baixos níveis de oxigênio, o Mn (IV) pode ser reduzido quimicamente, ou pela ação bacteriana, ao estado de oxidação mn (II). O Mn divalente é a principal forma de manganês na água, a não ser que ocorra oxidação a pH > 8-9 (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2008c).

Para identificação e quantificação dos metais As, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe e Mn, foram realizadas análises em amostras de sedimentos do Córrego Chapadão.

Quanto à presença de metais em sedimentos, não há valores orientadores de referência na legislação nacional. O que tem sido utilizado nos estudos nessas áreas é a interlocução baseada nas pesquisas acadêmicas indexadas. No estado de São Paulo, vem sendo desenvolvido o projeto QualiSed, pelas Universidades Federal de São Carlos – UFSCar, Universidade de Campinas – UNICAMP e Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB, para a definição de Valores-Guia de Qualidade de Sedimentos – VGQS para metais, estando em vias de sua conclusão e edição oficial no estado (SILVÉRIO, 2003).

Para suprir esta carência, a CETESB, aprovou, provisoriamente, novos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo em 2005 (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2005).

Os VGQS são valores de concentrações de elementos químicos que servem de referência para avaliação da qualidade dos sedimentos, em relação à sua toxicidade para a biota (CHAPMAN, 2002). Por outro lado, os níveis de metais pré-existentes ou pré-industriais, conhecidos como *background*, dependem da geologia local, e, portanto, devem ser determinados regionalmente.

Na Tabela 5, a seguir, estão apresentados as concentrações dos metais As, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe e Mn nas análises das amostras de sedimentos coletadas em seis períodos, do córrego Chapadão-MG, nos anos de 2006, 2007 e 2008.

**Tabela 1 – Concentração dos metais As, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe e Mn em dois pontos de coleta de sedimentos do córrego Chapadão-MG, em 2006, 2007 e 2008**

Data	Ponto de Coleta	As*	Cd*	Pb*	Cu*	Cr*	Fe*	Mn*
21 a	P1	nd	Nd	nd	nd	nd	8,57	nd
27/9/2006	P2	nd	Nd	nd	nd	nd	23,30	nd
27/11/2006								
a	P1	nd	Nd	nd	nd	nd	26,20	nd
3/12/2006	P2	nd	Nd	nd	nd	nd	40,63	nd
17 a	P1	nd	Nd	0,34	0,01	nd	31,20	nd
23/1/2007	P2	nd	Nd	0,17	nd	nd	60,33	0,18
11/3/2007 a	P1	nd	Nd	nd	nd	nd	30,31	nd
17/3/2007	P2	nd	Nd	nd	nd	nd	40,79	nd
15 a	P1	nd	Nd	nd	nd	nd	30,20	nd
21/7/2007	P2	nd	Nd	nd	nd	nd	50,23	nd
17 a	P1	0,86	Nd	nd	nd	2,67	10,28	nd
23/1/2008	P2	0,64	Nd	nd	nd	1,50	44,36	0,58

\* mg L<sup>-1</sup>



Os Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo, para os metais investigados nesta pesquisa, determinam as seguintes concentrações para os metais: As  $15 \text{ mg kg}^{-1}$ , Cd  $1,3 \text{ mg kg}^{-1}$ , Cr  $75 \text{ mg kg}^{-1}$ , Pb  $72 \text{ mg kg}^{-1}$ , Cu  $60 \text{ mg kg}^{-1}$  (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2005).

De acordo com esses Valores Orientadores, os metais investigados As, Cr, Cu, Cd e Pb apresentaram uma concentração bem abaixo dos VMP. Para os metais Fe e Mn, não existe valores orientadores (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2005).

#### 5.2.4 Validação do método para análise dos agrotóxicos $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam e metalaxil

A validação do método para identificação e quantificação dos agrotóxicos  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam e metalaxil apresentou os resultados a seguir.

##### 5.2.4.1 Seleção do comprimento de onda utilizado em HPLC-UV

Obteve-se o espectro de absorção do padrão do endossulfam e do metalaxil ambos na concentração  $10 \text{ mg L}^{-1}$  (Figuras 7 e 8), na região de 200 a 800 nm. O comprimento de onda correspondente à absorção máxima do analito em estudo, que foi selecionado para determinação analítica empregando-se um cromatógrafo em fase líquida com detector de UV-Vis, foi de  $214 \pm 2 \text{ nm}$ , como pode-se observar nas Figuras 5 e 6.

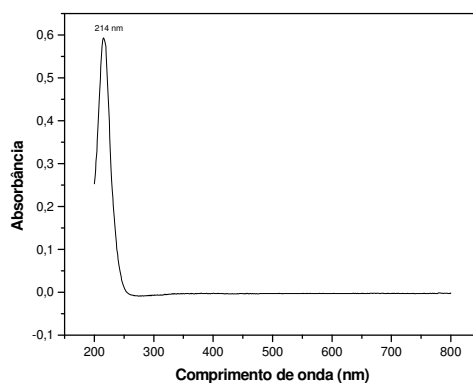


Figura 7 – Espectro de UV do  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam, 2009

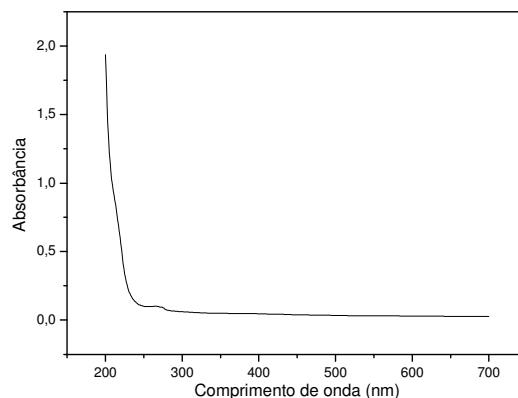
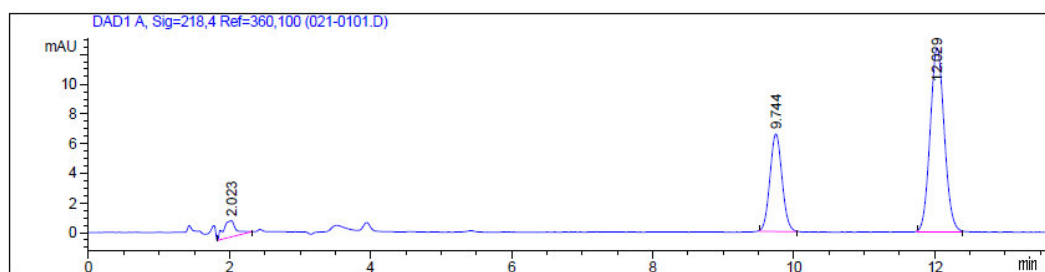
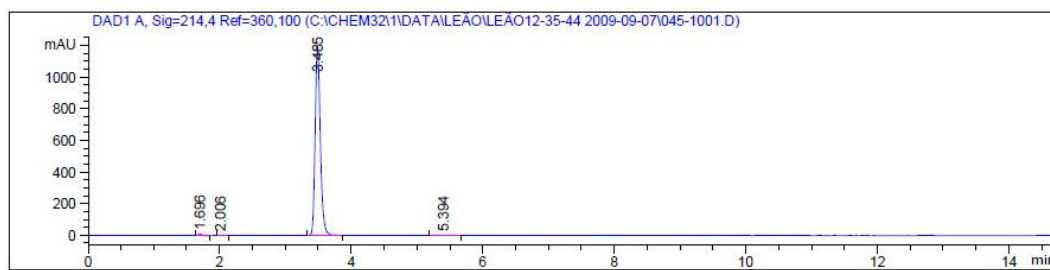


Figura 8 – Espectro de UV do padrão do metalaxil, 2009

Nas Figuras 9 e 10, a seguir, são apresentados os cromatogramas dos padrões do endossulfam e metalaxil. Diversas condições foram testadas para se obter uma boa separação e resolução dos picos referentes ao  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam e metalaxil. A melhor condição foi acetonitrila/água 75/25 (v/v), tempo de retenção do  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam foram respectivamente 9,744 e 12,029 minutos e do metalaxil 3,50 minutos.

Verifica-se pelos cromatogramas das Figuras 9 e 10 que os picos cromatográficos referentes ao  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam e metalaxil estão bem definidos.

Figura 9 – Cromatograma do padrão do  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam de 10 mg L<sup>-1</sup>, 2009Figura 10 – Cromatograma do padrão do metaxil 100 mg L<sup>-1</sup>

### 5.2.4.2 Linearidade das curvas analíticas, a ser usada para determinação do $\alpha$ e $\beta$ endossulfam e do metalaxil em água para consumo humano do córrego Chapadão

A linearidade é a região do sistema de detecção no qual o sinal do detector é diretamente proporcional à concentração do analito.

Para determinar a região linear como resposta analítica do detector para o  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam estudada, no intervalo de 1 a 10 mg L<sup>-1</sup>, foi construída uma curva analítica, no eixo y área do pico cromatográfico e no eixo x a respectiva concentração do  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam. No caso do metalaxil, a curva analítica foi construída no intervalo de 0,5 a 5 mg L<sup>-1</sup>.

Nas figuras 11e 12 encontram-se apresentadas as curvas analíticas para o  $\alpha$  e  $\beta$  endossulfam e metalaxil, nas Tabelas 6 e 7, estão apresentadas as áreas dos picos obtidos em função da concentração, equação de regressão linear e o coeficiente de correlação ( r ) da curva analítica para o  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam e metalaxil.

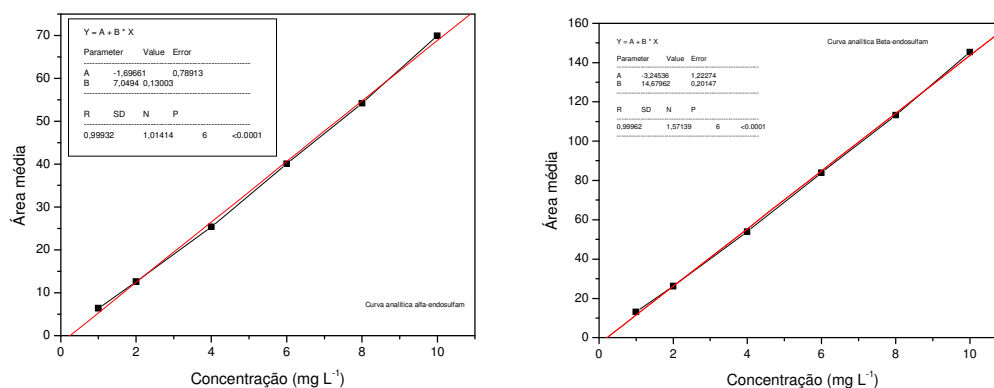


Figura 11 – Curvas analíticas para  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam, 2009

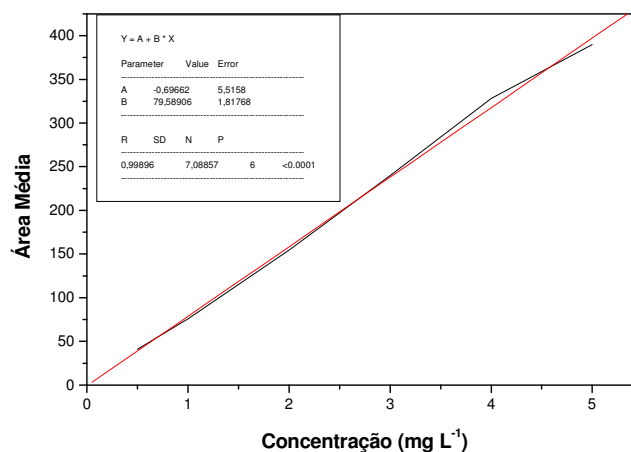


Figura 12 – Curva analítica para metalaxil

**Tabela 6 – Concentrações de  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam empregadas, área média, equação de regressão linear e coeficiente de correlação ( r ), 2009**

Concentração do $\alpha$ endossulfam $\text{mg L}^{-1}$	Área média	Equação de regressão linear	Coeficiente de correlação
1	6,33827	$y = -1,69661 + 7,0494x$	$r = 0,99932$
2	12,56432		
4	25,36192		
6	40,04709		
8	54,14447		
10	69,89707		
Concentração do $\beta$ endossulfam $\text{mg L}^{-1}$	Área média	Equação de regressão linear	Coeficiente de correlação
1	13,06355	$Y = -3,24536 + 14,67962x$	$r = 0,99962$
2	26,13252		
4	53,95850		
6	83,87006		
8	113,2536		
10	145,3178		

**Tabela 7 - Concentração de metalaxil empregada, área média, equação de regressão linear e coeficiente de correlação ( r ), 2009**

Concentração do metalaxil ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Área média	Equação de regressão linear	Coeficiente de correlação
0,5	41,06168	$Y = -0,69662 + 79,58906X$	0,99896
1,0	75,96923		
2,0	154,75563		
3,0	239,76588		
4,0	328,30237		
5,0	389,59586		

Analisando-se as Figura 11 e 12 e as Tabelas 6 e 7, observou-se que as curvas analíticas, obtidas para  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam (Figura 9) e metalaxil (Figura 10), foram lineares, apresentando coeficiente de correlação ( $r$ ) superior a 0,99. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa recomenda um coeficiente de correlação ( $r$ ) igual a 0,99 e o Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial – InMetro recomenda coeficiente de correlação ( $r$ ) acima de 0,90 (BRASIL, 2003b, 2003c, 2007; SANCHES et al., 2007a). Os  $r$  obtidos neste estudo são considerados satisfatórios, demonstrando que a resposta do detector foi linear, nos intervalos de concentração empregados nesta pesquisa.

