



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

RAMÃO LUCIANO NOGUEIRA HAYD

**NÍVEIS DE CLOROFÓRMIO NA ÁGUA POTÁVEL DISTRIBUÍDA PELA ESTAÇÃO
DE TRATAMENTO DE BOA VISTA, RORAIMA E RELAÇÃO COM INSUFICIÊNCIA
RENAL**

Boa Vista

2011

RAMÃO LUCIANO NOGUEIRA HAYD

NÍVEIS DE CLOROFÓRMIO NA ÁGUA POTÁVEL DISTRIBUÍDA PELA ESTAÇÃO
DE TRATAMENTO DE BOA VISTA, RORAIMA E RELAÇÃO COM INSUFICIÊNCIA
RENAL

Projeto de dissertação a ser
apresentado para obtenção do
título de mestre em Recursos
Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Henrique
Eduardo Bezerra da Silva

Boa Vista

2011

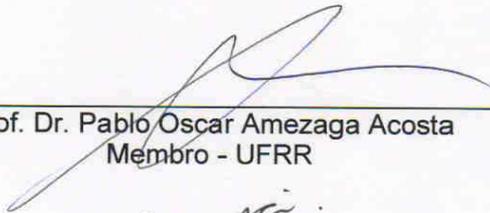
RAMÃO LUCIANO NOGUEIRA HAYD

Níveis de clorofórmio na água potável distribuída pela estação de tratamento de Boa Vista, Roraima e relação com insuficiência renal.

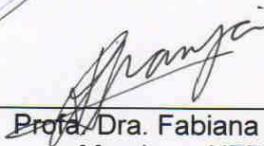
Dissertação apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Mestrado em Recursos Naturais da Universidade Federal de Roraima, defendida em 31 de agosto de 2011 e avaliada pela seguinte Banca Examinadora:



Prof. Dr. Henrique Eduardo Bezerra da Silva
Orientador - UFRR



Prof. Dr. Pablo Oscar Amezaga Acosta
Membro - UFRR



Prof.ª Dra. Fabiana Granja
Membro - UFRR



Prof.ª Dra. Ofélia de Lira Carneiro Silva
Membro - UFRR

À minha esposa,
Aline Moraes Hayd e
minha filha Manuela Moraes Hayd
pela paciência, apoio, dedicação e amor.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus pelas bênçãos derramadas em minha vida, pelo meu mestrado que tanto pedi e pelas orientações e presença espiritual que me amparam na vida, meu pai celestial.

À minha esposa Aline Moraes Hayd e filha Manuela Moraes Hayd, razão de minha vida, a quem tanto amo, que estão sempre do meu lado, me ajudando, dedicando carinho, amor e principalmente companheirismo.

A meus pais Ramão Barbosa Hayd e Izabel Nogueira Barbosa, pelo amor, carinho, orações, pessoas maravilhosas que Deus colocou para me cuidar, nunca medindo esforços para me ajudar em todos os momentos de minha vida.

A meu orientador Prof. Dr Henrique Bezerra da Silva, pelas orientações seguras e sábias, pelos direcionamentos e amizade sincera que construímos ao longo desse período.

A Universidade Federal de Roraima, e ao Programa de Mestrado em Recursos Naturais que me receberam de braços abertos e proporcionaram minha formação.

Aos professores Dr. Marcos José Salgado Vital e Dra Gardenia Holanda Cabral pelo empenho e dedicação ao Pronat o que garantiu minha formação.

Ao Curso de Medicina da UFRR que sem medir esforços me garantiu participar dessa Pós-graduação.

Ao amigo Prof. Robledo Fonseca Rocha pela colaboração e amizade nessa dissertação.

Aos colegas de turma do mestrado pela união e amizade ao longo dos dois anos de pesquisa e estudo.

Aos amigos Joelcio técnico do Biotério da Faculdade Chatedral e Almir Fontão Cunha (UFRR) pela ajuda e presteza de sempre dedicados a mim.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul na pessoa da Prof. Dra Telma Bazzano Diretora do Biotério pela rápida presteza em ceder os animais para o biensaio, não medindo esforços para atender a nossa demanda.

A Profa Dra. Nilza Pereira de Araújo pela amizade e companheirismo em ceder espaço no biotério do Curso de Psicologia para que pudéssemos realizar o bioensaio dentro dos padrões exigidos.

Aos amigos Viviane Belo dos Santos, Rubens Alves Camelo, e Magda Marcia Becker pela valiosa ajuda no Laboratório de Grãos e Águas da UFRR, e que sempre me receberam de braços abertos e com grande amizade e carinho.

À Prof.a Dra Teresa Maria Mendes pela amizade e aconselhamentos.

Ao Laboratório Central do Estado de Roraima – Lacen – pela colaboração e parceria.

Aos amigos Cedric e Edilene Willians pela verdadeira amizade, e colaboração em muitas etapas de nossa dissertação.

Ao amigo Edson, cunhado da Edilene, pela colaboração prestada na realização desta dissertação.

Ao Pastor Marcelo Santa Rita, pelas orientações espirituais e cobertura em oração dedicada a mim e minha família.

A minha amiga Eliana Fernandes Furtado pelo apoio e companheirismo.

Ao amigo Leovergildo pela prontidão em sempre me atender no Laboratório

de Águas e Grãos da UFRR.

Agradeço a todos que me incentivaram nessa jornada de minha vida.

Muito obrigado!

"A ciência humana de maneira nenhuma nega a existência de Deus. Quando considero quantas e quão maravilhosas coisas o homem compreende, pesquisa e consegue realizar, então reconheço claramente que o espírito humano é obra de Deus, e a mais notável."
Galileu Galilei

RESUMO

O abastecimento público de água em termos de qualidade e quantidade é uma preocupação crescente da humanidade, em função da escassez de recurso hídrico e da deterioração da qualidade dos mananciais. A desinfecção é o objetivo principal e mais comum da cloração, porém aparecem os subprodutos como os THMs (trihalometanos), como produtos resultantes da reação entre substâncias químicas que se utilizam no tratamento oxidativo e matérias orgânicas naturalmente presentes na água. A doença renal crônica constitui, atualmente, importante problema de saúde pública. No Brasil, a prevalência de pacientes mantidos em programas assistenciais destinados ao controle e tratamento de Insuficiência Renal Crônica (IRC) dobrou nos últimos anos. Em Boa Vista, Roraima não foi realizado nenhum estudo com relação a níveis de THM na água potável distribuída pela Estação de Tratamento. Portanto, houve necessidade de identificar os níveis de clorofórmio na água potável distribuída e verificar possível relação com incidência de insuficiência renal crônica na população atendida pela Estação de Tratamento de Água (ETA). Utilizamos amostras de água da ETA de Boa Vista, Roraima, e estas foram analisadas através da Extração em Fase Sólida (SPE) e posteriormente pela espectrofotometria. Nossas amostras foram coletadas nos meses de janeiro a julho de 2011 na saída da Estação de Tratamento de Água de Boa Vista. Também verificamos a incidência de Insuficiência Renal Crônica em Boa Vista, RR nos anos de 2008 e 2009 no serviço de faturamento do Hospital Geral de Roraima. Realizamos um bioensaio com Ratos Wistar *Rattus norvegicus*, fornecido pelo Biotério da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Os ratos ao término de 80 dias foram sacrificados, retirados os rins e enviados ao Laboratório Central de Roraima para confecção das lâminas histológicas e análise da lesão renal. Obtivemos concentrações de clorofórmio em todos os meses analisados. Durante o bioensaio recriamos as condições onde os ratos ingeriram dosagens diferentes de clorofórmio na água potável (100 e 300 mg/kg). Em nosso estudo elaboramos um método novo para confecção da curva analítica de calibração para o clorofórmio, sendo este um método de baixo custo de mercado e de fácil aplicação. O método proposto apresentou boa precisão e linearidade atendendo o interesse aos limites máximos estabelecidos pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, garantindo a aplicabilidade do mesmo para a análise simultânea de clorofórmio em água destinada ao consumo humano.

Palavras-chave: Trihalometano; Citocromo P450; Lesão renal; Bioensaio; Roraima

ABSTRACT

The public water supply in terms of quality and quantity is a growing concern of mankind, because of water scarcity and deteriorating quality of water sources. Disinfection is the primary purpose of chlorination and more common, but it appears as the by-products like THMs products of the reaction between chemicals that are used to treat oxidative and organic materials naturally present in water. Chronic kidney disease is currently an important public health problem. In Brazil, the prevalence of patients maintained on welfare programs for the control and treatment of chronic renal failure (CRF) has doubled in recent years. In Boa Vista, Roraima was not carried out any studies regarding THM levels in drinking water by sewage treatment plant. Therefore, it was necessary to identify the levels of chloroform in drinking water and check the possible relation with the incidence of chronic renal failure in the population served by ETA. We use water from the water treatment station in Boa Vista, Roraima, and these were analyzed by Solid Phase Extraction (SPE) and subsequently by spectrophotometry. Our samples were collected in January, February, March, April, May and June 2011 off the Water Treatment Plant for Good. We found the incidence of chronic renal failure in Boa Vista, in the years 2007 to 2009 in billing service General Hospital of Roraima. For the bioassay used adult females, with approximately five weeks, Wistar rats *Rattus lineage norvegicus* provided by the vivarium of the Federal University of Mato Grosso do Sul mice at the end of 80 days were sacrificed, kidneys removed and sent to Central Laboratory Roraima to make the slides and histological analysis of renal injury. Obtained concentrations of chloroform in all months analyzed. During the bioassay re-create the conditions where rats ingested different doses of chloroform in drinking water (100 and 300 mg / kg). In our study we developed a new method to construct the analytical calibration curve for chloroform, which is a low-cost market and easy to apply. The proposed method showed good precision and linearity having the interest to the ceilings established by Decree 518/2004 of the Ministry of Health, ensuring the applicability thereof to the simultaneous analysis of chloroform in water intended for human consumption.

Keywords: Trihalomethanes; Citocromo 450; Chronic renal failure; Bioassay, Roraima

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- Funcionamento de um espectrofotômetro	32
FIGURA 2	- Foto ilustrativa do equipamento (espectrofotômetro DR/4000i) utilizado nas análises de água coletada da Estação de tratamento de Boa Vista, Roraima.....	32
FIGURA 3	- Equipamento utilizado para extração em fase sólida (SPE)	38
FIGURA 4	- Visualização dos Ratos Wistar <i>Rattus norvegicus</i> utilizados no biensaio.....	42
FIGURA 5	- Numero de casos de insuficiência renal crônica em Boa Vista no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2009.....	44
FIGURA 6	- Bairro de origem dos pacientes com Insuficiência Renal Crônica nos anos de 2008 e 2009.....	45
FIGURA 7	- Peso dos ratos ao término do experimento.....	47
FIGURA 8	- Corte histológico do rim dos ratos utilizados no bioensaio e coradas com hematoxilina e eosina para análise do tipo de lesão renal. Classificação feita por Gu et al. (2005) que classifica: ++ grave, + moderada, +/- leve e – negativo.....	50
FIGURA 9	- Análise do corte histológico de rim de ratos e avaliados pelo tipo de lesão renal.....	51
FIGURA 10	- Curva de calibração do clorofórmio.....	53
FIGURA 11	- Concentração de clorofórmio nas amostras de água obtidas na Estação de Tratamento de Água de Boa Vista, Roraima, água mineral de circulação no mercado local e água coletada no Rio Branco.....	55

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- Tipo de caixa, dimensão e número de animais por gaiola padronizados pela manual de normas de laboratório da Fundação Oswaldo Cruz.....	42
TABELA 2	- Classificação do grau de lesão renal avaliado nas lâminas histológicas dos ratos do bioensaio.....	49
TABELA 3	- Dados de absorbância da precisão avaliada pelos estudos de repetibilidade.....	54
TABELA 4	- Amostras de água analisadas e concentração de clorofórmio encontrada.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA	Análise de variância
CF	Clorofórmio
CYP450	Citocromo P 450 hemoproteína envolvida no processo de biotransformação de xenobiótico
CYP2E1	Subfamília de citocromo P450 envolvida no processo de biotransformação do clorofórmio
DRC	Doença renal crônica
ETA	Estação de Tratamento de Água
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
IRC	Insuficiência renal crônica
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
OPAS	Organização Pan-americana de Saúde
SUS	Sistema Único de Saúde
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SIAB	Sistema de Atenção Básica
SPE	Extração em Fase Sólida
THM	Trihalometano
THMs	Trihalometanos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Tratamento da água	18
1.2 O Princípio da cloração da água.....	20
1.3 Formação de clorofórmio em água tratada	21
1.4 Metabolismo e toxicidade do clorofórmio.....	24
1.5 A insuficiência renal crônica	28
1.6 Técnicas de determinação de clorofórmio	29
2 OBJETIVOS	34
2.1 Objetivo geral.....	34
2.2 Objetivos específicos	34
3.0 MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1 Área de Estudo.....	35
3.2 Coleta de amostras.....	35
3.3 Teor de clorofórmio na água de abastecimento.....	36
3.4 Validação da determinação do clorofórmio.....	37
3.5 Coleta de informações epidemiológicas.....	39

3.6 Realização do bioensaio com ratos.....	39
3.7 Estudo estatístico.....	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1 Análise epidemiológica	44
4.2 <i>Bioensaio com ratos Wistar</i>	46
4.3 <i>Desenvolvimento do método</i>	52
5 CONCLUSÕES.....	61
REFERÊNCIAS	62
ANEXOS	67
ANEXO I.....	68
ANEXO II.....	69
ANEXO III	70
APENDICE	76

1 INTRODUÇÃO

O abastecimento público de água em termos de qualidade e quantidade é uma preocupação crescente da humanidade, em função da escassez de recurso hídrico e da deterioração da qualidade dos mananciais. Organismos internacionais, a exemplo da Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) e da Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (Aidis), e nacionais, como o Ministério da Saúde (MS) e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), têm reconhecido a problemática da água neste final de século. Nessa perspectiva, em 1992 foi assinada em Havana uma declaração para a proteção da qualidade da água, sendo instituído o Dia Internacional da Água (OPAS, 1987).

As preocupações com a problemática ambiental estão inseridas na Saúde Pública desde seus primórdios, apesar de só na segunda metade do século XX ter se estruturado uma área específica para tratar dessas questões. Essa área que trata da inter-relação entre saúde e meio ambiente foi denominada de Saúde Ambiental. Segundo definição estabelecida pela OMS de acordo com Ministério da Saúde: Saúde Ambiental é o campo de atuação da saúde pública que se ocupa das formas de vida, das substâncias e das condições em torno do ser humano, que podem exercer alguma influência sobre a sua saúde e o seu bem-estar (BRASIL, 1990).

Mesmo com o irrefutável conhecimento da importância do saneamento para a saúde pública, registram-se regiões ao redor do mundo onde se verificam irregularidades quanto a abastecimento público de água, esgotos sanitários e resíduos sólidos. De acordo com a Organização Pan-americana da Saúde 2,4 bilhões de pessoas (quase a metade da população do planeta) não vivem em condições aceitáveis de saneamento, enquanto 1,1 bilhão de pessoas não têm acesso a um adequado sistema de abastecimento de água. No Brasil, 36,1% dos domicílios não são abastecidos de água por rede geral, 7,2% do volume de água distribuída não recebe tratamento (OPAS, 1987).

O Brasil figura na classificação de país rico em água e a Região Hidrográfica do Amazonas contam com 73% do total de vazões de rios brasileiros. Coincidentemente, é na região Norte do país que constata-se as maiores proporções para gastos com internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado. Nesta região, no ano de 2000, o montante despendido com a referida

categoria de moléstias representou 6,84% dos gastos hospitalares totais com doenças, ao passo que a média deste ônus no mesmo período em todo o Brasil foi de 2,28% e na região Sudeste 1,03% (REBOUÇAS, 2004).

A água é ingerida pelo homem em maior quantidade que todos os outros alimentos reunidos e é, também, a sua principal excreção. Um adulto ingere por dia mais de dois litros de água, cerca de 3% do seu peso corpóreo, que, por sua vez, é constituído por mais de 80% de água (RIEDEL, 1992).

O controle de qualidade da água para consumo humano (QACH) deve ser entendido como algo mais abrangente que a sistemática análise laboratorial de amostras de água, devendo ser percebido como a adoção de boas práticas em todo o processo de produção e fornecimento de água para consumo, englobando a proteção de mananciais, a operação adequada da estação de tratamento, a manutenção periódica das adutoras, dos reservatórios e da rede de distribuição, o controle de qualidade dos produtos químicos utilizados no tratamento da água e a capacitação técnica dos responsáveis pela operação do sistema (BASTOS et al. 2005).

Os sistemas de abastecimento de água (SAA) são obras de engenharia que, além de objetivarem assegurar o conforto às populações e prover parte da infraestrutura das cidades, visam prioritariamente superar os riscos à saúde impostos pela água. Para que os SAAs cumpram com eficiência a função de proteger os consumidores contra os riscos à saúde humana, é essencial um adequado e cuidadoso desenvolvimento de todas as suas fases: concepção, projeto, implantação, operação e manutenção (BRASIL, 2006).

Existe, normalmente, grande número de compostos orgânicos na água bruta. Estes podem reagir com o cloro livre levando à formação de diversos subprodutos, entre eles os denominados trihalometanos (THMs). No início da década de 70, descobriu-se que o clorofórmio e outros THMs eram produzidos durante a cloração da água. Esta informação revestiu-se de grande importância em virtude da conclusão de um bioensaio sobre a carcinogenicidade do clorofórmio realizado pelo "National Cancer Institute". O resultado positivo para esse bioensaio levou, rapidamente, ao estudo de um valor limite de concentração máxima aceitável para esses compostos e, em 1979, a agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Environmental Protection Agency - EPA) aconselhou que o limite máximo para a soma das concentrações dos THMs (clorofórmio + bromodiclorometano +

dibromoclorometano + bromofórmio) deveria ser de 100 ug/L na água para consumo humano (SINGER, 1993).

A Portaria MS nº 518, de 25 de março de 2004 em seu artigo 2º diz que toda água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água. Ainda em seu artigo quinto diz que são deveres do Ministério da Saúde, por intermédio da FUNASA: promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água, em articulação com as secretarias de saúde dos estados e do Distrito Federal e com os responsáveis pelo controle de qualidade da água, nos termos da legislação que regulamenta o SUS; executar ações de vigilância da qualidade da água, de forma complementar, em caráter excepcional, quando constatada, tecnicamente, insuficiência da ação estadual, nos termos da regulamentação do SUS.

Brasil (2004) na seção IV do artigo 9º afirma que o responsável pela operação do sistema de abastecimento de água incumbe: operar e manter sistema de abastecimento de água potável para a população consumidora em conformidade com as normas técnicas aplicáveis publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT); manter e controlar a qualidade da água produzida e distribuída, por meio de: c) capacitação e atualização técnica dos profissionais encarregados da operação do sistema e do controle da qualidade da água; análises laboratoriais da água, em amostras provenientes das diversas partes que compõe o sistema de abastecimento. E qualquer irregularidade deve ser comunicada, imediatamente, à autoridade de saúde pública e informar à população a detecção de qualquer anomalia operacional no sistema ou não conformidade na qualidade da água tratada, identificada como de risco à saúde.

Ainda em seu artigo 29º diz que sempre que forem identificadas situações de risco à saúde, o responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água e as autoridades de saúde pública devem estabelecer entendimentos para a elaboração de um plano de ação e tomada das medidas cabíveis, incluindo a eficaz comunicação à população, sem prejuízo das providências imediatas para a correção da anormalidade (BRASIL, 2004 p. 10).

