

UNESP
Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá

Guaratinguetá
2011

PRISCILA MAROTTI BARBOSA

ESTUDO DA QUALIDADE DA ÁGUA DISTRIBUIDA PELO POÇO
ARTESIANO EM RELAÇÃO À ÁGUA SERVIDA PELO
ABASTECIMENTO PÚBLICO

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª Dra Marinalda Claudete Pereira

Guaratinguetá
2011

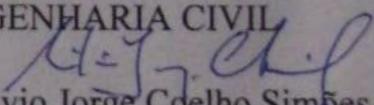
B238e	<p>Barbosa, Priscila Marotti</p> <p>Estudo da qualidade da água distribuída pelo poço artesiano da FEG em relação à água servida pelo abastecimento público de Guaratinguetá / Priscila Marotti Barbosa – Guaratinguetá : [s.n], 2011.</p> <p>107 f. : il.</p> <p>Bibliografia : f. 107</p> <p>Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011.</p> <p>Orientador: Dra. Marinalda Claudete Pereira</p> <p>1. Água – qualidade 2. Poços artesianos 3. Guaratinguetá - abastecimento de água I. Título</p> <p style="text-align: right;">CDU 628.1</p>
-------	---

ESTUDO DA QUALIDADE DA ÁGUA DISTRIBUIDA PELO POÇO
ARTESIANO EM RELAÇÃO À ÁGUA SERVIDA PELO ABASTECIMENTO
PÚBLICO

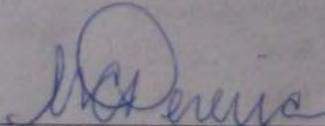
PRISCILA MAROTTI BARBOSA

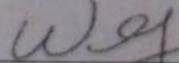
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE **GRADUADO EM
ENGENHARIA CIVIL**

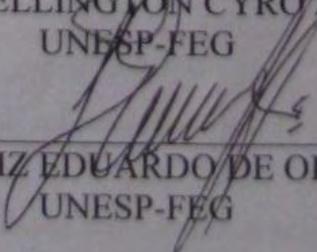
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL


Prof. Dr. Coordenador Silvio Jorge Coelho Simões

BANCA EXAMINADORA:


Profª Dra. MARINALDA CLAUDETE PEREIRA
Orientadora/UNESP-FEG


Prof. Dr. WELLINGTON CYRO A. LEITE
UNESP-FEG


Prof. Dr. LUIZ EDUARDO DE OLIVEIRA
UNESP-FEG

DEDICATÓRIA

DEDICO

À DEUS, primeiramente, pois sem sua força, fé e sabedoria,
jamais teria chegado aqui.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelos ensinamentos, preocupação e carinho, durante toda minha vida. Ao meu querido irmão, Carlos Eduardo, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos. Aos meus avós, tios e primos, por me apoiarem nesta luta. Ao meu namorado, Leonardo, de forma especial, pelo carinho, amizade e companheirismo. Às minhas amigas de República, por estarem comigo durante todos esses anos. Amo todos vocês.

À Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, por ter concedido a oportunidade de estudo, e obtenção de uma excelente formação.

À minha Orientadora, Prof^ª Claudete, pela garra, responsabilidade, dedicação, persistência, e acima de tudo, por ter confiado no meu trabalho. E ao Departamento de Engenharia Civil, que possibilitou a realização deste estudo.

Aos funcionários do SAEG, por terem colaborado para a Visita Técnica e realização das coletas.

Aos Professores do Departamento de Engenharia Civil, e aos demais professores do Campus de Ilha Solteira e Guaratinguetá, por todo conhecimento, e em especial, àqueles que doam muito de si, para a formação dos alunos.

Às funcionárias da Biblioteca da Faculdade, pela dedicação, presteza e vontade de ajudar.

E a todos, que de certa forma contribuíram para a realização deste trabalho. Meu Muito Obrigada.

*“A verdadeira grandeza de um homem reside na
consciência de um propósito honesto na vida,
alicerçado na estimativa justa de sua pessoa e tudo o mais;
num frequente auto-exame, numa firme obediência
às regras por ele tidas como certas, sem se perturbar-se
com o que os outros possam vir a pensar ou dizer,
ou com fazerem elas, ou não, aquilo que ele pensa, diz e faz”*

(Marco Aurélio)

RESUMO

Foi realizado um estudo da qualidade das águas distribuídas pelo Poço Artesiano em relação à água servida pelo Abastecimento Público, para fins de consumo humano do Campus da UNESP de Guaratinguetá. Dois trechos da rede foram escolhidos aleatoriamente e monitorados durante 105 dias: o trecho da canalização A iniciou-se na saída da Estação de Tratamento de Água do Serviço Autônomo de Água, Esgoto e Resíduo do Município de Guaratinguetá e finalizou-se em um ponto de consumo do Centro de Convivência Infantil da Faculdade de Engenharia, enquanto que, o trecho B iniciou-se na saída do Poço Artesiano e finalizou-se num ponto de consumo do Departamento de Engenharia Civil. Verificou-se a deterioração da qualidade das águas nos trechos A e B, através de análises comparativas de Bicarbonatos, Dureza Total, Ferro Total, Cloro Residual Livre, pH, Resíduo Total, Turbidez, Condutividade, Cor, Coliformes Fecais e Coliformes Totais. Dentre as observações que podem ser destacadas: a Dureza Total foi encontrada em maior concentração no trecho A; para o Ferro Total foram obtidas variações significativas para ambos os trechos, e redução deste parâmetro nos dois pontos de consumos analisados, e não o aumento esperado da concentração, devido o contato da água ao longo da tubulação; o CRL apresentou uma depleção significativa para o trecho A, o qual pode estar relacionado com as impurezas presentes na água, presença de biofilme nas paredes das tubulações, ou por este ser o trecho de maior extensão a ser percorrido pela água; para o pH, este indicou que a água é alcalina no trecho A e ligeiramente ácida no trecho B; para a Turbidez foi encontrada a concentração maior para o trecho A, e uma redução considerável deste parâmetro no ponto de consumo, devido à deposição das partículas em suspensão ao longo do trecho; a Condutividade também apresentou uma maior concentração no trecho A, assim como um aumento desse parâmetro no ponto de consumo. Na saída do Sistema de Tratamento a água servida pelo Poço Artesiano, apresentou qualidade superior para os parâmetros analisados, com exceção da alcalinidade e dos resíduos sólidos totais, que aquela do Sistema de Abastecimento Público. Todos os resultados foram apresentados em conformidade com os Padrões de Potabilidade da Portaria MS 518/04.

PALAVRAS-CHAVE: Deterioração da Qualidade da Água, Características da Água, Sistema de Abastecimento.