#### **5.2.4.3 Sensibilidade da técnica analítica para a determinação $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam presente em amostras de água para consumo humano**

Do ponto de vista prático, a sensibilidade é o coeficiente angular da curva analítica. Segundo Ribani, Collins e Bottoli (2007), uma técnica sensível é aquela que uma pequena diferença de concentração do analito causa uma grande variação no valor do sinal analítico.

Da equação da reta, pôde-se estimar a sensibilidade da técnica, definida como  $dy/dx$ , que apresentou o valor de 7,0494 para o  $\alpha$ -endossulfam e  $\beta$ -endossulfam de 14,67962. Observou-se que o  $\beta$ -endossulfam possui uma maior sensibilidade em relação ao  $\alpha$ -endossulfam, que é considerado como de sensibilidade alta. Porém, a técnica não é tão sensível a esses compostos. Analisando-se o coeficiente angular obtido para o pesticida metalaxil 79,58906, e comparando com o obtido para o  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam, verifica-se que o metalaxil possui maior sensibilidade no comprimento de onda estudado.

#### **5.2.4.4 Limite de Detecção do método para a determinação do $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam e do metalaxil**

O termo limite de detecção é um dos parâmetros usados para se escolher um determinado método analítico. Considera-se, inicialmente, a incorporação de duas variáveis: a magnitude do sinal analítico e a linha de base com o respectivo ruído para dar a indicação de uma concentração de um elemento possível de ser medido (RIBANI; COLLINS; BOTTOLI, 2007). O limite de detecção é a menor

quantidade do analito detectável nas condições experimentais estabelecidas pela metodologia, não necessariamente quantificada como valor exato. Corresponde à concentração produtora de sinal medido de três vezes a altura do nível do ruído médio medido.

O limite de detecção do método encontrado neste estudo foi de  $0,4 \text{ mg L}^{-1}$  para o  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam.

A estimativa foi feita com base na relação de que a altura do pico do analito deve ser em torno de três vezes a altura do ruído da linha de base, na região aproximada do tempo de retenção do  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam, conforme observado a seguir na Figura 13.

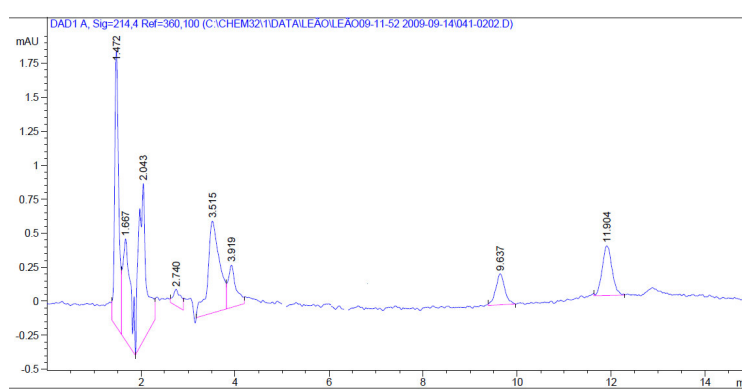


Figura 13 – Cromatograma do limite de detecção do  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam a  $0,4 \text{ mg L}^{-1}$ , 2009

Para o metalaxil, o limite de detecção do método encontrado foi de  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ .

Na Figura 14, a seguir, é apresentado o cromatograma do limite de detecção do método para o metalaxil.

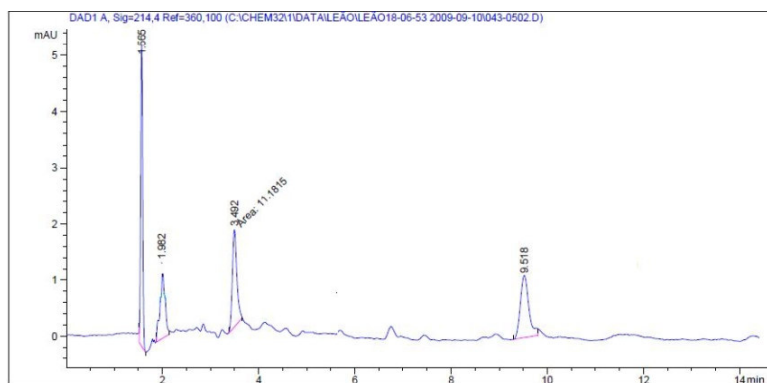


Figura 14 - Cromatograma do limite de detecção do metalaxil a  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$

### 5.2.4.5 Limite de quantificação do método para a determinação do $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam e do metalaxil

O limite de quantificação corresponde à menor quantidade do analito passível de quantificação, com exatidão e fidelidade determinada nas condições experimentais determinadas. Ele pode ser estimado por meio do sinal/ruído, do desvio padrão e por processos estatísticos. O limite de quantificação, encontrado neste trabalho, para a determinação do  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam foi de  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ . Na Figura 15 a seguir está apresentado o cromatograma do limite de quantificação.

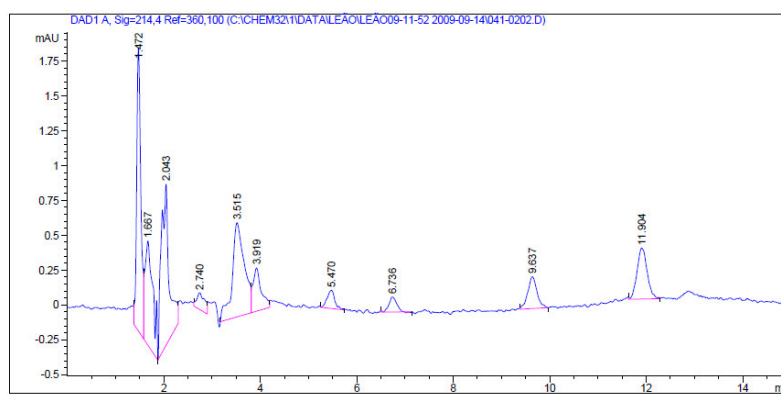


Figura 15 – Cromatograma do limite de quantificação do método para  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam a  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ , 2009

O limite de quantificação do metalaxil foi determinado utilizando a relação altura do ruído em relação a altura do pico correspondente ao metalaxil. O limite de quantificação determinado foi de  $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ . Na Figura 16 a seguir encontra-se apresentado o cromatograma do metalaxil na concentração de  $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ .

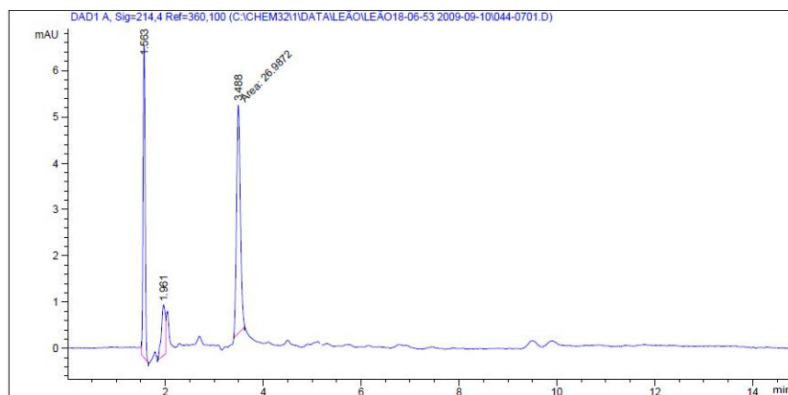


Figura 16 – Cromatograma obtido para o limite de quantificação do metalaxil,  $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ , 2009

### 5.2.4.6 Precisão do método para determinação do $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam

A precisão, em validação de métodos analíticos, é considerada em três diferentes níveis, sendo: repetibilidade, precisão intermediária e reprodutividade.

Nesta pesquisa, a precisão do método foi avaliada por meio da repetibilidade. A repetibilidade mostra a concordância entre os resultados de medidas sucessivas de um mesmo método, efetuadas sob as mesmas condições, chamadas condições de repetibilidade: mesmo procedimento, mesmo analista, mesmo instrumento usado sob as mesmas condições, mesmo local, repetições em um curto intervalo de tempo (RIBANI; COLLINS; BOTTOLI, 2007). A International Conference on Harmonization (1996) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2003c) sugerem que a repetibilidade seja verificada, a partir de um mínimo de nove determinações, cobrindo o limite especificado no procedimento empregado, três níveis, três repetições para cada um, ou a partir de um mínimo de seis determinações a uma concentração similar ao valor esperado (BRASIL, 2003c; RIBANI; COLLINS; BOTTOLI, 2007).

A precisão por meio do coeficiente de variação (CV) dos resultados obtidos ( $n=9$ ), ao nível de repetibilidade, sendo, portanto, feita em um curto intervalo de tempo. Na Figura 17 a seguir, encontra-se a curva analítica usada para o estudo da precisão e na Tabela 8 encontra-se os resultados da precisão.

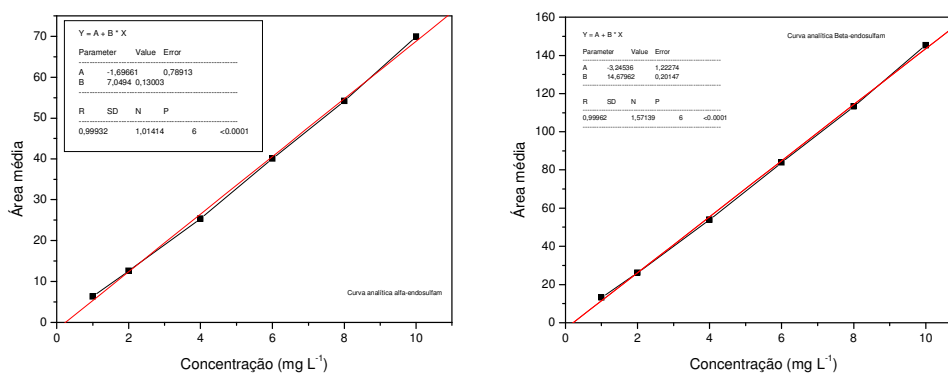


Figura 17 – Curva analítica para  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam usada para estudo da precisão, 2009



**Tabela 8 – Resultados da precisão do método para a determinação do  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam em água para consumo humano, 2009**

Composto	Concentração	Concentração média	CV (%)
	adicionada ( $\text{mg L}^{-1}$ )	obtida ( $\text{mg L}^{-1}$ )	
$\alpha$ -endossulfam	1,5	1,63	0,525075
	4,5	4,35	0,829332
	8,5	8,07	0,025549
$\beta$ – endossulfam	1,5	2,94	0,905167
	4,5	8,46	0,224094
	8,5	15,95	0,191021

Para o estudo da precisão, os intervalos dos coeficientes de variação são considerados adequados até  $\pm 20\%$ , dependendo da complexidade da amostra.

Nesta pesquisa os coeficientes de variação variaram de 0,025549 a 0,905167 (Tabela 8), sendo, portanto, considerados precisos e dentro da faixa aceitável para a validação de métodos analíticos.

#### 5.2.4.7. Ensaio de recuperação para o $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam

A Tabela 9 apresenta a porcentagem de recuperação do  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam em água, para os três níveis de fortificação estudados: 0,02; 4,5; e 7,5, e também para o metalaxil foram 0,020 e 2,5  $\text{mg L}^{-1}$ . Os ensaios de recuperação foram feitos em quintuplicata.

**Tabela 9 – Porcentagem de recuperação do  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam, e também do metalaxil em água para consumo humano, 2009**

Agrotóxicos	Nível de fortificação ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Recuperação (%)	Covariância CV (%)
$\alpha$ -endossulfam	0,020	83,49 (84,90-82,08)	1,25
$\beta$ -endossulfam		78,25 (84,30-72,20).	3,56
$\alpha$ -endossulfam		88,46 (77,80-99,11)	9,87
$\beta$ -endossulfam	4,50	88,90 (81,12 - 88,67)	7,56
$\alpha$ -endossulfam		96,00 (94,38 - 97,59)	2,30
$\beta$ -endossulfam	7,50	92,70 (91,95 – 93,47)	0,53
metalaxil	0,020	84,00 ( 88,80-79,20)	4,74
metalaxil	2,50	88,58 (83,28 – 93,87)	13,68

Analisando-se a Tabela 9, observou-se que houve uma boa recuperação, indicando que o método utilizado é adequado para análise do  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam e metalaxil em água para consumo humano. Os valores aceitáveis de recuperação para análise de resíduos são de 70 a 120%, ou, em caso de complexidade de amostra, a faixa de recuperação aceita é de 50 a 120% (BRASIL, 2003b, 2003c, 2007; RIBANI; COLLINS; BOTTOLI, 2007).

Os valores de recuperação, encontrados neste estudo, estão na faixa dos valores aceitáveis. As porcentagens de recuperação obtidas evidenciaram que o método pode ser considerado preciso e dentro da faixa aceitável para a validação de métodos analíticos.

#### 5.2.4.8 Resultados das determinações de $\alpha$ e $\beta$ -endossulfam e metalaxil em amostras de água para consumo humano coletadas no córrego Chapadão

Todas as amostras, antes das análises, foram pré concentradas em colunas de extração em fase sólida C18 em 200 vezes. Este procedimento foi feito em triplicata.

Analisando-se as amostras de água: ponto 1, 2, 3 e 4 do córrego Chapadão, não foram detectadas a presença do  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam e metalaxil. Na Figura 18 encontra-se o cromatograma originado de amostra de água do ponto 1 do córrego Chapadão.