1.1 Tratamento da água

A desinfecção da água tem sido praticada por milênios, embora os princípios envolvidos no processo não fossem conhecidos. Existem indícios de que o uso de água fervida já era recomendado em 500 a.C., mas alguns historiadores julgam que esta prática era adotada desde o começo da civilização. Os processos de desinfecção têm como objetivo a destruição ou inativação de organismos patogênicos, capazes de produzir doenças, ou de outros organismos indesejáveis. Os fatores que influem na desinfecção e, portanto, no tipo de tratamento a ser empregado, podem ser resumidos em: espécie e concentração do organismo a ser destruído; espécie e concentração do desinfetante; tempo de contato do desinfetante com o organismo; características químicas e físicas da água; grau de dispersão do desinfetante na água (LAUBUSCH, 1971).

Desde 1986, o Ministério da Saúde, por meio da Divisão de Ecologia Humana e Saúde Ambiental, institucionalizou o que tinha como meta: prestar auxílio técnico e financeiro às Secretarias Estaduais de Saúde para que iniciassem uma revisão da legislação afeta ao tema; capacitar tecnicamente os profissionais das Secretarias de Saúde para garantir o apoio laboratorial necessário à verificação do cumprimento da legislação quanto ao padrão físico-químico e bacteriológico da água consumida pela população (BRASIL, 2006).

O subsistema de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano do Sistema Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde requer um modelo de atuação da vigilância da qualidade da água para consumo humano no Brasil para se consolidar, devendo adotar um Programa bem estruturado, em nível nacional, com ações a desenvolver nas esferas federal, estadual e municipal, entre as quais se podem destacar: coordenação da vigilância da qualidade da água para consumo humano; normalização; desenvolvimento de recursos humanos; normalização do registro dos produtos utilizados no tratamento de água; normalização das características dos filtros domésticos; elaboração de guias (métodos e procedimentos) e outras publicações para a vigilância da qualidade da água para consumo humano; diagnóstico e inspeção permanentes das diversas formas de abastecimento de água; monitoramento da qualidade da água para consumo humano; estruturação da rede laboratorial para vigilância da

qualidade da água para consumo humano; identificação e mapeamento do grau de risco à saúde das diferentes formas de abastecimento de água; avaliação e análise sistemática de indicadores de saúde e ambiente; avaliação e análise integrada dos sistemas de informação; atuação junto ao(s) responsável(is) pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água para correção de situações de risco identificadas; atuação nos fóruns intra e intersetoriais dos setores afetos à qualidade e à quantidade da água; desenvolvimento de estudos e pesquisas; disponibilização de informações; educação, comunicação e mobilização social (BRASIL, 2006).

O processo de coagulação é realizado por meio da adição de Cloreto Férrico e tem a finalidade transformar as impurezas da água que se encontram em suspensão fina em estado coloidal. A decantação consiste na remoção de partículas em suspensão mais densas que a água por ação da gravidade. A filtração é a retenção de partículas sólidas por meio de membranas ou leitos porosos. A cloração consiste na desinfecção das águas através da utilização de cloro gasoso. A fluoretação é realizada visando proporcionar uma medida segura e econômica de auxiliar na prevenção da cárie infantil (BRASIL, 2006)

O tratamento da água para consumo humano tem por finalidade primeira torná-la potável. Em síntese, procura-se tornar a água atrativa para o consumo humano. Portanto, os principais objetivos do tratamento são de ordem sanitária (remoção e inativação de organismos patogênicos e substâncias químicas que representem riscos à saúde) e estética/organoléptica (por exemplo: remoção de turbidez, cor gosto e odor). Em uma abordagem mais ampla o tratamento da água para consumo humano tem por objetivos: atender ao padrão de potabilidade exigido pelo Ministério da Saúde prevenindo a veiculação de doenças de origem microbiológica ou química; estimulando a aceitação para consumo e prevenir a cárie dentária, por meio da fluoretação.

Laubusch (1971) afirma que durante os processos numa estação de tratamento de água (ETA) convencional, as etapas de sedimentação, coagulação e filtração removem parte dos organismos patogênicos e outros presentes na água. Os processos específicos de desinfecção podem ser classificados como: aplicação de calor; irradiação, luz ultravioleta e outros agentes físicos; íons metálicos – cobre e prata; compostos alcalinos; compostos tensoativos – sais de amônia quaternários; oxidantes – halogênios, ozônio e outros compostos orgânicos e inorgânicos.

As características necessárias para um bom desinfetante podem ser resumidas em (ROSSIN, 1987):

- capacidade de destruir, em um tempo razoável, os organismos patogênicos a serem eliminados, na quantidade em que se apresentam e nas condições encontradas na água;
- o desinfetante não deve ser tóxico para o homem e para os animais domésticos e, nas dosagens usuais, não deve causar à água cheiro e gosto que prejudiquem o seu consumo;
- a concentração na água tratada deve ser fácil e rapidamente determinável;
- deve produzir concentração residuais resistentes na água, de maneira a constituir uma barreira sanitária contra eventual recontaminação antes do uso.

1.2 O princípio da cloração da água

A desinfecção é o objetivo principal e mais comum da cloração, o que acarreta, muitas vezes, o uso das palavras “desinfecção” e “cloração” como sinônimos (BAZZOLI, 1993).

Quando o cloro é adicionado a uma água quimicamente pura ocorre a seguinte reação: o ácido hipocloroso (HOCl), formado pela adição de cloro à água, se dissocia rapidamente (FANG et al. 2008).

A ação desinfetante e oxidante do cloro é controlada pelo ácido hipocloroso, um ácido fraco. As águas de abastecimento, em geral, apresentam valores de pH entre 5 e 10, quando as formas presentes são o ácido hipocloroso (HOCl) e o íon hipoclorito (OCl^-). O cloro existente na água sob as formas de ácido hipocloroso e de íon hipoclorito é definido como cloro residual livre (ROSSIN, 1987; OPAS, 1988).

Na América do Norte, a preocupação com o padrão de potabilidade iniciou-se somente em 1914, referenciando-se à contaminação bacteriológica, embora o primeiro sistema de abastecimento de água, que empregava tubos de madeira, date de 1799, na cidade de Philadelphia. A partir daí, com o intervalo médio da ordem de 15 anos, diversos padrões de potabilidade foram se sucedendo, elevando progressivamente as restrições quanto às características físicas, químicas e biológicas das águas de abastecimento. A evolução dos padrões de potabilidade

culminou com a inserção, a partir do final da década de 1970, dos trihalometanos como parâmetros de qualidade de água para consumo humano, em função de pesquisas que apontavam as possíveis propriedades carcinogênicas dos mesmos. Esses compostos constituem-se em quatro espécies de metano-halogenados: clorofórmio (triclorometano), diclorometano, dibromoclorometano e bromofórmio, subprodutos da desinfecção efetuada com compostos de cloro. Em razão de tal fato, diversas pesquisas em tratamento de água realizadas nos Estados Unidos reportam-se ao Carbono Orgânico Total (COT) como balizador da eficiência do processo ou da operação unitária enfocada (BRASIL, 2006).

A partir de 1983, a United States Environmental Protection Agency (USEPA) fixou o Nível Máximo de Contaminante (NMC) em 0,1 mg/L para o somatório dos quatro compostos. As pesquisas desenvolvidas e em curso, apontando a associação de tais compostos ao câncer, culminaram com a redução do MCL para 0,08 mg/L. Atualmente, as restrições ao uso indiscriminado do cloro como desinfetante concorreram para o recrudescimento do emprego de desinfetantes alternativos como amônia, ozônio, radiações ultravioleta, peróxido de hidrogênio, dióxido de cloro, entre outros (BRASIL, 2006).

O ser humano necessita de água de qualidade e em quantidade suficiente para atender suas necessidades físicas, sociais e econômicas. Para o consumo humano, todos os componentes da água, desde sólidos suspensos até os microrganismos que vivem no meio aquático, devem estar no valor máximo permitido pela legislação brasileira de padrão de potabilidade. O cloro ativo é muito utilizado na etapa de desinfecção em estações de tratamento de água com o objetivo de destruir ou inativar microrganismos responsáveis por doenças. A escolha do cloro como oxidante apresenta baixo custo, fácil manuseio e possui alta eficiência à temperatura ambiente e em tempo relativamente curto. No entanto, o cloro pode reagir com a matéria orgânica da água bruta, gerando subprodutos de reação chamados de compostos orgânicos halogenados como os trihalometanos (THMs), (BRASIL, 2006).

1.3 Formação de clorofórmio em água tratada

Os THMs aparecem, principalmente na água potável, como produtos resultantes da reação entre substâncias químicas que se utilizam no tratamento

oxidativo (cloro livre) e matérias orgânicas (ácidos húmicos e fúlvicos) naturalmente presentes na água. Sua formação está, portanto, relacionada ao uso do cloro (SANTOS, 1988).

Os ácidos húmicos e fúlvicos, também denominados de precursores dos THMs, são resultantes da decomposição da vegetação. A maioria destes ácidos contém radicais cetona, que podem produzir halofórmios após a reação com o cloro (TOMINAGA, 1998).

Ainda de acordo com BRASIL, (2006) os principais subprodutos de formação na aplicação do cloro na água para tratamento pela ETA que podem ser gerados são: Trialometanos (THMs): clorofórmio, bromodiclorometano, clorodibromometano, bromofórmio; Ácidos Haloacéticos (AHAs): ácido monocloroacético, ácido dicloroacético, ácido tricloroacético, ácido monobromoacético, ácido dibromocloroacético, ácido tribromoacético, ácido bromocloroacético, ácido dibromocloroacético; Haloacetoneitrilas (HANs): dicloroacetoneitrila, tricloroacetoneitrila, dibromoacetoneitrila, tribromoacetoneitrila, bromocloroacetoneitrila; Haletos Cianogênicos (HCs): cloreto cianogênico, brometo, cianogênico; Halopicrinas (HPs): cloropicrina, bromopicrina;

Nas Estações de Tratamento de Água, a dificuldade de monitoramento do clorofórmio se apresenta em função do grau de dificuldade da metodologia analítica, o custo elevado das análises e a necessidade de técnicos preparados para realização dessas análises. A Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde determina que o valor máximo permitido de THM em água potável, é de 100 µg/L (BRASIL, 2006).

Os THMs são compostos de carbono simples, substituídos por halogênios e possuem a fórmula geral CHX_3 , onde X pode ser cloro, bromo, possivelmente iodo, ou combinações a partir dos mesmos (TOMINAGA, 1998).

Normalmente o clorofórmio é o THM predominante encontrado na água de abastecimento clorada. O clorofórmio (CF) absorvido entra rapidamente na corrente sanguínea e é transportado para os tecidos, após sofrer efeito de Fase I (SYMONS et al. 1981).

Devido à sua predominante lipossolubilidade, acumula-se em tecidos com alto teor lipídico, como o tecido adiposo, fígado e rins. O CF parece ser capaz de atravessar a barreira placentária, uma vez que já foi detectado no cordão umbilical

em concentrações maiores que no sangue materno. No leite materno foi identificado, mas não quantificado (ESTANISLAU; GOUVEIA, 2009).

De acordo com Brasil (2006) a evolução dos padrões de potabilidade culminou com a inserção, a partir do final da década de 1970, dos trihalometanos como parâmetros de qualidade de água para consumo humano, em função de pesquisas que apontavam as possíveis propriedades carcinogênicas dos mesmos. Esses compostos constituem-se em quatro espécies de metano-halogenados: clorofórmio (triclorometano), diclorometano, dibromoclorometano e bromofórmio, subprodutos da desinfecção efetuada com compostos de cloro, quando a água apresenta teor significativo de matéria orgânica. Tais pesquisas culminaram com a introdução, em 1979, pela United States Environmental Protection Agency (USEPA), da concentração máxima permissível de 100 µg/L, posteriormente reduzida para 80 µg/l, dos compostos trihalometanos nas águas de abastecimento.

Na própria Portaria MS n. 518, de 25 de março de 2004, assim como na Portaria n. 36, de 19 de janeiro de 1990, ambas do Ministério da Saúde, criam um conjunto de atividades, exercidas de forma contínua pelo(s) responsável(is) pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção dessa condição; vigilância da qualidade da água para consumo humano – conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública para verificar se a água consumida pela população atende a esta Norma e para avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana. Cabe destacar uma importante distinção entre essas definições: as ações de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano são atribuições do setor saúde, enquanto as ações de controle da qualidade da água para consumo humano são de competência do(s) responsável(is) pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água.

Rouqueirol e Almeida-Filho (2006) procuram ainda distinguir os termos *vigilância* e *monitoramento*. Segundo os autores, o termo monitoramento pode ser entendido como a elaboração e a análise de mensurações visando detectar mudanças no ambiente ou no estado de saúde da comunidade. Entre as aplicações do monitoramento em saúde pública inclui-se a análise contínua de indicadores da qualidade de produtos de consumo humano e de riscos ambientais, para oferecer subsídios às medidas pertinentes. Assim, o monitoramento seria um instrumento da

vigilância quando aplicado em um sistema de informações para agilizar as medidas de controle.

1.4 Metabolismo e toxicidade do clorofórmio

De acordo com Fang et al. (2008) o metabolismo das toxinas endógenas (processos biológicos como desidrogenase, peroxidases) e exógenas (geradoras de radicais livres como tabaco, poluição do ar, solventes orgânicos, anestésicos, pesticidas e radiações) envolve fundamentalmente 2 etapas: A fase I (oxidação), é efetuada pela enzimas da família do citocromo P450 e basicamente consiste em adicionar um átomo de oxigênio ao substrato, criando um grupo funcional a ser usado nas reações de conjugação. A fase II (conjugação) é efetuada predominantemente pelas enzimas do sistema UGT (uridina-difosfato-glucoronil transferase), que liga o ácido glucorônico com substratos como esteróides, bilirrubina e drogas, aumentando a solubilidade e facilitando a excreção renal. O sistema oxidativo Citocromo P450 (CYP450) compreende 57 genes que codificam enzimas, sendo as mais importantes as CYP1A2, CYP2C9, CYP2C19, CYP2D6, CYP3A4 e CYP3A5, responsáveis pela metabolização de mais de 90% das drogas.

Segundo Cummings et al. (1999) o rim é um órgão-alvo importante para análise química induzida pela toxicidade. Um número de isoformas do citocromo P450 são expressas no rim de roedores, incluindo os membros do CYP1A, 2B, 2C, 2E, 2J, 3A, 4A e 4F subfamílias.

De acordo com Fang et al. (2008) a maior biodisponibilidade de clorofórmio no rim pode levar a um maior grau de toxicidade e insuficiência renal, através da ativação metabólica de clorofórmio por enzimas P450. A enzima CYP2E1 foi proposta para ser responsável pela ativação metabólica de clorofórmio no rim; CYP2E1 desempenha um papel importante no metabolismo *in vivo* do clorofórmio no fígado e no rim através do uso do fígado de ratos sem CYP450 ou recessivos, que a ativação metabólica da CYP450 hepáticas não protege quanto a toxicidade renal induzida pelo clorofórmio.

Os THMs aparecem, principalmente na água potável, como produtos resultantes da reação entre substâncias químicas que se utilizam no tratamento oxidativo (cloro livre) e matérias orgânicas (ácidos húmicos e fúlvicos) naturalmente presentes na água. Sua formação está, portanto, relacionada ao uso do cloro. A maioria destes ácidos contém radicais cetona, que podem produzir halofórmios após a reação com o cloro. O clorofórmio (CF), após administração pela via oral, é rapidamente e quase completamente absorvido (tanto em animais de experimentação como no homem). A concentração sanguínea máxima de CF é atingido dentro de 1 a 1,5 h após a ingestão (SYMONS et al. 1993).

Fang et al. (2008) afirmam em seu estudo que o CF é biotransformado no fígado levando a formação de fosgênio. O fosgênio pode reagir rapidamente com a água levando a formação de CO_2 e HCl. Uma outra via de biotransformação é a reação com enzimas de Fase II dando produtos secundários ou com macromoléculas intracelulares induzindo dano celular. O principal órgão de biotransformação do CF é o fígado. Os rins possuem baixa atividade das enzimas que biotransformam os xenobióticos. A reação catalisada pelo citocromo P-450 propriamente dita é uma monooxigenação.

As monooxigenações são aquelas oxidações nas quais um átomo de oxigênio molecular é reduzido a água, enquanto o outro é incorporado ao substrato, tornando este, por sua vez hidrossolúvel, sendo o NADP reduzido (nicotinamida adenina dinucleotídio fosfato reduzido) o doador de equivalentes de redução. O substrato liga-se diretamente ao citocromo P-450 e ao oxigênio molecular, porém não consegue interagir diretamente com o NADP reduzido ou o NAD reduzido. No retículo endoplasmático um elétron é doado do NADP reduzido para o citocromo P-450 via uma flavoproteína conhecida como NADPH-citocromo P-450 redutase, havendo redução do ferro do grupo heme do estado férrico (Fe^{3+}) para o estado ferroso (Fe^{2+}). Portanto, o dano renal observado como um dos efeitos tóxicos, causado pelo CF, poderia decorrer da formação de produtos tóxicos no fígado e transportados para os rins (FANG, et al. (2008).

Entretanto, Fang et. al. (2008) conclui em seu trabalho que a toxicidade induzida pelo clorofórmio no rim tem sido atribuída para a formação de metabólitos nefrotóxicos de clorofórmio catalisados por enzimas P450 renal. Portanto, maior biodisponibilidade de clorofórmio no rim pode levar a um maior grau de toxicidade e insuficiência renal, através da ativação metabólica de clorofórmio por enzimas P450.

Os efeitos crônicos observados são caracteristicamente retardados, admitindo período de latência para a carcinogenicidade. Assim, a hepatotoxicidade e a nefrotoxicidade, características desses compostos podem ser exacerbadas, mesmo para exposições a baixas concentrações, sendo que os efeitos de interação, principalmente com etanol podem ser também importantes dentro do espectro dos efeitos tóxicos (QUEIROZ et al. 1994).

De acordo com Meyer (1994) nos efeitos mutagênicos, carcinogênicos e teratogênicos que reside a importância maior desses compostos. O CF apresentou resultados negativos no ensaio de mutagenicidade utilizando *Salmonella typhimurium* TA-100. Sob as mesmas condições os outros THM apresentaram resultados positivos. Existem evidências suficientes indicando que o CF é carcinogênico para ratos e camundongos, sem contudo haver qualquer indicação para o homem.

Segundo a "International Agency for Research on Cancer" (IARC) as evidências quanto à carcinogenicidade do CF para humanos são inadequadas, mas suficientes para animais (ESTANISLAU; GOUVEIA, 2009).

O CF induz tumor maligno de rins em ratos machos, tumor de tireóide em ratos fêmeas e carcinoma hepatocelular em camundongos. Foi observado um aumento da incidência de neoplasias em camundongos pela administração de 250 mg de clorofórmio/kg, via oral. Todavia, isso não foi observado para concentrações de 15 mg/kg (CUMMINGS et al. 1999).

A Organização Mundial da Saúde recomenda um valor-guia de 30 µg/l para o CF na água potável, para um consumo médio de 2 litros diários. Tal concentração deverá produzir menos de um caso adicional de câncer a cada 100.000 habitantes durante toda a vida (OPAS, 1987). Este resultado foi obtido aplicando-se um modelo estatístico em experimentos com ratos.

A relação entre o uso de cloro nas estações de tratamento de água, suas reações com os compostos orgânicos presentes e a formação de compostos que o poderiam ter efeitos negativos sobre a saúde humana foi estudada pela primeira vez por R. H. Harris, na década de 70 (SANTOS, 1987).

