INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO

CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA

DEPARTAMENTO DE ENSINO

COORDENAÇÃO DOS CURSOS SUPERIORES

CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

ESTUDO PRELIMINAR DAS AÇÕES DAS VARIAVÉIS FÍSICO-QUÍMICAS NA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO DO BAIRRO ASA BELA, VÁRZEA GRANDE – MT

MÁRCIA ROSA DA CONCEIÇÃO

Cuiabá – MT

Julho de 2011

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO

CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA

DEPARTAMENTO DE ENSINO

COORDENAÇÃO DOS CURSOS SUPERIORES

CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

ESTUDO PRELIMINAR DAS AÇÕES DAS VARIAVÉIS FÍSICO-QUÍMICAS NA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO DO BAIRRO ASA BELA, VÁRZEA GRANDE – MT

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso Campus Cuiabá – Bela Vista para obtenção de título de graduado.

Orientadora: Profª. Drª. Adriana Paiva de Oliveira
Co-orientador: Prof.Dr. Ricardo Dalla Villa

Cuiabá – MT

Julho de 2011

FICHA CATALOGRÁFICA

CONCEIÇÃO, MÁRCIA ROSA

Estudo preliminar das ações de variáveis físico-químicas na qualidade da águas de abastecimento do bairro Asa Bela, Várzea Grande - MT: / MÁRCIA ROSA DA CONCEIÇÃO, 2011

63p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso Campus Cuiabá – Bela Vista, Curso Superior em Gestão Ambiental, 2011.

Orientadora: Profª. Drª. Adriana Paiva de Oliveira

Co-orientador: Prof.Dr. Ricardo Dalla Villa

MÁRCIA ROSA DA CONCEIÇÃO

ESTUDO PRELIMINAR DAS AÇÕES DAS VARIAVÉIS FÍSICO-QUÍMICAS NA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO DO BAIRRO ASA BELA, VÁRZEA GRANDE – MT.

Trabalho de Conclusão de Curso Superior em Tecnologia em Gestão Ambiental, submetido à Banca Examinadora composta pelos Professores convidados e do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduado.

Aprovado em ___ de junho de 2011.

BANCA EXAMINADORA

Prof.ª Dra, Adriana Paiva de Oliveira
Orientadora - IFMT

Prof. Dr. Ricardo Dalla Villa
Co-orientador - UFMT

Prof.ª Dra. Selma Baia Batista
Professora Convidada

Prof. Ms.James Moraes de Moura
Professor convidado

Cuiabá - MT
Julho de 2011

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de sabedoria e auxilio presente em todos os momentos.

A minha estimada orientadora Prof.ª Dra. Adriana Paiva de Oliveira, sempre atenciosa, dedicada, pela confiança depositada e principalmente pelo vasto conhecimento transmitido.

A Lissandra Silvia Bossani, por ter me incentivado a prestar o vestibular, ressaltado sua certeza pelo meu êxito.

A minha querida irmã, Marilúcia Rosa da Conceição, pelo incentivo através da cobrança diária.

A minha amiga Edna Cleide Gomes, pelo carinho e apoio em todos os momentos.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Ricardo Dalla Villa, que muito contribuiu nas análises e desenvolvimento do trabalho.

A Bárbara Spessoto Martinez, Adriana dos Santos da Silva e Lucas de O. Piovezan, acadêmicos do Curso de Química da UFMT, que foram de fundamental importância na execução das análises.

Ao Laboratório de Análises de Contaminantes Inorgânicos (LACI) e ao Laboratório de Resíduos de Biocidas (LARB) do Departamento de Química da Universidade Federal de Mato Grosso – Campus Cuiabá pela disponibilização dos equipamentos, reagentes e vidrarias para a execução das análises.

A Banca Examinadora pelos questionamentos e apreciação crítica do trabalho.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade das águas de abastecimento do bairro Asa Bela, município de Várzea Grande – MT por meio de um estudo preliminar fundamentado na determinação de parâmetros físico-químicos de qualidade de águas para consumo humano. Para isso, foram coletadas três amostras de água de abastecimento de diferentes regiões do bairro e uma amostra do Departamento de Águas e Esgotos do município para fins comparativos. Os parâmetros físico-químicos avaliados foram: cor, turbidez, condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio amoniacal, alcalinidade, dureza e os íons cloreto, fluoreto, nitrito, nitrato, sulfato, sódio, potássio, cádmio, ferro, manganês, cobre, zinco e cromo. Estes resultados foram posteriormente comparados com os valores máximos permitidos pela Portaria MS nº 518 de 2004, Resolução 357/2005 do CONAMA (Água doce, Classe 2) e Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (USEPA). Os resultados indicaram que com exceção do ferro e do nitrito, os demais parâmetros físico-químicos de qualidade de água para consumo humano atendem os requisitos das legislações brasileiras e internacionais. A escassa manutenção das redes de distribuição, a pressão negativa nas tubulações e a contaminação por esgotos sanitários podem ter contribuído para as concentrações de ferro e nitrito encontradas nas amostras, que em alguns casos estão no limite ou acima dos valores permitidos pela legislação. A possível contaminação da água sugere a necessidade de coletas em diferentes períodos do ano e a avaliação de outros parâmetros físico-químicos e microbiológicos, que possam fornecer subsídios para uma melhor avaliação da qualidade da água do referido bairro.

Palavras Chaves: Água de abastecimento, Qualidade, Parâmetros Físico-Químicos.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the quality of public water supply of the Asa Bela district, Várzea Grande City - MT by means of a preliminary study based in the determination of physic-chemical parameters of quality of drinking water. For this, three samples were collected from water supply to different regions of the district and a sample of the Water and Sewerage Department of the city for comparative purposes. The apparent color, turbidity, electrical conductivity, hydrogen potential (pH), dissolved oxygen (DO), ammonium nitrogen, alkalinity, hardness, chloride, fluoride, nitrite, nitrate, sulfate, sodium, potassium, cadmium, iron, manganese, copper, zinc and chromium were assessed. These results were compared with the maximum level allowed by the Decree n° 518/2004 of the Brazilian Ministry of Health, Resolution 357/2005 of the Brazilian Environmental Nation Council (Fresh water, Class 2) and the United States of Environmental Protection Agency (USEPA). The results indicated that except for iron and nitrite, the other physical and chemical parameters of water quality for human consumption meet the requirements of the National and International Legislations. The poor maintenance of distribution networks, the negative pressure in the pipes and sewage contamination may have contributed to the nitrite and iron concentrations found in the samples, which in some cases are at or above the levels allowed by legislation. The possible contamination of the water suggests the need for collecting in different seasons and evaluation of other physic-chemical and microbiological parameters, which may provide support for a better assessment of water quality of that district.

Key words: water supply, quality, physic-chemical parameters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Ponto de captação de águas da ETA II no Rio Cuiabá (A) e a Estação de Captação de Água ETA II (B).....31
Figura 02 – Plataforma de captação de água da ETA II (A) e Sistema de bombeamento e tubulações de captação de Água ETA II (B).....32
Figura 03 – Etapas de Tratamento ETA II – Coagulante – Sulfato de Alumínio.....32
Figura 04 – Etapas de Tratamento ETA II – Auxiliar de Coagulação – Policloreto de Alumínio.....33
Figura 05 – Etapas de Tratamento ETA II – Decantadores.....33
Figura 06 – Etapas de Tratamento ETA II – Filtros.....34
Figura 07 – Etapas de Tratamento ETA II – Cloração –Gás Cloro.....34
Figura 08 – Mapa da localização do Bairro Asa Bela – Município de Várzea Grande - MT. 37
Figura 09 – Mapa dos pontos de coletas– Município de Várzea Grande-MT.....38
Figura 10 – Procedimento experimental para a determinação da alcalinidade total das amostras: início da titulação (A), durante a titulação (B) e no final da titulação (C).....45
Figura 11 – Procedimento experimental para a determinação da dureza total das amostras: antes da titulação (A), durante a titulação (B) e no final da titulação (C).....46
Figura 12 – Resultados (valor médio) da turbidez nas amostras e os respectivos valores da Legislação Brasileira e Internacional. Os desvios padrão variaram entre 0,3 a 0,5.....49
Figura 13 – Resultados (valor médio) das determinações da condutividade elétrica nas amostras. Os desvios padrão variaram entre 0,2 a 0,9.....50
Figura 14 – Resultados (valor médio) das determinações do pH nas amostras e os respectivos valores da Legislação Brasileira e Internacional. Os desvios padrão variaram entre 0,1 a 0,2.....51
Figura 15 – Resultados (valor médio) das determinações do oxigênio dissolvido nas amostras. Os desvios padrão variaram entre 0,1 a 0,3.....52
Figura 16 – Resultados (valor médio) das determinações da alcalinidade nas amostras. Os desvios padrão variaram entre 0,3 a 0,5.....53

Figura 17 – Resultados (valor médio) das determinações da dureza nas amostras. Os desvios padrão variaram entre 1 a 3.....54
Figura 18 – Resultados (valor médio) das determinações dos íons sulfato (SO_4^{2-}) e cloreto (Cl^-) nas amostras e os respectivos valores da Legislação Brasileira e Internacional. Os desvios padrão variam entre 1 a 15.....56
Figura 19 – Resultados (valor médio) nas determinações dos íons fluoreto (F^-), nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-) nas amostras e os respectivos valores da Legislação Brasileira e Internacional. Os desvios padrão variam entre 0,1 a 0,6.....57
Figura 20 – Resultados (valor médio) nas determinações de nitrogênio amoniacal nas amostras e os respectivos valores da Legislação Brasileira. Os desvios padrão relativos variaram entre 0 a 0,03.....58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE – Estação de Tratamento de Esgotos

OMS – Organização Mundial da Saúde

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

pH – Potencial Hidrogeniônico

OD – Oxigênio Dissolvido

USEPA - United States of Environmental Protection Agency

DAE – Departamento de Águas e Esgotos

MS – Ministério da Saúde

VMP – Valor Máximo Permitido

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

PTP – Poço Tubular Profundo

EDTA – Ácido etilenoaminotetracético

FAAS - Espectrometria de Absorção Atômica em Chama

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

P.A – Puro para Análise

C.V – Cavalo de Vapor

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 13
2. REVISÃO DE LITERATURA 15
2.1 A Importância da Qualidade da Água 15
2.2 Parâmetros de Qualidade de Água para Abastecimento Humano 17
2.2.1Parâmetros Físicos 17
2.2.1.1 Cor Aparente 17
2.2.1.2 Turbidez 18
2.2.1.3 Condutividade Elétrica 19
2.2.2 Parâmetros Químicos 19
2.2.2.1 Oxigênio Dissolvido (OD) 19
2.2.2.2 Potencial Hidrogeniônico (pH) 19
2.2.2.3 Alcalinidade 20
2.2.2.4 Dureza 21
2.2.2.5 Nitrogênio Amoniacal 22
2.2.2.6 Nitrato (NO_3^-) 22
2.2.2.7 Nitrito (NO_2^-) 22
2.2.2.8 Sódio (Na) 23
2.2.2.9 Potássio (K) 23
2.2.2.10 Cloreto (Cl^-) 24
2.2.2.11 Fluoreto (F^-) 24
2.2.2.12 Sulfato (SO_4^{2-}) 25
2.2.2.13 Cádmio (Cd) 25
2.2.2.14 Manganês (Mn) 25
2.2.2.15 Cobre (Cu) 26
2.2.2.16 Zinco (Zn) 26
2.2.2.17 Cromo (Cr) 27
2.2.2.18 Ferro (Fe) 27
2.3 Processos Unitários de Tratamento de Água de Abastecimento Público 28
2.4 Serviços de Abastecimento de Águas do Município de Várzea Grande – MT 30
2.4.1 Captação e Adução de Água 31
2.4.2 Funcionamento do Sistema de Captação, Adução e Bombeamento da 31

ETA II 31
2.4.3 Estação de Tratamento de Águas do Sistema ETA II 32
2.5 Fontes de Poluição das Águas.....35
3. MATERIAIS E MÉTODOS 37
3.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo.....37
3.2 Coleta, Armazenamento e Preservação das Amostras.....39
3.3 Equipamentos e Reagentes 41
3.4 Métodos.....42
3.4.1 Parâmetros Físicos 43
3.4.1.1 Determinação da Turbidez 43
3.4.1.2 Determinação da Cor Aparente.....43
3.4.1.3 Determinação da Condutividade 43
3.4.2 Parâmetros Químicos.....44
3.4.2.1 Determinação do Potencial Hidrogeniônico (pH).....44
3.4.2.2 Determinação do Oxigênio Dissolvido (OD) 44
3.4.2.3 Determinação da Alcalinidade.....44
3.4.2.4 Determinação da Dureza Total.....46
3.4.2.5 Determinação de Cádmio, Ferro, Manganês, Cobre, Zinco e Cromo por FAAS.....47
3.4.2.6 Determinação de Sódio e Potássio por Fotometria de Chama.....47
3.4.2.7 Determinação dos Ânions: Cloreto, Fluoreto, Nitrito, Nitrato e Sulfato.....47
3.4.2.8 Determinação do Nitrogênio Amoniacal (Método do Fenolato) 48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 49
4.1 Parâmetros Físicos 49
4.1.1 Turbidez e Cor Aparente 49
4.1.2 Condutividade Elétrica.....50
4.2 Parâmetros Químicos.....50
4.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH).....50
4.2.2 Oxigênio Dissolvido (OD) 52
4.2.3 Alcalinidade e Dureza.....53
4.2.4 Metais.....54
4.2.5 Sulfato (SO_4^{2-}) e Cloreto (Cl^-) 55
4.2.6 Íons fluoreto (F^-), Nitrato (NO_3^-) e Nitrito (NO_2^-).....56

4.2.7 Nitrogênio Amoniacal 58
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 59
6. PERSPECTIVAS.....60
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 61

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água é fundamental para o bem estar da população e seus usos múltiplos são indispensáveis as atividades humanas que por sua vez são as principais fontes de poluição dos recursos hídricos. Neste sentido, são amplas as discussões no Brasil e no mundo referente aos usos, preservação, poluição dos recursos hídricos.