ABSTRACT

We conducted a study of the quality of water distributed by Artesian Well in relation to water supply served by the public for purposes of human consumption of UNESP Campus Guaratinguetá. Two sections of the network were randomly chosen and monitored for 105 days: the stretch of the pipeline started off the Water Treatment Station of the Autonomous Service of Water, Sewage and waste in the Municipality of Guaratinguetá and ended in a point consumption of the Child Family Center, while the section B began at the output of an artesian well and finished in a point of consumption of the Department of Civil Engineering. It is the deterioration of water quality in parts A and B, through comparative analysis of Bicarbonates, Total Hardness, Total Iron, free residual chlorine, pH, Total Residual, Turbidity, Conductivity, Color, Fecal Coliforms and Total Coliforms. Among the observations that can be highlighted: the Total Hardness was found in highest concentration in the extract; for Total Iron significant variations were obtained for both parts, and reduction of this parameter in two points of consumption analyzed, not the expected increase concentration, because the contact of water along the pipe, the CRL showed significant depletion to section A, which can be related to impurities in the water, the presence of biofilm on the walls of pipes, or because this is the stretch of greater extent to be covered by water for pH, this indicated that the water is alkaline and slightly acidic stretch in section B; Turbidity was found for the higher concentration to the passage, and a considerable reduction of this parameter at point consumption due to deposition of particulate matter along the stretch, the conductivity also showed a higher concentration in the extract, as well as an increase in this parameter at the point of consumption. Upon leaving the water treatment system served by Artesian Well presented top quality for the parameters analyzed, except for alkalinity and total solid waste, as that of the Public Water Supply System. All results were presented in accordance with the Standards of potability of Ordinance MS 518/04.

KEYWORDS: Deterioration of Water Quality, Water Characteristics, Supply System.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1 Classificação dos aquíferos com seus respectivos níveis de pressão	16
Figura 4-1 Bombona contendo hipoclorito de sódio de 12% a 14% diluído na proporção de 1:1 em água tratada	44
Figura 4-2: Bomba dosadora de cloro.....	45
Figura 4-3: Captação de água do Poço Artesiano	45
Figura 4-4: Representação do ponto de entrada da solução de hipoclorito de sódio diluída	46
Figura 4-5: Pannel da Bomba d'Água.....	46
Figura 4-6: Hidrômetro	47
Figura 4-7: Reservatório de água	48
Figura 4-8: Novas instalações: Poço Artesiano nº II.....	48
Figura 4-9: Vista geral da captação do Ribeirão dos Lemes	50
Figura 4-10: Manancial de Captação de água bruta: Ribeirão Guaratinguetá	51
Figura 4-11: Vista da caixa de areia	52
Figura 4-12: Vista da Caixa de Inspeção	53
Figura 4-13: Vista de cima do Poço de Sucção.....	53
Figura 4-14 : Conjunto de moto-bombas na EEAB	54
Figura 4-15: Chegada da água à ETA e mistura ao policloreto de alumínio	55
Figura 4-16: Detalhe da mangueira utilizada para adicionar PAC à água	55
Figura 4-17: Tanque de Floculação	56
Figura 4-18: Tanque de Decantação	57
Figura 4-19: Aparelho Jar-Test	58
Figura 4-20: Vista dos filtros	58
Figura 4-21: Vista da Galeria	59
Figura 4-22: Representação dos Registros.....	59
Figura 4-23: Cilindro de cloro a gás	60
Figura 4-24: Cal hidratado	60
Figura 4-25: Carbonato de Sódio	61
Figura 4-26: Tanque para armazenamento do PAC	61
Figura 4-27: Tanque com Ácido fluorsilícico	62
Figura 4-28: Tanque com Hipoclorito de Sódio.....	62
Figura 4-29: Representação das tubulações	63
Figura 4-30: Representação da Chincana	64
Figura 4-31: Vista da tubulação onde o cal é misturado à água	64
Figura 4-32: Representação da bomba	65
Figura 4-33: Vista do Reservatório R1, poço de sucção da EEAT e ETA	66
Figura 4-34: Detalhes da EEAT na Casa de bombas	66
Figura 4-35: Visão geral do CR Pedregulho	67
Figura 4-36: Vista do REL-7.....	68
Figura 4-37: Placa com informações de fabricação do REL-7	68
Figura 4-38: Representação do marcador e da tubulação ladrão no REL-7	69
Figura 4-39: Estufa Bacteriológica – modelo:216 – marca: FANEM.....	71
Figura 4-40: Autoclave – Modelo Fabbe-Primar	72
Figura 4-41: Banho Maria (cápsulas de porcelana de 250 ml) - marca: Fisatom	73
Figura 4-42: Estufa – modelo: NT 515 - marca: Nova Técnica	73
Figura 4-43: Dessecador (agente dessecante é a sílica gel azul).....	74
Figura 4-44: Balança Analítica – modelo: BL 2105 – marca: Sartorius.....	74
Figura 4-45: Elemeyer (250ml), bureta (50ml), pipeta, suporte universal e garra	75
Figura 4-46: Espectro Fotômetro– marca: Hach Odyssey– modelo: DR 2500.....	77
Figura 4-47: PHmetro – marca: Digimed – modelo: DM 22.....	80
Figura 4-48: Condutivímetro – marca: Marconi – modelo: CA 150	81
Figura 4-49: Turbidímetro – marca: Policontrol – modelo: AP 2000	82
Figura 4-50: Comparador colorimétrico– marca: Quimis– modelo:046KCR	84
Figura 4-51: Comparador colorímetro – marca: Policontrol – modelo: NQ 200	84

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4-1 Dados referentes ao poço I.....	42
Tabela 4-2: Diferentes formas de Alcalinidade.....	76
Tabela 5-1 - RESULTADOS DOS EXAMES DE COLIFORMES TOTAIS PARA O TRECHO A	101
Tabela 5-2.....	101
Tabela 5-3- RESULTADOS DOS EXAMES DE COLIFORMES FECAIS PARA O TRECHO A.....	101
Tabela 5-4- RESULTADOS DOS EXAMES DE COLIFORMES FECAIS PARA O TRECHO B	101

ÍNDICE DE GRÁFICOS

gráfico 5-1: Variação do teor de bicarbonato no trecho A da rede de distribuição	87
gráfico 5-2: Variação do teor de bicarbonato no trecho B da rede de distribuição	88
gráfico 5-3: Variação do teor de Dureza Total no trecho A da rede de distribuição	89
gráfico 5-4: Variação do teor de Dureza Total no trecho B da rede de distribuição	89
gráfico 5-5: Variação do teor de Ferro Total no trecho A da rede de distribuição.....	90
gráfico 5-6: Variação do teor de Ferro Total no trecho B da rede de distribuição	91
gráfico 5-7: Variação do teor de CRL no trecho A da rede de distribuição	92
gráfico 5-8: Variação do teor de CRL no trecho B da rede de distribuição	92
gráfico 5-9: Variação do pH no trecho A da rede de distribuição.....	93
gráfico 5-10: Variação do pH no trecho B da rede de distribuição	94
gráfico 5-11: Variação do teor de Resíduo Total no trecho A da rede de distribuição	95
gráfico 5-12: Variação do teor de Resíduo Total no trecho B da rede de distribuição.....	95
gráfico 5-13: Variação do teor de Turbidez no trecho A da rede de distribuição	96
gráfico 5-14: Variação do teor de Turbidez no trecho B da rede de distribuição	97
gráfico 5-15: Variação da Condutividade no trecho A da rede de distribuição	98
gráfico 5-16: Variação da Condutividade no trecho B da rede de distribuição.....	98
gráfico 5-17: Variação da Cor no trecho A da rede de distribuição	99
gráfico 5-18: Variação da Cor no trecho B da rede de distribuição	100
gráfico 5-19: Consumo de água (m ³) quinzenal no poço durante o período de coleta.....	102

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

AWWA- American Water Works Association

COPASAD- Conferência Pan-Americana sobre Saúde e Meio Ambiente no desenvolvimento Humano Sustentável