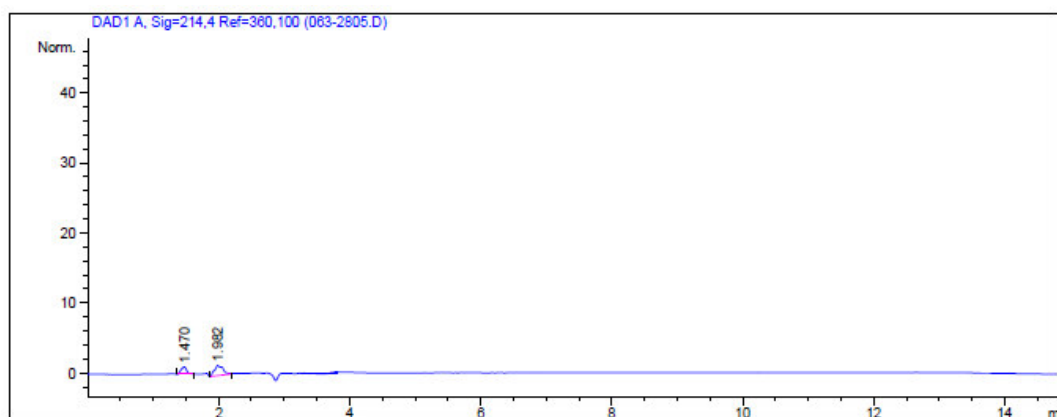


Figura 18 – Cromatograma originado de amostra de água do ponto 1 do córrego Chapadão, 2009

Analisando-se o cromatograma da Figura 16 observou-se que não há nenhum pico referente aos agrotóxicos,  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam no método desenvolvido, cujos

tempo de retenção são respectivamente 9,744 e 12,029 minutos, também não há a presença do pico do metalaxil 3,50 min.

A preocupação com a contaminação de sistemas aquáticos superficiais e subterrâneos por agrotóxicos tem crescido no meio científico. Estudos desenvolvidos em algumas regiões do mundo têm mostrado que a porcentagem dos produtos utilizados na agricultura que atingem os ambientes aquáticos é geralmente baixa (JURY et al., 1987; SOLOMON et al., 1996). Entretanto, agrotóxicos persistentes e com grande mobilidade no ambiente têm sido detectados em águas superficiais e subterrâneas (BUSER, 1990).

A concentração da maioria dos agrotóxicos em água é baixa, devido ao fato de serem geralmente pouco solúveis em água. No entanto, isso não exclui a possibilidade de que elevadas concentrações de agrotóxicos venham a ocorrer depois de pesadas chuvas, especialmente quando as áreas ao redor de um pequeno córrego tenham sido recentemente tratadas com altas doses de agrotóxicos, como ocorre, geralmente, durante o preparo do solo para cultivo, mesmo em baixas concentrações, os agrotóxicos representam riscos para algumas espécies de organismos aquáticos que podem concentrar esses produtos por até 1000 vezes. De acordo com Eichelberger e Lichtenberg, (1971), não há nível seguro previsível para agrotóxicos em água quando pode ocorrer biomagnificação.

Segundo Aharonson et al. (1987), os fatores que influenciam a dinâmica de agrotóxicos no ambiente mostram que é grande o grau de dificuldade na avaliação de riscos de contaminação de ambientes aquáticos decorrente do uso dessas substâncias, dada a grande quantidade de processos envolvidos nessa dinâmica. Entretanto, há modelos matemáticos que auxiliam nesta avaliação e modelos de “screening” que permitem uma avaliação preliminar do risco potencial em função das características das substâncias usadas e do ambiente do local em estudo.

A preocupação com a contaminação de ambientes aquáticos aumenta, principalmente, quando a água é usada para o consumo humano. A Comunidade Econômica Européia estabeleceu em  $0,1 \mu\text{g L}^{-1}$  a concentração máxima admissível de qualquer pesticida em águas destinadas para consumo humano e em  $0,5 \mu\text{g L}^{-1}$  para o total de resíduos, sem deixar claro se deve, ou não, considerar também produtos de transformação (BARCELO et al., 1993). Esse limite tem sido motivo de questionamento uma vez que não considera a toxicidade, em separado, de cada produto, e ainda, as metodologias analíticas disponíveis para alguns compostos não

atingem limites de detecção dessa ordem de grandeza (WALLS et al., 1996). Por outro lado, a USEPA e a OMS estabelecem níveis máximos para agrotóxicos individuais em água destinada ao consumo humano, baseados em estudos toxicológicos e epidemiológicos (BARCELO, 1993; ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 1995).

No Brasil, a Portaria do MS nº 518/04 estabelece o padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde apenas para alguns agrotóxicos organoclorados, organofosforados e carbamatos. No entanto, a legislação em vigor não contempla a maioria dos agrotóxicos em uso atualmente no país, como os inseticidas piretróides e a maioria dos herbicidas.

No entanto, como resultado da reavaliação toxicológica, a Anvisa publicou a Resolução RDC nº 28, de 9 de agosto de 2010, que dentre outras, determina a retirada programada do agrotóxico endossulfam no mercado brasileiro no prazo de 3 anos a contar de 31/07/2010. Com exclusão da monografia do ingrediente ativo endossulfam para todas as culturas, do modo de aplicação aérea e do modo de aplicação manual/costal; do uso para o controle de formigas e como preservativo de madeira.

É importante enfatizar que há, ainda hoje, muita controvérsia com relação aos efeitos tóxicos crônicos dos agrotóxicos para o ser humano, principalmente quando consumidos em baixas doses ao longo de toda uma vida. Revelando-nos a necessidade de desenvolver estudos sobre a presença de resíduos no ambiente e seus efeitos sobre a saúde.

Essa relação somente poderá ser confirmada com uma avaliação mais aprofundada da situação identificada, levando-se em conta outras variáveis, como a correlação do período de aplicação dos agrotóxicos na lavoura, a influência sazonal e a velocidade da lixiviação do solo para o curso d'água, em função do volume de irrigação e chuvas, o que entre outros, não é objeto de estudo nesta pesquisa.

A seguir, é apresentado o perfil da condição da qualidade da água onde foi desenvolvido este estudo e dos entrevistados, seguido pela origem, captação, tratamento, armazenamento, distribuição e percepção da população em relação à qualidade da água consumida.

As entrevistas foram realizadas com 15 sujeitos adultos, o que correspondeu a um total de 79% do número total de casas do Bairro Chapadão.

### 5.3 Quanto ao perfil dos sujeitos da investigação

De acordo com as entrevistas realizadas neste estudo, verifica-se que as faixas etárias predominantes variaram de 21 a 30 anos (13,33%), de 31 a 40 anos (20%), de 41 a 50 anos (26,66%), de 51 a 60 anos (33,33 %), acima de 60 anos (6,67%), sendo a grande maioria do sexo feminino (66,67%) e ocupando a posição de mãe na família (60%).

O predomínio de entrevistas com mulheres, principalmente na área rural, já era esperado pois, historicamente, a mulher é que exerce o papel de cuidador da família, sendo mais facilmente encontrada no domicílio.

Com relação à renda mensal familiar, a maioria (44,45%) dos sujeitos da pesquisa apresentava uma renda em torno de 1 salário mínimo (valor do salário mínimo na época era de R\$510,00), sendo que 33,34% situavam-se na faixa salarial de R\$510,00 a R\$1020,00. Apenas 16,67 % (3 sujeitos possuíam renda de R\$1020,00 a R\$ 2000,00), e 5,56% um salário mensal na faixa de R\$2000 a R\$4000,00. As atividades agropecuárias representam as principais fontes de renda das famílias rurais investigadas.

A maioria das propriedades rurais do bairro investigado é de pequeno e médio porte, com renda familiar que varia de baixa a média, gerando poucas perspectivas econômicas na população residente.

Com relação à profissão dos entrevistados, 3 eram do sexo masculino e agricultores (17,65%), 10 do sexo feminino e domésticas (58,82%), 2 do sexo masculino e lavradores (11,76%), 1 do sexo masculino e cozinheiro (5,88%), e 1 do sexo masculino e motorista (5,88%). Embora, a profissão do homem do campo esteja voltada para a agricultura, neste caso, predominou a profissão da doméstica, que também contribui para o serviço na agricultura.

Quanto à origem dos moradores do bairro, segundo as informações obtidas, 100% eram de zona rural.

De acordo com o perfil do agronegócio de Minas Gerais referente ao período de 2003-2009, no Brasil, 16% da população está concentrada na Zona Rural, e 84% na área urbana. O Estado de Minas Gerais representa 10,5% da população brasileira, sendo que, 14% estão concentradas na Zona Rural e 86% na Área Urbana, ou seja, o dobro da média brasileira (MINAS GERAIS, 2009).

Dessa forma, observou-se que as origens dos moradores do bairro fazem

parte desta estatística significativa do estado de Minas Gerais.

Quanto ao tempo de residência no bairro, 46,7% dos sujeitos referiram morar há mais de 30 anos naquele local. Este dado pode significar apego ao lugar de moradia e a identidade com o bairro.

Muitos relataram, também, as transformações ambientais que o bairro sofreu durante estes trinta anos, bem como redução das matas nativas e, conseqüentemente, a redução de água do Córrego Chapadão. Alguns moradores apresentaram fotos com imagens com quedas de água (cachoeiras), que atualmente foram extintas.

Com relação às famílias dos entrevistados, verifica-se que 42,43% eram constituídas por 3 pessoas que viviam na casa, com apenas 6,06% dos sujeitos viviam sozinhos. O restante variou de 4 a 8 pessoas por residência.

Quanto ao total de moradores adultos e crianças, havia 17 adultos do sexo feminino (30,91%), 16 adultos do sexo masculino (29,09%), 10 crianças do sexo feminino (18,18%) e 12 crianças do sexo masculino (21,82%).

Com relação ao número de pessoas que estudavam no momento da coleta, foi levantado que havia 31,82% (7) eram do sexo feminino e 54,55% (12) do sexo masculino.

#### **5.4 Quanto à percepção dos sujeitos em relação às condições ambientais do local**

Todos os sujeitos, 100% dos investigados, afirmaram que tem conhecimento de como chega à água em suas casas. Quando questionados de onde vem e por onde passa, 100% afirmaram que a água que chega até suas casas vem de nascente externa à propriedade, relatando que vem do alto da Serra Chapadão, passando pelas plantações de tomates.

De modo geral, o bairro investigado tem suas economias vinculadas à agricultura e pecuária. Dessa forma, observou-se que o córrego Chapadão, da nascente até as residências dos sujeitos investigados, passa por densas áreas que são usadas para o cultivo de tomates, milho e como pastagem para gado de corte e leiteiro.

Todo cultivo de tomates no bairro investigado é realizado pelo sistema de irrigação por sulcos, que é de baixa eficiência, sendo o desperdício de água

evidente, fazendo coleta diretamente do córrego Chapadão. Atualmente, uma das maiores dificuldades da agricultura irrigada consiste na disponibilidade de água em quantidade e qualidade.

Dessa forma, o estudo de princípios básicos para a realização de um bom manejo de água e fertilizantes é imprescindível para que a agricultura irrigada possa ser sustentada pelo meio ambiente.

Observou-se na comunidade investigada, que o volume hídrico do córrego Chapadão, principalmente nos períodos de seca, não é suficiente para abastecer a irrigação das plantações de tomates e as residências dos sujeitos investigados. O grande problema enfrentado pela comunidade é a falta de água em suas residências.

Os sujeitos investigados relataram também que além da redução da quantidade da água, ocorre também a presença de muita areia, nas águas que chegam a suas residências. A presença da areia pode ser proveniente do assoreamento que o córrego Chapadão vem recebendo ao longo do seu leito, em função do desmatamento e uso inadequado do solo.

Quanto ao armazenamento da água consumida pelos sujeitos investigados, 80% afirmaram que guardam a água e 20% afirmaram que não. Sendo que a maioria (10 pessoas ou 66,67%) armazenam em caixa de amianto e 13,33 % na geladeira.

O armazenamento e o consumo de água que não recebe nenhum tipo de tratamento podem colocar em risco a saúde dos sujeitos investigados, contribuindo para a causa de doenças de veiculação hídrica. Portanto, o monitoramento da qualidade dessa água torna-se, imprescindível.

Quanto aos reservatórios, 66,67% afirmaram armazenar a água em caixa de amianto. A utilização de caixas de armazenamento de água feitas por esse tipo de material é prática comum no meio rural, pois era o material mais difundido em tempos, embora proibido desde 1997.

O amianto é o nome comercial dado a um grupo de rochas que tem como característica uma alta abrasividade e alta resistência física e térmica. Quando este material entra no sistema respiratório humano causa uma série de irritações, o que pode acarretar o desenvolvimento de câncer ou então de fibrose pulmonar, quando atinge este órgão (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPOSTOS AO AMIANTO, 2007a; SÃO PAULO, 2007).

A Associação Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC), desde 1987, classifica crisotila e outros tipos de amianto como pertencentes ao grupo I, caracterizado por apresentar evidências suficientes de carcinogenicidade em humanos (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 1997).

O amianto é considerado cancerígeno, sob todas as formas e tipos. Na França morrem, anualmente, em torno de 2.000 pessoas vítimas desta matéria-prima, sendo 40% de mesotelioma de pleura e 60% de câncer no pulmão. Esse trabalho, iniciado na França, desencadeou a lei que proibiu a partir de 01/01/1997 a importação, fabricação e venda de produtos que contenham o amianto em território francês. O que contribuiu para a diretiva da União Européia, que banuiu o amianto nos países membros (27 na atualidade) em 01/01/2005 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPOSTOS AO AMIANTO, 2007b; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2006a).