A água de abastecimento fornecida à população deve ser potável, ou seja, antes de chegar às residências deve passar por estações de tratamento de águas (ETA) onde serão realizados processos de tratamentos físico-químicos para a adequação aos parâmetros de potabilidade exigidos pela legislação. Porém, mesmo com todo o tratamento, a água tratada pode não estar totalmente livre de contaminações devido à ineficiência do tratamento convencional, interrupções momentâneas no sistema de abastecimento, além de possíveis vazamentos e rompimentos que podem provocar deteriorações bruscas na qualidade, pela infiltração de agentes poluidores.

O acesso a água tratada é um direito de todo cidadão, e neste contexto é de extrema importância iniciativas que levem a universalização dos serviços de abastecimento de águas com qualidade, de acordo com as leis vigentes.

O município de Várzea Grande está localizado no Centro Oeste brasileiro, no Estado de Mato Grosso, na micro-região de Cuiabá. Esta cidade foi fundada em 15 de maio de 1867 e transformada em município em 23 de setembro de 1948. O crescimento acelerado desde município ocorreu principalmente após o seu primeiro centenário, devido à imigração e a cessão, pela prefeitura, de áreas para a instalação de indústrias, tornando-se uma cidade predominantemente comercial e industrial. O bairro Asa Bela é um dos principais bairros de Várzea Grande, e surg no ano de 1989, inicialmente com 365 residências, quadro esse que se modificou a partir de 2004 com a construção de três novos conjuntos habitacionais. Neste bairro, todas as residências têm acesso ao sistema de abastecimento de água público, proveniente da Estação de Tratamento Água (ETA II) com ponto de captação de água do Rio Cuiabá.

As redes de distribuição de águas do município de Várzea Grande são consideradas antigas, com manutenções escassas, causando assim uma grande preocupação dos moradores dos bairros desta cidade quanto à qualidade das águas de abastecimento público devido a possíveis contaminações provocadas por tubulações metálicas ainda existentes na rede, com possíveis corrosões ou incrustações, vazamentos e interações com efluentes industriais e esgoto doméstico e interrupções momentâneas no sistema de abastecimento.

Diante do exposto, a avaliação dos parâmetros físico-químicos de qualidade de águas para consumo humano nos bairros do município de Várzea Grande, Mato Grosso é de relevância do ponto de vista de saúde pública e da universalização de acesso aos serviços. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo um estudo preliminar da qualidade das águas de abastecimento do Bairro Asa Bela, município de Várzea Grande – MT por meio da determinação de parâmetros físico-químicos de qualidade de águas para consumo humano e a comparação com a Legislação vigente.

Os parâmetros físico-químicos avaliados foram: cor, turbidez, condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio amoniacal, alcalinidade, dureza, cloreto, fluoreto, nitrito, nitrato, sulfato, sódio, potássio, cádmio, ferro, manganês, cobre, zinco e cromo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Importância da Qualidade da Água

Segundo Tundisi (2009), embora dependam da água para a sobrevivência e para o desenvolvimento econômico, as sociedades humanas poluem e degradam tanto as águas superficiais quanto as subterrâneas. A diversificação dos usos múltiplos, o despejo de resíduos líquidos e sólidos em rios, lagos e represas e a destruição das áreas alagadas e das matas galerias que têm produzido contínua e sistemática deteriorização e perdas extremamente elevadas em quantidade e qualidade da água.

A água, é um recurso indispensável para a sobrevivência humana e de todas as espécies vivas e além de ser um importante propulsor para a grande maioria das atividades econômicas, exerce uma influência decisiva na qualidade de vida das populações, especialmente nas áreas do abastecimento de água e da coleta e tratamento de esgotos, que têm forte impacto sobre a saúde pública. Diante disso, o abastecimento de água e o tratamento de esgoto estão inserido no contexto da universalização dos serviços segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

O controle de qualidade da água destinada ao consumo humano, desde os sistemas produtores (mananciais, captação e tratamento) até os sistemas de distribuição (reservatório e redes) é normalmente feito pela empresa responsável de saneamento local e monitorado pelas Secretarias de Saúde Estaduais. Neste monitoramento são estabelecidos os números mínimos de amostras ou planos de amostragem, além dos padrões para a água potável restritos ao trecho que se inicia na captação e se encerra nas ligações domiciliares dos consumidores (TUDNISK, 2005).

Por meio da Lei nº. 9.433, de 08 de janeiro de 1997, se instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos que definiu a água como um bem de domínio público, limitado e dotado de valor econômico, ou seja, a partir do momento que se tem um valor agregado para utilização da água, é necessário que se tenha o mínimo de qualidade para o consumo humano (ANA, 1997).

O estudo, a avaliação e o controle da qualidade das águas de abastecimento no Brasil estão associados fundamentalmente a dois dispositivos legais: Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, e a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

A Portaria MS n° 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.

O padrão de potabilidade é dividido da seguinte maneira: padrão microbiológico (incluindo padrão de turbidez para a água pós-filtração ou pré-desinfecção); padrão para substâncias químicas que representam risco à saúde (substâncias inorgânicas e orgânicas, agrotóxicos, cianotoxinas, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção); padrão de radioatividade; e, padrão de aceitação para consumo humano. Estes padrões são apresentados por meio de tabelas nas quais estão inseridos os parâmetros físicos, químicos e biológicos, as unidades de medida e os valores máximos permitidos (VMP) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua Resolução no 357/2005, define a classificação das águas do território nacional com os seguintes objetivos: assegurar seus usos preponderantes; definir o grau de exigência para tratamento de efluentes; facilitar o enquadramento e o planejamento o uso de recursos hídricos, criando instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas; e preservar a saúde humana e o equilíbrio ecológico aquático. Estabeleceu-se a divisão das águas em três grandes grupos: doces, salobras e salinas. Para abastecimento humano devem ser consideradas as águas doces classe especial (desinfecção), classe 1 (tratamento simplificado), classe 2 (tratamento convencional) e classe 3 (tratamento convencional ou avançado). Nesta resolução, também são apresentadas tabelas com os parâmetros, bem como, os valores máximos permitidos de acordo com os tipos de águas (doce, salobra e salina) e suas classes (CONAMA, 2005).

2.2 Parâmetros de Qualidade de Água para Abastecimento Humano

Segundo Richter (1991), a qualidade de uma água é definida por sua composição química, física e bacteriológica. As características desejáveis de uma água dependem de sua utilização. Para o consumo humano há a necessidade de uma água pura e saudável, isto é, livre de matéria suspensa visível, cor, gosto e odor, de quaisquer organismos capazes de provocar enfermidades e de quaisquer substâncias químicas orgânicas ou inorgânicas que possam produzir efeitos prejudiciais à saúde.

Além disso, a qualidade está sujeita a inúmeros fatores, podendo apresentar uma grande variação no decorrer do tempo, e só pode ser suficientemente conhecida através de uma série de análises, que abranja as diversas estações do ano (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Para o gerenciamento do sistema de abastecimento de águas, bem como, da qualidade das mesmas inclui-se as seguintes atividades:

- a proteção dos mananciais;
- o controle e a otimização dos processos unitários de tratamento;
- a proteção e a conservação dos reservatórios de distribuição;
- a operação e a manutenção das adutoras;
- a operação e a manutenção da rede de distribuição, com destaque para:
- a garantia da regularidade do abastecimento e da pressurização da rede; e
- o controle de vazamentos.

No presente trabalho, foi feita uma investigação sobre os processos unitários de tratamento utilizados na ETA, a operação e manutenção da rede de distribuição e a regularidade do abastecimento.

2.2.1 Parâmetros Físicos

2.2.1.1 Cor Aparente

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de sólidos dissolvidos,

principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Dentre os colóides orgânicos, podem ser mencionados os ácidos húmicos e fúlvicos, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos. Os esgotos domésticos também se caracterizam por apresentarem predominantemente matéria orgânica em estado coloidal, além de diversos efluentes industriais, que contêm taninos (efluentes de curtumes, por exemplo), anilinas (efluentes de indústrias têxteis, indústrias de pigmentos entre outros), lignina e celulose (efluentes de indústrias de celulose e papel, da madeira entre outros) (CETESB, 2009).

Os compostos inorgânicos também são capazes de causar cor na água, principalmente os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo. Alguns outros metais presentes em efluentes industriais conferem-lhes cor, mas, em geral, íons dissolvidos em meio aquoso pouco ou quase nada interferem na passagem da luz. O outro problema da cor na água é o fator estético, que causa um efeito repulsivo na população em relação à aceitabilidade da água (CETESB, 2009).

2.2.1.2 Turbidez

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (esta redução dá-se por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila, entre outros) e detritos orgânicos, tais como algas e bactérias, plâncton em geral, entre outros. Os esgotos domésticos e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas.

Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas, e esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Além disso, afeta adversamente os usos múltiplos doméstico, industrial e recreacional das águas (CETESB, 2009).

2.2.1.3 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Esta depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes numa coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100 µS/cm indicam ambientes impactados. A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Valores elevados deste parâmetro podem indicar características corrosivas da água. Águas naturais apresentam valores de condutividade na faixa de 10 a 100 µS/cm, e águas contaminadas por esgotos domésticos e/ou industriais os valores podem chegar até 1.000 µS/cm (CETESB, 2009).

2.2.2 Parâmetros Químicos

2.2.2.1 Oxigênio Dissolvido (OD)

É um dos parâmetros mais significativos para expressar a qualidade e a preservação de um ambiente aquático já que vários organismos precisam de oxigênio para respirar. As variações nos teores de oxigênio dissolvido estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água. As águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, pois o mesmo é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica. Por outro lado, as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido mais elevadas, geralmente superiores a 5 mg/L, exceto se houverem condições naturais que causem baixos valores deste parâmetro (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006; CETESB, 2009).

2.2.2.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH foi criado para simplificar a medida da concentração relativa de íons hidrogênio (H^+) presentes na água e nas soluções aquosas, onde o valor indica a acidez ou alcalinidade da solução. O pH é expresso por uma escala numérica

simples que vai de 0 (zero) a 14, sendo 7 o valor do ponto de neutralidade da água. As soluções cujo pH apresenta valores menores do que 7 são denominadas ácidas e as que tem o pH maiores que 7 são denominadas básicas ou alcalinas. Quanto maior a concentração de hidrogênio livre em uma solução, mais baixo será o seu pH. Os principais fatores que determinam o pH da água são: o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade (CETESB, 2009).

Para a adequada manutenção da vida aquática, o pH deve situar-se geralmente na faixa de 6 a 9. No entanto, existem exceções a essa recomendação, provocadas por influências naturais, como é o caso de rios de cores intensas, em decorrência da presença de ácidos húmicos provenientes da decomposição de vegetação, a poluição atmosférica, provocando o predomínio de precipitações ácidas. Ambientes aquáticos naturalmente alcalinos também podem existir em função da composição química de suas águas, por exemplo, de alguns lagos africanos nos quais o pH chega a ultrapassar o valor de 10 (MINISTÉRIO DA SAÙDE, 2006).

Em águas de abastecimento, baixos valores de pH podem contribuir para sua corrosividade e agressividade, enquanto valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações. O intervalo de pH para águas de abastecimento é estabelecido pelo Ministério da Saúde está entre 6,5 e 9,5. Esse parâmetro visa diminuir os problemas relacionados a incrustações e/ou corrosões das redes de distribuição (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

2.2.2.3 Alcalinidade

Entre as impurezas encontradas nas águas, existem aquelas que são capazes de reagir com ácidos, podendo neutralizar certa quantidade desses reagentes. Essas impurezas conferem às águas a característica de alcalinidade. Por definição, alcalinidade de uma água é a sua capacidade quantitativa de neutralizar um ácido forte, até um determinado pH (CETESB, 2009).

A alcalinidade é devida principalmente à presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Os compostos mais comuns são os seguintes:

- hidróxidos de cálcio ou de magnésio;
- carbonatos de cálcio ou de magnésio;
- bicarbonatos de cálcio ou de magnésio;

- bicarbonatos de sódio ou de potássio.

A distribuição entre as três formas de alcalinidade na água (bicarbonatos, carbonatos, hidróxidos) é função do seu pH: pH > 9,4 (hidróxidos e carbonatos); pH entre 8,3 e 9,4 (carbonatos e bicarbonatos); pH entre 4,4 e 8,3 (apenas bicarbonatos). De acordo com a literatura, na maior parte dos ambientes aquáticos, a alcalinidade deve-se exclusivamente à presença de bicarbonatos e, valores elevados podem ser associados a processos de decomposição da matéria orgânica e à alta taxa respiratória de micro organismos, com liberação e dissolução de gás carbônico (CO_2) na água (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

2.2.2.4 Dureza

A dureza indica a concentração de cátions multivalentes em solução na água. Os cátions mais freqüentemente associados à dureza são os de cálcio e magnésio (Ca^{2+} e Mg^{2+}) e, em menor escala, ferro (Fe^{2+}), manganês (Mn^{2+}), estrôncio (Sr^{2+}) e alumínio (Al^{3+}). A dureza das águas pode ser de origem natural (dissolução de rochas calcáreas, ricas em cálcio e magnésio) ou antropogênica (lançamento de efluentes industriais) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

O cálcio e magnésio estão presentes na água, principalmente nas seguintes formas:

- bicarbonatos de cálcio e de magnésio;
- sulfatos de cálcio e de magnésio.