CRL- Cloro Residual Livre

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPA- Central perfuradora Araraquarense

CR- Centro de Reservação

EEAB- Estação Elevatória de Água Bruta

ETA- Estação de Tratamento de Água

EEAT- Estação elevatória

FDCT- Fundação para o Desenvolvimento Científico

FEG- Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá

IBGE- Índice Brasileiro de Geografia

MS- Ministério da Saúde

NMP- Número Mais Provável

PAC- policloreto de alumínio

pH- potencial hidrogeniônico

REL- Reservatório elevado

SAEG- Companhia de Serviço de Água, Esgoto e Resíduo de Guaratinguetá

THM- trihalometano

UFC- unidade formadora de colônia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA	15
3.2	CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS PARA O CONSUMO HUMANO	17
3.3	TRATAMENTO DE ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO	19
3.4	QUALIDADE DA ÁGUA EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO	23
3.5	A ÁGUA COMO VEÍCULO DE TRANSMISSÃO	26
3.6	CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO	27
3.6.1	Características Físicas das Águas	27
3.6.2	Características Químicas das Águas	31
3.6.3	Características Bacteriológicas das Águas	36
3.7	PADRÕES DE POTABILIDADE	40
4	PARTE EXPERIMENTAL	41
4.1	AMOSTRAGEM DE ÁGUA	41
4.2	ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA FACULDADE DE ENGENHARIA DE GUARATINGUETÁ	42
4.2.1	O Sistema de Abastecimento de Água Alternativo: Poço Artesiano do Campus	42
4.2.2	O Sistema de Abastecimento Público de Água: suprido pelo SAEG	49
4.3	MATERIAIS E METODOLOGIA	69
4.3.1	Determinação de Coliformes Totais e Fecais	69
4.3.2	. Determinação de Resíduos Sólidos Totais	72
4.3.3	. Determinação da Dureza Total da Água (Cálcio e Magnésio)	74
4.3.4	Determinação da Alcalinidade de Bicarbonato	75
4.3.5	. Determinação do Ferro Total	77
4.3.6	Determinação do pH	78
4.3.7	Determinação da Condutividade	80
4.3.8	Determinação da Turbidez	82
4.3.9	Determinação do Cloro Residual Livre	83
4.3.10	Determinação da cor	84
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	86

5.1	. Avaliação das características químicas da água nos trechos A e B	86
5.2	. Avaliação das características físicas da água nos trechos A e B	96
5.3	Avaliação das características microbiológicas da água nos trechos A e B.....	100
5.4	Verificação do consumo de água no Poço Artesiano I	102
6	CONCLUSÃO	103
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o crescimento da população mundial reflete diretamente no aumento da demanda de água, aliado ao desenvolvimento industrial e a necessidade da água como fonte de alimentos. A ocorrência desses fatores, juntamente com a poluição dos ecossistemas aquáticos superficiais e subterrâneos por despejos industriais e domésticos, produção agrícola, desmatamentos, urbanização desenfreada, ocupando áreas sem saneamento e infra-estrutura mínima, representam fontes de contaminação da água e causam preocupações constantes na sociedade. Em decorrência da escassez desse recurso, geram a necessidade da mudança de comportamento perante a sociedade, sobretudo da conscientização da utilização deste recurso de forma sustentável, sabendo-se que ela é vital para a existência humana, para o bem-estar das comunidades atuais e sobrevivência das gerações futuras.

Problemas com a qualidade da água, surgem desde a poluição dos mananciais de captação por resíduos sólidos advindos de despejos industriais. Todavia, isto exige que sejam tomadas medidas corretivas por parte das Estações de Tratamento, como a alteração na quantidade de produtos para desinfecção aplicados à água, para que esta chegue em boas condições de qualidade nas residências.

Entretanto, no decorrer do seu trajeto, a água tem sua qualidade comprometida devido à falta de manutenção e obsolescência da rede de distribuição, subpressões e contaminações ocasionadas pela intermitência dos serviços e pela falta de um sistema público de esgoto sanitário que atenda a toda população. O manuseio inadequado da água que chega à residência, a falta de higiene e limpeza nos reservatórios domiciliares, e a precariedade das instalações nas residências, acentuam a queda da qualidade da água que é fornecida para o suprimento público.

Atualmente, cerca de 30% da população brasileira abastece-se de água proveniente de fontes inseguras, sendo que boa parte daqueles atendidos por rede pública nem sempre recebem água com qualidade adequada e em quantidades suficientes (COPASAD, 1996).

No final da década de 1980, se ampliaram as preocupações com a qualidade da água, em decorrência disso, novas Legislações passaram a ser elaboradas, e deu-se início a revisão das existentes. A exemplo, a Resolução nº 357/2005 do CONAMA, que busca classificar e proteger

as águas dos mananciais, e da Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece normas e padrões para a qualidade da água de consumo humano (MORAES et al., 1999).

Este trabalho tem como propósito o monitoramento da qualidade da água vinda do SAEG, destinada ao abastecimento da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá e da água servida pelo Poço Artesiano.

Para o trecho A, serão coletadas amostras de água na saída da Estação de Tratamento do SAEG, e na Creche da Faculdade de Engenharia, abastecida pelo SAEG. Para o trecho B, serão coletadas amostras de água no Poço Artesiano localizado na Faculdade, e no Laboratório de Saneamento (Departamento de Engenharia Civil).

Para ambos os trechos analisados serão comparados entre si, os parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos das amostras coletadas, obtidos através de ensaios laboratoriais, visando à determinação das eventuais causas das variações apresentadas; será determinado o Volume de Consumo Total do Poço Artesiano, durante o período de coleta.

2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo realizar um diagnóstico da degradação da qualidade da água abastecida pela Companhia de Serviço de Água, Esgoto e Resíduo de Guaratinguetá – SAEG, até a Creche da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, esta mesma análise será feita para a água servida pelo Poço Artesiano da Faculdade até o Laboratório de Saneamento, do Departamento de Engenharia Civil.

Realizar um estudo comparativo entre os trechos em relação aos parâmetros obtidos através das análises laboratoriais, das características físicas, químicas e bacteriológicas das amostras, tendo como base os padrões de potabilidade da norma vigente Portaria nº 518/2004. Calcular o Volume de Consumo Total do Poço Artesiano, durante o período de coleta.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Segundo Gaglianone, S. et al. (1976), denomina-se água subterrânea, a água presente no subsolo ocupando os interstícios, fendas, falhas, ou canais existentes nas diferentes camadas geológicas.

A construção de poços rasos ou profundos, drenos e galerias filtrantes, permitem a retirada da água subterrânea das camadas em que se encontram.

Para Gaglianone, S. et al. (1976), algumas vantagens do aproveitamento de água subterrânea são:

- qualidade;
- facilidade de obtenção;
- possibilidade de localização das obras de obtenção próximas às áreas de consumo;

Em relação à qualidade, devido à ação de filtração através das camadas permeáveis, apresentam baixo teor de cor e turbidez, não sendo necessário sofrer tratamento, por apresentarem características físicas compatíveis com os padrões de potabilidade.

As águas subterrâneas podem vir a ter elevada concentração de sais solúveis, chegando a ser imprópria para fins potáveis. Também poderá apresentar dureza elevada, ainda que não seja prejudicial.