No Brasil, os Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Pará, Mato Grosso, Pernambuco e Mato Grosso do Sul possuem legislação própria sobre o uso e a proibição do amianto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPOSTOS AO AMIANTO, 2007a; SÃO PAULO, 2007).

Pelas entrevistas realizadas com os 15 sujeitos desta investigação, obteve a informação de que 66,67% não utilizavam nenhum tipo de tratamento para água consumida. Dos 33,33% restantes, tratavam a água consumida com cloro e 11,33% usavam a filtração como tratamento.

O cloro é largamente utilizado para purificar a água destinada ao consumo. Mas adicionar cloro a uma água bruta com a presença de compostos orgânicos, que não passou pelo tratamento convencional, pode levar à formação de diversos subprodutos, entre eles os denominados trihalometanos (TAM), que são tóxicos e carcinogênicos para o homem. Portanto, a cloração não é recomendada quando estas apresentam um conteúdo orgânico elevado (SANCHES et al., 2007b; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2005a).

Com relação às doenças que a água pode provocar, 93,33% afirmaram que sim que a água pode provocar as doenças de hepatite, câncer, verminose, diarreia.

A maioria das doenças nas áreas rurais podem ser consideravelmente reduzidas, desde que a população tenha acesso a água potável. Entretanto, um dos maiores problemas enfrentados pela população investigada, é a ausência de monitoramento da qualidade da água consumida.



De acordo com Cairncross e Feachem (1990), a água contaminada por microrganismos patogênicos, pode provocar diarreias e disenteria: disenteria amebiana, balantidíases, enterite campylobacteriana, cólera, diarreia por *Escherichia coli*, giardíases, diarreia por rotavírus e adenovírus, gastroenterites, salmonelose, disenteria bacilar; febres entéricas: febre tifóide e febre paratífóide; poliomielite; hepatite A; leptospirose; ascaridíase; tricuriases) as doenças com transmissão pela água contaminada por microrganismos patogênicos, principalmente por fezes humanas, justificam as medidas adotadas para a desinfecção dos sistemas de abastecimento de água para consumo humano.

Quanto ao esgoto ou as águas “águas sujas” que saem das casas dos sujeitos investigados, 80% dos sujeitos afirmaram que tem conhecimento para onde vão os esgotos. 80% afirmaram que os esgotos são armazenados em fossa negra, 13,33 utilizam vala ou escoamento a céu aberto para captação dos esgotos, e o restante não tem conhecimento.

Em propriedades rurais é comum o uso de fossas rudimentares, como fossa “negra”, poço, buraco, que podem contaminar as águas subterrâneas e, obviamente os poços de água, os conhecidos poços “caipiras”.

Dessa forma, a população em estudo pode ser exposta a esse tipo de contaminação, veiculada pela urina, fezes e água, como hepatite, cólera, salmonelose e outras.

Quanto à condição da presença de banheiro e/ou privada convencional com fossa nas casas dos sujeitos investigados, todos afirmaram que possuem banheiro localizado na parte interna da casa, com azulejos, privada com tampa, pia e é bem ventilado. No entanto, conforme observado no local, não existe fossa séptica nas residências e todo o esgoto é coletado em fossa negra.

Com relação à coleta de lixo no bairro dos sujeitos investigados, 80% dos sujeitos afirmaram que tem conhecimento da coleta de lixo no seu bairro, sendo realizada a cada 15 dias pelo caminhão da Prefeitura Municipal de Fortaleza de Minas – MG, e 20% não têm conhecimento.

Quando questionados sobre o tipo de tratamento e destino final que é dado ao lixo que é recolhido pela coleta, 53% afirmaram que não tem conhecimento do destino final do lixo que é recolhido pela coleta, 20% afirmaram que o lixo é tratado na Usina de Reciclagem da Prefeitura Municipal de Fortaleza de Minas, 27% afirmaram que o lixo é enterrado ou queimado a céu aberto na propriedade.

Pelos indicadores ambientais e pela literatura científica, sabe-se que, na área rural, o saneamento ambiental não recebe o mesmo cuidado que na área urbana, logo, percebe-se que é igualmente carente em várias partes do país, que 27% da população investigada enterram ou queimam o lixo a céu aberto na propriedade, embora, 80% dos sujeitos afirmaram ter conhecimento da coleta de lixo no seu bairro.

Destaca-se que a maior parte dos entrevistados afirmaram saber a respeito da coleta de lixo no seu bairro.

## 6 Conclusões

Os dados obtidos com a realização desta pesquisa, permitem conclusões sobre a situação da qualidade da água utilizada para consumo humano pela comunidade Rural do Bairro Chapadão de Fortaleza de Minas – MG, quanto a sua origem, captação, tratamento e armazenamento. Também é possível trazer algumas conclusões sobre a percepção da população em relação à qualidade da água consumida, bem como a identificação e quantificação de seus parâmetros microbiológicos, físicos e químicos.

#### **Quanto à captação, tratamento, armazenamento e distribuição da água**

A água consumida pelos sujeitos investigados é proveniente do córrego Chapadão, captadas diretamente de sua superfície, não recebe nenhum tipo de tratamento convencional, são armazenadas em caixas de alvenaria e de amianto e distribuídas por tubos de PVC.

#### **Quanto à identificação microbiológica nas amostras de água consumida pela população investigadas:**

- Em todas as análises realizadas das amostras de água, coletadas nos 4 pontos definidos nesta investigação e nos 6 períodos de coleta, foram detectados valores acima do máximo permitido para a *Escherichia coli* (Coliformes Termotolerantes) e Coliformes Totais, de acordo com os valores previstos na Portaria do MS nº 518/2004, destacando o 3º período de coleta e os pontos 2, 3 e 4.

#### **Quanto à identificação física nas amostras de água consumida pela população investigadas:**

- Em todas as análises realizadas das amostras de água, coletadas nos 4 pontos definidos nesta investigação e nos 6 períodos de coleta, foram detectados valores acima do máximo permitido de turbidez, de acordo com os valores previstos na Portaria do MS nº 518/2004, destacando-se o 3º período de coleta e os pontos 2, 3 e 4;
- Dentre as análises realizadas das amostras de água, coletada nos 4 pontos definidos nesta investigação e nos 6 períodos de coleta, 75.6% delas apresentaram valores acima do máximo permitido para Cor Aparente, de acordo com os valores previstos na Portaria do MS nº 518/2004, destacando-se o 3º período de coleta e os pontos 2, 3 e 4;

- Dentre as análises realizadas das amostras de água, coletada nos 4 pontos definidos nesta investigação e nos 6 períodos de coleta, 25,6% apresentou valores abaixo do recomendado para o pH, de acordo com os valores previstos na Portaria do MS nº 518/2004, variando entre 5,45 e 5,91.

**Quanto à identificação de metais nas amostras de água consumida pela população investigadas:**

- No 6º período de coleta de 2008, o As foi detectado com 42,9% em 100% das amostras de água, acima do valor permitido pela Portaria do MS nº 518/04, variando de 0,14 a 0,18 mg L<sup>-1</sup>. Nos demais períodos, esses valores mostraram que todas as amostras analisadas encontravam-se de acordo com o valor máximo permitido pela Portaria do MS nº 518/04;
- Com relação aos pontos coletados no 6º período de 2008, o As foi detectado em 100% das amostras de água com 7,1% (ponto 1); 4,8% (ponto 2); 9,5% (ponto 3) e 7,1% (ponto 4) acima do valor máximo permitido pela Portaria do MS nº 518/04, variando de 0,14 a 0,18 mg L<sup>-1</sup> em todos os pontos;
- Com relação aos 3º e 5º períodos de coleta de 2007, o Pb foi detectado com 3,6% em 100% das amostras de água, acima do valor máximo permitido pela Portaria do MS nº 518/04, variando de 0,10 a 0,43 mg L<sup>-1</sup>. Nos demais períodos, todas as amostras analisadas encontravam-se de acordo com o VMP pela Portaria do MS nº 518/04;
- Com relação aos 4 pontos coletados nos 3º e 5º períodos de 2007, o Pb foi detectado com 2,4% em 100% das amostras de água, acima do valor máximo permitido pela Portaria do MS nº 518/04, variando de 0,10 a 0,43 mg L<sup>-1</sup> em todos os pontos;
- Com relação ao 6º período de coleta de 2008, o Cr foi detectado com 28,57% em 100% das amostras de água, acima do valor máximo permitido pela Portaria do MS nº 518/04, variando de 0,07 a 2,08 mg L<sup>-1</sup>;
- Com relação aos pontos coletados no quarto ponto de 2008, o Cr foi detectado em 100% das amostras de água com 7,14% (ponto 1); 4,76% (ponto 2); 2,38% (ponto 3); 4,76% (ponto 4), acima do valor máximo permitido pela Portaria do MS nº 518/04, variando 0,07 a 2,08 mg L<sup>-1</sup>; em todos os pontos;

- Com relação aos 3º e 4º períodos de coleta de 2007, o Fe foi detectado em 100% das amostras de água, com 96,43% (3º período) e 7,14% (4º período), acima do valor máximo permitido pela Portaria do MS nº 518/04, variando de 0,4 a 5,9 mg L<sup>-1</sup>;
- Com relação aos pontos coletados, nos 3º e 4º períodos de 2007, o Fe foi detectado em 100% das amostras de água com 14,29% (ponto 1); 19,05% (ponto 2); 16,67% (ponto 3) e 19,05% (ponto 4), acima do valor máximo permitido pela Portaria do MS nº 518/04, variando de 0,4 a 5,9 mg L<sup>-1</sup> em todos os pontos
- Com relação ao 6º período de coleta de 2008, o Mn foi detectado com 46,43% em 100% das amostras de água, acima do valor máximo permitido pela Portaria do MS nº 518/04. Nos demais períodos, esses valores mostraram que todas as amostras analisadas encontravam-se de acordo com o VMP pela Portaria vigente, variando de 0,2 a 0,3 mg L<sup>-1</sup>;
- Com relação aos pontos coletados, no 6º período de 2008, o Mn foi detectado em 100% das amostras de água com 9,52% (ponto 1); 7,14% (ponto 2); 9,52% (ponto 3); 4,76% (ponto 4), acima do valor máximo permitido pela Portaria do MS nº 518/04, variando de 0,2 a 0,3 mg L<sup>-1</sup> em todos os pontos;
- Com relação às concentrações dos metais As, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe e Mn, investigados nas amostras de sedimentos coletadas em seis períodos de 2006 a 2008, não foi detectado concentrações acima do valor máximo permitido, de acordo com os VGQS estabelecidos pela Cetesb (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2005).

**Quanto à identificação dos agrotóxicos  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam e metalaxil em água para consumo humano:**

- O método de validação desenvolvido para análise dos agrotóxicos  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam e metalaxil foi considerado eficiente, podendo ser empregado em futuras análises para o monitoramento de  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam e metalaxil em água para consumo humano.  
Nas análises das matrizes de água os agrotóxicos  $\alpha$  e  $\beta$ -endossulfam e metalaxil não foram detectados.

**Quanto à percepção dos sujeitos em relação às condições ambientais do local****Com relação à situação da origem, captação, tratamento e armazenamento da água:**

- Quanto à origem e captação, 100% dos sujeitos afirmaram ter conhecimento sobre a forma de como chega à água em suas casas. Quando questionados de onde vem e por onde passa, 100% afirmaram que a água que chega até suas casas vem de nascente externo à propriedade, relatando que vem do alto da Serra Chapadão, passando pelas plantações de tomates;
- Quanto ao armazenamento, 80% dos sujeitos afirmaram que armazenam a água para consumo e 20% afirmaram não guardar. A maioria (10 sujeitos, 66,67%) armazena em caixa de amianto e 13,33 % na geladeira;
- Quanto ao tratamento, 66,7% dos sujeitos afirmaram que não usam nenhum tipo de tratamento, 33,33% afirmaram usar cloro para tratar a água que consomem e 11,33% usam a filtração como tratamento.

**Com relação ao conhecimento e percepção sobre água e saúde:**

- Quanto às doenças que a água pode provocar 93,33% afirmaram que a água pode provocar doenças, tais como: hepatite, câncer, verminose, diarreia.

**Com relação ao sistema de esgoto:**

- Quanto ao destino final do esgoto gerado em suas residências, 80% dos sujeitos afirmaram ter conhecimento para onde vão os esgotos. 80% armazenavam o esgoto em fossa negra, 13,33 utilizavam vala ou escoamento a céu aberto para captação dos esgotos, e o restante não tem conhecimento.
- Quanto às condições sanitárias, 100% dos sujeitos afirmaram que possuem banheiro localizado na parte interna da casa, com azulejos, privada com tampa, pia e é bem ventilado. No entanto, observou-se que não existe fossa séptica nas residências.

**Com relação à coleta, tratamento e destinação final dos resíduos:**

- Quanto ao conhecimento da população investigada sobre a coleta de lixo no bairro, 80% dos sujeitos afirmaram ter conhecimento sobre a coleta de lixo no seu bairro, que a coleta é realizada a cada 15 dias pelo caminhão da Prefeitura Municipal de Fortaleza de Minas - MG e 20% referiram não ter conhecimento;
- Quanto ao tipo de tratamento e destino final do lixo, 53% dos sujeitos afirmaram não ter conhecimento sobre a destinação final do lixo que é recolhido pela Prefeitura, 20% afirmaram que o lixo é tratado na Usina de Reciclagem da Prefeitura Municipal de Fortaleza de Minas e 27% afirmaram que o lixo é enterrado ou queimado a céu aberto na propriedade.