A dureza da água é expressa em mg/L de equivalente em carbonato de cálcio ($CaCO_3$) e pode ser classificada em:

• mole ou branda: < 50 mg/L de $CaCO_3$;

• dureza moderada: entre 50 mg/L e 150 mg/L de $CaCO_3$;

• dura: entre 150 mg/L e 300 mg/L de $CaCO_3$; e

• muito dura: > 300 mg/L de $CaCO_3$.

Para águas de abastecimento, o padrão de potabilidade estabelece o limite de 500 mg/L $CaCO_3$. Valores dessa magnitude usualmente não são encontrados em águas superficiais no Brasil, podendo ocorrer, em menor monta, em aqüíferos subterrâneos (CETESB, 2009).

2.2.2.5 Nitrogênio Amoniacal

Os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte do nitrogênio orgânico lançando nas águas, devido à presença de proteínas, e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da uréia na água. Alguns efluentes industriais também concorrem para as descargas de amoniacal nas águas, como algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes (CETESB, 2009).

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal e íons nitrito e nitrato. As duas primeiras são formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas. Podem-se associar as etapas de degradação da poluição orgânica por meio da relação entre as formas de nitrogênio. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas. Ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo, se prevalecerem o nitrito e o nitrato denotam que as descargas de esgotos se encontram distantes. Pela legislação federal em vigor, o nitrogênio amoniacal é padrão de classificação das águas naturais e padrão de emissão de esgotos (CETESB, 2009).

2.2.2.6 Nitrato (NO_3^-)

Nitrato é a forma mais completamente oxidada do nitrogênio. Ele é formado durante os estágios finais da decomposição biológica, tanto em estações de tratamento de água como em mananciais de água natural. Sua presença não é estranha, principalmente em águas armazenadas em cisternas em comunidades rurais. Nitratos inorgânicos, assim como o nitrato de amônio, são largamente utilizados como fertilizantes. Baixas concentrações de nitrato podem estar presentes em águas naturais. No entanto, um máximo de 10 mg/L de nitrato (nitrogênio) é permissível em água potável (CETESB, 2009).

2.2.2.7 Nitrito (NO_2^-)

O íon nitrito, um estado intermediário do ciclo do nitrogênio, é formado durante a decomposição da matéria orgânica e prontamente oxidada a nitrato. Esses

processos ocorrem em instalações de tratamento de água, sistemas de distribuição de água e águas naturais. Em águas superficiais a presença de nitritos pode indicar a decomposição parcial de matéria orgânica, descarga excessiva oriunda de estação de tratamento de água ou poluição industrial. Em águas poluídas a presença de nitrito pode indicar a presença de bactérias redutoras de nitrato quando as condições presentes são anaeróbias. Concentrações até 0,1 mg/L são inofensivas, já em concentrações entre 0,1 e 0,5 mg/L podem provocar danos a certas espécies de peixes. Existe perigo elevado em caso de concentrações superiores a 1 mg/L, pior ainda, se combinado com teores baixos de cloretos e de oxigênio dissolvido, podendo causar metahemoglobinemia infantil que é letal para crianças (o nitrato reduz-se a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre, tornando o sangue azul). Por isso, o íon nitrato é padrão de potabilidade, sendo 10 mg/L o valor máximo permitido pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004; CETESB, 2009).

2.2.2.8 Sódio (Na)

Os sais de sódio são muito solúveis e sua concentração na água natural mostra considerável variação, tanto local como regional. Em adição às fontes naturais de sais de sódio, as outras fontes são os esgotos domésticos e os efluentes industriais. A remoção do sódio é onerosa e não é comum nos processos convencionais de tratamento de água para abastecimento. São as restrições ao uso de sódio por pessoas sofrendo de problemas renais, hipertensão, edemas associados à falha cardíaca congestiva e mulheres com toxemia de gravidez, que tornam necessário avaliar o nível de sódio na água de consumo humano (CETESB, 2009).

2.2.2.9 Potássio (K)

O potássio é encontrado em baixas concentrações nas águas naturais, já que rochas que contenham potássio são relativamente resistentes às ações do tempo. Entretanto, sais de potássio são largamente usados na indústria e em fertilizantes para agricultura, contaminando as águas por meio das descargas industriais e de áreas agrícolas. O potássio é usualmente encontrado na forma iônica e os seus respectivos sais são altamente solúveis. As concentrações de

potássio em águas naturais são usualmente menores que 10 mg/L. Valores da ordem de grandeza de 100 e 25.000 mg/L podem indicar a ocorrência de fontes quentes e salmouras, respectivamente (CETESB, 2009).

2.2.2.10 Cloreto (Cl^-)

Nas águas superficiais, são fontes importantes do íon cloreto as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele por meio da urina cerca 4 g de cloreto por dia, que representam cerca de 90 a 95% dos excretos humanos. Em águas tratadas, a adição de cloro puro ou em solução leva a uma elevação do nível de cloreto, resultante das reações de dissociação do cloro na água (CETESB, 2009).

A concentração de cloreto em águas de abastecimento público constitui um padrão de aceitação, já que provoca sabor “salgado” na água. Concentrações acima de 250 mg/L causam sabor detectável na água, mas o limite depende dos cátions associados. A Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, estabelece o valor máximo de 250 mg/L de cloreto na água potável como padrão de aceitação de consumo (CETESB, 2009).

2.2.2.11 Fluoreto (F^-)

O flúor é o mais eletronegativo de todos os elementos químicos. É tão reativo que nunca é encontrado em sua forma elementar na natureza, sendo normalmente encontrado na sua forma combinada como íon fluoreto. Para que haja disponibilidade de fluoreto livre, ou seja, disponível biologicamente, são necessárias condições ideais de solo, presença de outros minerais ou outros componentes químicos e água. Alguns efluentes industriais também descarregam fluoreto nas águas naturais, tais como as indústrias de vidro e de fios condutores de eletricidade. Estima-se um valor de exposição abaixo de 1 µg/L, pouco significativo em relação à quantidade ingerida através da água e de alimentos. O uso da água fluoretada na preparação de alimentos pode dobrar a quantidade de fluoreto presente. O fluoreto é adicionado às águas de abastecimento público para conferir-lhes proteção à cárie dentária. A Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, estabelece um valor máximo permitido para fluoreto de 1,5 mg/L na água potável (CETESB, 2009).

2.2.2.12 Sulfato (SO_4^{2-})

O sulfato é um dos íons mais abundantes na natureza. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto. As principais fontes antrópicas de sulfato nas águas superficiais são as descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais. Nas águas tratadas, é proveniente do uso de coagulantes químicos. A Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, estabelece o valor máximo de 250 mg/L de sulfato na água potável como padrão de aceitação de consumo ((MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006; CETESB, 2009)

2.2.2.13 Cádmio (Cd)

O cádmio é liberado ao ambiente por efluentes industriais, principalmente, de galvanoplastias, produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes e acessórios fotográficos, bem como por poluição difusa causada por fertilizantes e poluição do ar local. Normalmente a concentração de cádmio em águas não poluídas é inferior a 1,0 µg/L. A água potável apresenta baixas concentrações, geralmente entre 0,01 a 1 µg/L, entretanto pode ocorrer contaminação devido a presença de cádmio como impureza no zinco de tubulações galvanizadas, soldas e alguns acessórios metálicos.

A principal via de exposição para a população não exposta ocupacionalmente ao cádmio e não fumante é a oral. A ingestão de alimentos ou água contendo altas concentrações de cádmio causa irritação no estômago, levando ao vômito, diarréia e, às vezes, morte. O padrão de potabilidade fixado pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, é de 0, 005 mg/L (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004; CETESB, 2009).

2.2.2.14 Manganês (Mn)

O manganês e seus compostos são usados na indústria do aço, ligas metálicas, baterias, vidros, oxidantes para limpeza, fertilizantes, vernizes, suplementos veterinários, entre outros usos. Ocorre naturalmente na água superficial e subterrânea, no entanto, as atividades antropogênicas são também responsáveis pela contaminação da água. Raramente atinge concentrações de 1,0 mg/L em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em quantidades de 0,2 mg/L ou menos. Desenvolve coloração negra na água, podendo se

apresentar nos estados de oxidação Mn^{+2} (mais solúvel) e Mn^{+4} (menos solúvel). Concentração menor que 0,05 mg/L geralmente é aceita por consumidores, devido ao fato de não ocorrerem, nesta faixa de concentração, manchas negras ou depósitos de seu óxido nos sistemas de abastecimento de água (CETESB, 2009).

O manganês é um elemento essencial para muitos organismos, incluindo o ser humano. A principal exposição humana ao manganês é por consumo de alimentos. O padrão de aceitação para consumo humano do manganês de acordo com a Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, é de 0,1 mg/L (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004; CETESB, 2009).

2.2.2.15 Cobre (Cu)

O cobre tem vários usos, como na fabricação de tubos, válvulas, acessórios para banheiro e está presente em ligas e revestimentos. Na forma de sulfato ($CuSO_4.5H_2O$) é usado como algicida. As fontes de cobre para o meio ambiente incluem minas de cobre ou de outros metais, corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir do uso agrícola do cobre e precipitação atmosférica de fontes industriais. O cobre ocorre naturalmente em todas as plantas e animais e é um nutriente essencial em baixas doses. Estudos indicam que uma concentração de 20 mg/L de cobre ou um teor total de 100 mg/L por dia na água é capaz de produzir intoxicações no homem, com lesões no fígado. Concentrações acima de 2,5 mg/L transmitem sabor amargo à água, acima de 1 mg/L produzem coloração em louças e sanitários. O padrão de potabilidade para o cobre, de acordo com a Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, é de 2 mg/L (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004; CETESB, 2009).

2.2.2.16 Zinco (Zn)

O zinco e seus compostos são muito usados na fabricação de ligas e latão, galvanização do aço, na borracha como pigmento branco, suplementos vitamínicos, protetores solares, desodorantes, xampus etc. A presença de zinco é comum nas águas superficiais naturais, em concentrações geralmente abaixo de 10 µg/L.

Na água de torneira, a concentração do metal pode ser elevada devido à dissolução do zinco das tubulações. O zinco é um elemento essencial ao corpo humano em pequenas quantidades. A atividade da insulina e diversos compostos enzimáticos dependem da sua presença. O zinco só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito elevadas, o que é extremamente raro, e, neste caso, pode acumular-se em outros tecidos do organismo humano. A água com elevada concentração de zinco tem aparência leitosa e produz um sabor metálico ou adstringente quando aquecida. O valor máximo permitido de zinco na água potável Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, é de 5 mg/L (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004; CETESB, 2009).

2.2.2.17 Cromo (Cr)

O cromo é utilizado na produção de ligas metálicas, estruturas da construção civil, fertilizantes, tintas, pigmentos, curtumes, conservante para madeira, entre outros usos. A maioria das águas superficiais contem entre 1 e 10 µg/L de cromo. A concentração do metal na água subterrânea geralmente é baixa (< 1 µg/L). Na forma trivalente, o cromo é essencial ao metabolismo humano e sua carência causa doenças. Na forma hexavalente, é tóxico e cancerígeno. Os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente. A Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, estabelece um valor máximo permitido de 0,05 mg/L de cromo na água potável (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004; CETESB, 2009).

2.2.2.18 Ferro (Fe)

Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens. Também poderá ser importante a contribuição devida a efluentes industriais, pois muitas indústrias metalúrgicas desenvolvem atividades de remoção da camada oxidada (ferrugem) das peças antes de seu uso, processo conhecido por decapagem, que normalmente é procedida através da passagem da peça em banho ácido. Nas águas tratadas para abastecimento público, o emprego de coagulantes a base de ferro provoca elevação em seu teor. O ferro, apesar de não se constituir em um tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários.

Também traz o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de 0,3 mg/L na Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde (MINISTÉRIO DA SAÙDE, 2004; CETESB, 2009).

2.3 Processos Unitários de Tratamento de Água de Abastecimento Público

Segundo Libânio (2008), a potabilidade das águas naturais para fins de abastecimento público tem como função principal adequar a água bruta afluente aos padrões de potabilidade. Para esta finalidade é necessário em alguns casos o tratamento destas águas em estações de tratamento (ETA). Este processo consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, micro organismos e outras substâncias possivelmente prejudiciais á saúde humana, porventura presente nas águas naturais, aos menores custos de implantação, operação e manutenção, gerando o menor impacto ambiental às áreas circunvizinhas.