Uma economia nos custos da instalação de sistemas de abastecimento poderá ser gerada, devido à utilização da Captação de Água Subterrânea.

Os aquíferos e poços são geralmente classificados em:

- *Aquífero freático*: onde o lençol de água se encontra livre, sob pressão atmosférica.
- *Aquífero artesianos*: a água encontra-se confinada por camadas impermeáveis, sob pressão maior que a pressão atmosférica.

- *Poço freático*: perfurado no lençol freático, com nível de água em seu interior igual ao nível do lençol.
- *Poço artésiano*: penetra no aquífero artésiano, o nível de água em seu interior está acima da camada aquífera.

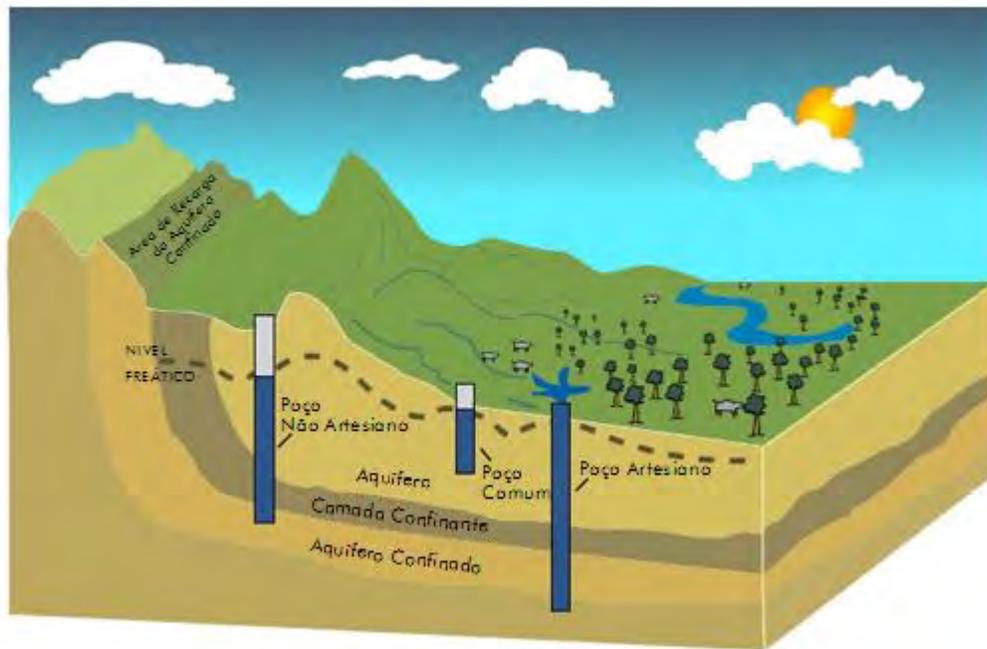


Figura 3-1 Classificação dos aquíferos com seus respectivos níveis de pressão
(Fonte: <http://pt.scribd.com>)

A Figura 3.1 mostra os tipos de aquíferos e de poços. O rio é o ponto de descarga do lençol freático, e o lençol artésiano descarrega-se num ponto baixo, não representado na figura.

Levantamentos geológicos são geralmente utilizados quando se tem desconhecimento do subsolo e possibilidades aquíferas, ou então, quando desconhece-se sua posição. Tais levantamentos quando podem ser complementados com estudos geofísicos, são importantes para caracterização das camadas geológicas e lençóis de água.

Do ponto de vista econômico, deve-se levar em conta a posição mais adequada do poço em relação ao sistema distribuidor. É fundamental que o poço esteja afastado de instalações e condutos que veiculem líquido contaminante.

3.2 CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS PARA O CONSUMO HUMANO

As obras de captação são um conjunto de estruturas construído junto ao manancial, para a captação da água, destinada ao abastecimento.

É importante que sejam projetadas, visando à fácil captação d'água em qualquer época do ano, assim como facilidades de operação e manutenção ao longo do tempo.

A captação da água de mananciais de superfície, tem sido muito utilizada para abastecimento das cidades. Geralmente, estão associados a instalações de bombeamento, devido os pontos de captação se encontrar em cotas inferiores às das cidades, o que faz com que as obras de captação fiquem limitadas a conjuntos elevatórios.

A elaboração do projeto deve ser precedida pelo exame prévio das condições locais, de onde se deseja implantar a obra. Devem ser investigada se há existência de possíveis focos de poluição nas proximidades da obra.

O tipo de tomada a ser utilizada, será baseado nas informações levantadas na inspeção de reconhecimento, tais como batimetria do rio, levantamentos topográficos e sondagens geológicas realizadas.

As obras de captação dos rios deverão ser implantadas em trechos retilíneos ou curvos, onde a velocidade da água é maior, evitando-se assim, obstruções das entradas de água por areia. Devem ser estabelecidas as cotas altimétricas de todas as partes que constituem a obra de captação.

O local de captação deverá ser acessível, sobretudo as estradas que dão acesso ao local, independente de temporais e inundações que possam vir a ocorrer, em qualquer época do ano.

Os elementos necessários para captação em rio são:

- Barragens ou vertedores

Servem para manutenção do nível, através da elevação do nível a montante, permitindo que canalizações e válvulas de bombas fiquem submersos. Também servem para regularização da vazão, armazenando a água em período de estiagem, garantindo-se assim, a vazão constante do curso.

- Dispositivos retentores de materiais estranhos

As caixas de areia ou desarenadores, retiram os materiais sólidos que permanecem em suspensão nos cursos d'água. A caixa é disposta transversalmente ao curso, na qual as partículas de areia são decantadas no fundo, sendo em seguida removidas.

- Dispositivos para controlar a entrada de água

A entrada de água pode ser controlada por comportas, válvulas de registro, ou adufas. Esses dispositivos são geralmente utilizados nas situações de manutenção ou limpeza, das caixas de areia, tubulações, etc.

- Canais e tubulações de interligação

Canais abertos e tubulações fechadas são utilizados para fazer a ligação entre o rio e o poço das bombas. O tipo de conduto utilizado deve ser dimensionado, tendo em vista a vazão de captação atual e a futura.

- Poços de tomada

São utilizados no armazenamento de tubulações ou peças do trecho de sucção das bombas. Devem ser projetados, de tal forma a permitir reparos e colocação das peças no local.

3.3 TRATAMENTO DE ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO

Um dos aspectos mais importantes no desempenho de uma ETA são as características do manancial a ser captado. Isto interfere no tipo de tecnologia a ser utilizada para o tratamento da água, nas dosagens dos produtos químicos utilizados, os quais dão origem à resíduos com diferentes composições.

De acordo com DI BERNARDO (2005), do ponto de vista tecnológico, água de qualquer qualidade, pode ser teoricamente, transformada em água potável, porém, os custos envolvidos e a confiabilidade na operação e manutenção podem inviabilizar totalmente o uso de determinado curso de água como fonte de abastecimento.

As tecnologias de tratamento de água podem ser resumidas em dois grupos, com e sem coagulação química, e dependendo da qualidade da água bruta, ambas podem ou não ser precedidas de pré-tratamento.

Segundo JANUÁRIO (2005), existe diversos processos de tratamento de água, como por exemplo, os tratamentos sem coagulação utilizando-se a filtração lenta; os tratamentos com coagulação química como a filtração direta ou tratamento de ciclo completo; arejamento; abrandamento por troca iônica ou por dosagem de cal e os tratamentos por separação com membranas como a microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa, cada um gerando resíduos com características distintas.