Embora haja grande oferta de água na Amazônia, verifica-se que os indicadores de saneamento desta região hidrográfica, configuram-se como os piores do país, em que 55,7% dos domicílios não são abastecidos de água por rede geral; do volume total de água distribuída em sistemas públicos, 32,4% não recebe

tratamento e 92,9% dos municípios não possuem redes de esgotamento sanitário (IBGE, 2007).

O mecanismo de transmissão de doenças mais comumente lembrado e diretamente relacionado à qualidade da água é o da ingestão, por meio do qual um indivíduo sadio ingere água que contenha componente nocivo à saúde e a presença desse componente no organismo humano provoca o aparecimento de uma doença (BRASIL, 2004).

No Brasil existem estudos que verificam os níveis de THMs e buscam relação com saúde pública como: Tominaga e Midio (1999) que realizou uma revisão bibliográfica do período de 1974-1998, sobre compostos orgânicos halogenados derivados de hidrocarbonetos denominados de trihalometanos. O clorofórmio, reconhecidamente carcinogênico para diferentes espécies animais, pode ser encontrado freqüentemente, inclusive entre nós, em águas tratadas e enviadas à população urbana. Descrevendo sua formação, fontes de exposição humana bem como os aspectos toxicológicos de maior importância: disposição cinética e espectro dos efeitos tóxicos (carcinogênicos, mutagênicos e teratogênicos) decorrentes de exposições a longo prazo e baixas concentrações.

Meyer (1994) realizou estudo sobre o uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de THM e os riscos potenciais à saúde pública e concluiu que os levantamentos epidemiológicos relacionando a concentração dos THM com a morbidade e a mortalidade por câncer não são estatisticamente conclusivos, mas evidenciam associações positivas em alguns casos de carcinomas. Fang et al., (2008) em seu estudo também verificou que o CF em doses elevadas causa lesão nas células do rim em camundongos; Estanislau; Gouveia (2009) avaliaram os riscos de malformação congênita em recém-nascidos de mães expostas ao clorofórmio em uma localidade específica na cidade de São Paulo e verificou relação com a incidência da doenças congênitas em recém-nascidos.

1.5 A insuficiência renal crônica

De acordo com Kierszenbaum (2004) o sistema urinário possui três funções principais: (1) retirar do sangue o nitrogênio e outros restos de produtos metabólicos por filtração e excreção; (2) equilibrar a concentração dos eletrólitos e líquidos corporais, também por filtração e excreção; (3) recuperar, por reabsorção, pequenas moléculas (aminoácidos, glicose e peptídeos), íons (Na^+ , Cl^- , Ca^{2+}) e água, para manter a homeostase do sangue. O rim regula a pressão sanguínea pela produção da enzima renina, e esta por sua vez inicia a conversão do angiotensinogênio (uma proteína plasmática produzida no fígado) para angiotensina II, um componente ativo. O rim também é considerado um órgão endócrino. Ele produz a eritropoietina, um estimulador da produção de hemácias na medula óssea. O sistema urinário consiste de um par de rins, um par de ureteres, uma bexiga urinária única e uma uretra. Os rins recebem cerca de 20% do sangue que vêm do coração por minuto e filtram 1,25 litros do sangue por minuto. Praticamente todo o sangue do corpo passa pelos rins a cada 5 minutos. O ultrapasado do plasma no espaço urinário é transportado por mecanismos ativo e passivo para o túbulo contorcido proximal, onde cerca de 70% da água filtrada, glicose, Na^+ , Cl^- , K^+ são reabsorvidos. Como o túbulo proximal renal é altamente permeável a água, esta passa por osmose através de espaço interloocular lateral.

A doença renal crônica (DRC) é uma síndrome clínica causada pela perda progressiva e irreversível das funções renais e sua etiologia varia com a idade. Nos recém-nascidos e lactentes são as malformações predominantes do trato urinário, enquanto nos escolares e adolescentes prevalecem as glomerulopatias (RIELLA, 2003).

A insuficiência renal causa um estado de desajuste metabólico proporcional à queda da função renal, com alterações enzimáticas responsáveis pela diminuição da síntese protéica, por alterações na tolerância aos carboidratos e na produção de energia celular, além de alterações no balanço de água, eletrólitos, no equilíbrio ácido-básico, no metabolismo de lipídeos e na produção de energia celular (MINAYO, 2000).

A doença renal crônica constitui, atualmente, importante problema de saúde pública. No Brasil, a prevalência de pacientes mantidos em programas assistenciais

destinados ao controle e tratamento de Insuficiência Renal Crônica (IRC) dobrou nos últimos anos (PALOMBINI; MANFRO; KOPSTEIN, 1985).

Os primeiros sintomas da IRC podem demorar anos para serem notados, o mesmo ocorre com a síndrome urêmica, típica da IRC terminal, o que demonstra grande capacidade adaptativa dos rins, permitindo que seres humanos mantenham-se vivos com apenas 10% da função renal. Por ser uma doença progressiva e silenciosa, seu diagnóstico, na maioria dos casos, só é feito na fase terminal, requerendo de imediato terapia renal substitutiva. A doença em si e o tratamento desencadeiam uma sucessão de situações conflituosas, que compromete o cotidiano do paciente, bem como de seus componentes familiares, impondo-lhes adaptações e mudanças no estilo de vida (RIELLA, 2003).

A IRC pode ser causada por doenças sistêmicas como diabetes mellitus; glomerulonefrite crônica; pielonefrite; hipertensão não controlada; obstrução do trato urinário; lesões hereditárias (doença renal policística); distúrbios vasculares; infecções; medicamentos e agentes tóxicos ingeridos pelo homem (BARROS, et. al. 2007).

1.6 Técnicas de determinação de clorofórmio

O tratamento da água implica na utilização de substâncias químicas que geram subprodutos que se não forem eliminados, por sua vez, podem afetar a saúde daqueles que a utilizam. O cloro é o agente mais usado, pois em qualquer dos seus diversos compostos, destrói ou inativa os organismos causadores de enfermidades, Os riscos relacionados ao processo de cloração da água estão associados muito mais aos seus subprodutos do que aos agentes utilizados.

A própria definição de controle de qualidade da água contida na Portaria MS n. 518/2004 sugere a amplitude das ações necessárias à garantia da qualidade da água consumida pela população. Um sistema de abastecimento de água encontra-se sujeito a diversas interferências, no tempo e no espaço, de forma que a garantia

da qualidade da água no ponto de consumo depende de um gerenciamento integrado de todo o sistema. De início, é de se destacar que a qualidade da água tratada e distribuída se encontra estreitamente relacionada à qualidade da água bruta. Nesse sentido, cabe lembrar os conceitos tradicionalmente aplicados à água potável e à água potabilizável.

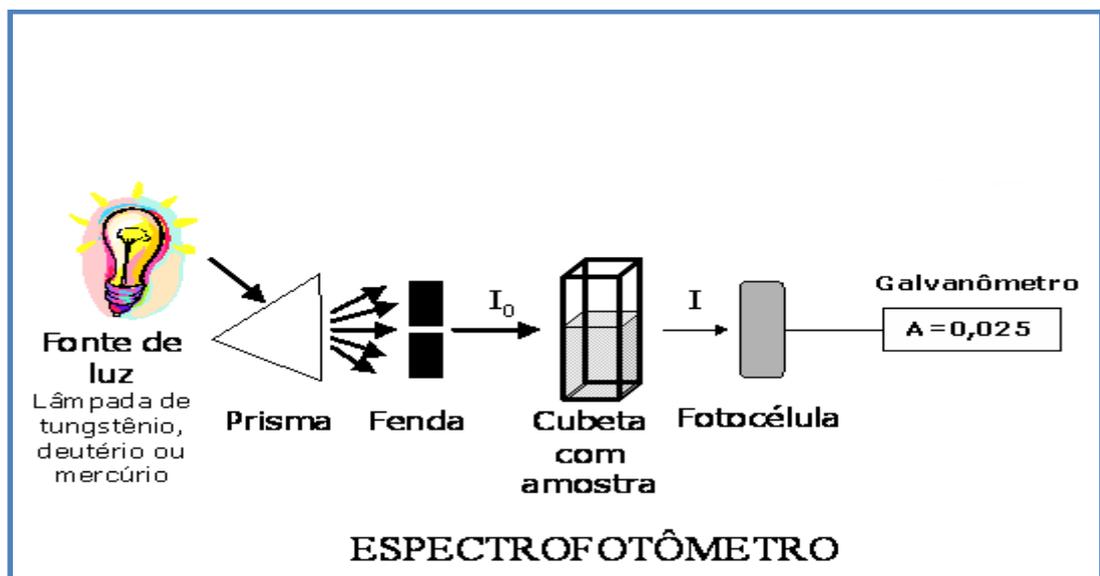
Em tese, do ponto de vista tecnológico, qualquer água pode ser tratada, porém nem sempre a custos acessíveis. Decorre daí o conceito de *tratabilidade da água*, relacionado à viabilidade técnico-econômica do tratamento, ou seja, de dotar a água e determinadas características que potencializem um ou mais usos. Em linhas gerais, água potável é aquela que pode ser consumida sem riscos à saúde e sem causar rejeições por suas características organolépticas. Portanto, *água potabilizável* é aquela que, em função de suas características *in natura*, pode adquirir características de potabilidade, por meio de processos de tratamentos viáveis do ponto de vista técnico-econômico. Do ponto de vista de vigilância da saúde, um programa de monitoramento no âmbito da vigilância da qualidade da água para consumo humano deve ser o mais abrangente e representativo possível de todas as formas de abastecimento e consumo de água existentes em uma comunidade, permitindo, inclusive, mais para além disso, o “controle” do controle da qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2006).

Para realizar um controle da qualidade da água para consumo humano Skoog, Holler, Nieman, (2002) utiliza a espectrofotometria no ultravioleta visível (UV/VIS) pode ser um instrumento de monitoramento do clorofórmio, pois envolve a espectroscopia de fótons, que é um processo de medida que, basicamente, emprega as propriedades dos átomos e moléculas de absorver e/ou emitirem energia eletromagnética em uma das regiões do espectro eletromagnético. Ela utiliza luz na faixa do visível, do ultravioleta (UV) próximo e do infravermelho próximo, nessas faixas de energia as moléculas sofrem transições eletrônicas moleculares do estado fundamental para orbitais de maior energia em um estado excitado, a absorção molecular na região do UV e do visível depende da estrutura eletrônica da molécula. Apesar de as amostras poderem ser sólidas (ou mesmo gasosas, elas usualmente são líquidas. Uma cela transparente (ou seja, que não absorve radiação na faixa de comprimentos de onda usada), comumente chamada de *cupeta*, é enchida com a amostra líquida e inserida no espectrofotômetro. Logo, a amostra é inserida no caminho óptico do aparelho. Então, a luz UV e/ou visível em

um certo comprimento de onda (ou uma faixa de comprimentos de ondas) é passada pela amostra (figura 01).

A Lei de Lambert afirma que, quando a luz monocromática passa um meio transparente, a taxa de diminuição da intensidade com a espessura do meio é proporcional à intensidade da luz. Isto é equivalente a afirmar que a intensidade da luz emitida diminui exponencialmente com a espessura do meio absorvedor, ou que qualquer camada do meio com certa espessura absorve sempre a mesma fração da luz incidente sobre ela, porém o método utilizado para determinar um modo quantitativo a concentração de substâncias em solução que absorvem radiação, é usando a *Lei de Beer-Lambert*: Poucas exceções são encontradas para a generalização de que a absorção está relacionada linearmente com o caminho óptico. Por outro lado, desvios da proporcionalidade entre a absorção medida e a concentração quando b é contante são encontrados freqüentemente. Alguns desses desvios são fundamentais e representam limitações reais da lei. Outros ocorrem como conseqüência da maneira como as medidas de absorção são feitas ou como resultado de mudanças químicas associadas com variações de concentração; estas duas últimas são conhecidas, respectivamente, como *desvios instrumentais* e *desvios químicos* (Skoog, Holler, Nieman, 2002).

Figura 1: Funcionamento de um espectrofotômetro.



Fonte: Lanças (2004)

Figura 2: Foto ilustrativa do equipamento (espectrofotômetro DR/4000i) utilizado nas análises de água coletada da Estação de tratamento de Boa Vista, Roraima.



Para análise no espectrofotômetro deve-se utilizar um solvente e os cianetos são compostos que possuem o grupo ciano (CN), líquido incolor. É um composto químico com densidade de 0.786g/mL denominado como um solvente com formula CH_3CN , quando ligados a metais são usados como inseticidas, venenos, pigmentos, na metalurgia (galvanização), e na purificação de prata e ouro, Quando ligados a compostos orgânicos são chamados de nitrilas (=N), e são aplicados principalmente na fabricação de tecidos, plásticos e borracha sintética, largamente usada como um solvente polar aprótico em química sintética, como um solvente de fase móvel pois sua polaridade média em Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) e Cromatografia líquida com espectrometria de massa (LCMS), e em química orgânica na purificação de reagentes orgânicos, a acetronitrila dissolve também uma grande quantidade de compostos iônicos e não - polares. A acetronitrila (CH_3CN) é a mais simples das nitrilas. Também conhecida por etanonitrila e cianeto de metila, apresenta-se como um líquido inflamável e sem cor, completamente solúvel em água e outros solventes orgânicos, com exceção dos alcanos. É usado

como solvente e reagente químico, tanto em laboratório quanto na indústria (SKOOG, HOLLER, NIEMAN, 2002).

O monitoramento da concentração de THM na água potável e a avaliação de sua formação durante o processo de tratamento é importante para a promoção da qualidade de vida da população.

Em Boa Vista, Roraima não foi realizado nenhum estudo com relação a níveis de THM na água potável distribuída pela Estação de Tratamento. Daí a necessidade de identificar os níveis de clorofórmio na água potável distribuída pela ETA e buscar relação com a incidência de insuficiência renal.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Detectar um subproduto de desinfecção (clorofórmio) na água potável distribuída em Boa Vista e buscar uma possível relação com incidência de insuficiência renal crônica.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar os níveis de clorofórmio presentes na água potável fornecida pela ETA em Boa Vista, Roraima;

- ✓ Realizar bioensaio com camundongos para verificar possível lesão renal pela ingestão de água com dosagens diferentes de clorofórmio.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A população da capital Boa Vista, é de aproximadamente 154.000 habitantes ou 62% da população do estado de Roraima (IBGE, 2007). O clima é úmido, marcado por uma larga estação seca (6-7 meses). A região encontra-se inserida entre dois centros de alta precipitação: o das Guianas, que recebe a umidade atlântica, e o da Amazônia Central. A cidade de Boa Vista está a uma altitude de 90m acima do nível do mar, a 2° 49' 17'' de latitude norte e 60° 39' 50'' de longitude ocidental e possui uma área de, aproximadamente, 5.711,9 km². O clima é tropical quente úmido, com apenas duas estações climáticas bem definidas: A estação das chuvas, que vai do mês de abril a setembro, e o verão, de outubro a março. A temperatura varia de 20° a 38°C, sendo a média anual em torno de 27,4 °C (IBGE, 2007).

3.2 Coleta de amostras

Utilizamos amostras de água da ETA, Roraima Companhia de abastecimento de água e esgoto de Roraima (CAER), e estas foram analisadas através Extração em Fase Sólida (SPE) e posteriormente pela espectrofotometria. As amostras foram coletadas entre os meses de janeiro a julho de 2011 na saída da Estação de Tratamento de Água de Boa Vista que utiliza como manancial o Rio Branco. Essas amostras foram acondicionadas em garrafas de água mineral esterilizadas. Após a coleta envolvemos as garrafas com papel alumínio para evitar luminosidade nas amostras. As mesmas foram acondicionadas em uma sala escura e mantidas até o momento das análises.

As vidrarias foram limpas da seguinte forma: Lavamos as vidrarias destinadas ao ensaio com água corrente e detergente neutro; enxaguamos as vidrarias com

água corrente; mantivemos as vidrarias submersas em solução 10 % de Extran (Merck) por 12 horas; Enxaguamos o material com água desionizada; lavamos as paredes das vidrarias com alíquotas de acetona P.A.; e protegemos o material com papel alumínio dentro de uma caixa fechada apropriada para manter a vidraria em perfeito estado de higienização.

3.3 Teor de clorofórmio na água de abastecimento

Para extração do analito utilizamos o método de extração em fase sólida (SPE) que é usualmente empregado com o propósito de isolar um ou mais analitos presentes em uma matriz complexa para posterior análise por intermédio do uso de um método instrumental. O formato mais popular em SPE é o cartucho. Para tal, empregou-se o corpo de uma seringa plástica de polipropileno. A parte inferior do cartucho é afunilada e apresenta uma extensão que se encaixa em um dispositivo para efetuar vácuo. Utilizamos uma bomba de vácuo acoplada ao SPE conforme esquema ilustrativo na figura 03. O objetivo principal é passar, através do cartucho, um grande volume de amostra a fim de aprisionar somente o analito, deixando passar o solvente.

Para a extração do clorofórmio presente na água de nossas amostras utilizamos quinhentos ml (0.5l) de água coletadas diretamente na estação de tratamento de Boa Vista nos meses de janeiro, fevereiro, março, maio, junho e julho de 2011.

Procedemos da seguinte forma: Primeiramente foi ativado o cartucho C18 passando pelo mesmo uma solução contendo 5 ml de metanol e 5 ml de água deionizada; após ativação, passamos a amostra de água coletada da Estação de Tratamento que utiliza o rio Branco passando pelo cartucho C18; esta etapa foi lenta, com fluxo inferior a 0.41 ml/segundo. Obtivemos isso controlando o vácuo durante a etapa de adição da amostra; em seguida passamos 10 ml de acetonitrila pelo cartucho diretamente removendo o analito para um tubo de ensaio com tampa, de forma que a solução coletada já se encontrava em concentração apropriada para

a análise; após esse procedimento analisamos a amostra no espectrofotômetro para identificarmos a concentração do clorofórmio presente na amostra.

Após a detecção da absorbância, calculamos o nível de clorofórmio na amostra de água coletada utilizando a equação da reta da curva de calibração do clorofórmio a 220 nm. Toda vidraria utilizada foi lavada utilizando o protocolo para extração de contaminantes emergentes em água do Laboratório de Química Ambiental – LQA - UNICAMP.

3.4 Validação da determinação do clorofórmio

A linearidade foi estabelecida pela média de 5 curvas padrão autênticas, as quais foram obtidas em diferentes tipos de concentrações: 0,5 – 2,5 – 5 – 7.5 – 10 – 12.5 – 15 μL em uma solução de 50 ml de acetronitrila para concentrar a mesma, correspondendo a 16,36 $\mu\text{g/L}$ – 82,8 $\mu\text{g/L}$ – 165,6 $\mu\text{g/L}$ – 248,4 $\mu\text{g/L}$ – 331,2 $\mu\text{g/L}$ – 414 $\mu\text{g/L}$ respectivamente. Cada concentração foi determinada em triplicata para cada curva padrão ($n = 15$). A linearidade foi avaliada através de análise de regressão linear, utilizando ajuste dos dados pelo método dos mínimos quadrados. Para avaliar numericamente a qualidade do ajuste do modelo, utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com teste unilateral, $p < 0,05$. Para o estudo de precisão foi utilizada a concentração de 82,8 $\mu\text{g/L}$ do clorofórmio (concentração teste) determinada em soluções diferentes ($n = 5$). As análises foram realizadas em dias diferentes.

Figura 3: Equipamento utilizado para extração em fase sólida (SPE).