Diferentemente do tratamento de águas residuárias de característica predominantemente biológica, as tecnologias de tratamento das águas de abastecimento, na sua quase totalidade, abarcam conjunto de processos e operações físico-químicos descritos abaixo:

a) **Coagulação** – consiste essencialmente na desestabilização das partículas coloidais e suspensas realizada pela conjunção de ações físicas e reações químicas, com duração de poucos segundos, entre o coagulante usualmente um sal de alumínio ou de ferro, a água e as impurezas presentes, ou seja, é adição de agentes coagulantes, visando desestabilizar as impurezas e gerar a formação de coágulos (HELLER; PÁDUA, 2006; LIBÂNIO, 2008).
b) **Floculação** – é uma das operações unitárias da clarificação que se constitui em um conjunto de fenômenos físicos, nos quais se tenciona, em última instância, reduzir o número de partículas suspensas e coloidais presente na massa líquida, ou seja, agitação e adição de agentes floculantes (polímeros –

sintéticos) com o objetivo de produzir flocos para a remoção de poluente (HELLER; PÁDUA, 2006; LIBÂNIO, 2008).

c) **Decantação** – processo de sedimentação para a remoção de partículas sólidas em suspensão é um dos mais comuns no tratamento de água, ou seja, consiste na passagem de águas por tanques de decantação para separação sólido-líquido (RICHTER, 1991; HELLER; PÁDUA, 2006).

d) **Filtração** – é um processo de separação sólido-líquido, envolvendo fenômenos físicos, químicos e, às vezes, biológicos visa à remoção das impurezas da água por sua passagem através de um meio poroso (RICHTER, 1991). Nas estações de tratamento convencionais, cabe a filtração provavelmente a função mais relevante, por se constituir na etapa em que falhas, porventura ocorridas na coagulação, floculação e sedimentação/flotação, podem ser corrigidas, assegurando a qualidade da água tratada (LIBÂNIO, 2008).

e) **Abrandamento** – processo destinado a reduzir a dureza da água e remover alguns contaminantes orgânicos (HELLER; PÁDUA, 2006).

f) **Aeração** - consiste no processo pelo qual uma fase gasosa, normalmente ar e a água são colocadas em contato estreito com a finalidade de transferir substâncias voláteis da água para o ar e substâncias solúveis do ar para a água, de forma a obter-se o equilíbrio satisfatório entre os teores das mesmas, ou seja, oxida a matéria orgânica e os compostos inorgânicos presentes na água (RICHTER, 1991).

g) **Desinfecção** – é a destruição de parte ou todo um grupo de organismos patogênicos, é necessária, porque não é possível assegurar a remoção total dos micro organismos pelos processos físico-químicos, usualmente utilizados no tratamento de água (RICHTER, 1991).

h) **Cloração** – por ser o desinfetante que atende praticamente a todos os critérios, o cloro, sob diversas formas, tornou-se o agente químico mais difundido no tratamento de águas de abastecimento, além de ampla ação germicida, o cloro tem característica ímpar de formar compostos que permanecem na água, proporcionando um residual desinfetante ativo e, com isso, permitindo que haja inativação de microrganismos, após o ponto de sua

aplicação, seja ao longo das tubulações da rede de distribuição ou mesmo nos reservatórios domiciliares dos pontos de consumo (LIBÂNIO, 2008).

i) **Fluoretação** – consiste na etapa do tratamento na qual se objetiva conferir, para algumas águas elevar, determinada concentração de fluoreto (F^-) à água tratada por meio da aplicação de compostos de flúor para diminuição da incidência de cáries dentárias (LIBÂNIO, 2008).

2.4 Serviços de Abastecimento de Águas do Município de Várzea Grande – MT

A cidade de Várzea Grande apresenta um serviço de abastecimento de água razoavelmente adequado, embora necessite de ajustes para que possa cumprir integralmente com a sua função social. O município dispõe de um sistema de esgotamento sanitário que necessita ser ampliado (PROGRAMA DE MODERNIZAÇÃO DO SETOR SANEAMENTO - PMSS, 2008). O sistema de abastecimento está municipalizado desde 1996, mas está comprometido pela qualidade da água do Rio Cuiabá, devido ao constante recebimento de esgotos, a má qualidade da água captada compromete o tratamento convencional (PMSS, 2008).

Porém a descrição histórica do saneamento básico no município é prejudicada pela falta de documentos que possibilitem o acompanhamento do desenvolvimento desse serviço, que no exercício de sua competência regulatória, optou pela prestação indireta do serviço público de saneamento básico, constituindo o Departamento Municipal de Água e Esgoto (PMSS, 2008).

O sistema operacional de captação, tratamento e distribuição de águas da cidade de Várzea Grande é dividido nos seguintes itens:

- Captações em manancial superficial de água bruta no Rio Cuiabá;
- Adução da mesma às ETA I e ETA II;
- Tratamento convencional da água;
- Reservatórios;
- Distribuição feita por pressurização e gravidade;
- Captação manancial subterrâneo, através de Poço Tubular Profundo - PTP.

2.4.1 Captação e Adução de Água

A captação de água no município de Várzea Grande ocorre no manancial superficial do Rio Cuiabá, porém em lugares distintos, os sistemas ETA I e ETA II. O sistema ETA II é o utilizado para o abastecimento de água no bairro Asa Bela. A Figura 1 ilustra o ponto de captação das águas no Rio Cuiabá e a Estação de Captação.

(A) **(B)**

Figura 1. Ponto de captação de águas da ETA II no Rio Cuiabá (A) e a Estação de Captação de Água ETA II (B).

2.4.2 Funcionamento do Sistema de Captação, Adução e Bombeamento da ETA II

O funcionamento da captação de água ocorre por meio de três conjuntos moto-bomba, sendo um reserva, tipo centrifuga de eixo vertical, com capacidade de vazão 972 m³/h e potência instalada de 400 Cavalos de Vapor - CV em cada equipamento, e os equipamentos estão instalados em estrutura metálica.

A área de captação se encontra bem cuidada e o estado de conservação dos equipamentos é razoável. Em Várzea Grande não há importação de água bruta ou tratada de outros municípios.

A adução é feita em tubulação de ferro fundido com o diâmetro de 400 e 500 mm, numa extensão de aproximadamente 12.000 metros até chegar à ETA II.

A Figura 2 ilustra a plataforma de captação de água, bem como, o sistema de bombeamento e tubulações de captação.

(A) **(B)**

Figura 2. Plataforma de captação de água da ETA II (A) e Sistema de bombeamento e tubulações de captação de Água ETA II (B).

2.4.3 Estação de Tratamento de Águas do Sistema ETA II

A estação de tratamento de águas do sistema ETA II é do tipo convencional e consiste dos seguintes processos:

I. **Coagulação:** tendo como agente coagulante sulfato de alumínio, granulado, saco de 25 kg, aplicado por via úmida, através de dosador de nível constante e regulado através de registro. No período das cheias é utilizado um auxiliar de coagulação: policloreto de alumínio, líquido, tambores de 200 kg, e aplicado através de bombas dosadoras (Figuras 3 e 4).

Figura 3. Etapas de Tratamento ETA II – Coagulante – Sulfato de Alumínio.

Figura 4. Etapas de Tratamento ETA II – Auxiliar de Coagulação – Policloreto de Alumínio.

II. **Decantação**: decantadores de fluxo horizontal, com módulo de perfil de decantação de taxa alta (Figura 5).

Figura 5. Etapas de Tratamento ETA II – Decantadores.

III. **Filtração**: filtros, em módulos de filtração rápidos de gravidade, fluxo descendente, de camada simples (Figura 6).

Figura 6. Etapas de Tratamento ETA II – Filtros.

IV. **Cloração**: Gás Cloro, concentração de 98% de Cloro ativo, aplicado através de hidrojetor (Figura 7).

Figura 7. Etapas de Tratamento ETA II – Desinfetante –Gás Cloro.

O sistema de tratamento desta ETA funciona durante 24 horas diárias, sendo que as instalações da mesma se encontram de perfeito estado de conservação.

2.5 Fontes de Poluição das Águas

Os processos naturais e as atividades humanas estão cada vez mais aumentando as emissões de poluentes para os compartimentos ambientais, atmosfera, litosfera e hidrosfera (ROCHA; *et al.*, 2006).

As emissões de poluentes podem ser classificadas em contínuas e descontínuas. As emissões contínuas caracterizam-se por serem constantes por um longo período, por exemplo, efluentes industriais e de estações de tratamento de esgotos, e as emissões descontínuas apresentam variações de volume e concentração com o tempo (ROCHA; *et. al.*, 2006).

As fontes de poluição são classificadas em pontuais e difusas. As fontes pontuais existem em um ponto localizado onde ocorre a emissão, como exemplo, as redes de efluentes domésticos e industriais, enchentes, entre outros. No caso das fontes não pontuais ou difusas, a emissão está espalhada em uma grande área, como, a deposição atmosférica, as residências dispersas, as práticas agrícolas, entre outros (ROCHA; *et. al.*, 2006).

As fontes pontuais geralmente são resultantes de descargas diretas para os corpos d' água. Já as fontes difusas, podem ter diferentes rotas resultando em deposições parciais dos poluentes antes de atingir os mananciais, ou seja, a concentração dos poluentes pode variar de forma significativa, espacial e temporalmente (ROCHA; *et. al*., 2006).

De acordo com Pádua (2006), é de suma importância o conhecimento das possíveis fontes e rotas que levem a contaminação das águas, no intuito de diminuir os riscos ambientais, sanitários e os custos associados ao tratamento da água para consumo humano.

No caso das águas de abastecimento humano obtidas em uma estação de tratamento, diversos fatores podem contribuir para a contaminação, pois por mais sanitariamente eficientes que estes sistemas sejam, as mais imprevisíveis e variadas situações podem acontecer, impondo riscos à saúde humana (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006). Como exemplo, podemos citar a descarga acidental de contaminante no manancial, o lançamento clandestino de efluentes no manancial, a ocorrência de pressão negativa em tubulação (adutora ou rede de distribuição) e conseqüente penetração de contaminante em seu interior, o rompimento de redes e

adutoras, problemas operacionais e de manutenção na estação de tratamento: coagulação incorreta, produto químico adulterado, lavagem ineficiente de filtros, comprometimento do leito filtrante, danos em equipamentos de manuseio de produtos químicos que podem resultar em distribuição de água não potável, a penetração de contaminantes diversos nos reservatórios públicos e a ausência de manutenção na rede distribuidora.

Neste contexto, um conhecimento mais completo dessas situações só se constatará com procedimentos apropriados de controle e vigilância da qualidade da água de consumo humano.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo deste trabalho foi o bairro Asa Bela (Figura 8), localizado no município de Várzea Grande, Estado de Mato Grosso, Brasil (latitude 15.63753 e longitude 56.12563). Este bairro foi criado no ano de 1989, numa área de 185.722,22 m², inicialmente com 365 residências, quadro esse que se modificou a partir de 2004 com a construção de três novos conjuntos habitacionais, Residencial Ataíde Ferreira com 121 casas, Residencial Alice Gonçalves de Campos com 276 casas e Residencial Renato José dos Santos com 153 casas, totalizando 915 residências, com média de 3 a 4 habitantes por residência. Ainda de acordo com o Departamento de Águas e de Esgoto (DAE), todas as residências têm acesso ao sistema de abastecimento de água, proveniente da ETA II com ponto de captação de água do Rio Cuiabá.

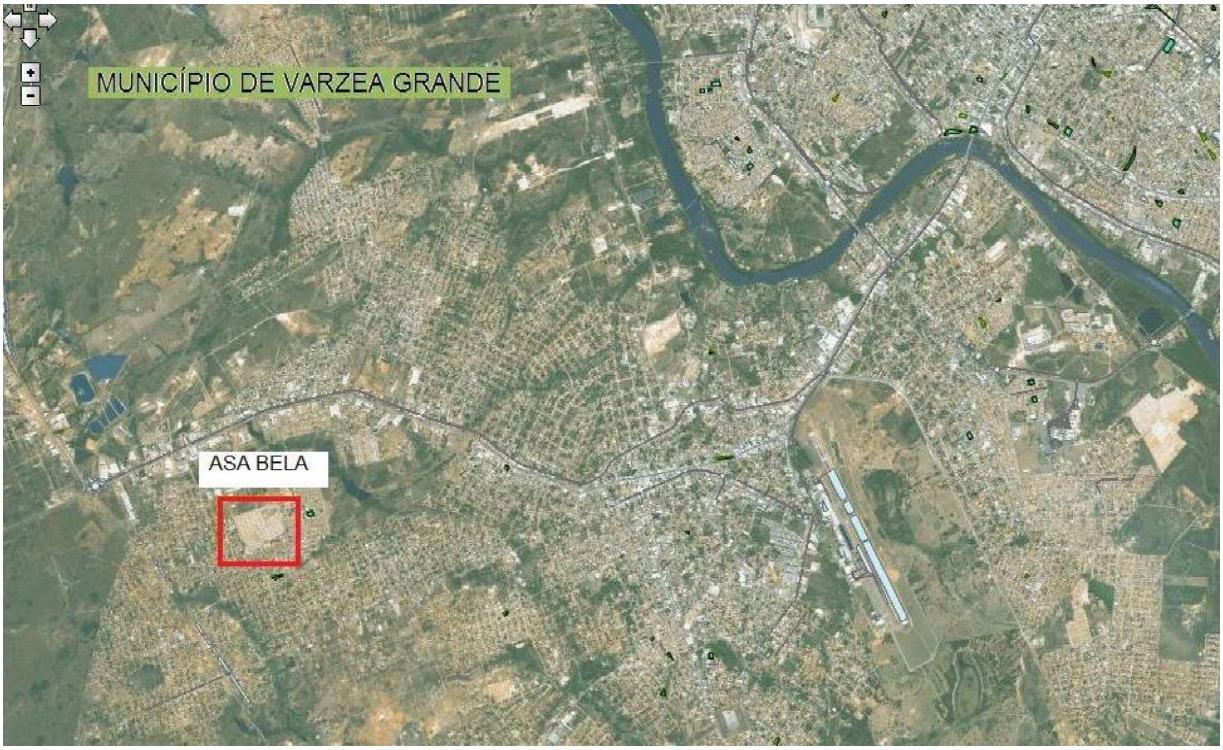

Figura 8. Mapa da localização do Bairro Asa Bela – Município de Várzea Grande-MT. (Fonte:Google, 2011).

A água de abastecimento público é liberada para os residenciais de forma racionalizada, e no dia de disponibilização sua chegada varia entre 04h00min e 07h00min da manhã, sendo finalizada entre 16h30min e 17h00min, passando por um intervalo de racionamento de 48 horas.