## 7 Considerações finais e proposições futuras

Embora a legislação federal brasileira (Portaria do MS nº 518/2004) delibera sobre procedimentos e responsabilidades inerentes ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano, estabelecendo seu padrão de potabilidade e ressaltando a responsabilidade dos órgãos de controle ambiental, no que se refere ao monitoramento e ao controle das águas, esta pesquisa revelou que a comunidade investigada consome água de fontes in natura, sem nenhum tratamento prévio, estando, portanto vulnerável a contaminação por exposição a esse risco ambiental.

A ampla difusão e a implementação desta Portaria no bairro Chapadão de Fortaleza de Minas – MG constitui um importante instrumento para o efetivo exercício da vigilância e do controle da qualidade da água para consumo humano, com vistas a garantir a prevenção de inúmeras doenças e a promoção da saúde da população investigada, uma vez que a comunidade não conta com rede distribuidora de água, fazendo uso direto de curso superficial de água.

Diante desse cenário, os resultados revelam a urgente necessidade de investimentos em saneamento ambiental, por meio de programas que contemplam o sistema de abastecimento de água, o cuidado com a destinação de resíduos e o esgotamento sanitário, assim como melhorias sanitárias domiciliares, controle de vetores, roedores e focos de doenças transmissíveis e a melhoria das condições de habitação, juntamente educação sanitária e ambiental, para oferecer à comunidade melhores condições para se viver.

É também evidente a necessidade de um maior envolvimento dos órgãos legisladores e fiscalizadores em saúde ambiental, bem como do nível municipal, por meio das Secretarias Municipais de Saúde para exercer a vigilância da qualidade da água em sua área de competência, em articulação com os responsáveis pelo controle de qualidade da água, de acordo com as diretrizes do SUS.

Assim, diante do exposto, os conhecimentos gerados no presente trabalho, relacionados ao problema da qualidade da água utilizada por uma população de zona rural de Fortaleza de Minas – MG, podem subsidiar o processo de tomada de decisão nas políticas públicas nacionais para a elaboração de novas diretrizes técnicas e legais específicas para as comunidades rurais.

Ainda, este trabalho lança também novos desafios acadêmicos, estimulando o desenvolvimento de outras investigações com vistas ao alcance de novos conhecimentos na direção de uma gestão integrada em saúde ambiental.

## Referências<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 6023.

ABU-HILAL, A. H.; DADRAN, M. M. Effect of pollution sources on metal concentrations in sediment cores from the Gulf of Agaba (Red Sea). **Marine Poll. Bull.**, Cidade, v. 21, n. 4, p. 197, 1990.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). Department of Public Health and Human Services, Public Health Service. **Toxicological Profile for Chromium** (Draft for Public Comment). Atlanta, GA, 2008a. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts7.pdf>>. Acesso em: 3 ago. 2009.

\_\_\_\_\_. Department of Health and Human Services. Public Health Service. **Toxicological profile for lead**. Atlanta, GA, 2007a. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp13.pdf>>. Acesso em: 3 ago. 2009.

\_\_\_\_\_. Department of Health and Human Services. Public Health Service. **Toxicological profile for cadmium**. Atlanta, GA, 2008b. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5.pdf>>. Acesso em: 3 ago. 2009.

\_\_\_\_\_. Department of Health and Human Services. Public Health Service. **Toxicological profile for manganese**. Atlanta, GA, 2008c. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp151.pdf>>. Acesso em: 3 ago. 2009.

\_\_\_\_\_. Division of Toxicology and Environmental Medicine/Applied Toxicology Branch. **Toxicological profile for cooper**. Atlanta, GA, 2004. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp2-p.pdf>>. Acesso em: 2 ago. 2008.

\_\_\_\_\_. Division of Toxicology and Environmental Medicine/Applied Toxicology Branch. **Toxicological profile for arsenic**. Atlanta, GA, 2007b. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp2-p.pdf>>. Acesso em: 2 ago. 2008.

\_\_\_\_\_. Division of Toxicology/Toxicology Information Branch. **Toxicological profile for Endosulfan**. Atlanta, GA, 2000.

AHARONSON, N. et al. Potential contamination of groundwater by pesticides. **Pure and Applied Chemistry**. Bet Dagan, v. 59, p. 1419–1446, 1987.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination for water and wastewater**. 20th ed. Denver:USEPA, 1998.

ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas**. Guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola. 6. ed. São Paulo: Editora Andrei, 1999.

APREA, C. et al. Biological Monitoring of pesticide exposure: a review of analytical methods. **Journal of Chromatography**, Atlanta, v.778, n.1-2, p. 191-219, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EXPOSTOS AO AMIANTO (ABREA). **Amianto ou asbesto**: história do amianto. Disponível em: <<http://www.abrea.org.br/06historia.htm>> Acesso em: 9 ago. 2007a.

\_\_\_\_\_. **Amianto ou asbesto**: o que é preciso conhecer para se proteger. Disponível em: <<http://www.abrea.org.br/cartilha.pdf>> Acesso em: 9 jun. 2007b.

AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. **Metais**: gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Editora Atheneu, 2003.

BAIRD, C. Metais pesados. In: QUÍMICA ambiental. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BANCO MUNDIAL DIRETORIA SUB-REGIONAL. **Brasil**: gestão dos problemas da população, a agenda ambiental marrom; relatório de pesquisa. Brasília, 1998. (Relatório, BR - 16635).

BANCO MUNDIAL. **Relatório sobre o desenvolvimento mundial 2000/2001**: luta contra a pobreza. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://www.bancomundial.org.br>>. Acesso em: 2 jan. 2006.

BARCELO, D, et al. Environmental protection agency and other methods for the determination of priority pesticides and their transformates on products in water. **Journal of Chromatography**, Atlanta, v.854 n.197, p. 117-143, 1993.

BIZARRO, V. G.; MEURER E. J.; TATSCH, F. R. P. Teor de cádmio em fertilizantes fosfatados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, p. 247-250, 2008.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Editora Porto, 1994.

BOSTELMANN, E. **Avaliação da concentração de metais em amostras de sedimentos do reservatório Billings, Braço Rio Grande**. 2006. 130f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisa Energéticas Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BOM, J. D. **A influência da qualidade da água em reservatórios domiciliares na qualidade de vida da população de Umuarama – PR**. 2002. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BRANCO, S. M. A água e o homem. In: PORTO, R. L. L. (Org.) **Hidrologia ambiental**. São Paulo, ABRH, 1991a. p. 3-26.

\_\_\_\_\_. Aspectos institucionais e legais do controle da poluição. In: PORTO, R. L. L. (Org.) **Hidrologia ambiental**. São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos/Edusp, 1991b. p. 349-373.

BRASIL. A escassez de recursos hídricos. 2006a. Disponível em: <[http://www.onu-brasil.org.br/view\\_news.php?ed=3793](http://www.onu-brasil.org.br/view_news.php?ed=3793)>. Acesso em: 15 dez. 2006.

\_\_\_\_\_. Agrotóxico em processo de retirada programada do território nacional, resultante da reavaliação toxicológica. Decisão na íntegra publicada no Diário Oficial da União nº 156, Seção 1, p. 64, em 16 de agosto de 2010 (Resolução RDC nº 28, de 9 de agosto de 2010). 2010b. Disponível em <<http://www4.anvisa.gov.br/base/PDF>> Acesso em: 03 dez. 2010

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Nota técnica reavaliação toxicológica do ingrediente ativo endossulfam 2009**. 2009a. Disponível em: <<http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B27673-1-0%5D.PDF>> Acesso em: 12 nov. 2009.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Relatório de Atividades 2008. Brasília, 2009b. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/institucional/anvisa/relatorios/relatorio\\_atividades\\_2008.pdf](http://www.anvisa.gov.br/institucional/anvisa/relatorios/relatorio_atividades_2008.pdf)> . Acesso em: 13 nov. 2009.

\_\_\_\_\_. **Água doce**. 2003a. Disponível em: <<http://www.wateryear2003.org>>. Acesso em: 15 jul. 2005.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 maio, 2002a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>>. Acesso em: 15 nov. 2010.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 425, de 25 de maio de 2010. Dispõe sobre critérios para a caracterização de atividades e empreendimentos agropecuários sustentáveis do agricultor familiar, empreendedor rural familiar, e dos povos e comunidades tradicionais como de interesse social para fins de produção, intervenção e recuperação de Áreas de Preservação Permanente e outras de uso limitado. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 mai. 2010b. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=630>. Acesso em: 15 nov. 2010.

\_\_\_\_\_. Constituição (1988). Emendas constitucionais ns. 1 a 48 devidamente incorporadas. 3. ed. rev. e ampl. Barueri: Manole, 2006b.

\_\_\_\_\_. Decreto n. 98.816 de 11 de janeiro de 1990 regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 12 jan. 1990a. Disponível em: <<http://www.ma.gov.br>>. Acesso em: 27 maio 2007.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Dispõe sobre o código de águas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jul. 1934. Seção 1. Disponível em: <<http://www.cnrh-srh.gov.br>>. Acesso em: 15 fev. 2007.

\_\_\_\_\_. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Fossas sépticas biodigestoras**. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2008a/marco/1a-semana/municipios-de-goias-recebem-fossas-septicas-biodigestoras/?searchterm=fossas>>. Acesso em: 15 nov. 2010.

\_\_\_\_\_. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. Brasília, 2004a.

\_\_\_\_\_. Lei n. 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a política nacional do meio ambiente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 set. 1981. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/mp\\_leis](http://www.mma.gov.br/mp_leis)> Acesso em: 10 ago. 2006.

\_\_\_\_\_. Lei n. 8.080, de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre condições para a promoção e proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 set. 1990b. Disponível em: <<http://www.saude.gov.br>> Acesso em: 10 mar. 2006.

\_\_\_\_\_. Lei n. 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 jan. 1997a. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Legislacao/docs/lei9433.pdf>> Acesso em: 10 ago. 2006.

\_\_\_\_\_. Portaria nº 1469 de 29 de dezembro de 2000, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Norma de qualidade da água para consumo humano. 2000a. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/1469-00.htm>>. Acesso em: 17 set. 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Portaria nº 160 de 31 de dezembro de 1996. Para efeito de obtenção de registro e reavaliação técnica de agrotóxicos, seus componentes e afins, e em complementação às Portarias nº 45, de 10 de dezembro de 1994 e nº 84 de 9 de maio de 1994. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, 14 de jan. de 1997b. Disponível em: <URL:<http://oc4j.agricultura.gov.br/agrolegis/do/consultaLei>>. Acesso em: 12 set. 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária (2003). Instrução normativa DAS nº 46, de 10 de junho de 2003, adota o regulamento técnico Mercosul sobre critérios para validação de métodos analíticos.

**Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 jun. 2003b.

Disponível em:

<<http://www.extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislação.do?operação=visualizar&id=2255>>. Acesso em: 7 jun. 2008.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 899, de 29 de maio de 2003. Determina publicação do guia para validação de métodos analíticos e bioanalíticos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 02 jun. 2003c. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>> Acesso em: 7 jun. 2008.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Sistema de Informações sobre Agrotóxicos - SIA. Relatório do ingrediente ativo 2008b. Disponível em:

<[http://www.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/frm\\_dados\\_ingredientes.asp?iVarAux=1&CoDln...](http://www.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/frm_dados_ingredientes.asp?iVarAux=1&CoDln...)> Acesso em: 20 fev. 2009.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. **Sistema Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde**. Brasília, DF, 2001b.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Indicadores e dados básicos para a saúde**. 2003d. Disponível em: <<http://www.datasus.gov.br/idb>>. Acesso em: 3 jan. 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Monografia uso agropecuário e domissanitário: portarias e resoluções do Ministério da Saúde. São Paulo: ILSI, 2000b.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigência da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e da outras providências. 2004b. Disponível em: <<http://www.saude.gov.br>>. Acesso em: 3 ago. 2005.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Promoção da saúde**: Declaração de Alma-Ata, Carta de Ottawa, Declaração de Adelaide, Declaração de Sundsvall, Declaração de Santafé de Bogotá, Declaração de Jacarta, rede de Megapaíses e Declaração do México. Projeto Promoção da Saúde. Brasília, 2001a.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 03, de 16 de janeiro de 1992. Ratifica os termos das "Diretrizes e orientações referentes à autorização de registros, renovação de registro e extensão de uso de produtos agrotóxicos e afins - nº 1, de 9/12/91". In: \_\_\_\_\_. **Legislação federal de agrotóxicos e afins**. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1998. p. 153-77.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab**. 2008c. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/conselho-das-cidades/grupos-de-trabalho/grupo-de-trabalho-plansab/pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2009.