Para construção da curva analítica de calibração elaboramos um novo método para detecção dos níveis de clorofórmio e posteriormente a curva de calibração. Utilizamos as seguintes dosagens de clorofórmio: 0,5 – 2,5 – 5 – 7.5 – 10 – 12.5 – 15 μL em uma solução de 50 ml de acetonitrila para concentrar a mesma, correspondendo a 16,36 $\mu\text{g/L}$ – 82,8 $\mu\text{g/L}$ – 165,6 $\mu\text{g/L}$ – 248,4 $\mu\text{g/L}$ – 331,2 $\mu\text{g/L}$ – 414 $\mu\text{g/L}$ respectivamente. Cada uma das soluções foi analisada especificamente para a construção da curva de calibração para o clorofórmio. Após o preparo das soluções as mesmas foram analisadas no espectrofotômetro para obtenção das absorvâncias e confecção da Curva Analítica de calibração. Após obter a absorvância nós aplicamos na equação da reta da curva de calibração para o clorofórmio e ajustamos em $\mu\text{g/L}$. Em seguida, fizemos a conversão de mg/L para $\mu\text{g/L}$ e comparamos com o limite máximo da Portaria 518/2004 MS (BRASIL, 2004).

Para validação do método analisamos água desionizada onde a água é proveniente de um processo de remoção total dos íons, através de resina catiônicas e aniônicas; é a água que teve sua carga elétrica neutralizada pela remoção ou adição de elétrons. Esse processo remove da água nitratos, cálcio e magnésio além

de cádmio, bário, chumbo e algumas formas de rádio. Também analisamos água mineral de duas marcas denominadas A e B, e água do Rio Branco. Não foi possível realizar a análise comparativa com a ETA, pois a mesma não realiza análise de clorofórmio na água distribuída à população (Anexo III).

3.5 Coleta de informações epidemiológicas

Verificamos a incidência de Insuficiência Renal Crônica em Boa Vista, RR nos anos de 2008 e 2009 no serviço de faturamento do Hospital Geral de Roraima. Coletamos dados como incidência nos respectivos anos de estudo e local de origem do paciente para verificar se existe prevalência da doença em Roraima. Nosso trabalho foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisas da Universidade Federal de Roraima conforme anexo II.

3.6 Realização do bioensaio com ratos

O uso de animais com objetivos científicos é uma prática comum, mas para que seja moralmente aceitável e apresente resultados confiáveis, é fundamental ter-se a consciência de que o animal, como ser vivo, possui hábitos de vida próprios da sua espécie, apresenta memória, preserva o instinto de sobrevivência e é sensível a angústia e à dor, razões que preconizam posturas éticas em todos os momentos do desenvolvimento dos estudos com animais de experimentação (FIOCRUZ, 2005).

Utilizamos o método proposto por Fang et. al. (2008) e Pereira; Grothaus, (1997) com as seguintes modificações: Foram utilizadas fêmeas adultas, com aproximadamente cinco semanas, de linhagem Ratos Wistar *Rattus norvegicus* (Figura 4), fornecido pelo Biotério da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) com declaração de sanidade animal conforme anexo I. Os ratos tinham uma massa corpórea de 250gr (± 20 gr). Após pesados, foram acondicionados em gaiolas (Tabela 1) e mantidos no biotério da Faculdade Cathedral e posteriormente no biotério do Curso de Psicologia da Universidade Federal de Roraima, com controle de ciclos de luminosidade (12 horas claro/12 horas escuro) e temperatura controlada

de 25 °C com água e ração para roedores (Purina®) à vontade. Foram divididos em 5 grupos de 3 indivíduos cada para análise: Grupo 1 receberam diariamente água da Estação de Tratamento de Boa Vista; Grupo 2 receberam água com dosagem de 300 mg/Kg denominado de grupo controle positivo (C+300); Grupo 3 receberam água com dosagem de 100 mg/Kg (C+100). Grupo 4 receberam água mineral diariamente e posteriormente injeção intraperitoneal com dosagem de 300 mg/Kg de clorofórmio denominado de grupo (Cl300); Grupo 5 receberam água mineral diariamente e posteriormente injeção intraperitoneal com dosagem de 300 mg/Kg de soro fisiológico, denominado grupo controle ao grupo 4 (Soro). Estes últimos que utilizaram injeção intraperitoneal de clorofórmio e soro fisiológico foram somente com a finalidade de avaliar e comprovar a lesão induzida pelo clorofórmio. Utilizamos dosagem elevada de clorofórmio devido ao alto nível encontrado do mesmo na água potável distribuída pela Estação de Tratamento de Boa Vista, Roraima.

Durante o período de experimentação, os fatores ambientais como temperatura, umidade, ventilação, luz, ruído, odores e interação social, foram respeitados de acordo com as necessidades da espécie. A alimentação foi adequada à espécie em quantidade e qualidade sendo utilizada a Libina da Purina. Durante o protocolo experimental, os animais foram monitorados constantemente. As seguintes informações foram consideradas essenciais para os animais em experimentação: número da gaiola; espécie e linhagem; procedência; número, sexo e data de nascimento dos animais; início do experimento; final previsto; identificação do pesquisador. Os animais pesaram em média 250 gramas. O consumo médio de água e ração foi de 30 ml e de 12 g respectivamente. Tomamos todas as medidas necessárias para garantir a limpeza regular e eficiente de todos os locais. Os locais destinados à lavagem e limpeza de materiais estavam separados das áreas de manutenção ou experimentação. Evitamos correntes de ar e proibimos o fumo e a alimentação no biotério. Utilizamos sempre a maravalha de pinho branco, adquirida no mercado local para manter umidade adequada e evitar odor de amônia.

Após 80 dias os mesmos foram pesados e sacrificados pelo método físico de deslocamento cervical. Trata-se de uma manobra rápida, que em frações de segundos leva o animal a perda total de sensibilidade devido ao rompimento da medula espinhal e a morte. O animal foi apoiado sobre uma superfície na qual ele pode se agarrar, propiciando maior firmeza na realização da eutanásia. O

deslocamento cervical consistiu em segurar a cauda do animal com uma das mãos e com a outra apoiar uma pinça cirúrgica transversalmente sobre sua região cervical.

A seguir, pressionou-se firmemente a pinça para baixo e para frente, empurrando a cabeça do animal, enquanto que, simultaneamente, tracionou-se a cauda em sentido oposto, para trás. Indicativos de morte foram a ausência de movimentos respiratórios, batimentos cardíacos e perda dos reflexos. Foram retirados os rins de cada indivíduo e acondicionado em formaldeído e encaminhado para o laboratório central (Lacen) para confecção das lâminas histológicas. As secções foram coradas com hematoxilina e eosina para análise do tipo de lesão renal. Para análise semi-quantitativa das amostras foi utilizado a classificação feita por Gu et al. (2005) que classifica: ++ grave, + moderada, +/- leve e – negativo.

Brito et. al., (2005) descreveu que as técnicas morfométricas existem e são bem-sucedidas no diagnóstico diferencial e na gradação de algumas doenças da próstata, bexiga urinária e dos rins. Propõem uma técnica de estabelecimento de mensuração de infiltrações inflamatórias presentes em alguns órgãos. Entretanto, estudos a respeito da classificação dos graus de comprometimento inflamatório no parênquima renal utilizando a histometria são raros na literatura. A análise histométrica foi realizada com o objetivo de se estabelecer parâmetros microscópicos das áreas de reação inflamatória observadas nas lesões da parede do túbulo proximal renal, e com isto determinar uma classificação para os diferentes graus de comprometimentos. Foram selecionadas para a análise histométrica as micrografias obtidas com o auxílio de câmera digital marca Sony® modelo P71 Cyber-shot 10.2 megapixels acoplado ao microscópio óptico de campo claro da marca Carl Zeiss®, modelo JenaVal®, obtidas de 5 lâminas escolhidas aleatoriamente de um universo de 30 lâminas histológicas dos rins. A avaliação de eventuais lesões foi feita a partir de micrografias obtidas em aumento de 125x, de campos de localização padronizada, sendo três campos (à direita, ao centro e à esquerda) para os túbulos proximais renais e glomérulos renais. Tais campos foram considerados aleatórios, independentemente de apresentarem ou não lesões.

A porcentagem de lesão foi estabelecida pela relação entre a média das áreas de lesão por zona e a área total do campo. Para o procedimento, empregou-se o programa STATISTICA 6.0. Convencionou-se para efeito de classificação quanto à presença de lesão ou ausência da mesma conforme Gu et. al., (2005).

Todo esse processo foi acompanhado por patologista do Laboratório Central de Roraima (LACEN).

Figura 4: Visualização dos Ratos Wistar *Rattus norvegicus* utilizados no bioensaio.



Tabela 1: Tipo de caixa, dimensão e número de animais por gaiola padronizados pela manual de normas de laboratório da Fundação Oswaldo Cruz.

Tipo de caixa	Dimensões CxLxA*	Número de animais			
		Camundongo	Hamster	Rato Jovem	Rato Adulto
Pequena	30x20x13	5	-	-	-
Grande Retangular	49x34x16	20	10	8	4
Grande quadrada	41x34x16	20	10	8	4

* comprimento x largura x altura em centímetros

Adaptado de Fiocruz (2005).

3.7 Estudo estatístico

Os dados foram pré-processados através do auto-escalamento onde verifica-se os dados na média e divide-se cada um pelo desvio padrão, de forma que todas as variáveis passam a ter a mesma importância, ou seja, o mesmo peso. Utilizamos uma ANOVA (Análise de Variância) aos dados obtidos neste estudo, nível de significância ($P > 0,05$) e em seguida Teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade. O Teste de Tukey foi aplicado para testar qualquer contraste entre as médias referentes aos anos com relação à incidência de insuficiência renal crônica na população de Boa Vista, Roraima.

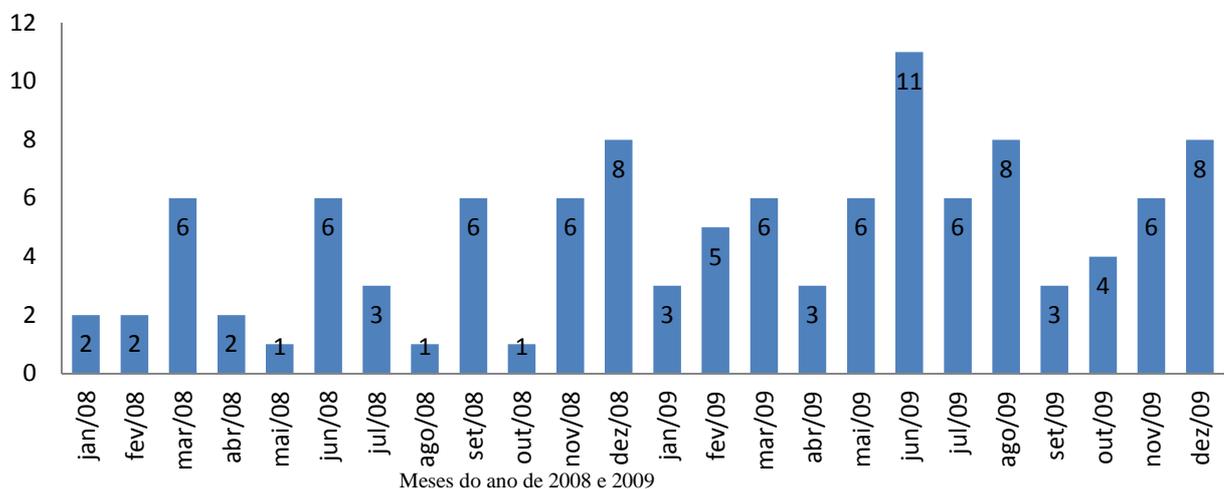
Para o tratamento estatístico dos dados foi utilizado o software Microsoft® Excel 2002 (10.2614.2625), Copyright©, Microsoft Corporation 1985-2001, Identidade do produto – 54870-640-1203177-17320. As curvas analíticas foram realizadas a partir do software Origin E 7.0 SRO, Versão 7.0220(B220) Copyright© 1991-2002, Original Lab Corporation, Serial Number – G6354 – 9489 – 7777 Registration ID. Origin é um software de análise de dados científicos produzido por OriginLab Corporation compatível com o Microsoft Windows. Também utilizamos o software STATISCA 6.0 para verificar a possível relação entre os níveis de clorofórmio na água analisada com insuficiência renal crônica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise epidemiológica

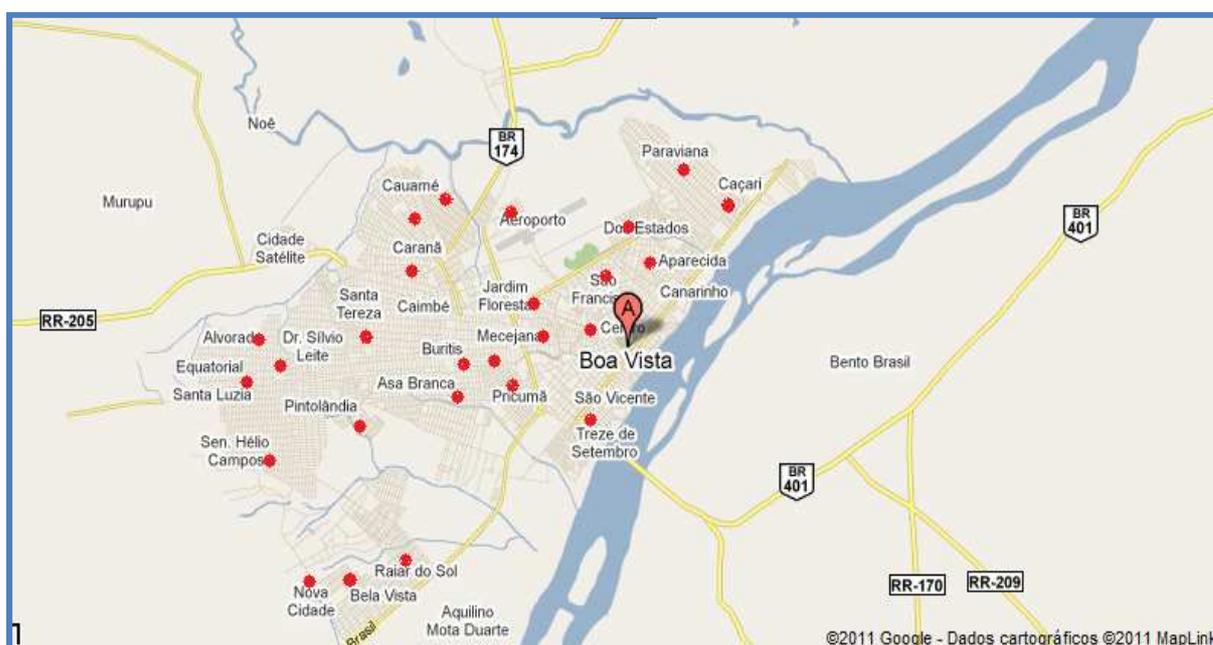
Em Boa Vista a incidência de insuficiência renal crônica na população atendida pelo Hospital Geral de Roraima Rubens de Souza Bento nos anos de 2008 e 2009 foi relativamente baixa conforme mostrado na figura 5 e a maioria dos casos diagnosticados não apresentava o endereço completo, como bairro onde residia o paciente. Apesar de baixa incidência podemos verificar que existe periodicidade mensal da doença. Nosso trabalho passou pelo Comitê de Ética em Pesquisas da UFRR. A incidência de Insuficiência Renal Crônica em Boa Vista é menor se comparada a outras doenças, o que pode nos remeter a uma subnotificação dos casos novos em Roraima. Bogliolo (2000) afirma em seu trabalho que a insuficiência renal crônica resulta de numerosas doenças e representa o declínio da função renal de forma lenta e progressiva, especialmente pela redução do número de néfrons funcionantes, qualquer que seja o componente renal primariamente acometido: glomerular, tubular, intersticial ou vias excretoras. Não foi possível realizar uma correlação entre idade e bairro onde residia o paciente devido aos prontuários médicos estarem incompletos com relação a esta informação.

Figura 5: Numero de casos de insuficiência renal crônica em Boa Vista no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2009.



De acordo com a figura 6 nossos dados mostraram que houve incidência da insuficiência renal crônica em Boa Vista nos anos de 2008 e 2009 na maioria dos bairros da cidade, totalizando 113 casos no período de estudo. Portanto, devido a falta de preenchimento completo dos prontuários médicos, encontramos um número muito alto de prontuários sem o bairro de localização do paciente, totalizando 57 o que dificultou a análise dos casos por área. Verificamos a falta de dados nos prontuários médicos o que dificultou verificar o bairro de origem do paciente. De acordo com o Teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade não foram significativas as diferenças entre as médias da incidência de insuficiência renal crônica na população em estudo, corroborando para uma prevalência da doença em Roraima.

Figura 6: Bairro de origem dos pacientes com Insuficiência Renal Crônica nos anos de 2008 e 2009.



Fonte: www.google.com

De acordo com a figura 6 verificamos que a incidência de insuficiência renal crônica em Boa Vista, Roraima, nos anos de 2008 e 2009 praticamente ocorreram casos em todos os bairros da cidade. Esses dados mostram a prevalência da doença em Boa Vista, RR o que torna a situação preocupante para as esferas de

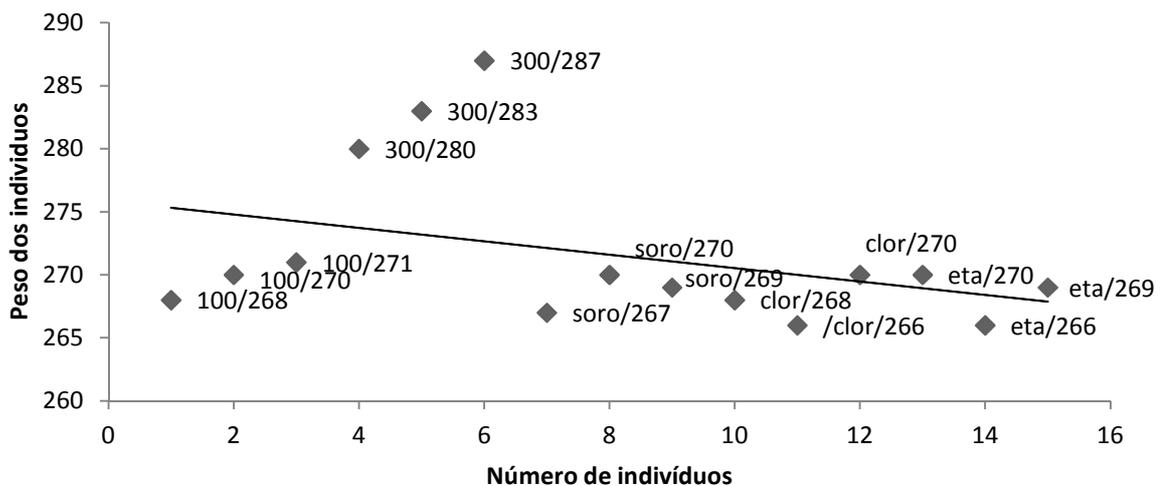
saúde do governo. Nos estudos de Rouqueirol; Almeida-Filho, (2006) as pré-condições que condicionam a produção de doença, seja em indivíduos, seja em coletividades humanas, estão de tal forma interligadas e, na sua tessitura, são tão interdependentes, que seu conjunto forma uma estrutura reconhecida pela denominação de estrutura epidemiológica. Por estrutura epidemiológica, que tem funcionamento sistêmico, entende-se o conjunto formado pelos fatores vinculados ao suscetível e ao ambiente, incluindo aí o agente etiológico conjunto este dotado de uma organização interna que define as suas interações e também é responsável pela produção da doença. É, na realidade, um sistema epidemiológico. Cada vez que um dos componentes sofrer alguma alteração, está repercutirá, e atingirá os demais, num processo em que o sistema busca novo equilíbrio. O estudo em nível pré-patogênico da produção da doença em termos coletivos, objetivando o estabelecimento de ações de ordem preventiva, deve considerar a doença como fluindo, originalmente, de processos sociais, crescendo através de relações ambientais e ecológicas desfavoráveis, atingindo o homem pela ação direta de agentes físicos, químicos, biológicos e psicológicos, ao se defrontarem, no indivíduo suscetível, com pré-condições genéticas desfavoráveis.