No restante do bairro Asa Bela segundo relatos de moradores, indicam que a água é liberada principalmente à noite a partir das 22h00min até as 04h00min da manhã, alternando a semana em que isso acontece diariamente ou em intervalos de 24 horas gerando possíveis interrupções momentâneas no sistema de abastecimento e pressões negativas na rede. Além disso, as tubulações e conexões da rede de distribuição de águas de abastecimento do bairro são consideradas antigas e com manutenção esporádica.

Em relação ao sistema de esgotamento sanitário, apenas o Residencial Renato José dos Santos possui Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), e os demais residenciais possuem apenas fossas filtros e de acordo com a empresa responsável pela construção dos residenciais, Gemini Construtora, as águas pluviais parasitárias são coletadas em galerias pluviais subterrâneas.

Diante do exposto, o bairro Asa Bela foi selecionado para a determinação de parâmetros físico-químicos de qualidade para água de abastecimento. Para esta finalidade foram escolhidos quatro pontos de coleta (Figura 9):

Figura 9. Mapa dos pontos de coletas– Município de Várzea Grande-MT. (Fonte: Google Earth, 2011).

- **Ponto 1 ou P1:** DAE – Departamento de Águas e Esgotos do município de Várzea Grande- MT (latitude 15.3826 e longitude 56.1010);
- **Ponto 2 ou P2:** Residencial Renato José dos Santos;
- **Ponto 3 ou P3:** Residencial Alice Gonçalves de Campos;
- **Ponto 4 ou P4:** Residencial Ataíde Ferreira Renato José dos Santos.

3.2 Coleta, Armazenamento e Preservação das Amostras

O objetivo de uma amostragem é coletar uma quantidade de amostra suficientemente pequena e representativa para os propósitos a que se destina, no caso deste trabalho, um estudo preliminar da qualidade das águas de abastecimento do bairro Asa Bela por meio da determinação de parâmetros físico-químicos (APHA, 1998).

Neste contexto, inicialmente foi feito um planejamento da amostragem que levou em consideração os seguintes fatores: a definição dos parâmetros a ser analisados, o conhecimento prévio dos pontos de coleta, o tipo de amostragem, o método de coleta, tipo de preservação, previsão de materiais para o acondicionamento das amostras e o manuseio e transporte das amostras, de modo a assegurar a obtenção de todas as informações necessárias da forma mais precisa, com o menor custo possível. (APHA, 1998; USEPA, 2007).

O Quadro 1 mostra as técnicas utilizadas para a coleta, armazenamento e preservação das amostras de água de abastecimento coletadas nos quatro pontos citados no item anterior.

Quadro 1**.** Resumo das técnicas para coleta, armazenamento e preservação das amostras utilizadas no trabalho.

Tipo de amostra	Simples
Método de amostragem	Manual
Local	Ligação direta da rua no caso das residências. Ligação direta do pós-tratamento no DAE.
Recipientes de armazenamento	Frascos de plástico (garrafas PET) previamente descontaminados, etiquetados e rotulados. Todos os recipientes foram inicialmente ambientados com as amostras e em seguida preenchidos com as mesmas.
Volume de amostra	2,0 litros
Preservação	Refrigeração a 4 ^{o}C imediatamente após a coleta . Para as determinações das espécies metálicas, dureza e dos ânions, as amostras foram acidificadas em pH $\leq$ 3,0 com HNO_3 concentrado P.A.

Fonte: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

Todas as amostras foram coletadas em triplicata no dia 27 de fevereiro de 2011, e no caso das amostras dos residenciais, as torneiras de ligação direta foram abertas, deixando a água escoar por cerca de 1 minuto para a posterior coleta, no intuito de garantir a limpeza das tubulações e descarga de água parada.

Todas as determinações foram executadas atendendo as especificações do tempo máximo de armazenamento do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

Vale salientar que para a elaboração deste trabalho foi feita apenas uma única coleta das amostras, ou seja, foi escolhido de forma aleatória uma residência em cada residencial para ser efetuada a coleta, com o objetivo de executar um estudo preliminar da qualidade das águas do bairro Asa Bela por meio da determinação de parâmetros físico-químicos e compará-los com as normas de qualidade das águas brasileiras para consumo humano, Portaria MS n° 518 de 2004 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004), Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente para água de Classe 2 (CONAMA, 2005) e também com as normas Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (USEPA, 2010).

3.3 Equipamentos e Reagentes

Para a execução deste trabalho foi feita uma parceria com os Laboratórios de Análise de Contaminantes Inorgânicos (LACI) e de Análise de Resíduos de Biocidas (LARB) do Departamento de Química da UFMT – Campus Cuiabá, na qual foram utilizados todos reagentes, vidrarias e equipamentos, com exceção ao turbidímetro e o colorímetro pertencentes ao Laboratório de Águas do IFMT Campus Cuiabá- Bela Vista.

O Quadro 2 mostra os equipamentos, bem como, as técnicas analíticas e as unidades de medida utilizadas nas determinações dos parâmetros físico-químicos de qualidade de águas para consumo humano deste trabalho.

Quadro 2. Equipamentos, técnicas analíticas e unidades de medida utilizadas nas determinações dos parâmetros físico-químicos de potabilidade de água deste trabalho.

Parâmetro Físico-Químico	Técnica Analítica	Equipamentos	Unidades de Medida
Oxigênio dissolvido (OD)	Sonda sensível a O_2	Oxímetro portátil marca HAC modelo HQ 40d	mg/L
Ph	Potenciometria direta	pHmetro marca TECNOPON modelo MPA – 210 P	Adimensional
Condutividade elétrica	Condutometria	Condutivímetro marca TECNOPON	μS/cm
Cd, Fe, Mn, Cu, Zn e Cr.	Espectrometria de Absorção Atômica em Chama (FAAS)	Espectrômetro de Absorção Atômica em Chama marca Varian® SPECTRAA 200	mg/L
Sódio e Potássio	Fotometria de Chama	Fotômetro de Chama marca Analyzer® modelo 910	mg/L
Cloreto, fluoreto, nitrito, nitrato e sulfato.	Cromatografia de Troca Iônica (CI)	Cromatógrafo de Troca Iônica marca Dionex modelo AS 40 Automated samples	μg/L
Nitrogênio amoniacal	Espectrofotometria na região do UV-Visível	Espectrofotômetro UV- Visível marca BEL PHOTONICS 2000 UV	mg/L
Turbidez	Turbidimetria	Turbidímetro marca AP 2000 Policontrol	UNT ou NTU
Cor	Colorimetria	Colorímetro marca Nessel Quant 200 Merse®	Unidade de cor (UC)
Dureza	Volumetria de Complexação	Bureta, erlenmeyer e outras vidrarias	mg/L de $CaCO_3$
Alcalinidade	Volumetria de Neutralização	Bureta, erlenmeyer e outras vidrarias	mg/L de $CaCO_3$

Para todas as determinações foram utilizadas vidrarias comuns a um laboratório de análises de águas, reagentes químicos e sistemas de gases com qualidade necessários para a determinação dos parâmetros físico-químicos propostos no trabalho. No preparo das soluções, padrões e das amostras foi utilizada água deionizada obtida em um sistema deionizador de águas Milli Q (Millipore®).

3.4 Métodos

Todos os procedimentos experimentais executados neste trabalho seguiram as especificações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998) que são as normas técnicas ou procedimentos

recomendados pela Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) para a determinação dos parâmetros físico-químicos de água para consumo humano (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

3.4.1 Parâmetros Físicos

3.4.1.1 Determinação da Turbidez

Inicialmente, o Turbidímetro foi calibrado com soluções padrão de calibração. Em seguida, foi feita a homogeneização da amostra, e uma quantidade desta foi transferida para o frasco de leitura previamente lavado seco, e este foi inserido no equipamento para a leitura da turbidez. O procedimento foi realizado em triplicata em cada amostra (APHA, 1998).

3.4.1.2 Determinação da Cor Aparente

Para a determinação da cor, primeiramente o frasco de inserção da amostra no Colorímetro foi lavado com água destilada e seco, e posteriormente foi adicionada ao tubo uma quantidade da amostra homogeneizada. Após esta etapa, o tubo foi inserido no aparelho e realizou-se a comparação com a escala de cores padrão. O procedimento foi realizado em triplicata em cada amostra (APHA, 1998).

3.4.1.3 Determinação da Condutividade

Inicialmente, o eletrodo do condutivímetro foi lavado com a água deionizada e seco com papel fino para a etapa calibração utilizando uma solução padrão de condutividade de 1,412uS/cm. Após calibração, o eletrodo foi novamente lavado com a água deionizada e seco com papel fino, e inserido num Becker de 50 mL que continha a amostra previamente homogeneizada, e então anotou-se resultado da condutividade da amostra. O procedimento foi realizado em triplicata para cada amostra (APHA, 1998).

3.4.2 Parâmetros Químicos

3.4.2.1 Determinação do Potencial Hidrogeniônico (pH)

Primeiramente, foi feita a homogeneização da amostra, transferido-se 300 mL da amostra para um Becker de 500 mL, e a mesma foi agitada com auxílio de um bastão de vidro. O eletrodo do pHmetro foi lavado com água deionizada e seco com papel fino para calibração com soluções tampão de pH = 6,86 e pH = 4,00. Após a calibração, o eletrodo foi novamente lavado com água destilada e seco com papel fino, e inserido num Becker de 50 mL que continha a amostra previamente homogeneizada, e então o pH foi medido. O procedimento foi realizado em triplicata para cada amostra (APHA, 1998).

3.4.2.2 Determinação do Oxigênio Dissolvido (OD)

Inicialmente, a sonda do Oxímetro foi lavada com a água deionizada e seca com papel fino. Em seguida, a sonda foi inserida num Becker de 150 mL que continha a amostra previamente homogeneizada, e então anotou-se resultado do OD medido. O procedimento foi realizado em triplicata para cada amostra (APHA, 1998).

3.4.2.3 Determinação da Alcalinidade

A determinação da alcalinidade é constituída de duas etapas: uma titulação de neutralização utilizando como indicador químico a fenolftaleína que permite medir a alcalinidade referente aos hidróxidos e carbonatos; e uma titulação de neutralização utilizando como indicador químico o alaranjado de metila para a determinação da alcalinidade total (APHA, 1998).

Para esta finalidade, transferiu-se aproximadamente 50 mL da amostra para um Erlenmeyer de 250 mL e adicionaram-se duas gotas de fenolftaleína. A alteração da coloração incolor para rósea indicaria a necessidade de uma titulação ácido-base com uma solução padrão de ácido sulfúrico 0,01 mol/L. Porém, todas as amostras analisadas não apresentaram alteração de cor, sendo desnecessária a continuidade titulação ácido - base utilizando como indicador químico a fenolftaleína.

Então, cinco gotas de alaranjado de metila foram adicionadas a solução descrita acima e a mesma foi titulada com uma solução padrão de ácido sulfúrico

0,01 mol/L até a mudança de coloração (amarelo – alaranjado) indicando o ponto final da titulação conforme a ilustrado na Figura 10.

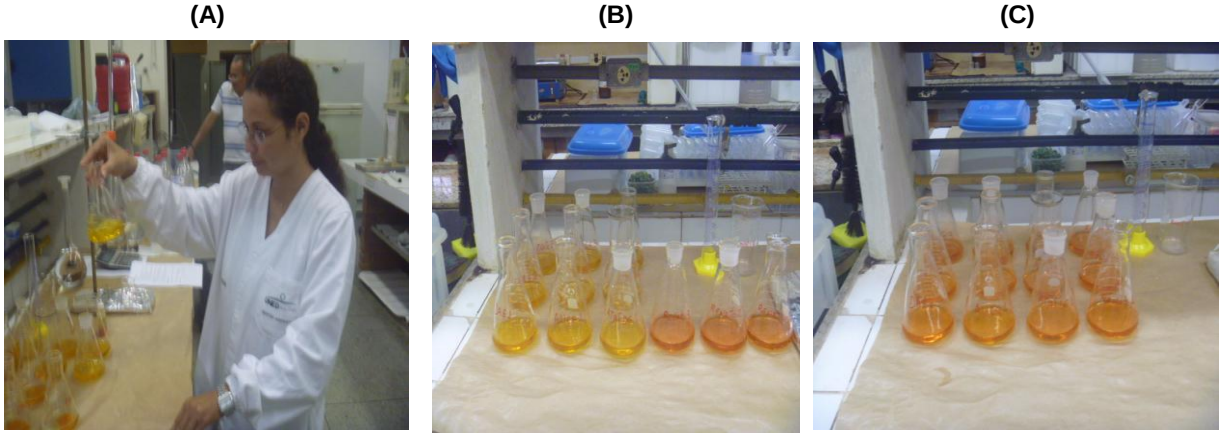

Figura 10. Procedimento experimental para a determinação da alcalinidade total das amostras: início da titulação (A), durante a titulação (B) e no final da titulação (C).

Para o cálculo da alcalinidade total foi utilizada a Tabela 1 que mostra a relação da alcalinidade e a concentração de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos em mg/L.

Tabela 1. Relação da alcalinidade da água (hidróxidos,carbonatos e bicarbonatos em mg/L)

Resultados da Titulação	Hidróxidos	Carbonatos	Bicarbonatos
P = 0	0	0	T
P < ½ T	0	2 P	T- 2 P
P = ½ T	0	2 P	0
P > ½ T	2 P- T	2 (T – P)	0
P = T	T	0	0

Fonte**:** *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

Onde:

P = n^0 de mL de H_2SO_4 gastos na titulação com fenolftaleína.