A maioria das ETAs no Brasil que tratam água de captação superficial, utilizam o tratamento convencional ou ciclo completo, que consiste das seguintes etapas (DI BERNARDO, 2005) :

- oxidação: este processo funciona como um pré-tratamento podendo ser ou não utilizado, e consiste na adição de cloro na água bruta para oxidar os metais dissolvidos presentes na água captada, principalmente o ferro e o manganês.

- □coagulação: processo que consiste na formação de flocos, através da reação do coagulante, promovendo um estado de equilíbrio eletrostaticamente instável das partículas, no meio da massa líquida. Os coagulantes mais utilizados são os sais de alumínio ou ferro, como sulfato de alumínio, cloreto férrico, sulfato férrico, sulfato ferroso e policloreto de alumínio. Também são utilizados produtos auxiliares conhecidos como polieletrólitos catiônicos, aniônicos ou não aniônicos. A coagulação depende de fatores como temperatura, pH, alcalinidade, cor,

turbidez, sólidos totais dissolvidos, força iônica, tamanho das partículas, entre outros. Neste processo são formados os precipitados do metal do coagulante, nos quais são aprisionadas as impurezas.

- floculação: ocorre imediatamente após a coagulação, e consiste no agrupamento das partículas eletricamente desestabilizadas, de modo a formar os flocos, suscetíveis de serem removidos por decantação e filtração. A floculação é favorecida em condições de agitação moderada, aumentando o contato entre as partículas e formando os flocos.

- decantação: consiste na separação das partículas suspensas mais pesadas formadas durante a floculação no meio líquido, as quais pela ação da gravidade apresentam um movimento descendente, depositando-se no fundo dos decantadores formando o lodo que precisa ser removido periodicamente, seja pelo método manual ou mecânico.

- filtração: consiste na remoção das partículas suspensas e coloidais e dos microrganismos presentes na água através de um meio filtrante. É considerado como um processo final de remoção de impurezas na ETA. Portanto, é um dos responsáveis pelo cumprimento dos padrões de potabilidade da água. Na filtração as impurezas são retiradas no meio filtrante. É necessária à lavagem dos filtros após um período de tempo, geralmente, feita por meio da introdução de ar e água com alta velocidade no sentido ascendente. A água utilizada na lavagem e os resíduos removidos são descartados em cursos de água, mas também podem ser retornados ao início do processo de tratamento.

- desinfecção: tem como objetivo a eliminação de organismos patogênicos presentes na água capazes de causar doenças, mediante a destruição da estrutura celular, interferência no metabolismo com inativação de enzimas e interferência na bio-síntese e no crescimento celular. Os agentes desinfetantes podem ser físicos como a aplicação de calor, irradiação, luz ultravioleta, e químicos como os oxidantes de cloro, bromo, iodo, ozônio, peróxido de hidrogênio e os íons metálicos prata e cobre. Para completar o tratamento convencional, podem ser adicionados outros produtos químicos à água, como cal para ajuste final de pH e para ajudar na coagulação, e flúor, em teores recomendados pela Organização Mundial da Saúde e Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, para a proteção dos dentes contra as cáries (JANUÁRIO, 2005).

- desinfecção por cloração: É importante ressaltar que a cloração não substitui outras formas de tratamento. Desta forma, se as águas apresentarem-se com elevado teor de turbidez, resíduos industriais, certamente irão requerer outras formas de tratamento, tais como coagulação,

sedimentação, ou filtração. A utilização do cloro nos efluentes de filtro, serve para desinfecção e diminui consideravelmente o número de bactérias e outros microorganismos. Segundo A.W.W.A (1964), mais recentemente analisou-se a vantagem funcional do tratamento utilizando-se maiores quantidades de cloro, visto que uma elevada cloração assegura um meio com mais alto padrão da qualidade bacteriana, inclusive a eliminação de certos gostos e odores. Um aumento de temperatura e tempo de reação do cloro, também contribui para o aumento da sua eficácia. A reação do cloro com outras substâncias, tal como a amônia, por exemplo, diminui seu poder desinfectante e a proporção na qual ele reagiria com as células bacterianas. Além disso, é importante citar outras formas de utilização para o cloro, tais como para desinfecção de reservatórios, canalizações, etc. Algumas reações químicas são apresentadas, a partir da reação do cloro na presença da água, formando-se ácido hipoclorito e ácido clorídrico.



O cloro como ácido hipocloroso, sofre a seguinte reação por hidrólise, dissociando-se em íons de hidrogênio e hipoclorito.



Na primeira reação predomina-se pH baixo, na segunda pH alto, sendo ambas as reações reversíveis.

A diminuição do poder de desinfecção do cloro é analisado para crescentes valores de pH, isto deve-se ao crescimento de íons hipoclorito, em relação aos íons hipocloroso.

A cloração pode ser classificada em:

- Cloração simples

É a aplicação do cloro a água não tratada que entra no sistema de distribuição. Este é o mais comum dos processos empregados. A cloração constitui a única defesa para fins de desinfecção da água.

- Precloração

Neste processo, o cloro é aplicado à água antes dela sofrer outro tipo de tratamento.

A precloração também é uma forma de controlar o desenvolvimento das algas e microorganismos nos reservatórios, oxida a matéria orgânica contribuindo para eliminação de gostos e odores e reduz o crescimento biológico nos filtros.

- Poscloração

Diferentemente da precloração, neste processo o cloro é aplicado à água após outro tipo de tratamento.

A poscloração, sendo a segunda aplicação, contribui para elevar o residual de cloro na água, que havia sido consumido no processo de purificação.

- Recloração

Compreende a aplicação do cloro em outros pontos do sistema de distribuição.

A recloração contribui para assegurar a manutenção do cloro residual à água, além de aumentar o padrão da qualidade bacteriana da água.

- Cloração Residual Combinada

Envolve a aplicação do cloro à água juntamente com a amônia, para produzir um residual de cloro combinado disponível e manter esse residual em todo sistema de distribuição. Este processo tem como função destruir as substâncias produtoras de gostos e odores.

- Cloração Residual Livre

Consiste na aplicação do cloro à água, visando a produção de um residual de cloro livre disponível (diretamente ou através da destruição da amônia), e mantê-lo em todo sistema de distribuição.

Este método pode ser empregado para todos os pontos de aplicação, seja precloração, cloração simples, poscloração e recloração.

De acordo com as Reações químicas do cloro na água apresentadas anteriormente, verifica-se que o cloro residual livre disponível pode existir como ácido hipocloroso ou íon hipoclorito.

A baixos valores de pH, tem-se maior efeito bactericida do cloro residual livre disponível, o qual está sob a forma do ácido hipocloroso, que possui um maior poder de oxidação.

- Descloração

Este processo permite a redução do residual do cloro excessivo, gerado pela cloração residual livre ou combinada, obtendo-se uma água de qualidade aceitável.

O artigo 13 da Portaria MS nº 518/04 traz as seguintes disposições:

“Após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição, recomendando-se que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos. Parágrafo único. Admite-se a utilização de outro agente desinfetante ou outra condição de operação do processo de desinfecção, desde que fique demonstrado pelo responsável pelo sistema de tratamento uma eficiência de inativação microbiológica equivalente à obtida com a condição definida neste artigo”.