\_\_\_\_\_. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia. **Orientação sobre validação de métodos de ensaios químicos: DOQ-CGCRE-008**, revisão 02. 2007. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/Arquivos/CGCRE/DOQ/DOQ-CGCRE-8\\_02.pdf](http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/Arquivos/CGCRE/DOQ/DOQ-CGCRE-8_02.pdf)>. Acesso em: 7 jun. 2008.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Vigilância da Qualidade da Água para consumo humano em situações de desastres 2008d. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/frm\\_dados\\_ingredientes.asp?iVarAux=1&Coln...](http://www.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/frm_dados_ingredientes.asp?iVarAux=1&Coln...) [http://www.disaster-info.net/lideres/portugues/curso-brasil08/palestras\\_pdf/VIGILANCIA-DA-QUALIDADE-DA-AGUA-PARA-CONSUMO-HUMANO-EM-SITUACOES-DE-DESASTRES.pdf](http://www.disaster-info.net/lideres/portugues/curso-brasil08/palestras_pdf/VIGILANCIA-DA-QUALIDADE-DA-AGUA-PARA-CONSUMO-HUMANO-EM-SITUACOES-DE-DESASTRES.pdf)> Acesso em: 16 out. 2010.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 jul. 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>>. Acesso em: 14 out. 2010.

\_\_\_\_\_. **Tecnologia e capacitação**. 2002b. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/GestaoRechidricos/TecnologiaCapacitacao/tecnologia\\_projetos\\_cthidro2.asp](http://www.ana.gov.br/GestaoRechidricos/TecnologiaCapacitacao/tecnologia_projetos_cthidro2.asp)>. Acesso em: 7 mar. 2008.

BRESSOLE, F.; BROMET-PETIT, M.; AUDRAN, M. **Validation of liquid chromatographic and gas chromatographic methods: applications to pharmacokinetics**. *Journal of Chromatography, B: Biomedical surface science*, Amsterdam, v. 686, n. 1, p. 3-10, 1996.

BRISCOE, J. Intervention studies and the definition of dominant transmission routes. *American Journal of Epidemiology*, Bangladesh, n. 120, p. 449-455, 1984.

BURTON, G. A. J. Sediment quality criteria in use around the world. *Limnology*, Florida, v. 3, p. 65-75, 2002.

BUSER, H. R. Atrazine and other s-triazine herbicides in lakes and in rain in Switzerland. *Environmental Science Technology*, Switzerland, v. 24, p. 1049-1058, 1990.

BUTTLER, T.; MARTINKOVIC, W.; NESHEIM, O. N. **Factors influencing pesticide movement to ground water**. Gainesville: University of Florida/Institute of Food and Agricultural Services, 1998.

CAIRNCROSS, S.; FEACHEM, R. G. **Environmental health engineering in the tropics an introductory text**. 2. ed. Chichester: John Wiley Sons, 1990.

CARAPELLA, S. C. Arsenic and arsenic alloys. In: KROSCWITZ, J. I.; HOWE-GRANT, M. **EdKirk-Othmer encyclopedia of chemical technology**. New York, NY: John Wiley and Sons, 1992. p. 624-633. v. 3.

CARDOSO, M. H. W. M. et al. Validação de método para determinação de resíduos de agrotóxicos em tomate: uma experiência laboratorial. **Ciência e Tecnologia do Alimento**, Campinas, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612010000500011&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612010000500011&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 15 de Nov. 2010

CASARETT, L. J.; KLAASSEN, C. D.; DOULL, J. **Toxicology: the basic science of poisons**. Nova York: McGraw-Hill Professional, 2008.

CHAPMAN, P. M. Integrating toxicology and ecology: putting the “eco” into ecotoxicology. **Marine Pollution Bulletin**, London, v. 44, p. 7-15, 2002.

CLAVER, A. et al. **Relatório de qualidade de águas interiores no Estado de São Paulo-2005**. São Paulo: CETESB, 2006a. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 27 mar. 2009.

CLAVER, A. et al. Study of the presence of pesticides in surface waters in the Ebro river basin (Spain). **Chemosphere**, Barcelona, v. 64, p. 1437–1443, 2006b.

COLLARES, E. G.; GOMES, D. M.; ALVARENGA, N. R. Caracterização morfolométrica de microbacias hidrográficas de 4ª ordem de ramificação da Bacia Hidrográfica do meio Rio Grande. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 6., 2008, Porto de Galinhas. **Anais eletrônicos...** São Paulo: ABGE, 2008. Disponível em: <<http://www.abge.com.br/congressos.html>>. Acesso em: 15 maio 2009.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Análises Microbiológicas de amostras Ambientais. São Paulo: CETESB, 2009.

\_\_\_\_\_. Decisão de Diretoria Nº 195/2005. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências. São Paulo: CETESB, 2005.

\_\_\_\_\_. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo: CETESB, 1987.

CONDINI, P. **A qualidades das águas**. 3. ed. São Paulo: SMA/CEAM, 2001.

CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE (CNS). Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. 1996. Disponível em:

<[http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/reso\\_96.htm](http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/reso_96.htm)>. Acesso em: 17 nov. 2010.

DANTAS, E. S. K. **Procedimentos Analíticos em Determinação Multi Elementares de particulados do Aerossol Atmosférico para Uso em Modelo Receptor. SP.** 1999. 180f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Química – Universidade de São Paulo.

DAVIDSON, C. I.; WU, Y. Dry deposition of trace elements. In: PACYNA, J.; OTTAR, B. (Ed.). **Control and fate of atmospheric trace metals.** United Kingdom: Kluwer Academic Holanda, 1988. p. 147. (NATO ASI Series, Series C: Mathematical and Physical Sciences, 268).

DEZUANE J. **Handbook of drinking water quality.** 2nd. ed. New York: Editorial John Wiley and Sons, 1997.

DORES, E. F. G. C.; DE-LAMONICA-FREIRE, E. M. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso – análise preliminar. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 1, jan./fev. 2001.

EICHELBERGER, J. W.; LICHTENBERG, J. J. Persistence of pesticides in river water. **Environmental Science Technology**, Florida, v. 5, p. 541, 1971.

EL-KABBANY, S; RASHED, M. M.; ZAYED, M. A. Monitoring of the pesticide levels in some water supplies and agricultural land, in El-Haram, Giza (A.R.E.). **Journal of Hazardous Materials**, Turkey, v.19, n.74, p. 11-21, 2000.

EUROPE COMMUNITY (EC). **Scientific synthesis report drinking water seminary.** 27 and 28 october, Brussels, 2003. Disponível em: <<http://europa.in.int/>>. Acesso em: 18 nov. 2006.

FAJGELJ, A.; AMBRUS, A. Guidelines for single-laboratory validation of analytical methods for trace-level concentrations of organic chemicals. In: FAJGELJ, A.; AMBRUS, A. (Ed.). **Principles and practices of method validation.** Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2000. cap. 10. p. 179-252.

FERREIRA, A. P. et al. Pesticide impacts in the microbial soil activity and on farmers healthy. **Revista Baiana de Saúde Pública**, Salvador, v. 30, n. 2, p. 309-321, jul./dez. 2006.

FLORES, A. V. et al. Organoclorados: um problema de saúde pública. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 111-124, 2004.

FONTENELE, A. P. G.; PEDROTTI, J. J.; FORNARO, A. Avaliação de metais traços e íons majoritários em águas de chuva na cidade de São Paulo. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 839-844, 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Pesticide management unit – plant protection service. 2004. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/AGP/AGPP/Pesticid/>>. Acesso em: 20 set. 2007.

FORTALEZA DE MINAS (Município). Prefeitura Municipal de Fortaleza de Minas. Secretaria Municipal de Saúde de Fortaleza de Minas. **Indicadores municipais de saúde**. Fortaleza de Minas, 2005.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS (CETEC). **Diagnóstico ambiental do estado de Minas Gerais, Belo Horizonte**. 1983. Mapas. (Série Publicações Técnicas, 10).

GERMAN FEDERAL ENVIRONMENT AGENCY. **Endossulfam: Draft Dossier prepared in support of a proposal of endossulfam to be considered as a candidate for inclusion in the Annexes to the Stockholm Convention**. Alemanha, 2007. Disponível em: <[http://www.POP.int/documents/meetings/poprc/docs/under\\_review/endossulfam/Draft%20Dossier\\_endossulfam.pdf](http://www.POP.int/documents/meetings/poprc/docs/under_review/endossulfam/Draft%20Dossier_endossulfam.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.

GRABOW, W. Waterborne diseases: update on water quality assessment and control. **Water S.A.**, South Africa, v. 22, n. 2, p. 193-202, 1996.

HAZARDOUS SUBSTANCES DATA BANK (HSDB). Copper. In: TOMES CPS™ SYSTEM. **Toxicology, occupational medicine and environmental series**. Englewood: Micromedex, 2000a. CD-ROM.

\_\_\_\_\_. Chromium. In: TOMES CPS™ SYSTEM. **Toxicology, occupational medicine and environmental series**. Englewood: Micromedex, 2000b. CD-ROM.

\_\_\_\_\_. Iron. In: TOMES CPS™ SYSTEM. **Toxicology, occupational medicine and environmental series**. Englewood: Micromedex, 2000c. CD-ROM.

HELLER, L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

\_\_\_\_\_. **Saneamento e saúde**. Brasília: OPAS/OMS, 1997.

HILL, I. R. **Pesticides microbiology: microbiological aspects of pesticides behaviour in the environmental**. New York: Academic Press, 1978.

HYPOLITO, R.; NASCIMENTO, S. Comportamento de íons metálicos em solos, sedimentos águas superficiais e subterrâneas no Córrego da Anta, S. J. do Rio Preto-SP. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 18, p.38, set. 2005. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/asubterraneas/article/view/1342>>. Acesso em: 22 out. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 16 fev. 2007.

\_\_\_\_\_. **Censo demográfico 2000**. Rio de Janeiro, 2000a. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 maio 2009.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa nacional de saneamento básico de 2000**: São Paulo. Rio de Janeiro. 2000b. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 16 jul. 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas**. 2007. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>. Acesso em: 8 abr. 2007.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC). **Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans volume 100**: a review of human carcinogens. 1997. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Meetings/vol100-listagents.pdf>>. Acesso em: 19 maio 2009.

INTERNATIONAL CONFERENCE ON HARMONIZATION OF TECHNICAL REQUIREMENTS FOR REGISTRATION OF PHARMACEUTICALS FOR HUMAN USE. ICH. Validation of Analytical **Procedures: Methodology**. Geneva.1996

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO). Encyclopedia of occupational health and safety. Metals: chemical properties and toxicity. In: ENCYCLOPEDIA of occupational health and safety. Geneva: Geneve, 1997. p. 63.1-63.68. v. 3.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO);WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). [**Joint press release ILO/WHO: number of work related accidents and illnesses continues to increase - ILO and WHO join in call for prevention strategies**]. 2000. Disponível em: <[http://www.ilo.org/global/About\\_the\\_ILO/Media\\_and\\_public\\_information/Press\\_releases/eng--en/WCMS\\_005161/index.htm](http://www.ilo.org/global/About_the_ILO/Media_and_public_information/Press_releases/eng--en/WCMS_005161/index.htm)>. Acesso em: 10 nov. 2009.

ISSAC-MARQUEZ, A. et al. Calidad sanitaria de los suministros de água para consumo humano em Campeche. **Salud Pública de México**, Campeche, v. 36, p. 655-661, 1994.

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY (IUPAC). Commission on Atomic Weights and Isotopic Abundances. History of the

recommended atomicweight values from 1882 to 1997: a comparison of differences from current values to the estimated uncertainties of earlier values. **Pure and Applied Chemistry**, Virgínia, v. 70, p. 237, 1998.

JAMBERS, W.; DEKOV, V.; VAN GRIEKEN, R. Single particle and inorganic characterization of rainwater collected above the North sea. **The Science of total environment**, Bulgária, v. 256, p. 133, 2000.

JURY, W. A. et al. Transport and transformation of organic chemicals in the soil-air-water ecosystem. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. California, v. 99, p. 119, 1987.

KONEMAN, E.W. et al. **Diagnóstico microbiológico**. 5. ed. Rio de Janeiro: MEDSI, 2001.

KONSTANTINOOU, I. K.; HELA, D. G.; ALBANIS, T. A. **The status of pesticide pollution in surface waters (rivers and lakes) of Greece**. Part I. Review on occurrence and levels. **Environmental Pollution**, v. 141, n. 3, p. 555-570, 2006.

KROSCWITZ, J. I. (Ed.). **Kir-Othmer enciclopedia of chemical technology**. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, 1995. v. 14.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 1994.

LALONDE, M. **A new perspective on the health of Canadians**: a working document. Ottawa: Minister of Supply and Services Canada, 1981. (Relatório técnico).

LANÇAS, F. M. **Extração em fase sólida (SPE)**. São Carlos: Rima, 2004.

LAVORENTI, A. ; PRATA, F. ; REGITANO, J. B. Comportamento de pesticidas em solos - Fundamentos. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ, V. H. (Org.). **Tópicos especiais em ciência do solo**. Viçosa: UFV, 2003. p. 335-400. v. 3.

LEMES, M. J. L. L. **Avaliação de Metais e elementos-traço em águas e sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo, São Paulo**. 2001. 197f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Belo Horizonte, v. 10, n. 3, p. 219-228, jul./set. 2005.

LIMA, M. C. et al. Especificação de cobre e chumbo em sedimento do Rio Tubarão (SC) pelo método Tessier. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 6, p. 734-742, dez. 2001.

LIMA, M. O. **Caracterização geoquímica de arsênio total em águas e sedimentos em áreas de rejeitos de minérios de manganês no município de Santana – Estado do Amapá**. 2003, 85 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2003.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACÊDO, J. A. B. **Águas e águas**. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2004.

MACHADO, C. J. S. O preço da água. **Revista Ciência Hoje**, Barueri, v. 192, p. 66-67, abr. 2003.