T = P + M = n^0 total de mL de H_2SO_4 gastos na titulação com fenolftaleína e com alaranjado de metila.

M = n^0 de mL de H_2SO_4 gastos na titulação com alaranjado de metila.

Com base nos resultados da Tabela 1, a alcalinidade total é expressa segundo a Equação 1:

$$\text{mg de carbonato de cálcio } L^{-1} = \frac{1000 \times V \times fc}{A}$$

Onde:

V = volume em mL de H_2SO_4, de acordo com a Tabela 1.

A = volume em mL da amostra.

fc = fator de correção da solução de H_2SO_4.

3.4.2.4 Determinação da Dureza Total

Primeiramente, transferiu-se, por meio de uma pipeta volumétrica, uma alíquota de 100 mL de amostra de água para um Erlenmeyer de 250 mL e adicionou-se com auxílio de uma proveta 2 mL de uma solução tampão NH_4OH/NH_4Cl de pH = 10 e uma pequena quantidade do indicador químico Negro Eriocromo (Erio T). Em seguida, titulou-se a alíquota da amostra com uma solução padrão de ácidoetilenoaminotetracético (EDTA) 0,02 mol/L até a mudança de cor de vermelho vinho para azul e anotou-se o valor do volume do ponto final da titulação, conforme mostra a Figura 11 (BACCAN, 1992; APHA, 1998). Todas as determinações foram feitas em triplicata (*n=3*).

(A) **(B)** **(C)**

Figura 11. Procedimento experimental para a determinação da dureza total das amostras: antes da titulação (A), durante a titulação (B) e no final da titulação (C).

A dureza total das amostras de água foi calculada por meio da Equação 2:

D = [(molaridade do EDTA x volume de EDTA em mL x 100,09)/100 mL] x 1000 mol/L.

3.4.2.5 Determinação de Cádmio, Ferro, Manganês, Cobre, Zinco e Cromo por FAAS

O preparo das amostras consistiu na transferência de 250 mL de cada amostra para um Becker de 300 mL e posterior adição de 5 mL de ácido nítrico concentrado P.A. Em seguida, a amostra foi evaporada em chapa aquecedora a 150 ^{o}C para a redução do volume a aproximadamente 15 a 20 mL. Após a redução do volume, a chapa aquecedora foi desligada, e foram adicionados 5 mL de ácido nítrico concentrado P.A. e 10 mL de ácido sulfúrico concentrado P.A. As amostras foram novamente aquecidas até o clareamento da solução e a liberação de fumos brancos e marrons (SO_3 e NO_x). Após o resfriamento, a amostra foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL e o volume foi completado com água deionizada (APHA, 1998).

Para quantificação dos analitos nas amostras e a determinação dos parâmetros instrumentais foram feitas curvas analíticas no intervalo de concentração de 0,0 – 4,0 mg/L. As condições instrumentais foram: chama do tipo ar/acetileno, taxa de aspiração de 2,0 mL min^{-1} e comprimento de onda de 228,8 nm para o Cd, 248,3 nm para o Fe, 279,5 nm para o Mn, 324,7 nm para o Cu, 231,9 para o Zn e 357,9 nm para o Cr. Todas as determinações foram feitas em triplicata (*n=3*) e acompanhadas de um branco analítico (APHA, 1998).

3.4.2.6 Determinação de Sódio e Potássio por Fotometria de Chama

A determinação de sódio e potássio nas amostras foi feita por meio da determinação direta. Para quantificação dos analitos e a determinação dos parâmetros instrumentais foram feitas curvas analíticas no intervalo de concentração de 0,0 – 5,0 mg/L numa taxa de aspiração de 2,5 mL min^{-1} e comprimento de onda 589 nm para o sódio e 766,6 nm para o potássio. Todas as determinações foram feitas em triplicata (*n=3*) e acompanhadas de um branco analítico (APHA, 1998).

3.4.2.7 Determinação dos Ânions: Cloreto, Fluoreto, Nitrito, Nitrato e Sulfato

Primeiramente as amostras foram filtradas em filtros de membrana de acetato de celulose de diâmetro de 0,2 µm para a eliminação de partículas sólidas, e em seguida, os recipientes para a inserção das amostras para análise no

cromatógrafo de troca iônica foram ambientados com as amostras e posteriormente preenchidos com 5 mL das mesmas (APHA, 1998).

Para quantificação dos analitos e a determinação dos parâmetros instrumentais foram utilizadas curvas analíticas no intervalo de concentração de 0,0 – 2,0 mg/L obtidas nas seguintes condições cromatográficas: eluição isocrática com a mistura de eluentes Na_2CO_3(8,0 mmol/L) e $NaHCO_3$ (1,0 mmol/L), fluxo 1,0 mL minuto^{-1} e volume de injeção 50 µL. Todas as determinações foram feitas em triplicata (*n=3*) e acompanhadas de um branco analítico (APHA, 1998).

3.4.2.8 Determinação do Nitrogênio Amoniacal (Método do Fenolato)

Inicialmente, todas as amostras foram filtradas com filtros de membrana de celulose de diâmetro 0,47 µm para a eliminação de partículas sólidas, e em seguida, 25 mL da amostra foi transferida com o auxílio de uma proveta para um erlenmeyer de 100 mL e sob agitação a cada adição foram adicionados 1 mL de uma solução de fenol, 1 mL de uma solução de nitroprussiato de sódio 0,5% (m/v) e 2,5 mL de uma solução oxidante. Após a adição destes reagentes, o erlenmeyer foi fechado com parafilme e permaneceu em repouso por 1 hora para posterior quantificação em ambiente escuro (APHA, 1998).

Para quantificação dos analitos e a determinação dos parâmetros instrumentais foram feitas curvas analíticas no intervalo de concentração de 0,0 – 0,5 mg/L e a medida da absorbância foi feita no comprimento de onda de 624 nm. Todas as determinações foram feitas em triplicata (*n=3*) e acompanhadas de um branco analítico (APHA, 1998).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros Físicos

4.1.1 Turbidez e Cor Aparente

A Figura 12 mostra que todos os resultados de turbidez estão abaixo dos valores máximos permitidos pelas legislações nacionais e internacionais (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004; CONAMA, 2005; USEPA, 2010).

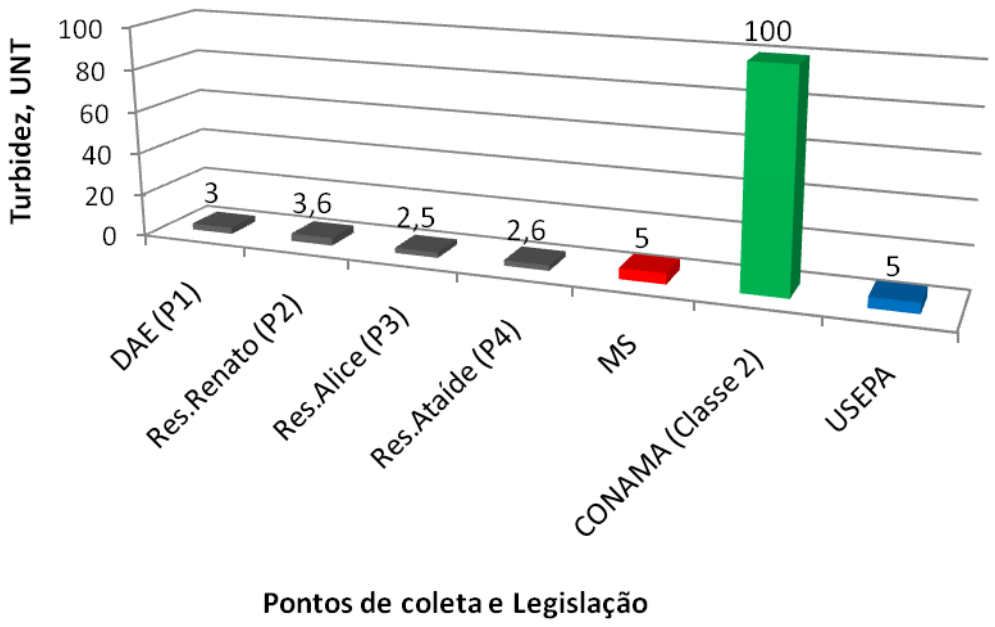

Figura 12. Resultados (valor médio) da turbidez nas amostras e os respectivos valores da Legislação Brasileira e Internacional. Os desvios padrão variaram entre 0,3 a 0,5.

No caso da determinação da cor aparente, o método do colorímetro comparador com discos de cor indicou à ausência de cor em todas as amostras.

A baixa turbidez e a ausência de cor aparente sugerem que as águas de abastecimento avaliadas são isentas ou contém baixas concentrações de sólidos em suspensão ou dissolvidos e detritos orgânicos, e que os processos de remoção dos mesmos durante o tratamento de águas são eficazes (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006; CETESB, 2009).

4.1.2 Condutividade Elétrica

As amostras avaliadas apresentaram valores de condutividade elétrica entre 73 a 80 μS/cm (Figura 13).

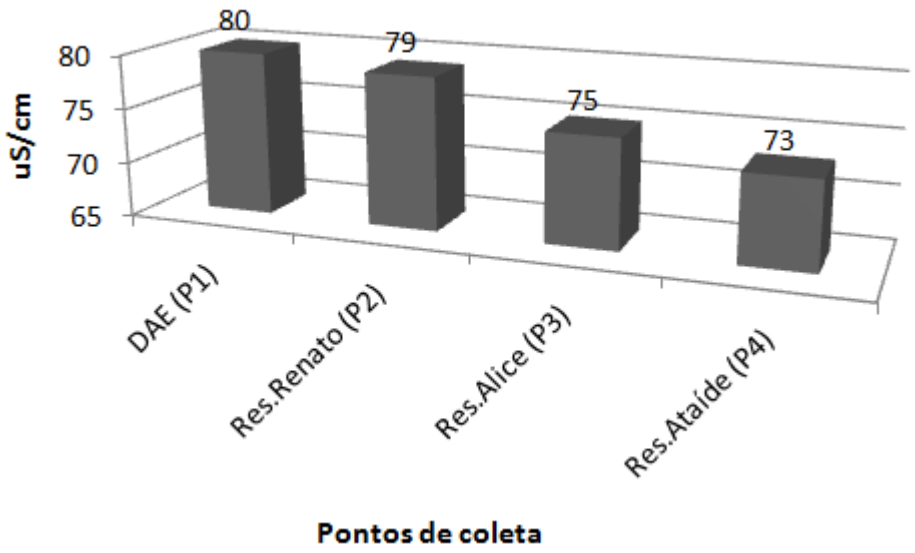

Figura 13. Resultados (valor médio) das determinações da condutividade elétrica nas amostras. Os desvios padrão variaram entre 0,2 a 0,9.

Estes resultados estão de acordo com os valores de condutividade elétrica permitido em águas naturais, que é de 10 a 100 µS/cm (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006; CETESB, 2009) e sugere a ausência ou baixas concentrações de sólidos dissolvidos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006; CETESB, 2009) e são coerentes com os valores obtidos de turbidez e cor das amostras.

Segundo Libânio (2009), embora não seja um parâmetro integrante do padrão de potabilidade brasileiro e, também por isso somente monitorado nas estações de tratamento de grande porte, a condutividade elétrica constitui-se em um importante indicador de eventuais lançamentos de efluentes por relacionar-se à concentração de sólidos dissolvidos.

.

4.2 Parâmetros Químicos

4.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em

processos unitários de tratamento de águas, o pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental. A Figura 14 mostra que os valores obtidos para o pH nas amostras avaliadas estão na faixa de valores permitidos pela legislações brasileiras e internacionais, que é de 6,0 a 9,5 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004; CONAMA, 2005; USEPA, 2010).

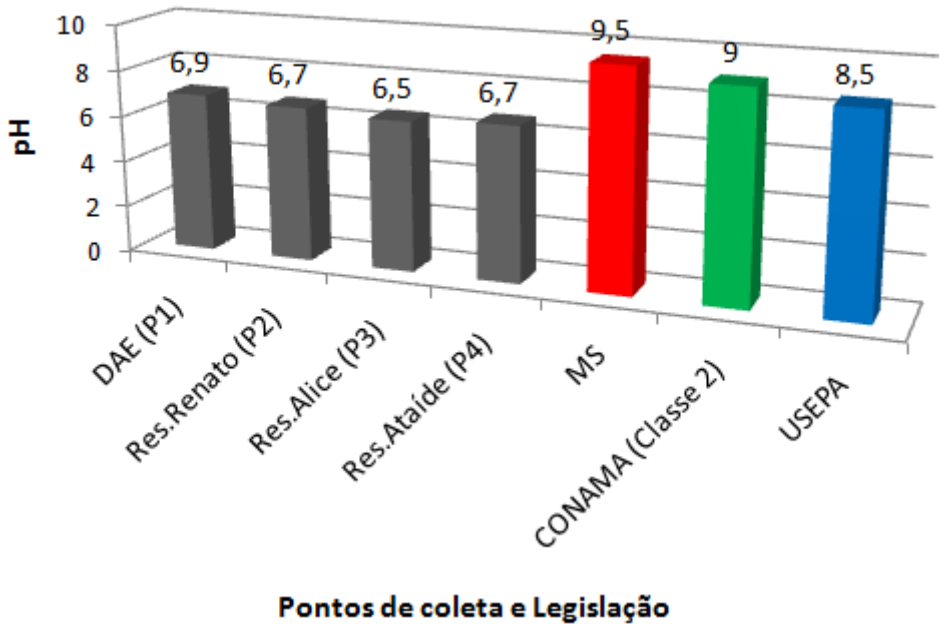

Figura 14. Resultados (valor médio) das determinações do pH nas amostras e os respectivos valores da Legislação Brasileira e Internacional. Os desvios padrão variaram entre 0,1 a 0,2.