3.4 QUALIDADE DA ÁGUA EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO

A água constitui atualmente, uma das principais preocupações mundiais no que diz respeito aos seus usos preponderantes e à sua manutenção como um bem de todos, em quantidade e qualidade adequadas. A atenção das autoridades sanitárias para com os sistemas públicos de

abastecimento de água, destino de dejetos, tratamento de esgoto, coleta e disposição de resíduos sólidos gerados, principalmente nos grandes centros urbanos, está tradicionalmente direcionada para as conseqüências que os problemas desse contexto são capazes ao Meio Ambiente e à Saúde Pública. (DE SÁ, 2005)

Os processos de degradação resultantes do desenvolvimento humano excedem, muitas vezes, os limites naturais e podem provocar modificações nos ciclos naturais. Por exemplo, o processo de urbanização, particularmente quando associado a inadequados tipos de solo e uso de terras, podem prejudicar a capacidade do sistema de abastecimento de ofertar uma água de boa qualidade. Em países desenvolvidos, o impacto da degradação ambiental, tem sido no mínimo, parcialmente controlado. A combinação de projetos integrados de gerenciamento de recursos hídricos, aliados a melhorias sócio-culturais, estabilização econômica, resolução de conflitos e envolvimento público, são fatores responsáveis por uma postura ou consciência ambiental. Nos países em desenvolvimento, esse nível de consciência ainda não é evidente e os problemas ambientais são mais comuns e sérios. A degradação de bacias de abastecimento de água, o aumento do risco enchentes nas bacias e a disposição inadequada de resíduos sólidos são preocupações ambientais comuns. (SEMINÁRIO HISPÂNICO-BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO URBANO DE ÁGUA, FERNANDES C.V.S.,2004)

Nenhum órgão se responsabiliza pelo que ocorre nas tubulações, peças e equipamentos das instalações prediais e na reservação domiciliar. Esta parte do sistema de abastecimento é responsável pela deterioração da qualidade da água, promovendo a depleção do cloro residual e o crescimento das colônias das bactérias indicadoras de poluição (SCHEMBRI M.C.A.C., ENNES Y.M.,1997). A formação de biofilme nas paredes do conduto induz a diminuição de cloro residual (Wable et AL,1994) que influenciam química e microbiologicamente a corrosão interna das paredes do tubo (Romain, 1996).

Ações externas nos sistemas de distribuição de água (por exemplo, a diminuição da qualidade da água na tomada de água de um sistema de abastecimento), podem induzir eventos transientes, como pressões e distribuição de velocidades diferentes na rede, que podem deteriorar a qualidade da água, não somente pelo mecanismo de transporte, mas também devido o aumento de risco de rompimento das tubulações e vazamentos distribuídos dentro do sistema. Os vazamentos são potencialmente sérios, uma vez que podem permitir que constituintes entrem na

rede, particularmente sob condições de baixa-pressão (SEMINÁRIO HISPANO-BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, FERNANDES C.V.S.,2004).

Pesquisadores Lechevallier, Lowri e Lee (1990), constataram que o crescimento de coliformes num sistema de distribuição está relacionado ao biofilme presente nas paredes das tubulações. Os autores notaram que a manutenção contínua de residuais de cloro elevados no sistema de distribuição poderia ter efeitos adversos no consumidor, inclusive excessiva formação de trihalometano (THM), problemas de gostos, odor e aumento da corrosão. Os pesquisadores observaram que a aplicação de substâncias para controlar a corrosão das tubulações (polifosfato e ortofosfato de zinco) contribuiu para uma melhora na desinfecção do biofilme. Lechevallier (1990), apontou que um aumento na velocidade do fluxo da água, causa um maior fluxo de nutrientes pela tubulação, o que verifica um maior transporte de desinfectante, o que conseqüentemente contribui para uma queda do biofilme presente na superfície interna da tubulação (SARZEDAS, 2009).

• **Vigilância da Qualidade da Água para o Consumo Humano:**

De acordo com a definição da Portaria MS nº 518/04, trata-se do conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública, para verificar se a água consumida pela população atende esta Norma e para avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana.

Segundo BEVILACQUA at AL (2008), a busca por metodologias que permitam a identificação precoce de possíveis riscos à saúde associados a diferentes formas de abastecimento de água, com o intuito de controlar ou minimizar os possíveis impactos à saúde, em tempo hábil, traduz-se como um dos grandes desafios para os pesquisadores e profissionais que atuam na Vigilância da Qualidade da Água para o Consumo Humano.

Em cada etapa do processo de abastecimento de água podem ser identificadas situações caracterizadas como perigo, podendo expor a população a situações de risco. Conforme descrito no Manual de Procedimentos de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para o Consumo Humano, exemplificam-se algumas situações de perigo (BEVILACQUA at AL, 2008):

- captação de manancial subterrâneo: infiltrações no revestimento de poços tubulares; poços situados nas proximidades de sistemas de esgotos ou fossas;
- captação de manancial superficial: existência de focos de poluição pontuais ou difusos, tais como, ocupação residencial na bacia de captação ou atividades agronômicas;
- tratamento: inadequação da qualidade da água bruta aos processos de tratamentos existentes; falhas de projeto ou deficiência de instalações e equipamentos;
- reservação: reservatórios em mau estado de conservação, apresentando fendas, ou falta de cobertura apropriada; negligência no controle da qualidade da água no interior dos reservatórios;
- distribuição: estado de conservação precário ou material impróprio da rede; formação de biofilmes;

3.5 A ÁGUA COMO VEÍCULO DE TRANSMISSÃO

Segundo Gaglianone (1976), as doenças podem ser classificadas em dois grupos:

- Doenças de Transmissão Hídrica: são aquelas em que a água atua como veículo do agente infeccioso. Tratam-se de doenças do trato intestinal, onde os microorganismos patogênicos atingem as águas através de excretas infectados. Como são de difícil identificação no laboratório, são utilizados microorganismos do grupo coliforme, dentre eles estão os coliformes fecais. Estes habitam o intestino dos animais, sendo assim, sua presença indica uma possível ocorrência de germes patogênicos. Na determinação do grau de contaminação é utilizado o chamado “índice coli”. A presença de coliformes nem sempre garantirá a existência dos germes patogênicos. Variações bruscas nos resultados obtidos do número de coliformes, poderão indicar uma possível contaminação.

- Doenças de Origem Hídrica: são aquelas advindas de certas substâncias dissolvidas na água, em teores inadequados. Nos sistemas de abastecimento de água podem ser encontrados os seguintes tipos de contaminantes tóxicos:

- contaminantes naturais de uma água que esteve em contato com formações venenosas (flúor, arsênico, selênio e boro);

- contaminantes naturais de uma água nos quais se desenvolveram determinadas colônias de microorganismos venenosos (certos tipos de algas);
- contaminantes introduzidos na água em virtude de certas obras hidráulicas (tubos metálicos, somente o chumbo é tóxico) ou práticas inadequadas no tratamento da água;
- introdução de contaminantes nos cursos d'água por despejos industriais.