MALOSCHIK, E. et al. Monitoring water-polluting pesticide in Hungary. **Microchemical Journal**, Budapest, v.77, n. 85, p. 88-97, 2006.

MARTINS, G.; BORANGA, J. A.; OLIVEIRA LATORRE, M. R. D.; LIMA PEREIRA, H. A. S. Impacto do saneamento básico na saúde da população de Itapetininga - SP, de 1980 a 1997. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Itapetininga, v. 7, n. 4. p. 161-188, 2002.

MATSCHULLAT, J. et al. Human and environmental contamination in the iron quadrangle, Brazil. **Applied Geochemistry**, Freiberg, v. 15, p. 181-190, 2000.

MEDEIROS, P. R. P. Subprojeto 1.1.b – Determinação da carga de nutrientes do São Francisco na região da foz: Relatório final. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS. **Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA)**. Alagoas, 2003.

MENDES, G.; BELLATO, C. R.; MARQUES NETO, J. O. Fotocatálise heterogênea com TiO<sub>2</sub> para oxidação de arsênio e sua remoção de águas por coprecipitação com sulfato férrico. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 6, p. 1471-1476, 2009.

MERIAN, E. **Metals and their compounds in environment: occurrence, analysis and biological relevance**. Weinheim: VCH, 1991.

MINAS GERAIS (Estado). Constituição (1989). Constituição do Estado de Minas Gerais. Assembléia Legislativa do Estado de Minas Gerais, Minas Gerais, 21 set. 1989. Disponível em: <<http://www.almg.gov.br>>. Acesso em: 20 fev. 2007.

\_\_\_\_\_. Lei nº 13.199 de 29 de janeiro de 1999. Dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos. Assembléia Legislativa do Estado de Minas Gerais, Minas Gerais, 29 jan. 1999. Disponível em: <<http://www.almg.gov.br>>. Acesso em: 12 jan. 2007.

\_\_\_\_\_. **Mapa geológico do Estado de Minas Gerais**. Minas Gerais, 1994. Escala 1:1.000.000. Disponível em:

<[http://www.agenciaminas.mg.gov.br/detalhe\\_noticia.php?cod\\_noticia=3033](http://www.agenciaminas.mg.gov.br/detalhe_noticia.php?cod_noticia=3033)>. Acesso em: 17 maio 2009.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais. **Perfil do Agronegócio 2003 – 2009**. 2009. Disponível em: <[http://www.agricultura.mg.gov.br/files/publicacoes/perfil\\_2003\\_2009.pdf](http://www.agricultura.mg.gov.br/files/publicacoes/perfil_2003_2009.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2010.

MINAYO, M. C. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 11. ed. São Paulo: HUCITEC; Rio de Janeiro: ABRASCO, 2008.

MONKIEDGE, A.; ILORI, M. O.; SPITELLER, M. Soil quality changes resulting from the application of the fungicides mefenoxam and metalaxyl to sandy loam soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Colombia, v. 34, p. 1939-1948, 2002.

MOORE, M. M.; IMRAY, P.; DAMERON, C.; CALLAN, P.; LANGLEY, A.; MANGAS, S. **Copper: report an international meeting 20-21 June 1996**. Brisbane: Openbook, 1997. (National Environmental Health Monographs, Metal Series, n. 3).

MOREIRA, J. C. et al. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ. **Ciência e Saúde Coletiva**, Nova Friburgo, v. 7, n. 2, p. 299-311, 2002.

NAQVI, S. M.; VAISHNAVI, C. Bioaccumulative potential and toxicity of endosulfan insecticide to non-target animals. **Comparative Biochemical Physiology**, São José dos Ausentes, v. 105C, p. 347-361, 1993.

NASCIMENTO, S. C. **Influência de resíduos sólidos contendo Mn, Zn, Cu, Cr e Pb na qualidade do sistema água/solo/sedimento do Córrego da Anta – São José do Rio Preto – SP**. 2002. 88 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

OGA, S. **Fundamentos de toxicologia**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2003.

OLIVARES, I. R. B. **Gestão de qualidade em laboratórios**. Campinas: Átomo, 2006.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). **Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en agricultura**. Ginebra, 1992.

\_\_\_\_\_. Sistema Mundial de Vigilancia Del Medio Ambiente – SIMUVIMA/ALIMENTOS - Programa de Vigilancia y Evaluación de la Contaminación de los Alimentos. **Orientaciones para predecir la ingestión alimentaria de residuos de plaguicidas (revisión)**. Ginebra, 1997a.

ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DA SAÚDE (OPAS); ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Manual de vigilância da saúde de populações expostas a agrotóxicos**, Brasília, 1997b.



\_\_\_\_\_. **Salud, água potable y saneamiento en el desarrollo humano sostenible.** Washington, DC, 2001. 53ª sesión Del Comitê Ejecutivo, 24-28 Septiembre.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Guías para la calidad del agua potable.** Genebra: OMS, 1995. Vol. 1. 2.ed. p. 195.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Relatório da Organização das Nações Unidas sobre a escassez da água.** 2006. Disponível em: <[http://www.bbc.co.uk/portuguese/reporterbbc/story/2006/08/060821\\_faltaaguarelatori ofn.shtml](http://www.bbc.co.uk/portuguese/reporterbbc/story/2006/08/060821_faltaaguarelatori ofn.shtml)>. Acesso em: 10 dez. 2006.

PÁDUA, V. L.; FERREIRA, A. C. S. Qualidade da água para consumo humano. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano.** Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2006. p. 153-222.

PALMA, G. et al. Pesticide levels in surface waters in an agricultural–forestry basin in Southern Chile. **Chemosphere**, Chile, v. 57, p. 763–770, 2004.

PEIRANO, M. M. F. Remoção de metais pesados no tratamento biológico: sistema biológico tipo lodos ativados. **Revista de Gerenciamento Ambiental**, São Paulo, n. 24, p. 51-53, mar./abr. 2002.

PERES, F.; MOREIRA, J. C.; DUBOIS, G. S. Agrotóxicos saúde e ambiente: uma introdução ao tema. In: PERES, F.; MOREIRA, J. C. (Org.). **É veneno ou é remédio?** Rio de Janeiro: FioCruz, 2003. p. 21-41.

PHILIPPI JÚNIOR, A.; MALHEIROS, T. F. Saneamento e saúde pública: integrando homem e ambiente. In: PHILIPPI JÚNIOR, A. (Ed.). **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável.** Barueri: Manole, 2005. p. 3-31. (Coleção Ambiental, 2).

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **O relatório do desenvolvimento humano 2004 será lançado no dia 15 de Julho em Bruxelas, na Bélgica.** 2004. Disponível em: <[http://hdr.undp.org/en/media/HDR\\_2004\\_Presskit\\_PT.pdf](http://hdr.undp.org/en/media/HDR_2004_Presskit_PT.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2008.

\_\_\_\_\_. **Objetivos de desenvolvimento do milênio.** 2005. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/odm>>. Acesso em: 10 ago. 2008.

\_\_\_\_\_. **Relatório do Desenvolvimento Humano 2006: a água para lá escassez: poder, pobreza de a crise mundial da água.** 2006. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/rdh/>>. Acesso em: 21 jun. 2007.

\_\_\_\_\_. **Relatório do Desenvolvimento Humano 2007: combater a mudança do clima: solidariedade humana em um mundo dividido.** 2007. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/rdh/>>. Acesso em: 7 jan. 2008.

QUINTANA, J.; MARTÍ, I.; VENTURA, F. Monitoring of pesticides in drinking water and relates waters in NE Spain with a multiresidue SPE-CG-MS method including na estimation of the uncertainty of the analytical results. **Journal of Chromatography**, Barcelona, v.938, n.1-2, p. 3-13, 2001.

RAMALHO, J. F. G. P.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; VELLOSO, A. C. X. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1289-1303, 2000.

REBOUÇAS, A. C. Águas doces no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Orgs.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editora, 2002. p.1050.

RIBANI, M.; COLLINS, C. H.; BOTTOLI, C. B. G. Validation of chromatographic methods: evaluation of detection and quantification limits in the determination of impurities in omeprazole. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 13, n. 1156(1/2), p. 201-205, 2007.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO-NETTO, J. M. **Tratamento de água**. São Paulo: Edgard Blucher, 1991.

RIGITANO, R. L. O.; BARBOSA, T. M. L. Influência da classe e profundidade do solo na degradação do inseticida-nematicida aldicarb. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 955-960, 1994.

ROSEN, G. **Uma história da saúde pública**. São Paulo: Hucitec, 2006. (Saúde em Debate, 74).

ROUQUAYROL, M. Z.; ALMEIDA FILHO, N. **Epidemiologia e saúde**. 5. ed. Rio de Janeiro: MDSI, 1999.

SANCHES, S. M. et al. Estudo da presença da toxina microcistina-LR em água utilizada em clínica de hemodiálise e validação de um método analítico. **Eclética Química**, São Paulo, v. 32, n. 4, 2007a.

SANCHES, S. M. et al. Determinação de subprodutos clorados formados durante a etapa da oxidação da água com o cloro. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, São Paulo, v. 9, p. 15-19, 2007b.

SANTOS, E. J. **Determinação de nutrientes e contaminantes inorgânicos em café solúvel por espectrometria de emissão atômica com plasma de argônio induzido (ICP-AES)**. 1999. 197f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SANTOS, I. E. **Manual de métodos e técnicas de pesquisa científica**. 7. ed. Niterói: Impetus, 2010.

SÃO PAULO (Estado). Resolução conjunta SMA-SP e SEMAD-MG nº 001, de 04 de maio de 2009. Constitui o Grupo de Coordenação para promover a gestão integrada na Bacia Hidrográfica do Rio Grande e constituir o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Grande e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 15 maio 2009. Disponível em:

<[http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/estadual/resolucoes/2009\\_res\\_CONJ\\_sma\\_01.pdf](http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/estadual/resolucoes/2009_res_CONJ_sma_01.pdf)>. Acesso em: 15 nov. 2010.

\_\_\_\_\_. Em foco: saúde do trabalhador no SUS. 2007. Disponível em: [http://www.saude.sp.gov.br/resources/ccd/publicacoes/saude\\_e\\_populacao/2\\_-\\_saude\\_do\\_trabalhador\\_em\\_foco\\_-\\_amianto\\_-\\_2007.pdf](http://www.saude.sp.gov.br/resources/ccd/publicacoes/saude_e_populacao/2_-_saude_do_trabalhador_em_foco_-_amianto_-_2007.pdf). Acesso em: 10 nov. 2010.

SEILER, H. G.; SIGEL, H. **Handbook on toxicity of inorganic compounds**. New York: Marcel Dekker, 1998.

SIENKO, M. J.; PLANE, R. A. **Elementos de transição II**. Química. 5. ed. São Paulo: Nacional, 1977. cap. 21. p. 436-454.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância/UFSC, 2001.

SILVÉRIO, P. F. **Bases técnico-científicas para a derivação de valores-guia de qualidade de sedimentos para metais: experimentos de campo e laboratório**. 2003. 145 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de análise instrumental**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

SOARES, S. R. A.; BERNARDES, R. S.; CORDEIRO NETTO, O. M. **Relação entre saneamento, saúde pública e meio ambiente**: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 6, p.1713-1724, 2002.

SOLOMON, K. R. et al. Ecological risk assesment to atrazine in North American surface water. **Environmental Toxicology and Chemistry**, São Paulo, v. 15, p. 31-76, 1996.

SOUZA, D. A. **Desenvolvimento de metodologia analítica para determinação de multiresíduos de pesticidas em águas de abastecimento de São Carlos – SP**. 2000. 120 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA - UFMG, 2005.

STUKEL, T. A. et al. A longitudinal study of rainfall and coliform contamination in small community drinking water supplies. **Environmental Science & Technology**, Montpellier, v. 24, p. 571-575, 1990.

SUDAN, D. C.; FRONER, I. C. (Coord.). **Tá na mão**: olhando os resíduos e repensando as práticas. Gestão de resíduos no campus da USP de Ribeirão Preto. Programa USP recicla. Agência USP de inovação. 2009. Disponível em: <[www.cirp.usp.br/residuoscampusrp](http://www.cirp.usp.br/residuoscampusrp)>. Acesso em: 12 ago. 2010.

TAKAYANAGUI, A. M. M. **Risco ambiental e o gerenciamento de resíduos nos espaços de um serviço de saúde no Canadá**: um estudo de caso. 2004. 73 f. Tese (Livre Docência) – Departamento de Enfermagem Materno-Infantil e Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2004.

TAMAKI, S.; FRANKENBERG JUNIOR.; W. T. Environmental biochemistry of arsenic. **Reviews of Environmental Contamination & Toxicology**, Austrália, v. 124, p. 79-110, 1992.

TOMAZELLI, A. C. **Estudo comparativo das concentrações de cádmio, chumbo mercúrio em seis bacias hidrográficas do estado de São Paulo**. 2003. 124 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/disponivel159/59139/tde-15032005-173/4/>>. Acesso em: 7 set. 2006.

TRIANAFYLLIDOU, S.; LAMBRINIDOU, Y.; EDWARDS, M. Lead (Pb) exposure through drinking water: lessons to be learned from recent u.s. experience. **Global NEST Journal**, v. 11, n. 3, p. 341-348, 2009. Disponível em: <[http://www.gnest.org/journal/Vol11\\_No3/341-348\\_607\\_Triantafyllidou\\_11-3.pdf](http://www.gnest.org/journal/Vol11_No3/341-348_607_Triantafyllidou_11-3.pdf)>. Acesso em: 2 jan. 2010.