4.2 Bioensaio com ratos Wistar

Foram utilizados quinze 15 indivíduos do sexo feminino para o bioensaio. Este trabalho passou pelo Comitê de Ética em Pesquisas da UFRR. Bogliolo (2000) afirma que os efeitos lesivos dos agentes químicos dependem também da constituição genética e do estado funcional do organismo no momento de contato com a substância. A constituição genética é importante porque condiciona o padrão das enzimas do indivíduo influenciando decisivamente os mecanismos de biotransformação. O feto pode influenciar na toxicidade. Mulheres durante o período reprodutivo estão sob influência de estrógenos, que interferem, por mecanismos ainda pouco conhecidos, na atividade funcional dos hepatócitos, inclusive nos processos de biotransformação. Bogliolo (2000) ainda cita em seu trabalho que os efeitos tóxicos do uso crônico do etanol são mais graves em mulher que desenvolve cirrose hepática em idade significativamente menor do que o homem.

A figura 7 mostra o peso dos animais ao término do bioensaio. Podemos observar que apenas o grupo com ingestão diária de 300 mg/Kg de clorofórmio obteve ganho de peso acima dos demais indivíduos envolvidos no experimento, fato que pode estar relacionado a retenção de líquidos devido a dosagem alta de clorofórmio na água. Os dados de Pereira e Grothaus (1997) mostraram que a administração de clorofórmio na água potável a 300 mg/Kg não afetou o peso corporal dos ratos, diferindo dos nossos resultados quando administrados em uma quantidade acima da permitida pela Portaria 518/2004-MS de clorofórmio na água potável, fato este, possivelmente relacionado por utilizarmos maior tempo de estudo e maior concentração do clorofórmio.

Figura 7: Peso dos ratos ao término do experimento.



O consumo médio de água foi de 25 ml/animal. Apenas o grupo controle positivo com dosagem de 300 mg/Kg de clorofórmio foi verificado consumo de 8 ml/animal/dia. No estudo conduzido por Fang et al. (2008) dentro do rim, o túbulo renal proximal tem as maiores concentrações de P450s e redutase do citocromo P450 é também o principal alvo de xenobiótico induzindo toxicidade renal e o CYP2E1 é responsável pela ativação metabólica de clorofórmio no rim. Além disso, existem diferenças de gênero e tensão na susceptibilidade de ratos a nefrotoxicidade induzida pelo clorofórmio, por exemplo, apenas os ratos do sexo masculino

desenvolverem toxicidade renal após exposição ao clorofórmio, um fenômeno provavelmente relacionado às diferenças de gênero na capacidade de ativação P450 renal-dependente metabólica de clorofórmio. Em nosso estudo com fêmeas conseguimos verificar lesão renal grave em indivíduos com dosagem elevada de clorofórmio na água ingerida diariamente.

Nos estudos realizados por OPAS (2004) suas amostras indicaram dilatação difusa tubular com necrose, e houve diminuição dose-dependente do consumo de água e ganho de peso, que persistiu nos dois grupos de dose mais elevada, aumento da sobrevivência com a dose, provavelmente como resultado da composição corporal magra nos grupos de dose mais elevada (por exemplo, depois de 104 semanas, apenas 12% dos controles tinham sobrevivido, sendo que 66% dos animais no grupo de dose alta ainda estavam vivos, esta é uma ocorrência comum em tais estudos). Consistente com os resultados do bioensaio descrito acima, houve também um aumento na incidência de tumores renais.

Como em nossas análises as concentrações de clorofórmio foram muito acima da permitida pela Portaria 518/2004 – MS decidimos fazer a dosagem do clorofórmio em 100 mg/Kg e 300 mg/Kg durante o bioensaio. A tabela 2 nos mostra os grupos estudados e sua classificação de acordo com o grau de lesão renal. Alguns indivíduos que receberam clorofórmio intraperitoneal com dosagem de 300 mg/Kg tiveram lesão renal moderada. No grupo controle que recebeu 300 mg/Kg de soro fisiológico intraperitoneal não foi encontrado lesão renal. Os indivíduos que ingeriram água diariamente com dosagem de 300 mg/Kg de clorofórmio tiveram lesão leve nos rins. Os indivíduos que receberam dosagem de clorofórmio 100 mg/Kg não tiveram lesão renal. Os indivíduos que ingeriram água da estação de tratamento de Boa Vista também não tiveram lesão renal, com exceção de um indivíduo que teve uma lesão leve no túbulo proximal renal.

Em nosso estudo encontramos uma lesão leve no túbulo proximal renal em um indivíduo do grupo que recebia somente água da estação de tratamento de Boa Vista, RR (Figura 8).

Fang et al. (2008) corrobora com nosso estudo quando encontrou em sua pesquisa, conforme consta na figura 9, dados semelhantes aos nossos e afirma que a biodisponibilidade de clorofórmio nos rins pode levar a um maior grau de toxicidade renal, através da ativação metabólica por enzimas P450 renal. Esta hipótese foi testada através da comparação do grau de toxicidade renal induzida

pelo clorofórmio entre o fígado de ratos com genes nulos ou recessivos e ratos com genes selvagens ou dominantes. Nos grupos tratados com uma única dose de clorofórmio, 150 mg/kg e 300 mg/kg, o epitelial tubular do túbulo proximal renal apresentou lesões graves (++) em todos os indivíduos com genes recessivos do citocromo P450. Nos indivíduos com genes dominantes ou selvagens tratados com clorofórmio a 150 e 300 mg/kg, as lesões nos túbulos proximal do camundongos WT foram ausentes (-) e lesões leves (+/-) respectivamente.

No estudo realizado por Silvado (2008) explica que cada gene específico codifica uma enzima e cada pessoa herda um alelo de cada um dos pais. Cada alelo pode ser classificados como “selvagens” ou “variante”. Alelos “selvagens” são os mais comuns na população e uma pessoa que possui duas cópias de alelos “selvagens” é considerado um metabolizador *normal*, que é o tipo mais comum na população. Alelos “variantes” têm polimorfismo, geralmente single-nucleotide polymorphism (SNP), que codifica uma enzima com atividade reduzida ou nula. Pessoas com 2 cópias de alelos “variantes” são metabolizadores *fracos* e as com 1 alelo “selvagem” e 1 alelo variante tem metabolização reduzida e são considerados metabolizador *intermediário*. Os que herdaram múltiplas cópias de alelos “selvagem” tem uma atividade enzimática aumentada, sendo denominados metabolizador *ultra-rápido*.

Tabela 2: Classificação do grau de lesão renal avaliado nas lâminas histológicas dos ratos do bioensaio.

Dosagem de clorofórmio	++	+	+/-	-
Água 300 mg/Kg	-	-	3	-
Água 100 mg/Kg	-	-	-	3
ETA	-	-	1	2
Soro fisiológico 300 mg/Kg	-	-	-	3
Clorofórmio 300 mg/Kg	-	3	-	-

++ Grau de lesão grave; + Grau de lesão moderada; +/- Grau de lesão leve; - Grau de lesão negativo.

O estudo de Gu et al. (2005) mostrou que o citocromo 450 hepático desempenha um papel importante na toxicidade no rim, pulmão, mas que não contribui para a toxicidade da mucosa nasal. Este estudo demonstra o valor, assim

como potenciais fatores de estudo, do modelo de ratos com genes recessivos para p450 sobre os mecanismos de toxicidade induzida por inúmeros compostos xenobióticos. Gu et al. (2005) declara que é preciso compreensão do papel do metabolismo de biotransformação, e estudar o gene específico do citocromo P450 no rim.

Estudos demonstraram que trihalometanos administrados isoladamente em ratos são metabolizados mais rapidamente do que quando os mesmos são administrados em conjunto. Este estudo sugere que a presença de um trihalometano interfere no metabolismo do outro, assim, a exposição à mistura de trihalometanos pode ser mais maléfica do que a exposição a estes compostos isoladamente (OPAS, 2011).

Gu et al. (2005) afirmam em seu trabalho que a maior concentração das enzimas microssômicas nos rins encontra-se nas células epiteliais do túbulo proximal renal, onde ocorre necrose em maior intensidade após exposição ao xenobiótico. Isto indica que a biotransformação do clorofórmio pode ocorrer, também, nos rins. Afirma também que o etanol pode induzir o CYP2E1 potencializando a toxicidade do clorofórmio.

Figura 8: Corte histológico do rim dos ratos utilizados no bioensaio e coradas com hematoxilina e eosina para análise do tipo de lesão renal. Classificação feita por Gu et al. (2005) que classifica: ++ grave, + moderada, +/- leve e – negativo.

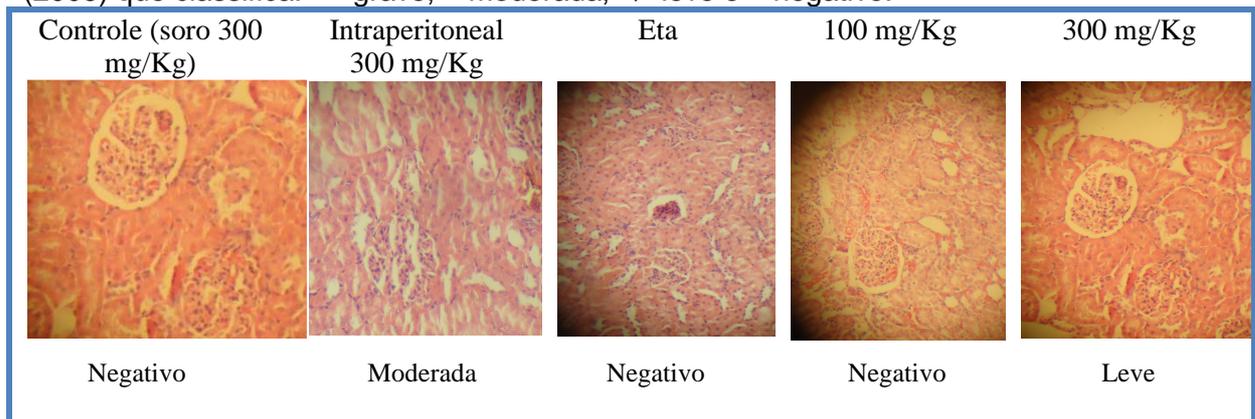
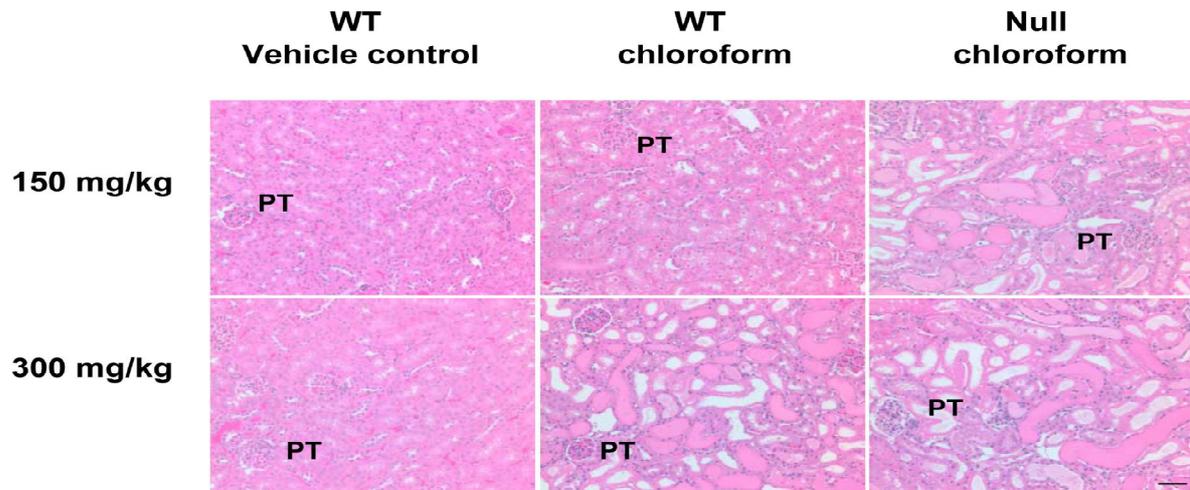


Figura 9: Análise do corte histológico de rim de ratos e avaliados pelo tipo de lesão renal.



Extraído de Fang et al. (2008).

No estudo de Fang et al. (2008) verificou que em dosagem de 150 mg/Kg de clorofórmio para os animais que apresentam metabolismo ultra-rápido para biotransformação não houve lesão renal, e quando a dosagem foi de 300 mg/Kg a lesão foi grave. Já os indivíduos com genes recessivos ou metabolismo de biotransformação baixo a lesão em ambas as dosagens foi considerada grave. No estudo realizado por Rocha et al. (2005) encontrou resultados satisfatórios com relação a formação de fosgênio como subproduto da degradação do clorofórmio, e na comparação com o espectro de massa apropriada e a formação de fosgênio (CoCl_2) em tal reação foi, sem dúvida, detectada. Nos estudos realizados por Balster e Borzelleca (1982) e (OPAS, 2004) administrou o clorofórmio na água para camundongos (8 - 12 por grupo) e analisou o seu desempenho em uma bateria de testes neurocomportamentais (períodos de exposição a várias e diferentes doses). O único efeito observado foi uma realização reduzida em um teste de comportamento operante após a administração de 400 μg de clorofórmio por kg de peso corporal em água por 60 dias, cerca de metade dos animais tratados morreram. Nenhum efeito adverso sobre comportamento foi observado após 90 dias de tratamento com 31 μg de clorofórmio/kg de peso do corpo na água. Verificamos que clorofórmio na água provoca toxicidade em ratos. Os menores níveis em que a toxicidade do clorofórmio no fígado devido a exposição que tem sido relatada estão na faixa de 80-160 μL por um período de exposição inferior a 4 meses.

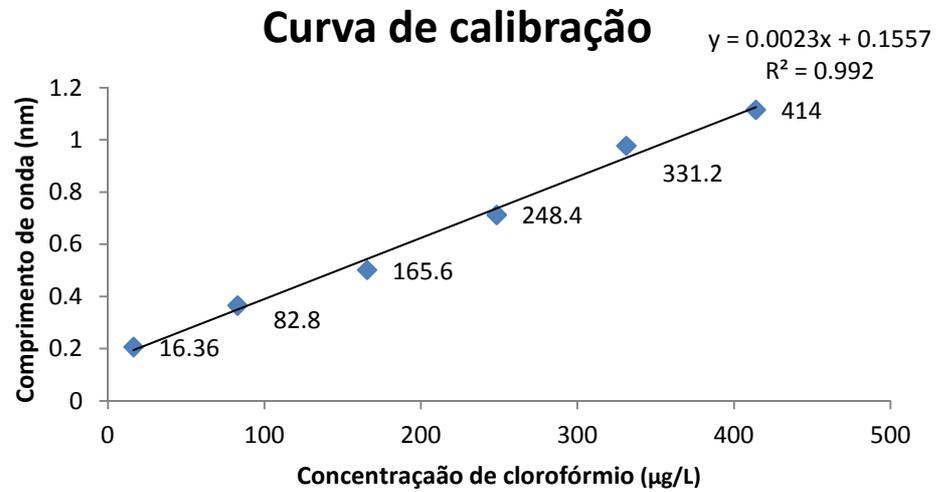
O clorofórmio é distribuído por todo o corpo, com níveis mais altos no sangue, tecido adiposo, fígado, rins, pulmões e sistema nervoso. A distribuição é dependente da via de exposição; tecidos extra-hepáticos receber uma alta dose de clorofórmio, inalado ou absorvido dérmica que de clorofórmio ingerida. A transferência placentária de clorofórmio tem sido demonstrada em várias espécies animais e seres humanos. Clorofórmio não metabolizado é retida por mais tempo na gordura do que em qualquer outro tecido (OPAS, 2004). A biotransformação oxidativa de clorofórmio é catalisada pelo citocromo P450 para produzir fosgenio. O dióxido de carbono é o principal metabólito do clorofórmio gerados pela via oxidativa in vivo. Ambos os produtos da ativação do oxidante, fosgênio e ácido clorídrico, pode causar danos aos tecidos. O fosgênio reage com as proteínas do tecido é associada com danos celulares e morte.

4.3 Desenvolvimento do método

De acordo com a figura 10 a curva de calibração do clorofórmio foi realizada a curva de calibração do clorofórmio e obtivemos o coeficiente de correlação com uma precisão de 99.2%.

Para validação do método fizemos uma comparação com a Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE ou HPLC) (apêndice) obtendo um coeficiente de correlação de 99.9% o que nos ajudou na validação de nosso método para análise de clorofórmio utilizando o espectrofotômetro.

Figura 10: Curva de calibração do clorofórmio.



A tabela 3 nos mostra a precisão avaliada pelos estudos de repetibilidade de acordo com Skoog et al. (2002). A repetibilidade revelou coeficiente de variância de 0,06%, portanto, menor do que o valor máximo exigido de 5 % de probabilidade ($P < 0,05$). Os dados de Siqueira-Moura, et al. (2008) corroboram com os nossos quando encontraram coeficiente de variação do método de 1,96% e a precisão intermediária indicou que a diferença entre as médias foi estatisticamente insignificante ($P < 0,05$).

Tabela 3: Dados de absorvância da precisão avaliada pelos estudos de repetibilidade.

Dados estatísticos	Absorvância (220 nm)
	0.007
	0.008
	0.007
	0.007
	0.007
	0.007
	0.008
	0.007
	0.007
	0.007
Média	0.007
Desvio padrão	0.00042
Coefficiente de variação	6.02%

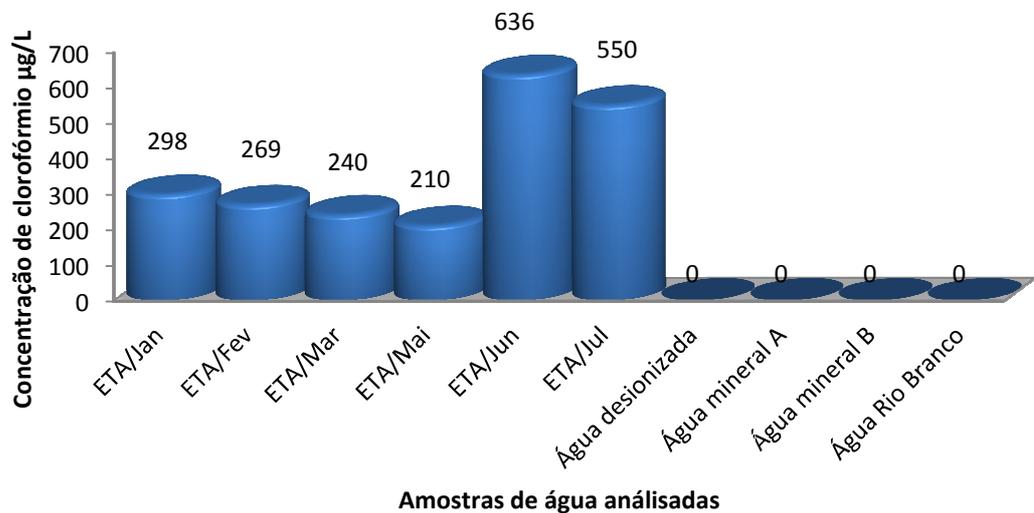
Os resultados das determinações de clorofórmio nas amostras estudadas estão apresentadas na tabela 4.