3.6 CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

- Características Físicas, Químicas, Biológicas e Bacteriológicas das Águas

Segundo Gaglianone (1976), as impurezas conferem às águas propriedades positivas ou negativas, que são encaradas sob o aspecto físico, químico ou biológico. A qualidade da água é definida através de suas características físicas, químicas, biológicas e bacteriológicas, que são determinadas por meio de exames e análises, realizados em amostras adequadas de águas, complementados por inspeção sanitária de campo.

3.6.1 Características Físicas das Águas

- Cor

É uma característica devido à presença de substâncias dissolvidas ou em suspensão na água, tais substâncias são na maioria dos casos, de natureza orgânica.

A presença de cor na água não representa risco algum para a saúde. Embora, geralmente procura-se por águas de características mais agradáveis, ainda que estas possam representar perigo ao consumidor.

A água apresenta-se sobre diversas tonalidades, vermelhas, negras, azuis, amarelas, etc. As águas vermelhas, possuem essa característica devido a presença de ferro. As águas azuis, são desta forma, devido à influência do cobre. As amarelas, indicam a presença de ferro. As negras, surgem da reação de tanalatos e galatos com ácidos orgânicos.

Cores mais intensas são obtidas, para valores maiores de pH.

Para remoção das cores, utiliza-se de um processo conhecido por coagulação química.

Segundo Richter (1991), caso a água analisada apresentar cor e turbidez, verifica-se que a cor é a aparente. Se a turbidez for removida por centrifugação, a cor apresentada é a verdadeira.

- Turbidez

É uma característica devido à presença de partículas em suspensão e matérias coloidais, finamente divididos e de organismos microscópicos.

Segundo Richter (1991), a presença dessas partículas provoca a absorção e dispersão da luz, dando a água uma aparência nebulosa, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa. A turbidez geralmente é causada por uma infinidade de materiais, tais como partículas de areia fina, argila, lodo, descarga de esgoto doméstico, ou industrial, ou presença de inúmeros microorganismos. Pode também ser causada por bolhas de ar finamente divididas, tal fenômeno ocorre em alguns pontos da rede de distribuição ou instalações domiciliares.

A turbidez aumenta, à medida que uma dada substância apresenta-se mais finamente dividida.

A turbidez é uma característica mais freqüente das águas correntes.

Uma água que apresenta turbidez, pode correr o risco de estar poluída, e sem receber o tratamento adequado, não poderá ser utilizada para o abastecimento público.

Métodos atuais empregam o processo da Nefelometria, que representa uma medida empírica da turbidez, a qual é baseada numa fotocélula que mede a quantidade de luz emergida de um feixe luminoso, que consegue passar por uma amostra.

- Sabor e odor

Essas características são consideradas em conjunto, devido a sensação do sabor ser decorrente do odor.

O sabor e o odor na água, podem ser causados pela presença de matéria orgânica em decomposição, resíduos industriais, gases dissolvidos, algas, substâncias minerais e fenóis.

Segundo Babbit (1973), os gostos podem se originar nos processos de tratamento, como um resultado da cloração, ou através da reação da água com substâncias nas canalizações do sistema de distribuição, tais como revestimento asfáltico ou betuminoso, dos reservatórios ou canalizações.

Pelo processo de Aeração é possível retirar o sabor e odor da água. A utilização do carvão ativado, também pode ser uma outra alternativa, o qual serve para adsorver compostos causadores de odor.

As águas subterrâneas não possuem sabor e odor. Estas características encontram-se geralmente nas águas correntes e dormentes.

O odor torna-se menos perceptível nas águas frias.

Difícilmente o odor é expresso quantitativamente pela inspeção sanitária, sendo geralmente expresso como fraco, médio, ou forte.

Considerando-se as dificuldades encontradas em relação à existência de processos de medida de sabor e odor, segundo os Padrões de Potabilidade estabelecidos, as águas para abastecimento público não devem conter tais características.

- Temperatura

Essa característica é importante, pois seu aumento está relacionado com a aceleração das reações químicas, diminui a dissolução dos gases e aumenta a percepção de sabor e odor.

Para um abastecimento público é recomendável a faixa de temperatura entre 4,4 e 10°C. Acima de 10°C, a água torna-se menos agradável ao paladar.

Segundo Babbit (1973), alguns efeitos da temperatura elevada da água:

- são aumentadas taxas de mortalidade de algumas bactérias, tal como a da febre tifóide (*Salmonella typhosa*)

- taxas de multiplicação de algumas bactérias, tais como as da putrefação

- taxa de proliferação de muitos microorganismos

- aumenta a eficácia dos desinfectantes

- acima de 4°C, a viscosidade e a densidade diminuem

- floculação em coagulantes e sedimentação, podem ser melhoradas

- Condutância Específica

Segundo Babbit (1973), é a recíproca da resistência em ohms, de uma coluna d'água com 1 cm de comprimento, com uma seção transversal de 1 cm², a uma temperatura de 25°C.

É utilizada em indústrias química e mineralógica, como uma medida da qualidade da água.

Uma melhora da qualidade de água poderá ser alcançada, através do registro e leitura freqüente da condutância da água bruta, pois dessa maneira poderão ser avaliadas as alterações causadas, possibilitando assim possíveis mudanças no sistema de tratamento da água.

- Condutividade Elétrica

Essa característica depende da presença de sais dissolvidos na água, sendo a condutividade elétrica proporcional a esta quantidade.

- pH

Esta característica expressa a intensidade de uma solução, estando esta em condição ácida ou alcalina.

O pH pode ser obtido pela concentração do íon de hidrogênio, determinada pela equação logarítmica representada abaixo.

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] \quad (1)$$

À medida que o pH diminui, aumenta-se as condições ácidas, as águas tendem a ser agressivas e corrosivas a certos metais, paredes de concreto, etc. Para condições alcalinas apresentam valores de pH alto, as águas tendem a formar incrustações. As soluções neutras possuem a concentração de hidroxila [OH⁻] igual à concentração de íons de hidrogênio [H⁺], não apresentando nenhum significado sob o ponto de vista sanitário.

Segundo Richter (1991), algumas substâncias apresentam mudanças de cor, devido às variações nos valores do pH. Tais substâncias, permitem determinar o respectivo valor de pH, conforme segue a relação abaixo:

- Vermelho de clorofenol pH na faixa de 5,2 a 6,8
- Vermelho de fenol pH na faixa de 6,8 a 8,4
- Azul de bromotimol pH na faixa de 6,0 a 7,6
- Azul de timol pH na faixa de 8,0 a 9,6

Nas estações de tratamento o pH apresenta-se na faixa de 6,5 a 9,5.

Além do método colorimétrico, também podem ser utilizados para determinação do pH, aparelhos sofisticados e precisos como o pHmetro com eletrodos de vidro. Diferentemente do método colorimétrico, estes aparelhos não sofrem alterações em suas medições, devido à presença de cor e turbidez na água analisada.

3.6.2 Características Químicas das Águas

Essas características devem-se a presença de substâncias dissolvidas na água. Podem ser determinadas através das análises químicas da água, utilizando-se de métodos adequados.

- Alcalinidade

Essa característica deve-se à presença de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos presentes na água. Os compostos mais comuns são carbonatos de sódio, bicarbonatos de cálcio e magnésio.

A alcalinidade é a medida das substâncias presentes na água, capazes de neutralizarem ácidos.

Segundo Richter (1991), a alcalinidade é uma das determinações mais importantes, estando relacionada com a coagulação, redução da dureza e prevenção da corrosão nas canalizações de ferro fundido da rede de distribuição.