Nas estações de tratamento de águas, são várias as etapas cujo controle envolve as determinações de pH. A coagulação e a floculação que a água sofre inicialmente é um processo unitário dependente do pH e existe uma condição denominada “pH ótimo” de coagulação que corresponde à situação em que as partículas coloidais apresentam menor quantidade de carga eletrostática superficial. A desinfecção pelo cloro é outro processo dependente do pH, pois em meio ácido, a dissociação do ácido hipocloroso formando hipoclorito é menor, sendo o processo mais eficiente. A própria distribuição da água final é afetada pelo pH. Sabe-se que as águas ácidas são corrosivas, ao passo que as alcalinas são incrustantes. Por isso, o pH da água final deve ser controlado, para que os carbonatos presentes sejam equilibrados e não ocorra nenhum dos dois efeitos indesejados mencionados (CETESB, 2009).

Com isso, os resultados obtidos sugerem que os processos unitários que envolvem o ajuste de pH no tratamento das águas avaliadas está sendo feito de forma eficaz.

4.2.2 Oxigênio Dissolvido (OD)

A concentração de oxigênio dissolvido nas amostras avaliadas variou entre 8,0 e 9,7 mg/L de O_2 (Figura 15) e estão de acordo com os valores do CONAMA (2005), para águas do tipo doce da Classe 2, na qual a concentração de oxigênio dissolvido não deve ser inferior a 4,0 mg/L.

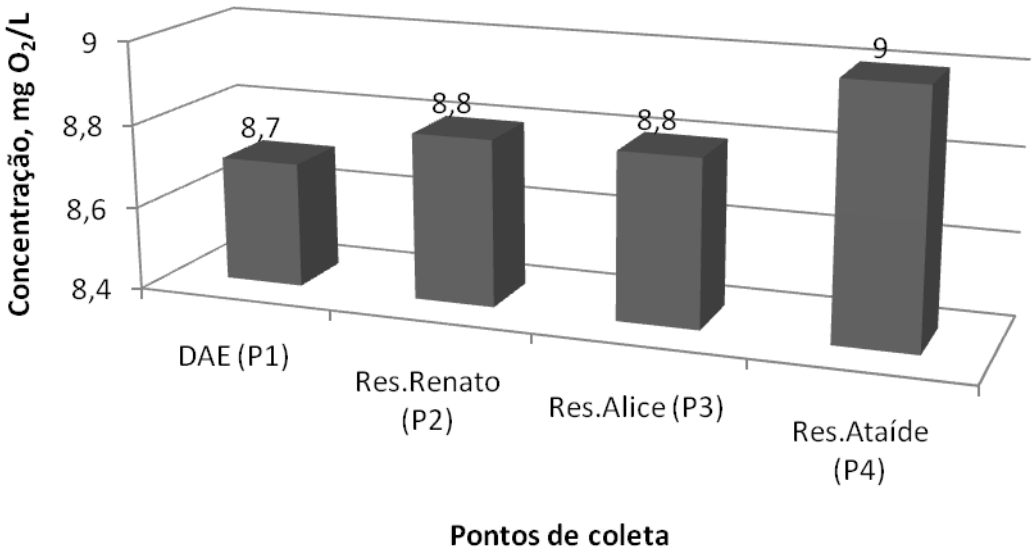

Figura 15. Resultados (valor médio) das determinações do oxigênio dissolvido nas amostras. Os desvios padrão variaram entre 0,1 a 0,3.

Substanciais reduções no OD podem ocorrer nos ambientes aquáticos, se quantidades significativas de matéria orgânica forem a eles incorporadas. Essa situação ocorre principalmente devido ao lançamento de esgotos domésticos e de efluentes industriais ricos em matéria orgânica nos corpos d'água. Porém, apesar de desejável nos sistemas aquáticos naturais, a presença de altas concentrações de OD não é conveniente em águas que percorrem tubulações de ferro e aço, por favorecer a corrosão, por esse motivo, em águas tratadas é recomendado que os valores de OD sejam menores que 2,5 mg/L (FIORUCCI; BENEDETTI FILHO, 2005).

Os valores de oxigênio dissolvido presentes nas amostras sugerem que as águas de abastecimento avaliadas estão isentas ou contém um baixo teor de matéria orgânica. Porém, a concentração de oxigênio dissolvido pode contribuir para efeitos corrosivos nas tubulações da rede de distribuição.

4.2.3 Alcalinidade e Dureza

Todos os valores de alcalinidade encontrados nas amostras estão abaixo dos valores estipulados para águas naturais (20 a 500 mg/L de $CaCO_3$) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006) e indicam que os mesmos devem-se exclusivamente à presença de bicarbonatos, principalmente de cálcio e magnésio, o que ocorre na maioria dos ambientes aquáticos (Figura 16).

No Brasil, as águas naturais de origem superficial apresentam alcalinidade inferior a 100 mg/L de $CaCO_3$, sendo comum no tratamento o emprego de alcalinizante visando evitar uma redução muito significativa do pH na coagulação (LIBÂNIO, 2008).

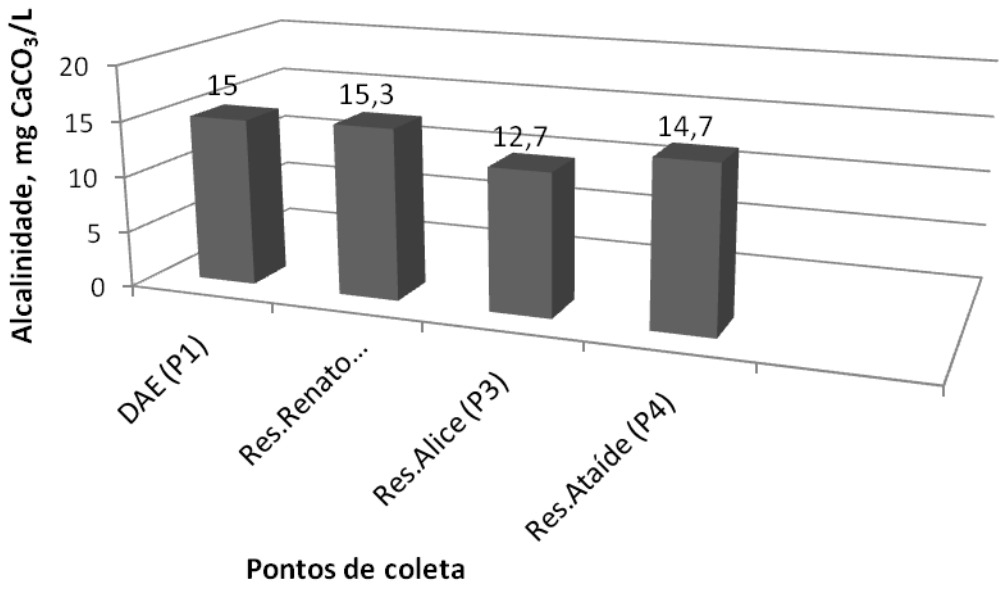

Figura 16. Resultados (valor médio) das determinações da alcalinidade nas amostras. Os desvios padrão variaram entre 0,3 a 0,5.

No caso da dureza, as amostras avaliadas são consideradas moles ou brandas, ou seja, possuem uma baixa concentração total de sais de cálcio e de magnésio (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006) (Figura 17).

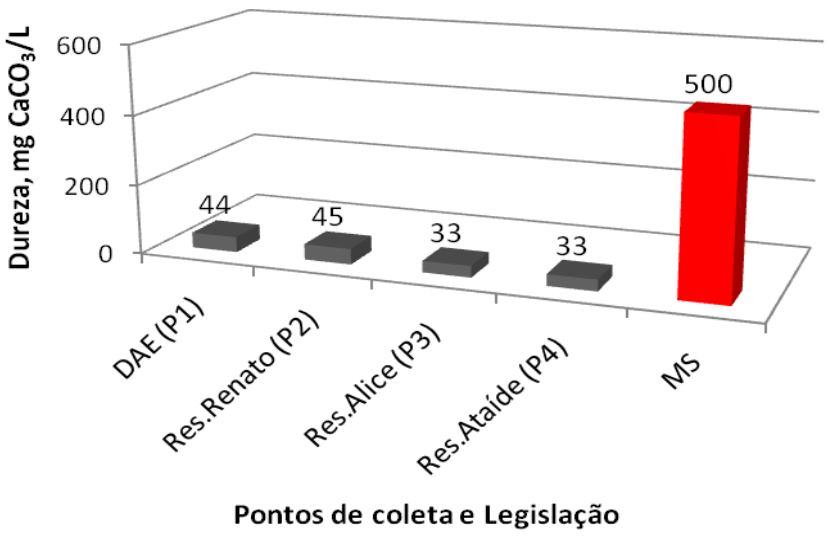

Figura 17. Resultados (valor médio) das determinações da dureza nas amostras. Os desvios padrão variaram entre 1 a 3.

No Brasil, com raras exceções, as águas superficiais são consideradas brandas ou moderadamente duras, com teores significativos de dureza ocorrendo mais comumente para águas subterrâneas (LIBÂNIO, 2008).

4.2.4 Metais

Com exceção do Fe, todos os valores encontrados nas amostras estão abaixo dos valores máximos permitidos pela Portaria MS n° 518/04, Resolução n° 357/2005 do CONAMA para águas doces Classe 2 e também das especificações da USEPA (ANVISA, 2004; CONAMA, 2005; USEPA, 2010) conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Resultados (média ± desvio padrão) das determinações de espécies metálicas nas amostras e os valores máximos permitidos por Legislações Nacionais e Internacionais.

ANALITO	DAE (P_1)	Res. Renato (P_2)	Res. Ataíde (P_3)	Res. Alice (P_4)	MS	CONAMA	USEPA
Cd	N.D*	N.D*	N.D*	N.D*	0,005	0,01	0,01
Fe	0,3 ± 0,05	0,4 ± 0,03	0,4 ± 0,08	0,3 ± 0,02	0,3	5,0	0,3
Mn	N.D*	N.D*	N.D*	N.D*	0,1	0,5	0,05
Cu	N.D*	N.D*	N.D*	N.D*	2,0	0,013	1,3
Zn	N.D*	N.D*	N.D*	N.D*	5,0	5,0	5,0
Cr	N.D*	N.D*	N.D*	N.D*	0,05	0,05	0,1
Na	N.D*	N.D*	N.D*	N.D*	200	-	-
K	N.D*	N.D*	N.D*	N.D*	10	-	-

*N.D: valor não detectado.

Para o ferro, os resultados estão no limite do valor máximo permitido pela Portaria MS n° 518/04 e das especificações da USEPA e abaixo da Resolução 357/2005 do CONAMA. Estes valores podem ser atribuídos a características físico-químicas do manancial de captação, ausência de manutenção na rede distribuidora constituída de peças metálicas antigas que associada ao alto teor de oxigênio dissolvido pode acelerar a dissolução do ferro das tubulações e/ou interferência do coagulante utilizado no tratamento (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Apesar desse elemento não causar danos à saúde humana nas concentrações normalmente encontradas em águas, ele pode provocar problemas de ordem estética (manchas em roupas ou em vasos sanitários), prejudicar determinados usos industriais da água e provocar sérios problemas de entupimento (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006; BARBOSA, 2010).

4.2.5 Sulfato (SO_4^{2-}) e Cloreto (Cl^-)

As concentrações dos ânions sulfato (SO_4^{2-}) e cloreto (Cl^-) encontrado nas amostras estão abaixo dos valores máximos permitidos pelas legislações nacionais e internacionais (Figura 18) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004; CONAMA, 2005; USEPA, 2010).

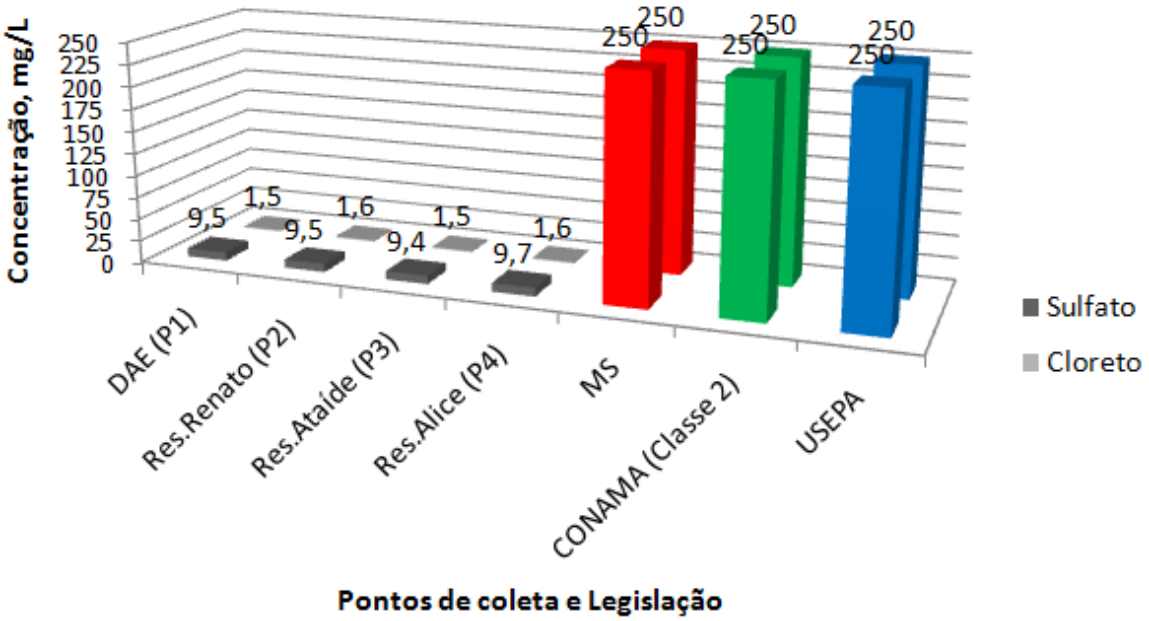

Figura 18. Resultados (valor médio) das determinações dos íons sulfato (SO_4^{2-}) e cloreto (Cl^-) nas amostras e os respectivos valores da Legislação Brasileira e Internacional. Os desvios padrão variam entre 0,1 a 1,5.