Tabela 4: Amostras de água analisadas e concentração de clorofórmio encontrada.

Amostras	Concentração de clorofórmio ($\mu\text{g/L}$)
Mineral A	0.00
Mineral B	0.00
Água desionizada	0.00
Água Rio Branco	0.00
ETA Jan	298
ETA Fev	269
ETA Mar	240
ETA Mai	210
ETA Jun	636
ETA Jul	550

De acordo com a tabela 4 verifica-se que não foi detectado clorofórmio nas amostras de água desionizada, águas minerais e água proveniente do Rio Branco analisadas. Entretanto, nas amostras de água da ETA, as concentrações variaram ao longo do primeiro semestre, contudo, apresentaram níveis acima do permitido pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004). A figura 11 ilustra esta variação.

Figura 11 Concentração de clorofórmio nas amostras de água obtidas na Estação de Tratamento de Boa Vista, Roraima, água mineral de circulação no mercado local e água coletada no Rio Branco.



Encontramos uma média de 367,2 µg/L nas amostras de água obtidas na ETA analisadas para o período de estudo. Entretanto, este valor está três vezes acima do permitido pela portaria 518-2004/MS.

É importante ressaltar que a concentração de clorofórmio na água esta associada ao teor de matéria orgânica. No período chuvoso temos aumento em matéria orgânica presente na água superficial proveniente do Rio Branco, e com isso há um aumento no nível de clorofórmio na água potável distribuída para a população.

No estudo realizado por Andreola et al. (2005) em que se coletaram dados de níveis de matéria orgânica presente na água e aumento de níveis de trihalometanos,

verificou que apesar da carga de cloro aplicada para o período chuvoso ser maior que a aplicada para o período de estiagem, os resultados mostram que em todos os pontos de amostragem os valores de cloro residual para o período chuvoso permanecem abaixo dos valores para o período de estiagem. Isto indica que houve um consumo maior de cloro no período chuvoso, mesmo com uma carga de cloro aplicada maior do que no período de estiagem. Isto possivelmente é devido à oxidação da maior carga de matéria orgânica. Em vista disto, é esperado uma maior formação de THMs para o período chuvoso do que para o período de estiagem.

Segundo a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, Brasil (2004), na saída da ETA, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L, após ter permanecido em contato com o cloro por um período mínimo de 30 minutos, nos reservatórios de contato.

Os dados de Andreola et al. (2005) corroboram com nossos dados quando os resultados mostram que em todos os pontos de amostragem, houve um consumo maior de cloro no período chuvoso, devido, possivelmente, à oxidação da maior carga de matéria orgânica presente. Concordando com este fato, os valores de concentração de THMs para o período chuvoso foram bem maiores do que para o período de estiagem. Esse fato deve-se, possivelmente estar relacionado aos maiores valores de THM na saída do sistema de tratamento para o período chuvoso podem ser entendidos como resultado da combinação entre uma elevada quantidade de matéria orgânica presente associado a uma elevada carga de cloro, também disponível.

Sarmiento et al. (2003) em 1993 efetuou uma determinação de THM Estação de Tratamento de Alonso de Ojeda cidade de Maracaibo, e encontrou uma concentração THM média de 56,6 µg/L, com o clorofórmio, o principal constituinte com uma média 39,1 µg/L. Os resultados deste estudo demonstram que concentrações de THM estava no limite permitido de (80 µg/L).

No estudo desenvolvido por Budziak; Carasek, (2007) na Lagoa do Peri em Santa Catarina, que possui o agravante de conter grandes quantidades de algas, a quantidade média de THM foi de 152,3 µg/L. Conforme documento (Anexo III), verificamos que a Estação de Tratamento de Boa Vista, Roraima não realiza as análises de trihalometanos, portanto, fica difícil analisar as amostras ao longo de anos anteriores.

De acordo com Brasil (2004) determina ainda que quando se trata de manancial superficial deve ser realizada uma análise trimestral para trihalometanos em sistemas que abastecem até 50.000 pessoas e quatro análises trimestrais para sistemas maiores. Em sistemas supridos por manancial subterrâneo exige-se uma amostra anual, desde que atenda até 50.000 pessoas e uma amostra semestral para sistemas maiores. Com relação aos demais parâmetros exigem-se uma amostra semestral, sendo “dispensada análise na rede de distribuição quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento e, ou, no manancial, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas no sistema ao longo da distribuição.

Este estudo nos chamou atenção pelos níveis elevados de clorofórmio encontrados na água potável destinada a população de Boa Vista, Roraima. Esses níveis estão muito acima do permitido pela Portaria 518/2004 MS que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

No estudo de Budziak; Carasek, (2007) em todas as amostras coletadas no interior da estação de tratamento de Florianópolis, antes da cloração, não foi observada THM. Além do fato de que as fontes naturais não apresentou tais compostos este resultado é a evidência da relação entre a cloração da água e formação de THM. Praticamente todos os resultados da segunda área Leste / Sul da costa do sistema, foram acima da concentração máxima determinada pela lei, que é de 100 µg/L de trihalometanos. A concentração média encontrada foi de, aproximadamente, $152,3 \pm 2,5$ µg/L. Clorofórmio e bromodiclorometano foram os compostos encontrados em concentrações mais elevadas. Precursores da aparência THM na água são devido à decomposição de plantas sobre o rio e leitos de lagos, mais abundante em fontes de água protegida com mais vegetação nas margens. Tais condições foram encontradas em duas das fontes estudadas. Vegetação na bacia do rio Cubatão Sul é parte da floresta nativa ou Mata Atlântica. Atualmente, a vegetação tem sido explorada pelo corte de árvores de alto valor econômico para pasto e agricultura. No entanto, devido à paisagem íngreme de difícil acesso, uma grande parte da floresta é original. Isso também pode influenciar a quantidade de matéria orgânica presente nas fontes de água e, conseqüentemente, tal a formação de THM.

A Portaria MS no 518/2004 contém normas e padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano a serem observados em todo o território nacional. Cabe ao Ministério da Saúde, em articulação com as autoridades sanitárias competentes dos estados, Distrito Federal e municípios, a adoção das medidas necessárias ao fiel cumprimento da legislação. A portaria apresenta as definições e os conceitos mais relevantes à sua interpretação e aplicação e dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano. Garantir o efetivo cumprimento da Portaria MS no 518/2004 significa assegurar que a qualidade da água distribuída atenda aos padrões de potabilidade. Entretanto, não é nossa realidade rotineira, conforme demonstram os números citados. Além disso, não custa lembrar que atualmente quase um quarto da população urbana brasileira e cerca de 70% da população rural não dispõem de condições adequadas de suprimento de água. Em resumo, não basta conhecer a qualidade da água distribuída, mas também e acima de tudo a qualidade da água consumida pela população como um todo. As ações de controle da qualidade da água para consumo humano, “destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção dessa condição” (BRASIL, 2004, p.3), consistem em “descobrir, evitar ou eliminar causas reais ou potenciais que possam comprometer direta ou indiretamente a potabilidade da água fornecida”.

Segundo Budziak e Carasek, (2007) a importância do uso do cloro como um bom agente desinfetante e eficiente no combate a todos os agentes patogênicos, além de não oferecer riscos ao homem na dosagem adequada de acordo com legislação vigente. Mas o principal trihalometano formado pela reação do cloro com a matéria orgânica presente na água é o clorofórmio, e este deve ser monitorado pela estação de tratamento, pois o mesmo em níveis acima do permitido se torna nocivo ao ser humano.

Sugerimos a necessidade de um rígido controle no processo de coagulação que ocorre por intermédio da eliminação da turbidez das unidades de decantação. Juntamente monitoramento do pH e do auxiliar de coagulação obtem-se redução nos níveis de turbidez e de matéria orgânica diminuindo os níveis de trihalometanos formados.

Podemos verificar que houve concentrações elevadas de clorofórmio em todos os meses do estudo, porém, nos chama atenção os meses de junho e julho por atingirem concentrações aproximadamente seis vezes maior que o permitido

pela Portaria nº 518/MS/2004, o que nos deixou preocupados com a questão do clorofórmio em concentrações elevadas ser nocivos ao ser humano. Na Portaria nº 518/MS/2004 diz em seu artigo 28 que cabe ao Ministério da Saúde, por intermédio da SVS/MS, e às autoridades de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, representadas pelas respectivas Secretarias de Saúde ou órgãos equivalentes, fazer observar o fiel cumprimento desta Norma, nos termos da legislação que regulamenta o Sistema Único de Saúde – SUS. Ainda em seu artigo 29 diz que sempre que forem identificadas situações de risco à saúde, o responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água e as autoridades de saúde pública devem estabelecer entendimentos para a elaboração de um plano de ação e tomada das medidas cabíveis, incluindo a eficaz comunicação à população, sem prejuízo das providências imediatas para a correção da anormalidade. No seu artigo 31 a portaria ainda reforça que em função de características não conformes com o padrão de potabilidade da água ou de outros fatores de risco, a autoridade de saúde pública competente, com fundamento em relatório técnico, determinará ao responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água que amplie o número mínimo de amostras, aumente a frequência de amostragem ou realize análises laboratoriais de parâmetros adicionais ao estabelecido na presente Norma (BRASIL, 2004 p. 30).

São preocupantes os níveis de clorofórmio encontrados na água potável distribuída pela ETA de Boa Vista, RR, o que pode corroborar com a hipótese do clorofórmio, possivelmente, ser um fator de risco associado à Insuficiência Renal. Nos estudos de Fang et al. (2008) corroboram com nossos dados quando diz que os metabólitos nefrotóxicos podem ser produzidos por citocromo P450 no rim, ou então eles podem ser gerados no fígado ou outros órgãos e depois transportados para o rim. Na ativação metabólica do clorofórmio pelo citocromo P450 formam-se fosgênio, um intermediário altamente ativo e tóxico. Como foi demonstrado recentemente, uma redução na depuração hepática pode levar ao aumento da biodisponibilidade de um agente tóxico, induzindo a toxicidade.

Neste estudo, descobrimos que os níveis de clorofórmio no sangue, fígado e rim foram aumentados nos ratos genes recessivos para Citocromo P450, em comparação com os camundongos selvagens ou dominantes. A biodisponibilidade do clorofórmio aumentou no rim e foi acompanhada pelo aumento na gravidade da toxicidade renal no fígado de ratos com genes recessivos para P450, em

comparação com camundongos genes dominantes para o P450, que pode ser explicado pela maior produção de quantidades de metabólitos reativos pelo clorofórmio por P450s renal na presença de uma maior concentração de clorofórmio no rim. Embora nossos dados mostram claramente que a ativação metabólica hepática do citocromo P450 não evita a toxicidade renal do clorofórmio se este estiver em concentrações acima do permitido. O rim é um tecido heterogêneo composto de uma variedade de subestruturas e tipos de células. Túbulo renal proximal, um alvo principal para a toxicidade renal induzida por muitos compostos xenobióticos. Nossos achados reforçam a noção de que o citocromo P450 renal desempenha um papel importante no processo biotransformação do clorofórmio, mas em alta concentração acaba induzindo a toxicidade nos rins.

O túbulo proximal renal é um dos principais alvos para a toxicidade renal induzida por muitos compostos xenobióticos inclusive o clorofórmio. A expressão do CYP450, CYP2E1 se localizam no córtex renal principalmente no túbulo proximal renal. Verificamos que o citocromo P450 desempenha um papel importante na toxicidade de clorofórmio no rim, no entanto, é necessário uma melhor compreensão da fisiologia renal e toxicologia do CYP-450, sua distribuição e ativação nos diferentes tipos de células renais.

5 CONCLUSÕES

Em nosso estudo verificamos que os níveis de clorofórmio na água estão acima do permitido pela legislação vigente, e que a Estação de Tratamento de Boa Vista não realiza análises para avaliar os níveis de clorofórmio, portanto, sugerimos que a mesma realize estas análises conforme consta na Portaria 518/2004 MS que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

De acordo com o bioensaio com ratos, possivelmente, o clorofórmio em doses acima da permitida pela Portaria n. 518/2004/MS pode ser classificado como um dos fatores ambientais de risco que induzem à incidência de insuficiência renal crônica a população. Sugerimos novos estudos de monitoramento dos níveis de clorofórmio na água distribuída pela Estação de Tratamento de Boa Vista e a confecção de um banco de dados atualizado mensalmente para um estudo epidemiológico em Roraima acerca da incidência e prevalência de insuficiência renal crônica.

A análise histométrica mostrou-se de grande precisão no estudo de lesões renais com maior grau de confiança, permitindo a comparação e discussão de resultados. Além disso, constitui-se um meio auxiliar importante para o estabelecimento da severidade das lesões.

Em nosso estudo elaboramos um método novo para confecção da curva analítica de calibração para o clorofórmio, sendo este um método de baixo custo de mercado e de fácil aplicação. Esse novo método, provavelmente, vai agilizar e viabilizar as análises de clorofórmio nas estações de tratamento de água, uma vez que em Boa Vista, RR não é feito as análises de clorofórmio.

O método proposto apresentou boa precisão e linearidade atendendo o interesse aos limites máximos estabelecidos pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, garantindo a aplicabilidade do mesmo para a análise simultânea de clorofórmio em água destinada ao consumo humano. Por se tratar de um método de análise simples e eficiente, o protocolo de análise proposto permite a análise rotineira do clorofórmio em águas destinadas ao consumo humano.

REFERÊNCIAS

ANDREOLA, R, BERGAMASCO, R., GIMENES, M. L., DIAS-FILHO, B. P.; CONSTATINO, A. F.; Formação de trihalometanos em uma estação de tratamento de Água, **Acta Sci. Technol**, Maringá, v. 27, n.2, p.133-141, jul/dec. 2005.

APHA. American Public Health Association. **Standard Methods for The Examination of water and Wastewater**. 2. ed. Washington: APHA/ AWWA/WEF, 1998.2180 p.

AZEVEDO-NETTO, J. M.; PARLATORE A. C.; ROSSIN, A. C.; MANFRINI, C.; HESPANHOL, I.; CAMPOS, J. R. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. 3. ed. São Paulo: CETESB, 1987.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BARROS, E.; MANFRO, R. C.; THOME, F.S.; GONÇALVES, L.F. **Nefrologia: rotinas, diagnóstico e tratamento**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

BASTOS, R.K.X., HELLER, L., BEVILACQUA, P.D., PÁDUA, V. L., BRANDÃO, C.C. **Legislação sobre controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano. A experiência brasileira comparada à panamericana**. Revista do Congresso Interamericano de ingeniería sanitária y ambiental. San Juan:AIDIS, 2004. Revista do Congresso Interamericano de ingeniería sanitária y ambiental. Base de dados em Saúde Pública, CD-ROM.

BAZZOLI, N. O Uso da Desinfecção no Combate à Cólera. **Cartilha da Fundação Nacional de Saúde**, Recife, v.2, n.8, p.14-17, out/nov. 1993.

BRASIL. Portaria n 36 de 19 de janeiro de 1990. Aprova normas e o padrão de Potabilidade da Água destinada ao consumo humano. Diário Oficial da União, Brasília, n. 23. Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/documento_base_portaria36_1990.pdf. Acesso em: 29 mai. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providencias. Ministério da Saúde. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004. **Diário Oficial da União, Brasília, 15p, mar, 1 Trim. 2004. Legislação Federal e** Marginália. Disponível em: <http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>. Acesso em: 26 mai. 2011.

BRASIL. Brasil. Ministério da Saúde. **Cartilha da Secretaria de Vigilância em Saúde**. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano, Brasília, v.1, n.2, 212p. nov. 2006.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle e espaço Aéreo. Divisão de Meteorologia. Sumário climatológico mensal. Boa Vista, 2010.

BRITO, L. A. B.; HINSCHING C.; ARAUJO, E. G.; DAMASCENO, A. D.; VIEIRA, R. C. Uso da técnica de histometria para graduação da lesão renal de nefrite intersticial em suínos abatidos em frigoríficos industriais. **Ciência Animal Brasileira**, Goias, v.6, n.4, p.261-265, out./dez. 2005.

BUDZIAK, D.; CARASEK, E. Determination of Trihalomethanes in Drinking Water from Three Different Water Sources in Florianopolis–Brazil using Purge and Trap and Gas Chromatography. **Journal Braz. Chem. Soc**, São Paulo, v.18, n.4, p.741-747, jun. 2007.

CRAUN, G. F. International Life Sciences Institute. Safety of water disinfection: balancing chemical and microbial risks. **Revista Internacional de Saúde Pública**, Colorado-EUA, v.32, p.277-301, nov. 1993.

CUMMINGS, B. S.; ZANGAR, R. C.; NOVAK, R. F.; LASH, L. H. Cellular distribution of cytochromes P-450 in the rat kidney. **Sociedade Americana de farmacologia e Terapêutica Experimental**, Detroit, v.27, n.4, p. 542–548, abr. 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em www.ibge.gov.br . Acesso em: 28 nov. 2009.

ESTANISLAU, M. V.; GOUVEIA, N. **Avaliação do risco de malformação congênita em recém-nascidos de mães expostas ao trihalometano**. 135f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo. 2009.

FANG, C.; BEHR, M.; FANG, X.; LU, S.; DORET, M.; LUO, H.; YANG, W.; ALDOUS, K.; DING, X.; GU, J. Mechanism of chloroform-induced renal toxicity: Noninvolvement of hepatic cytochrome P450-dependent metabolism. **Jornal de Farmacologia e Aplicações Toxicológicas**, New York, v.15; n.227, p.48–55, fev. 2008.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ – FIOCRUZ. **Manual de Manipulação de Animais de Laboratório**. Salvador: Interciência. 2005. 28 p.

GU, J.; CUI, H; BEHR, M.; ZHANG, L.; ZHANG, Q.Y.; YANG, W.; HINSON, J.A. In vivo mechanisms of tissue-selective drug toxicity: effects of liver-specific knockout of the NADPH-cytochrome P450 reductase gene on acetaminophen toxicity in kidney, lung, and nasal mucosa. **Jornal de Farmacologia e Aplicações Toxicológicas**, New York, v.24; n.67, p.623–630, jan. 2005.

KIERSZENBAUM, A. **Histologia e biologia celular**: uma introdução à patologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

LANÇAS, F.M. **Extração em fase sólida (SPE)**. 3.ed. São Paulo. Rima Editora. 2004.

LAUBUSCH, E. J. Chlorination and other disinfection processes. In: *Water Quality and Treatment: A Handbook of Public Water Supplies* **American Water Works Association**, New York, v.3, n.15, p.158-224, fev. 1971.

MEYER, S. T. O uso do cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. **Caderno Saúde Pública**, v.10, n.1, p.99-110, jan/mar. 1994.

MINAYO, M. C. S.; HARTZ, Z. M. A.; BUSS, P. M. Qualidade de vida e saúde: um debate necessário. **Caderno de Saúde Pública**, v.5, n.1, p.7-18, jun. 2000.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE - OPAS. Água e Saúde. Disponível em : [HTTP://www.opas.org.br/sistema/fotos/agua](http://www.opas.org.br/sistema/fotos/agua). Acesso em 03 de jun. 2011.

PALOMBINI, D. V.; MANFRO, R. C.; KOPSTEIN, J. Aspectos emocionais dos pacientes em hemodiálise crônica. **Rev. Ass. Med. Bras**, v.31, n.5, p.81-84, jan. 1985.