TURPEINEM, R. et al. Influence of microbes on the mobilization, toxicity and biomethylation of arsenic in soil. **Science of The Total Environment**, Tokyo Bay, v. 5, n. 236, p. 173-180, 1999.

UJVARI, S. C. **A história e sua epidemia**: a convivência do homem com os microrganismos. Rio de Janeiro: Editora SENAC, 2003.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT POPULATION (UNDP). **Drinking water standards and health advisories**. Washington, 2000.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME (UNEP). **The London guidelines, including prior informed consent**. 1987. Disponível em: <<http://www.chem.unep.ch/irptc/lguide.html>>. Acesso em: 20 set. 2007.

UNITED NATIONS INSTITUTE FOR TRAINING AND RESEARCH (UNITAR). **Developing e strengthening national legislation and policies for the management**

**of chemicals.** 1999. [Observações e conclusões do encontro internacional de especialistas – Relatório Final].

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Laboratório de resíduos químicos dos campus de São Carlos-SP.** Disponível em: <<http://www.ccsc.usp.br/residuos/laboratorio/index.html>>. Acesso em: 12 ago. 2010.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Acid digestion of sediments, sludges, and soils:** method 3050B. 1996. Disponível em: <[http://www.usepa.gov/epaoswer/hazwaste/test/3\\_series.html](http://www.usepa.gov/epaoswer/hazwaste/test/3_series.html)>. Acesso em: 20 set. 2006.

\_\_\_\_\_. **25 years of the safe drinking water act:** history and trends. 1999. Disponível em: <[http://www.usepa.gov/safe water/consumer/trendrpt.pdf](http://www.usepa.gov/safe%20water/consumer/trendrpt.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2006.

\_\_\_\_\_. **Human development indicators.** 2000. Disponível em: <[http://hdr.undp.org/reports/global/2000pdf/HIDROS\\_HDI.pdf](http://hdr.undp.org/reports/global/2000pdf/HIDROS_HDI.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2006.

\_\_\_\_\_. **Framework for metals risk assessment, office of the science advisor, risk assessment forum:** USEPA 120/R-07/001. Washington, DC, 20460. 2007. Disponível em: <<http://www.epa.gov/raf/metalsframework/pdfs/metals-risk-assessment-final.pdf>>. Acesso em: 7 out. 2009.

U S GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Minerals information:** mineral commodity summaries 2001: Arsenic. 2001. Disponível em: <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commdity/arsenic/160301pdf>>. Acesso em: 7 jan. 2007.

VEIGA, M. M. et al. Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. **Caderno de Saúde Pública,** Rio de Janeiro, v. 22, n. 11, p. 2391-2399, 2006.

VIRARAGHAVAN, T.; MOAZED, H. Removal of oil from water by bentonite. **Fresenius Fresenius Environmental Bulletin,** Saskatchewan, v. 12, n. 9, p. 1092-1097, 2003.

WALLS, D. et al. Pesticides in groundwater in Britain. **International Journal of Environmental. Health Research.,** Britain, v. 6, p. 55-62, 1996.

WORD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Elimination of asbestos – related diseases.** 20 Avenue Appia, CH-1211 Geneva 27, Switzerland. 2006a. Disponível em: <[http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO\\_SDE\\_OEH\\_06.03\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_OEH_06.03_eng.pdf)>. Acesso em: 8 nov. 2010.

\_\_\_\_\_. **Environmental health criteria 134: Cadmium.** Geneva, 1992.

\_\_\_\_\_. **Focusing improved water and sanitation for health: Millennium Project.** Geneva, 2005a.

\_\_\_\_\_. **Guidelines for drinking water quality.** Geneva, 1996. v. 2.

\_\_\_\_\_. **Guidelines for drinking-water quality (2006).** Incorporating first addendum. Recommendations. 3rd ed. Geneva, 2006b. v. 1. Disponível em: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3rev/en/print.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/print.html)>. Acesso em: 1 nov. 2009.

\_\_\_\_\_. **Environmental health criteria 85-lead-environmental aspects.** Geneva, 1989. Publish under the joint sponsorship of the United Nations Environment Program, the International Labour Organization, and the World Health Organization.

\_\_\_\_\_. **Environmental health criteria 165-inorganic lead.** Geneva, 1995. Publish under the joint sponsorship of the United Nations Environment Program, the International Labour Organization, and the World Health Organization.

\_\_\_\_\_. **Environmental health criteria 224: Arsenic and arsenic compounds.** World Health Organization, Geneva, 2001, 521p.

\_\_\_\_\_. Preventing disease through healthy environments: **towards an estimate of the environmental burden of disease.** Geneva, 2006c.

\_\_\_\_\_. **Progress on drinking water and sanitation: special focus on sanitation.** Geneva, 2008. Disponível em: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/monitoring/jmp2008.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp2008.pdf)>. Acesso em: 1 nov. 2009.

\_\_\_\_\_. **The United Nations Children'S Fund Water for life: make it happen.** Geneva, 2005b. Disponível em: <[http://www.wssinfo.org/en/40\\_wfl\\_2005.html](http://www.wssinfo.org/en/40_wfl_2005.html)>. Acesso em 8 nov. 2009.

\_\_\_\_\_. **Uncertainty and data quality in exposure assessment.** Contents: Part 1: guidance document on characterizing and communicating uncertainty in exposure assessment. Part 2: hallmarks of data quality in chemical exposure assessment. 2009. Disponível em: <[http://www.who.int/ipcs/publications/methods/harmonization/exposure\\_assessment.pdf](http://www.who.int/ipcs/publications/methods/harmonization/exposure_assessment.pdf)>. Acesso em: 1 nov. 2009.

\_\_\_\_\_. **Manganese in drinking-water.** 2004. Disponível em: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/manganese.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/manganese.pdf)>. Acesso em: 8 nov. 2009.

WINDHOLZ, M. **The merck index.** Rahway: Merck, 1976.

---

YOUNES, M.; GALAL-GORCHEV, H. Pesticides in drinking water - a casestudy. **Food and Chemical Toxicology**, Switzerland, v. 38, p. S87-S90, 2009. (Supplement).

## Apêndices



**APÊNDICE A**  
**LEVANTAMENTO DAS CONDIÇÕES DE SANEAMENTO DA ÁGUA UTILIZADA PARA**  
**CONSUMO HUMANO E DA PERCEPÇÃO DE RISCO RELACIONADO À SAÚDE ENTRE**  
**MORADORES DO BAIRRO CHAPADÃO, DE FORTALEZA DE MINAS-MG**

**ROTEIRO PARA ENTREVISTA E OBSERVAÇÃO**

Data: \_\_\_\_\_ Código da Moradia: \_\_\_\_\_

**IDENTIFICAÇÃO**

Nome do Entrevistado:

\_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Membro da família: \_\_\_\_\_

Alfabetizado: Sim ( ) Não ( ) Observação: \_\_\_\_\_

Profissão/ocupação:

\_\_\_\_\_

Cidade de Origem: \_\_\_\_\_ Tempo de Residência no

Município: \_\_\_\_\_

Tempo de Residência no Bairro: \_\_\_\_\_

Tipo de Habitação (Construção: tijolo, madeira, outra - especificar; Cobertura/Piso/Ventilação -  
descrever) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Número de Pessoas que Vivem na Casa:

\_\_\_\_\_

Sexo: Masculino \_\_\_\_\_ Feminino \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Idade: Adulto/Masculino \_\_\_\_\_

Adulto/Feminino \_\_\_\_\_

Idade: Criança/Masculino \_\_\_\_\_ Criança/Feminino \_\_\_\_\_

Número de pessoas que trabalham (Especificar):

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Número de pessoas que estudam (Especificar):

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Renda familiar:

\_\_\_\_\_

**CONDIÇÕES DE SANEAMENTO****ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

1) Você sabe como chega a água até sua casa, ou seja: como e de onde vem e por onde passa?

Sim ( ) Não ( )

Em caso de resposta afirmativa, como isso ocorre?

( ) Rede de abastecimento público

( ) Poço ou nascente na propriedade

( ) Poço ou nascente externo à propriedade

( ) Outra forma. Especificar: \_\_\_\_\_

( ) Não sabe

**CONHECIMENTO E PERCEPÇÃO SOBRE ÁGUA E SAÚDE**

1. Vocês guardam a água em algum lugar? Sim ( ) Não ( ) Onde vocês guardam a água para consumo da família?

\_\_\_\_\_

2) Vocês usam algum tipo de tratamento para a água consumida aqui na sua casa? Sim ( ) Não ( )

Em caso de resposta afirmativa, o que é utilizado?

( ) Fervura

( ) Filtração

( ) Adição de produto químico – especificar: \_\_\_\_\_

( ) Cloração

( ) Outro – especificar: \_\_\_\_\_

3. O que você acha da qualidade dessa água? \_\_\_\_\_

4. O que significa para você uma água boa? \_\_\_\_\_

5. E uma água ruim? \_\_\_\_\_

6. Você acha que a água pode provocar alguma doença? Sim ( ) Não ( ) Qual (is) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7. Você acha que alguém, aqui na sua casa, já ficou doente por causa da água?

Sim ( ) Não ( )

Especifique: \_\_\_\_\_

8) Você gostaria de falar mais alguma coisa sobre a água deste bairro, da sua casa ou fazer alguma pergunta a respeito deste assunto?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**SISTEMA DE ESGOTO**

1) Você sabe dizer para onde vai o esgoto ou as águas “sujas” que saem da sua casa, como do banheiro, pias, tanques e ralos?

Sim ( ) Não ( )

Em caso de resposta afirmativa, responda, por favor, como isso ocorre.

( ) Rede pública de esgoto

( ) Fossa Negra

( ) Fossa Séptica

( ) Vala ou escoadouro a céu aberto

( ) Rio ou lago

( ) Outro – especificar \_\_\_\_\_

( ) Não sabe

2) Você possui banheiro e/ou privada convencional com fossa na sua casa? Sim ( ) Não ( ) De que tipo? Onde fica? (observar como é construído o banheiro, onde ele está localizado, ir até o local e observar)

**COLETA, TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL DO LIXO**

1) Você sabe se há coleta de lixo no seu bairro?

Sim ( ) Não ( ) – Se a resposta for sim, perguntar os três itens a seguir:

Quantas vezes por semana ela ocorre?

Por quem é realizada?

Como é transportado o lixo que é recolhido pela coleta? \_\_\_\_\_

Você sabe qual é o tipo de tratamento e destino final que é dado ao lixo que é recolhido pela coleta?

( ) Queimado, na propriedade, a céu aberto

( ) Enterrado (na propriedade)

( ) Jogado em terreno baldio, na propriedade, a céu aberto

( ) Jogado em terreno baldio (propriedade de terceiros)

( ) Jogado em rio ou lago. Em qual?

( ) Não sabe

( ) Outro – especificar \_\_\_\_\_

**APÊNDICE B****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO**

Convidamos o Senhor (a) \_\_\_\_\_, para participar do projeto de pesquisa “Qualidade da água utilizada por uma população de zona rural de Fortaleza de Minas–MG: um risco à saúde pública”, que tem como objetivo conhecer a qualidade da água consumida pelos moradores do bairro Chapadão e as conseqüências sobre a saúde dos mesmos. Esta pesquisa será desenvolvida junto ao Programa de Pós-Graduação da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto – USP, onde eu, Eliana Leão do Prado, estou matriculada como aluna do curso de doutorado desse programa, sob a orientação da Profa. Dra. Angela Maria Magosso Takayanagui. Sua participação neste estudo se dará através de uma entrevista individual com a pesquisadora, abrangendo um relato de sua experiência e conhecimento sobre a água utilizada para consumo, bem como sobre sua percepção e opinião a respeito deste assunto. Informamos que também será necessário para esta pesquisa realizarmos algumas análises de água da torneira de sua residência.

Comunicamos que o senhor (a) ao aceitar participar deste estudo, estará ciente de que:

- 1) Sua participação é voluntária, dependendo exclusivamente da sua vontade e disponibilidade em participar da pesquisa;
- 2) Os dados coletados na presente pesquisa poderão ser publicados e/ou apresentados com objetivo científico, em eventos e publicações acadêmicas;
- 3) O senhor (a) estará participando desta pesquisa com nosso compromisso de ser mantido o completo anonimato em relação às informações fornecidas, mesmo na divulgação futura dos resultados sobre este estudo, com fins acadêmicos;
- 4) Não haverá nenhum risco a sua pessoa para participar desta pesquisa, de modo que o senhor (a) estará livre para desistir de sua participação em qualquer momento do estudo, sem qualquer tipo de dano ou constrangimento pessoal;
- 5) A sua participação neste estudo é desvinculada de contrato de qualquer natureza ou qualquer tipo de compromisso, sob a forma de pagamento ou retribuição de ambas as partes;
- 6) Ao assinar este termo, o senhor (a) estará confirmando seu aceite para participação voluntária nesta pesquisa, sem ter sofrido qualquer forma de pressão.
- 7) Caso queira entrar em contato com a pesquisadora, o senhor (a) está ciente de que poderá encontrá-la no endereço: Av. Bandeirantes, nº 3900 – CEP 14.040-902 – telefone: (016)36023391;
- 8) O senhor (a) receberá uma cópia deste termo, e terá toda liberdade para discutí-lo com a pesquisadora.

Fortaleza de Minas, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2009.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do (a) Entrevistado (a)

Angela M. M. Takayanagui  
Orientadora

Eliana Leão do Prado  
Pesquisadora