Estes resultados sugerem que as águas de abastecimento avaliadas estão isentas de possíveis contaminações causadas por efluentes domésticos e/ou industriais que contenham elevadas concentrações destes íons,e que o tratamento de coagulação está sendo realizado de maneira eficaz (CETESB, 2009).

4.2.6 Íons fluoreto (F^-), Nitrato (NO_3^-) e Nitrito (NO_2^-)

A Figura 19 mostra que as concentrações dos íons fluoreto e nitrato, encontradas nas amostras estão abaixo dos valores máximos permitidos pelas legislações nacionais e internacionais (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004; CONAMA, 2005; USEPA, 2010).

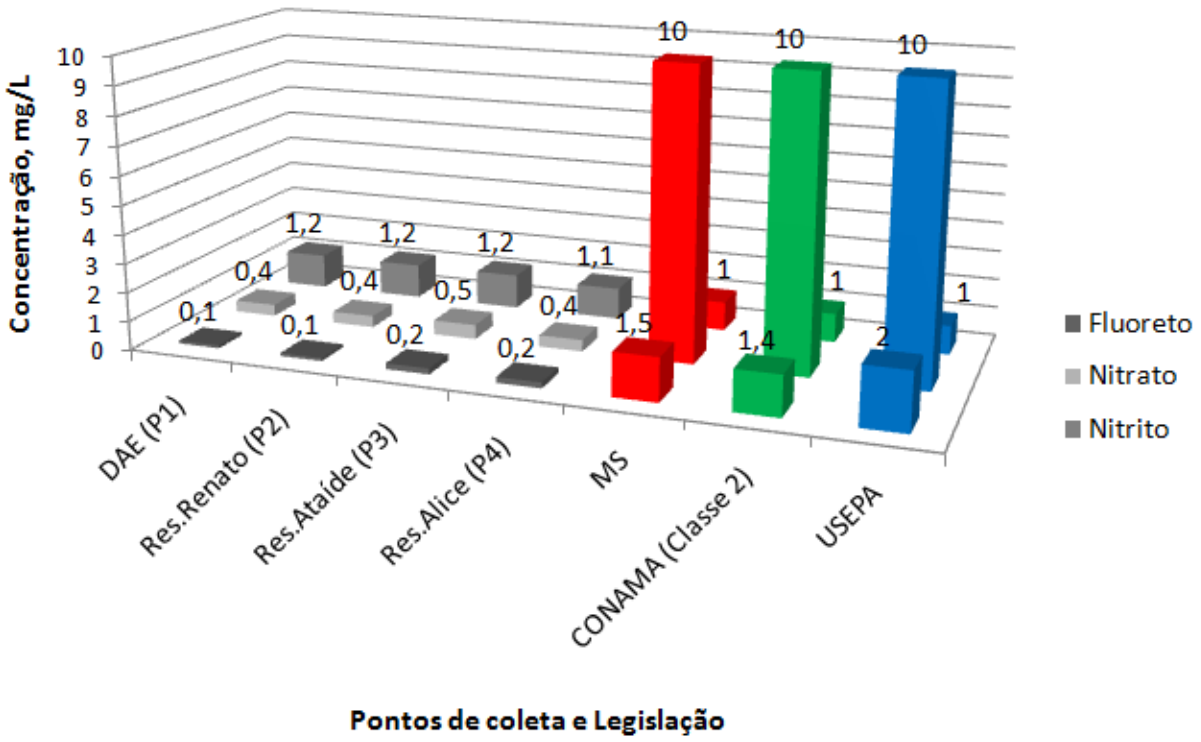

Figura 19. Resultados (valor médio) nas determinações dos íons fluoreto (F^-), nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-) nas amostras e os respectivos valores da Legislação Brasileira e Internacional. Os desvios padrão variam entre 0,1 a 0,6.

Em relação às concentrações do íon nitrito, os valores encontrados estão acima dos valores estipulados pelo MS, CONAMA e USEPA (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004; CONAMA, 2005; USEPA, 2010). A presença de nitrito em águas sugere a predominância das formas oxidadas de nitrogênio, ou seja, significa que o foco de poluição se encontra distante, ou seja, uma possível contaminação por despejos domésticos e/ou industriais sem tratamento no manancial de captação, e que o sistema de tratamento mostra-se ineficaz para a remoção destes contaminantes (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Vale salientar que a crescente da contaminação das águas por compostos nitrogenados vem merecendo um destaque especial, uma vez que está se tornando um problema mundial, devido a sua ampla e diversificada procedência (NISHIHARA; ALABURDA, 1998). Portanto, torna-se necessário neste caso uma investigação mais detalhada sobre a presença destes compostos nitrogenados nas águas do bairro Asa Bela.

4.2.7 Nitrogênio Amoniacal

A Figura 20 mostra que as concentrações de nitrogênio amoniacal encontradas nas amostras estão abaixo dos valores máximos permitidos pela Portaria MS nº 518/04 e da Resolução nº 357/2005 do CONAMA para águas doces da Classe 2 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004; CONAMA, 2005).

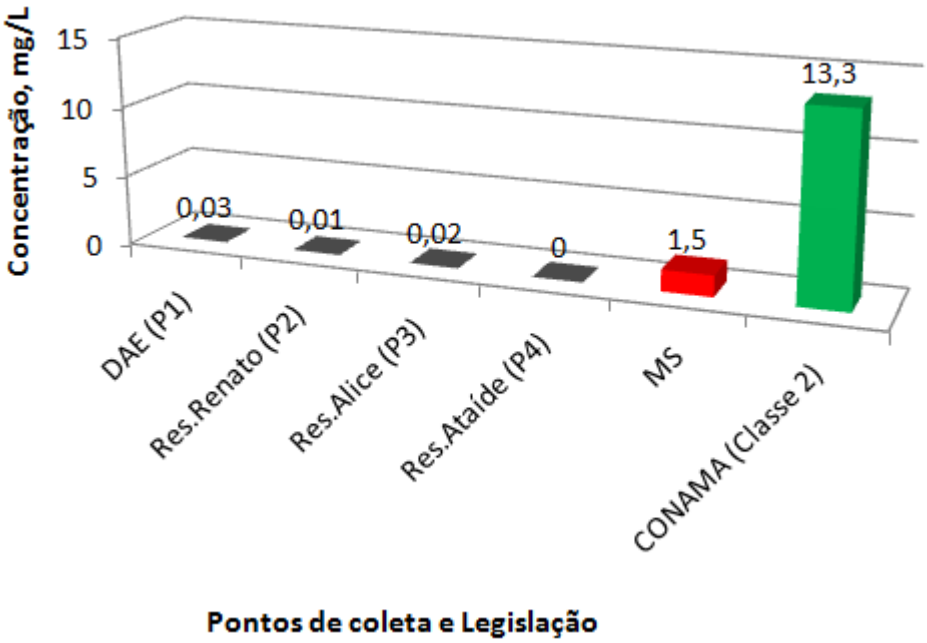

Figura 20. Resultados (valor médio) nas determinações de nitrogênio amoniacal nas amostras e os respectivos valores da Legislação Brasileira. Os desvios padrão relativos variaram entre 0 a 0,03.

O nitrogênio amoniacal pode estar presente naturalmente em águas superficiais ou subterrâneas, sendo que usualmente sua concentração é bastante baixa devido à sua fácil adsorção por partículas do solo ou à oxidação a nitrito e nitrato. Entretanto, a ocorrência de concentrações elevadas pode ser resultante de fontes de poluição próximas, bem como da redução de nitrato por bactérias ou por íons ferrosos presentes no solo (NISHIHARA; ALABURDA, 1998).

Neste caso, os resultados indicam a ausência de um foco de poluição próxima, como por exemplo, o rompimento de tubulações da rede de distribuição e a possível infiltração das mesmas por esgotos domésticos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Tornam-se necessárias novas coletas em diferentes períodos do ano, e a avaliação de outros parâmetros físico-químicos e microbiológicos, que possam fornecer informações para uma melhor avaliação da qualidade da água do bairro Asa Bela.
- Além disso, notou-se a precariedade do sistema de abastecimento de águas e de esgotamento sanitário da cidade de Várzea Grande e conseqüentemente do bairro Asa Bela;
- Neste sentido, são necessários investimentos em novas tecnologias, ampliação e manutenção da rede de captação e distribuição e de profissionais especializados no intuito de não só melhorar a qualidade dos serviços, mas principalmente promover a universalização dos mesmos.

6. PERSPECTIVAS

- Ampliar os pontos de coletas no bairro e executar novas análises físico-químicas nos períodos de estiagem e chuvas;
- Determinar os parâmetros microbiológicos de qualidade das águas do bairro Asa Bela;
- Determinar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade das águas do manancial de captação Rio Cuiabá;
- Investigar as possíveis fontes de contaminação das águas de abastecimento.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGUDO E. G. **Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água**. São Paulo; CETESB, 1987.78 p.

ANA – Agência Nacional das Águas. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/Institucional/Legislacao/leis/lei9433.pdf.>. Acesso em 10 de mai. 2011.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20ª ed. Washington: American Public Health Association, AWWA, WPCF, 1998. 1569p.

BACCAN, N.; Andrade, J.C.; Godinho O.E.S.,Barone, J.S. **Química Analítica Quantitativa Elementar**, 2ª edição revisada. Unicamp: Campinas,1992. p. 205-207.

BARBOSA, G.C. **Monitoramento da qualidade e disponibilidade da água do córrego do coqueiro no noroeste paulista para fins de irrigação. 2010. 145 f.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

BERNARDO, L.D.; DANTAS, A.D.B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**, v.1 e 2. São Carlos: RiMa, 2005.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Série Relatórios. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem**. São Paulo, 2009. 44p.

EPA (2007). Environment Protection Agency. **EPA Guidelines: Regulatory monitoring and testing water and wastewater sampling,** 35 p. Disponível em: <http://water.epa.gov/drink/contaminants/index.cfm>. Acesso em: 07 mai. 2011.

FIGUEIREDO, D.M. **A influência dos fatores climáticos e geológicos e da ação antrópica sobre as principais variáveis físicas e químicas do Rio Cuiabá**, Estado de Mato Grosso. Cuiabá: UFMT/IB, 1996. 105p. Dissertação Mestrado.

FIORUCCI A. R.; BENEDETTI FILHO, E. **A importância do oxigênio dissolvido em sistemas aquáticos,** Química nova na escola, 22, p.10-16, 2005.

JUNIOR, A.C.G. **Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil,** Publica/ Rev Panam Salud Pan Am J Public Health 25(6), 2009.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de água.** 2ª ed. Campinas-SP: Átomo, 2008. p. 117-125;177-187;277-280;403-407.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004. **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.** Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf>. Acesso em 25 out. 2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de fevereiro de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em 10 mai. 2011.

NISHIHARA, L.; ALABURDA, J. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços, **Revista de Saúde Pública**, 32 (2): p.160-165, 1998.

PÁDUA, V.L.; FERREIRA, A. C. S. Qualidade da água para o consumo humano. In: HELLER, L.; PÁDUA, V.L. **Abastecimento de água para consumo humano.** 1ª Ed. c.4. Belo Horizonte: UFMG, 2006. p.197-208.

PÁDUA, V.L. Introdução ao tratamento de água. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano.** 1ª Ed. c.12. Belo Horizonte: UFMG, 2006. p.519-570.

PMSS. Programa de Modernização do Setor Saneamento. Relatório Final Várzea Grande. Disponível em: <http://www.pmss.gov.br/Arquivos_PMSS/13_ASSISTENCIA%20TECNICA/Estados/_Mato%20Grosso/Relatorio_de_cada_municipio/Varzea_Grande-FINAL.pdf>. Acesso em: 20 de mar. 2011.

PREFEITURA DE VÁRZEA GRANDE/MT**.** Agência Habitação/Plano Diretor. Disponível em: <http://201.10.151.107/sitehabitacao/plano.php>. Acesso em: 22 mar. 2011.

PREFEITURA DE VÁRZEA GRANDE/MT**.** Conheça Várzea Grande - História. Disponível em: <http://www.varzeagrande.mt.gov.br/>. Acesso em: 22 mar. 2011.

RICHTER, C.A.; AZEVEDO NETTO, J.M. **Tratamento de água**: **Tecnologia atualizada**. 1ª ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1991. p. 24–41;148;195;280.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução a Química Ambiental**. 1ª Ed. São Paulo: Bookman, 2006.

TUDNISK. J. G. A deterioração dos suprimentos de água e dos mananciais: a crise da água.In: **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, IIE, 2.ed., p.35-66, 2005.

TUNDISI, J.G. **Água no Século XXI**: **Enfrentando a Escassez**. 3ª ed. São Carlos: RiMa, 2009.

USEPA STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY National Primary Drinking Water. Disponivel em: <http://water.epa.gov/drink/contaminants/index.cfm>. Acesso em: 07 mai. 2011.