PEREIRA, M. A.; GROTHAUS, M. Chloroform in Drinking Water Prevents Hepatic Cell Proliferation Induced by Chloroform Administered by Gavage in Corn Oil to Mice, **Fundamental and Applied Toxicology**, Ohio, v.37, n.7, p.82-88, mar. 1997.

PIGNATTI, M. G. Saúde e ambiente: As doenças emergentes no Brasil. **Revista Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v.7, n.1, p. 7-8, jan./jun. 2004.

POHL, L. R.; BHOOSHAN, B.; WHITTAKER, N. F.; KRISHNA, G. Phosgene: a metabolite of chloroform. **Journal Biochemical and Biophysical Research Communications**, Washington, D.C., v. 79, n.3, p. 684–691, dez. 1977.

QUEIROZ, I.R.; GUIDO, A.M.; FERNICOLA, N. A. A. G.; KUNO, R.; CAMPOS, E.M.; BARROS, C.M.; BRITO, R.Q.R. Avaliação toxicológica da qualidade da água distribuída à população do Estado de S. Paulo. **Revista de Saúde Pública**, v.33, n.4, p. 413-421, out. 1994.

REBOUÇAS, A. C. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras, 2004.

RIEDEL, G. **Controle sanitário dos alimentos**. 2.ed. São Paulo: Atheneu, 1992.

RIELLA, M. C. **Princípios de nefrologia e distúrbios hidroeletrólíticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

RICHARDSON, M. L. **Risk assessment of chemicals in the environment**. 3.ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1988.

ROSSIN, A. C. **Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água**. São Paulo: CETESB, 1987. 35p. (Série Texto Técnico, TT/PCC/02).

ROUQUEIROL, M. Z.; ALMEIDA-FILHO, N. **Introdução a epidemiologia**. 6.ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2006.

SANTOS, C. L. Trihalometanos: Resumo Atual. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.26, n.4, p. 190-194, jun. 1987.

SANTOS, C. L. **O controle de trihalometanos (THM) nas águas de abastecimento público**. 228f. São Paulo; 1988. Dissertação (Mestrado em Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo.

SARMIENTO, A.; ROJAS, M.; MEDINA, E.; OLIVET, C.; CASANOVA, J.; Investigación de trihalometanos en agua potable del Estado Carabobo, Venezuela. **Revist. Sanit.**, Carabobo, v.17, n.2, p.137-143, jan. 2003.

SCHNELLMANN, R. G. **Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons**. 4. ed. New York: McGraw-Hill 2001.

SINGER, P. C. **Safety of water disinfection: balancing chemical and microbial risks**. 3.ed. Washington: Life Sciences Inst, 1993.

SIQUEIRA-MOURA, M. P.; LIRA, M. C. B.; SANTOS-MAGALHÃES, N. S. Validação de método analítico espectrofotométrico UV para determinação de ácido úsnico em lipossomas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, Pernambuco, vol. 44, n.4, p.621-628, out./dez. 2008.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de análise instrumental**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

SYMONS, J. M.; STEVENS, A. A.; CLARK, R. M.; GELDREICH, E. E.; LOVE, O. T.; DEMARCO, J. **Treatment techniques for controlling trihalomethanes in drinking water**. 5.ed. Washington: Cincinnati, 1981.

TOMINAGA, M. Y. **Trihalometanos em água de abastecimento- validação e correlação de dois métodos de análise por cromatografia em fase gasosa**. São Paulo. 97f. Dissertação (Mestrado em Farmácia) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo. 1998.

TOMINAGA, M. Y. ; MIDIO, A. F. Exposição humana a trihalometanos presentes em água tratada. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, vol. 33, n.4, p.413-421, ago. 1999.

VALENTE, A. L. P.; AUGUSTO, F.; MONTEIRO, L.; ROCHA, E. C.; Aplicação de SPME (Solid phase micro-extraction) na análise de águas potáveis de três localidades do Estado de São Paulo. **Revista Química Nova**, São Paulo, v.21, n.6, p.804-806, abr./maio, 1998.

ANEXOS

ANEXO I

Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

**ATESTADO DE SANIDADE**

Atesto para os devidos fins que examinei 19 (dezenove) exemplares de *Rattus norvegicus* (rato) da linhagem Wistar, fêmeas adultas, provenientes do Biotério Central da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e fornecidas ao Professor Ramão Luciano Nogueira Hayd da Universidade Federal de Roraima. Os referidos animais não apresentam doença infectocontagiosa ou parasitária.

Campo Grande, 03 de janeiro de 2011.

Elane Fabrício de Jesus

Médica Veterinária – CRMV/MS 676

Responsável Técnica do Biotério Central/CCBS/UFMS

Biotério Central / CCBS
Avenida Senador Filinto Müller, 1556, Vila Ipiranga Fone: 067 3345-3540 / 3345-3541
CEP: 79074-480 Campo Grande, (MS)
e-mail: bioterioccb@ufms.br

ANEXO II



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA - COEP



PROCESSO Nº FR 382283

PARECER Nº 01/2010-CEFL

CONSELHEIRO: Carlos Eduardo Freitas Lemos, Prof. Dr.

REPRESENTAÇÃO: Centro de Estudos da Biodiversidade-CBio/UFRR

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA:	Níveis de clorofórmio na água potável distribuída pela estação de tratamento de Boa Vista, Roraima e relação com insuficiência renal crônica.		
Nº DA FOLHA DE ROSTO	382283	ÁREA DE CONHECIMENTO	Ciências Biológicas:Biologia geral
PESQUISADOR RESPONSÁVEL	Ramão Luciano Nogueira Hayda	Titulação	Especialista
Instituição	Universidade Federal de Roraima	Curso / Unidade	Medicina
<p>PARECER:</p> <p>O projeto visa determinar a concentração de clorofórmio na água potável distribuída em Boa Vista e a sua relação com a prevalência de insuficiência renal crônica na população atendida pelo abastecimento de água fornecido pela estação de tratamento.</p> <p>A realização do projeto é justificada devido à formação de trihalometanos (THM), como o clorofórmio, durante a etapa de tratamento da água nas estações de tratamento, devido a utilização de cloro para desinfecção da água. A ingestão de clorofórmio determina a sua bioacumulação no fígado e rins e pode apresentar algum grau de toxicidade orgânica e provocar insuficiência renal crônica. A coleta de informações epidemiológicas será realizada no banco de dados de pacientes atendidos pelo Hospital Geral de Roraima, no período de 2007-2009. Em Boa Vista não foi realizado ainda nenhum estudo que visa determinar as concentrações de THM na água.</p> <p>O projeto apresenta fundamentos metodológicos adequados ao seu desenvolvimento e os resultados esperados são passíveis de serem obtidos.</p> <p>O projeto foi encaminhado com a documentação específica em anexo, conforme requerida pelos instrumentos jurídicos que regulam o funcionamento dos comitês de ética em pesquisa com humanos.</p> <p>Em vista do exposto, o parecer do relator do processo no COEP/UFRR, a ser submetido para a apreciação do colegiado, é pela <u>aprovação do projeto</u>.</p>			
Projeto Apresenta indicadores de Confidencialidade? <input checked="" type="checkbox"/> Sim () Não			
COEP	Data do Recebimento: ___/___/___	CONEP	() Data do Registro: ___/___/___
RELATÓRIO FINAL PARA COEP () Sim () Não Data ___/___/___			
REUNIÃO DA APRECIÇÃO DO PROJETO	(X) Projeto dever ser aprovado sem restrições	() O projeto não deve ser aprovado	() O projeto deve ser aceito, desde que atendidas as exigências acima referenciadas
Data <u>03/12/10</u>			
Observações:			
O projeto encontra-se de acordo com a resolução nº 196/96-CNS/MS e complementares, aprovado na reunião de COEP do dia <u>03/12/10</u> .			
Assinatura do Presidente do COEP/UFRR			

ANEXO III

água pura
Assessoria e Serviços Ltda.

**ANÁLISE DE ÁGUA POTÁVEL
CAER-ESTAÇÃO DE TRATAMENTO LAUDO AP 01-07/10**

Interessado: COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DE RORAIMA
Endereço: Rua Melvin Jones, 219 – São Pedro

Serviço: Coleta e Análise da Qualidade Físico-Química, Organoléptica e Microbiológica da Água da Estação de Tratamento - CAER – Boa vista-rr
Amostragem: 05 de julho de 2010

Determinações Físico-Químicas

Parâmetros Dosados	Portaria 518 do Ministério da Saúde de 25/03/04	AM 01
pH	6,0 a 9,50	5,86
Cor Aparente	Até 15 µH	0,3
Gosto	Não Objetável	Não Objetável
Odor	Não Objetável	Não Objetável
Dureza em CaCO ₃	Até 500 mg/L	37,57
Sólidos Totais Dissolvidos	Até 1000 mg/L	465
Turbidez	Até 5,0 UT	0,11
Alumínio	Até 0,2 mg/L	< 0,001
Amônia	Até 1,5 mg/L	< 0,001
Antimônio	Até 0,005 mg/L	< 0,001
Arsênio	Até 0,01 mg/L	< 0,001
Bário	Até 0,7 mg/L	< 0,001
Cádmio	Até 0,005 mg/L	< 0,001
Cianeto	Até 0,07 mg/L	< 0,001
Chumbo	Até 0,01 mg/L	< 0,001
Cloreto	Até 250 mg/L	3,22
Cloro Livre	Sem referência	0,5
Cobre	Até 2,0 mg/L	< 0,001
Cromo	Até 0,05 mg/L	< 0,001
Ferro	Até 0,3 mg/L	0,01
Fluoretos	Até 1,5 mg/L	< 0,001
Manganês	Até 0,1 mg/L	< 0,001
Mercúrio	Até 0,001 mg/L	< 0,001
Nitrato	Até 10 mg/L	< 0,001
Nitrito	Até 1,0 mg/L	< 0,001
Selênio	Até 0,01 mg/L	< 0,001
Sódio	Até 200 mg/L	3,35
Sulfato	Até 250 mg/L	3,28
Sulfeto de Hidrogênio	Até 0,05 mg/L	< 0,001
Surfactantes	Até 0,5 mg/L	< 0,001
Zinco	Até 5,0 mg/L	0,21

ÁGUA PURA ASSESSORIA E SERVIÇOS LTDA
UBIRAJARA BOECHAT LOPES

Rua João Alfredo, 227 - São Geraldo 69053-270 - Manaus - Amazonas (92) 3233-8240 Fax: 3693-8332 / 3149-7697
E-mails: aguapura@internext.com.br boechat@vivax.com.br DIRETOR 1/3

água pura

Assessoria e Serviços Ltda.

Acrilamida	Até 0,5 µg/L	< 0,001
Alaclor	Até 20 µg/L	< 0,001
Aldrin e Dieldrin	Até 0,03 µg/L	< 0,001
Atrazina	Até 2,0 µg/L	< 0,001
Benzeno	Até 5,0 µg/L	< 0,001
Benzeno[a]pireno	Até 0,7 µg/L	< 0,001
Bentazona	Até 300 µg/L	< 0,001
Cloroeto de Vinila	Até 5,0 µg/L	< 0,001
2,4 D	Até 30 µg/L	< 0,001
DDT (isômeros)	Até 2,0 µg/L	< 0,001
1,1Dicloroeteno	Até 30 µg/L	< 0,001
1,2Dicloroeteno	Até 10 µg/L	< 0,001
Diclorometano	Até 20 µg/L	< 0,001
Endossulfan	Até 20 µg/L	< 0,001
Endrin	Até 0,6 µg/L	< 0,001
Etilbenzeno	Até 0,2 µg/L	< 0,001
Estireno	Até 20 µg/L	< 0,001
Glifosato	Até 500 µg/L	< 0,001
Heptacloro e Heptacloro epóxido	Até 0,03 µg/L	< 0,001
Hexaclorobenzeno	Até 1,0 µg/L	< 0,001
Lindano (γ-BHC)	Até 2,0 µg/L	< 0,001
Metolacloro	Até 10 µg/L	< 0,001
Metoxicloro	Até 20 µg/L	< 0,001
Microcistinas	Até 1,0 µg/L	< 0,001
Molinato	Até 6,0 µg/L	< 0,001
Monoclorobenzeno	Até 0,12 µg/L	< 0,001
Pendimetalina	Até 20 µg/L	< 0,001
Pentaclorofenol	Até 9,0 µg/L	< 0,001
Permetrina	Até 20 µg/L	< 0,001
Propanil	Até 20 µg/L	< 0,001
Simazina	Até 2,0 µg/L	< 0,001
Trifluralina	Até 20 µg/L	< 0,001
Tetracloroeto de Carbono	Até 2,0 µg/L	< 0,001
Tetracloroeteno	Até 40 µg/L	< 0,001
Tricloroeteno	Até 70 µg/L	< 0,001
Triclorobenzenos	Até 20 µg/L	< 0,001
Tolueno	Até 0,17 mg/L	< 0,001
Xileno	Até 0,3 mg/L	< 0,001

*O pH ligeiramente ácido encontrado nas amostras é característico das águas da região norte.



 ÁGUA PURA ASSESSORIA E SERVIÇOS LTDA
 UBIRAJARA BOECHAT LOPES
 CRQ-AM 14100351
 DIRETOR

Determinações Microbiológicas

Parâmetros Dosados	Portaria 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004	Estação de Tratamento
Bactérias Heterotróficas	Até 500 UFC/mL	Ausente
Bactérias Coliformes Termotolerantes	Ausente em 100mL	Ausente
Bactérias Coliformes Totais	Ausente em 100mL	Ausente
Microcistina	Sem Referência	Ausente

DIAGNÓSTICO

Pelos resultados analíticos obtidos podemos informar que a amostra de água analisadas, apresenta qualidade físico-química e microbiológica dentro do padrão exigido pela Portaria Nº 518 de 25/03/04 do Ministério da Saúde/ANVISA, sendo água potável de mesa, portanto, **própria para o consumo humano.**

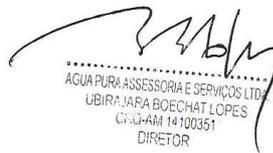
Equipamentos Utilizados:

Potenciômetro
Certificado de Calibração Nº J10601/09
Turbidímetro
Certificado de Calibração Nº LO-0159/09
Espectrofotômetro de Chama FC-180 Nº de Série: RW 1-145G
Certificado de Calibração Nº RT-74106
Espectrofotômetro de Absorção Atômica AA-6200 Nº de Série: A30454200575
Certificado de Calibração Nº AA007/07
Espectrômetro de Massa GCMS QP5050A Nº de Série: C70184200788
Certificado de Calibração Nº QP03/09

Metodologia

As metodologias utilizadas para as determinações analíticas realizadas estão contidas no Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 21ª Ed.

Manaus, 12 de julho de 2010.


AGUA PURA ASSESSORIA E SERVIÇOS LTDA
UBIRAJARA BOECHAT LOPES
CNPJ-AM 14100351
DIRETOR

ANÁLISE DE ÁGUA POTÁVEL CAER-ESTAÇÃO DE TRATAMENTO LAUDO AP 01-12/10

Interessado: COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DE RORAIMA
Endereço: Rua Melvin Jones, 219 – São Pedro.

Serviço: Coleta e Análise da Qualidade Físico-Química, Organoléptica e Microbiológica da Água da Saída da Estação de Tratamento – São Pedro CAER/Boa vista-RR.
Amostragem: 03 de dezembro de 2010.

Determinações Físico-Químicas

Parâmetros Dosados	Portaria 518 do Ministério da Saúde de 25/03/04	Saída da Estação de Tratamento
pH	6,0 a 9,50	7,79
Cor Aparente	Até 15 µH	0,30
Gosto	Não Objetável	Não Objetável
Odor	Não Objetável	Não Objetável
Dureza em CaCO ₃	Até 500 mg/L	40,05
Sólidos Totais Dissolvidos	Até 1000 mg/L	458
Turbidez	Até 5,0 UT	2,11
Alumínio	Até 0,2 mg/L	< 0,001
Amônia	Até 1,5 mg/L	< 0,001
Antimônio	Até 0,005 mg/L	< 0,001
Arsênio	Até 0,01 mg/L	< 0,001
Bário	Até 0,7 mg/L	< 0,001
Cádmio	Até 0,005 mg/L	< 0,001
Cianeto	Até 0,07 mg/L	< 0,001
Chumbo	Até 0,01 mg/L	< 0,001
Cloreto	Até 250 mg/L	4,59
Cloro Livre	Sem referência	0,60
Cobre	Até 2,0 mg/L	< 0,001
Cromo	Até 0,05 mg/L	< 0,001
Ferro	Até 0,3 mg/L	0,01
Fluoretos	Até 1,5 mg/L	< 0,001
Manganês	Até 0,1 mg/L	< 0,001
Mercurio	Até 0,001 mg/L	< 0,001
Nitrato	Até 10 mg/L	< 0,001
Nitrito	Até 1,0 mg/L	< 0,001
Selênio	Até 0,01 mg/L	< 0,001
Sódio	Até 200 mg/L	3,26
Sulfato	Até 250 mg/L	3,14
Sulfeto de Hidrogênio	Até 0,05 mg/L	< 0,001
Surfactantes	Até 0,5 mg/L	< 0,001

ÁGUA PURA ASSESSORIA E SERVIÇOS LTDA

Karyne
KAROLYNE DUARTE DE NEGREIROS
QUÍMICA RESPONSÁVEL

Rua João Alfredo, 227 - São Geraldo 69053-270 - Manaus - Amazonas (92) 3233-8240 Fax: 3633-8332 / 8149-7697
E-mails: aguapura@internext.com.br boechat@vivax.com.br

água pura

Assessoria e Serviços Ltda.

Zinco	Até 5,0 mg/L	0,16
Acrilamida	Até 0,5 µg/L	< 0,001
Alaclor	Até 20 µg/L	< 0,001
Aldrin e Dieldrin	Até 0,03 µg/L	< 0,001
Atrazina	Até 2,0 µg/L	< 0,001
Benzeno	Até 5,0 µg/L	< 0,001
Benzeno[a]pireno	Até 0,7 µg/L	< 0,001
Bentazona	Até 300 µg/L	< 0,001
Cloreto de Vinila	Até 5,0 µg/L	< 0,001
2,4 D	Até 30 µg/L	< 0,001
DDT (isômeros)	Até 2,0 µg/L	< 0,001
1,1Dicloroeteno	Até 30 µg/L	< 0,001
1,2Dicloroeteno	Até 10 µg/L	< 0,001
Diclorometano	Até 20 µg/L	< 0,001
Endossulfan	Até 20 µg/L	< 0,001
Endrin	Até 0,6 µg/L	< 0,001
Etilbenzeno	Até 0,2 µg/L	< 0,001
Estireno	Até 20 µg/L	< 0,001
Glifosato	Até 500 µg/L	< 0,001
Heptacloro e Heptacloro epóxido	Até 0,03 µg/L	< 0,001
Hexaclorobenzeno	Até 1,0 µg/L	< 0,001
Lindano (γ-BHC)	Até 2,0 µg/L	< 0,001
Metolacloro	Até 10 µg/L	< 0,001
Metoxicloro	Até 20 µg/L	< 0,001
Microcistinas	Até 1,0 µg/L	< 0,001
Molinato	Até 6,0 µg/L	< 0,001
Monoclorobenzeno	Até 0,12 µg/L	< 0,001
Pendimetalina	Até 20 µg/L	< 0,001
Pentaclorofenol	Até 9,0 µg/L	< 0,001
Permetrina	Até 20 µg/L	< 0,001
Propanil	Até 20 µg/L	< 0,001
Simazina	Até 2,0 µg/L	< 0,001
Trifluralina	Até 20 µg/L	< 0,001
Tetracloroeto de Carbono	Até 2,0 µg/L	< 0,001
Tetracloroeteno	Até 40 µg/L	< 0,001
Tricloroeteno	Até 70 µg/L	< 0,001
Triclorobenzenos	Até 20 µg/L	< 0,001
Tolueno	Até 0,17 mg/L	< 0,001
Xileno	Até 0,3 mg/L	< 0,001

ÁGUA PURA ASSESSORIA E SERVIÇOS LTDA


 KAROLYNE DUARTE DE NEGREIROS
 QUÍMICA RESPONSÁVEL
 CRQ - AM 14100336

Determinações Microbiológicas

Parâmetros Dosados	Portaria 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004	Saída da Estação de Tratamento
Bactérias Heterotróficas	Até 500 UFC/mL	Ausente
Bactérias Coliformes Termotolerantes	Ausente em 100mL	Ausente
Bactérias Coliformes Totais	Ausente em 100mL	Ausente
Microcistina	Sem Referência	Ausente

DIAGNÓSTICO

Pelos resultados analíticos obtidos podemos informar que a amostra de água analisada, apresenta qualidade físico-química e microbiológica dentro do padrão exigido pela Portaria Nº 518 de 25/03/04 do Ministério da Saúde/ANVISA, sendo água potável de mesa, portanto, **própria para o consumo humano.**

Equipamentos Utilizados:

Potenciômetro
Certificado de Calibração Nº J10601/09
Turbidímetro
Certificado de Calibração Nº LO-0159/09
Espectrofotômetro de Chama FC-180 Nº de Série: RW 1-145G
Certificado de Calibração Nº RT-74106
Espectrofotômetro de Absorção Atômica AA-6200 Nº de Série: A30454200575
Certificado de Calibração Nº AA008/10
Espectrômetro de Massa GCMS QP5050A Nº de Série: C70184200788
Certificado de Calibração Nº QP03/09

Metodologia

As metodologias utilizadas para as determinações analíticas realizadas estão contidas no Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 21ª Ed.

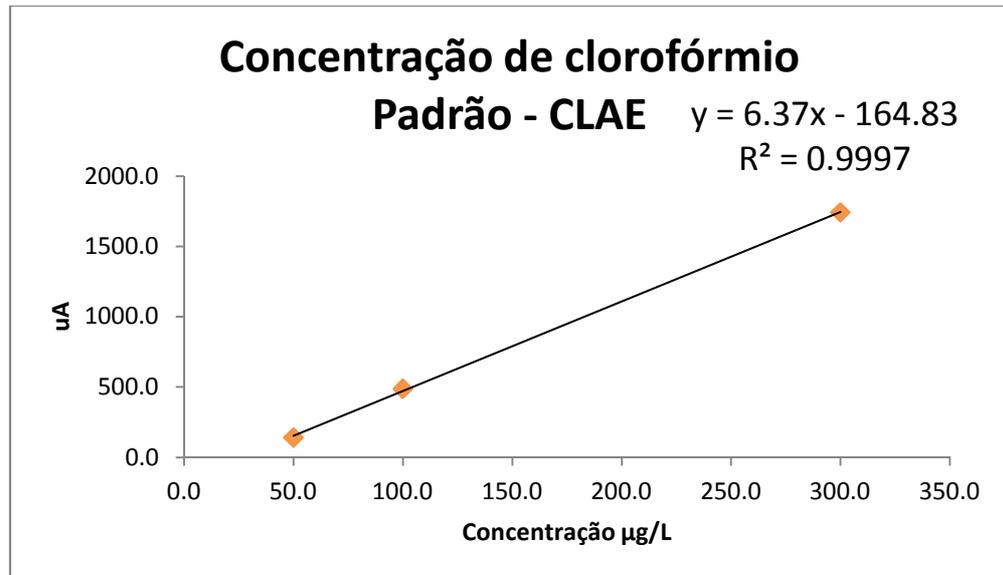
Manaus, 14 de dezembro de 2010.

ÁGUA PURA ACESSÓRIA E SERVIÇOS LTDA

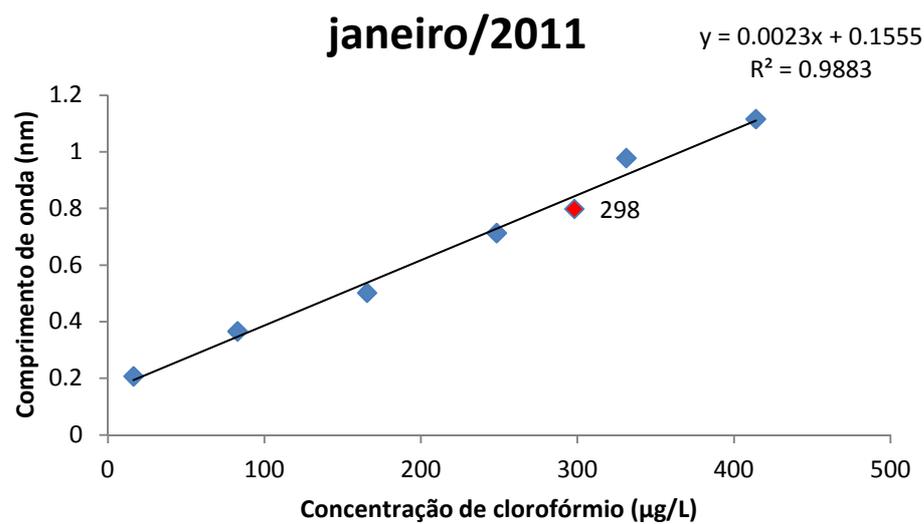
 KAROLYNE DUARTE DE NEGREIROS
 QUÍMICA RESPONSÁVEL
 CRQ - AM 14100336

APENDICE

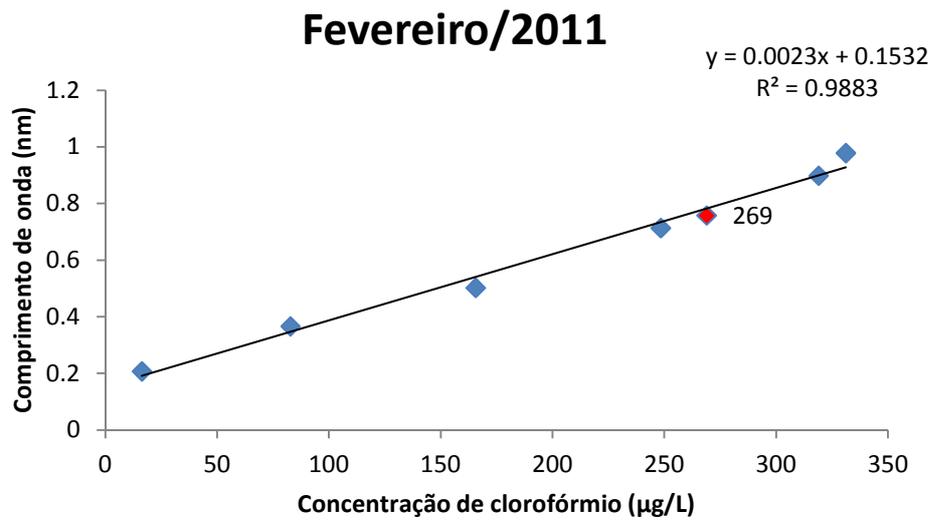
APENDICE A



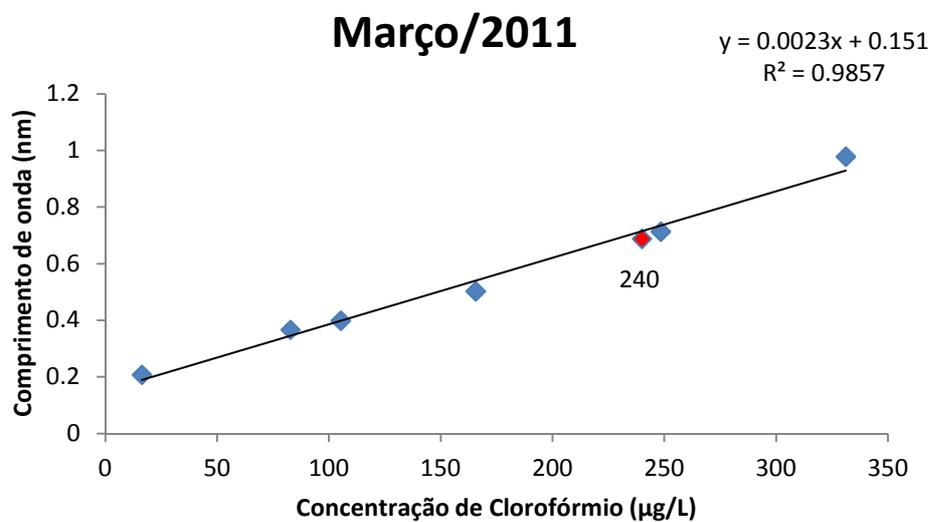
Curva de calibração para o clorofórmio utilizando a cromatografia líquida de alta eficiência.



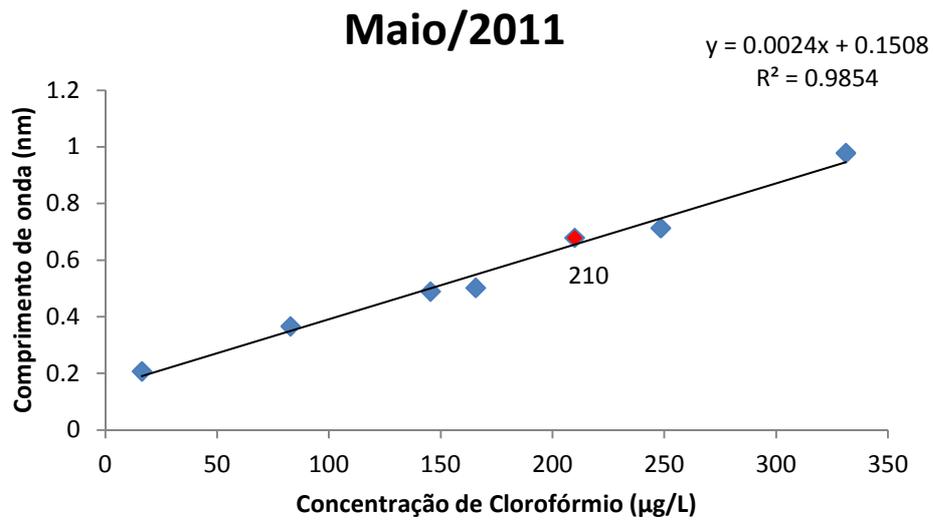
Concentração do clorofórmio em amostra de água coletada da ETA Boa Vista, RR no mês de janeiro de 2011.



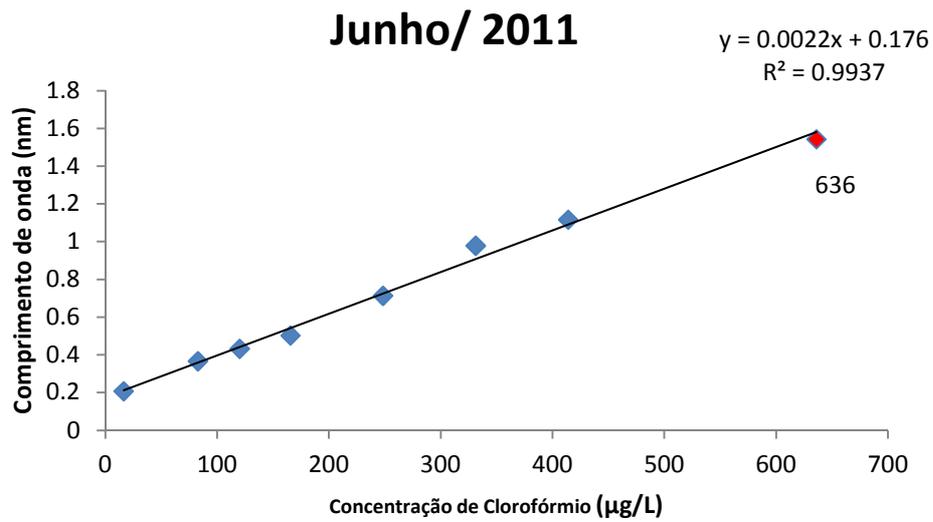
Concentração do clorofórmio em amostra de água coletada da ETA Boa Vista, RR no mês de fevereiro de 2011.



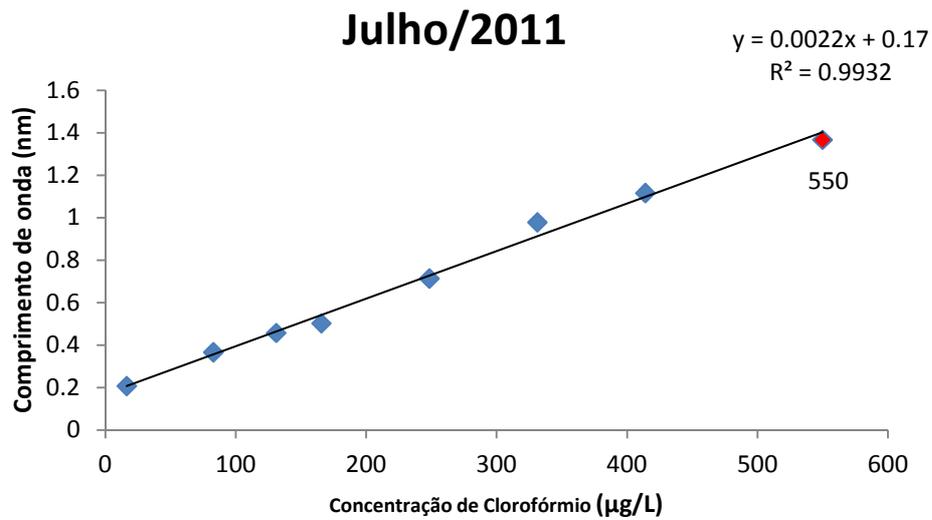
Concentração do clorofórmio em amostra de água coletada da ETA Boa Vista, RR no mês de março de 2011.



Concentração do clorofórmio em amostra de água coletada da ETA Boa Vista, RR no mês de maio de 2011.

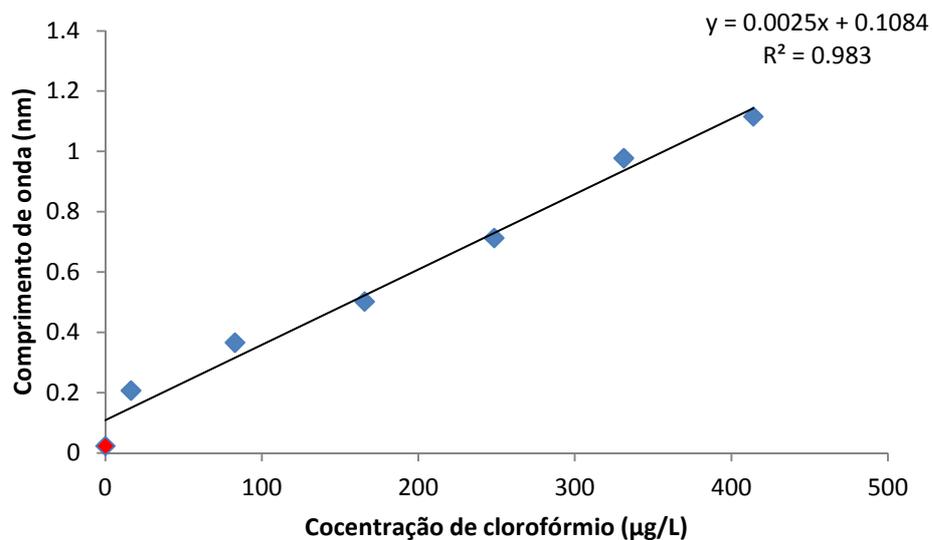


Concentração do clorofórmio em amostra de água coletada da ETA Boa Vista, RR no mês de junho de 2011.

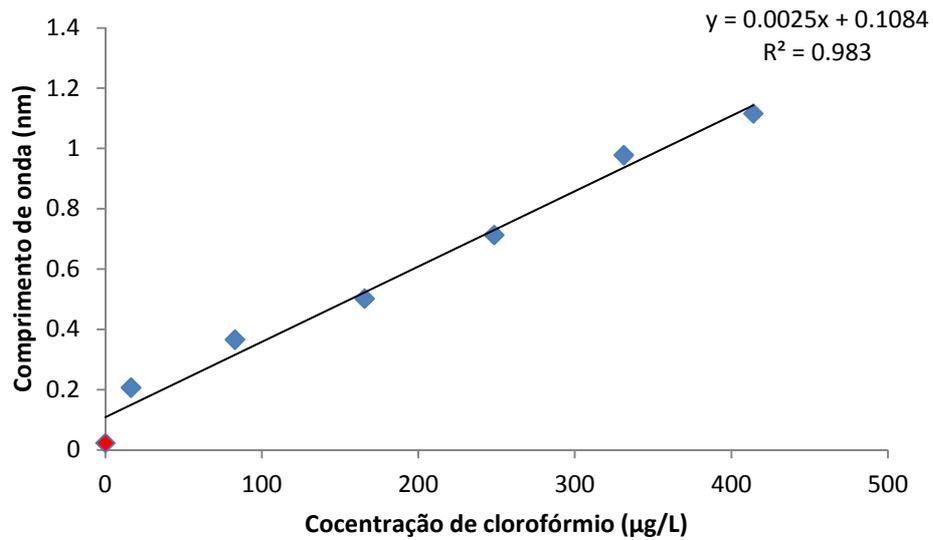


Concentração do clorofórmio em amostra de água coletada da ETA Boa Vista, RR no mês de julho de 2011.

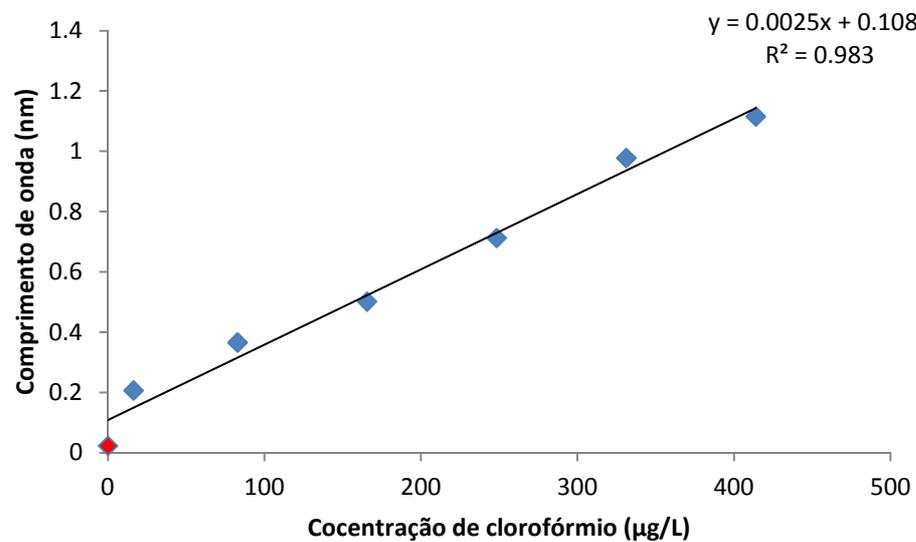
Concentração do clorofórmio em amostra de água desionizada obtida no laboratório de águas da UFRR.



Curva de calibração e concentração do clorofórmio em amostra de água mineral A analisada no laboratório de águas da UFRR.



Concentração do clorofórmio em amostra de água mineral B analisada no laboratório de águas da UFRR.



Concentração do clorofórmio em amostra de água do Rio Branco analisada no laboratório de águas da UFRR.