A obra Tratamento de Água (1991) menciona que os íons que causam alcalinidade são básicos, assim ao adicionar uma quantidade de ácido à água até atingir um determinado valor de pH, pode-se medir a alcalinidade existente na amostra de água. Indicadores como alaranjado de metila e fenolftaleína podem ser utilizados.

- Acidez

Essa característica está relacionada à concentração de dióxido de carbono, ácidos minerais e sais de ácido forte presentes na água.

Os Padrões de Potabilidade não estabelecem limites para acidez e alcalinidade.

Segundo Richter (1991), mesmo que a acidez tenha pouco significado sob o ponto de vista sanitário, é importante a adição de um alcalinizante para manter a estabilidade do carbonato de cálcio, e evitar problemas de corrosão devido à presença do gás carbônico.

- Dureza

Essa característica está relacionada à presença de íons metálicos, principalmente os de cálcio e magnésio.

A água dura evita a formação de espuma de sabão, forma incrustações nas tubulações, e afeta as características organolépticas da água.

Compostos como os carbonatos e os sulfatos de cálcio e magnésio, exigem remoção no abrandamento das águas do suprimento público.

Do ponto de vista da saúde pública a água dura pode ser consumida, podendo ter efeito contra doenças cardiovasculares.

Tanto a alcalinidade, quanto a dureza e a acidez são medidas em termos de CaCO_3 .

Segundo Richter (1991), as águas podem ser classificadas em termos do grau de dureza em:

- Moles: dureza inferior a 50mg/l em CaCO_3
- Dureza moderada: dureza entre 50 e 150mg/l em CaCO_3
- Duras: dureza entre 150 e 300mg/l em CaCO_3
- Muito duras: dureza superior a 300mg/l em CaCO_3

- Ferro

Essa substância está presente nas águas, geralmente devido à lixiviação de terrenos, à poluição metalúrgica e à ação da água sobre as canalizações.

Precipitado após a oxidação, juntamente com o manganês, proporciona à água um sabor amargo adstringente e uma coloração amarela e turva. A razão pela qual o ferro está sempre acompanhado do manganês, deve-se à afinidade geoquímica entre ambos.

Assim, após serem oxidados, os sais ferrosos formam hidróxidos férricos insolúveis, que decantam ou são adsorvidos superficialmente.

O ferro também pode ser encontrado nas águas subterrâneas.

Segundo Babbit (1973), a quantidade de ferro na água subterrânea pode crescer após o desenvolvimento de um poço, devido à acumulação de matéria orgânica a qual, quando decomposta, produz ácido que forma mais ferro no solo.

Do ponto de vista sanitário, o ferro não representa perigo.

Segundo Alves (2010), apesar do organismo humano necessitar de 0,5 a 20mg de ferro por dia (Schümann et AL., 2007), os Padrões de Potabilidade exigem que a concentração de ferro na água não ultrapasse 200ug/l, este limite é estabelecido por razões estéticas provoca manchas em objetos de porcelana e roupas também por causar gosto nas águas e deposições nas tubulações. Além disso, a ingestão de elevadas concentrações de ferro provoca hemocromatose, que decorre da alteração dos mecanismos reguladores, com danificação dos tecidos (Adams et AL, 2006).

- Sólidos Totais

Águas com quantidades excessivas de substâncias dissolvidas, podem ser impróprias ao consumo.

Foi estabelecido um limite para sua concentração nas águas, na tentativa de se evitarem os efeitos fisiológicos.

Existem tratamentos para sua redução, nas águas que apresentarem teores elevados dessa substância.

- Nitratos

O nitrogênio presente na água pode indicar poluição, seja por esgotos domésticos ou por águas de drenagem de terrenos agrícolas que utilizam fertilizantes. Este nitrogênio pode estar sob formas de nitrito, nitrato, amoniacal, composta ou orgânica.

O nitrato pode provocar em crianças o estado mórbido, conhecida por cianose ou methemoglobinemia, que trata-se da descoloração da pele, causada por alterações no sangue.

Segundo Babbit (1973), o nitrato encontrado nas águas subterrâneas pode ter significação sanitária como causa dessa doença.

- Flúor

Essa substância ocorre em pequenas quantidades nas águas naturais. Concentra-se mais nas águas subterrâneas que nas águas de superfície. Os Fluoretos são essenciais a um sadio desenvolvimento dos dentes, sendo o flúor o agente químico mais eficiente na prevenção da cárie dentária. Nas crianças, em pequenas quantidades, promove o endurecimento da matriz mineral dos dentes e esqueleto. Em elevadas concentrações pode causar a fluorose dentária e esquelética nos homens e animais, a qual trata-se do escurecimento dos dentes e perda de resistência dos dentes e ossos. Segundo Richter (1991), algumas atividades industriais são responsáveis pela introdução do flúor nos ciclos hidrológicos, ou cursos d'água, tais como: siderurgia, fundições, fabricação do alumínio, louças, vidro, teflon, etc.

- Pesticidas

Os pesticidas acabam por alterar a ecologia aquática do meio onde foram aplicados e são substâncias acumulativas na cadeia alimentar.

As formas de contaminação das águas superficiais e subterrâneas são diversas, tais como: poluição por efluentes industriais, líquidos para irrigação, pela percolação da lixiviação de terrenos, ou seu uso para combater ervas aquáticas.

- Substâncias Tóxicas

Algumas substâncias em determinadas concentrações podem constituir perigo à saúde, com exemplo temos:

- Arsênico (As): os compostos arsenicais são geralmente utilizados em plantações. O arsênico é raramente encontrado nas águas naturais. Seu surgimento se dá pelo uso de inseticidas e herbicidas, atividades de mineração e despejos industriais. Trata-se de uma substância tóxica, que em dosagens elevadas nas águas, pode provocar câncer de pele. Pode ainda, provocar conjutivites e alterações gastrointestinais.

- Cromo hexavalente: os compostos de cromo hexavalente são os cromatos (CrO_4) e bicromatos (Cr_2O_7). Os cromatos e bicromatos de potássio, sódio e amônio, são solúveis. A presença de cromo hexavalente na água decorre da poluição por despejos industriais. Os sais de cromo hexavalente são considerados irritantes e suas concentrações máximas não prejudiciais ao organismo humano ainda são bem definidas.

- Cobre: ocorre em baixos teores nas águas devido a sua reduzida solubilidade. Essa substância surge nos sistemas de abastecimento devido à ação corrosiva sobre as tubulações de cobre e latão; fungicida e algicidas utilizados na madeira; indústria de mineração e fundição; aplicação de seus compostos para o controle das algas. Sua aplicação para o controle das algas é recomendada e não é prejudicial ao organismo humano. O consumo de cobre é essencial para nutrição. Quase todo cobre ingerido é eliminado pelo corpo. Concentrações maiores de cobre podem provocar gosto na água e reações fisiológicas. Quantidades pequenas de cobre são consideráveis para se manter a higiene. Segundo Alves (2010), os portadores da doença de Wilson podem ser seriamente afetados pela presença de cobre nas águas, devido à dificuldade que estes pacientes apresentam em eliminar esse metal do organismo, e devido o efeito cumulativo ele possui. Em altas concentrações sua ingestão também pode vir a provocar inflamação da mucosa, problemas hepáticos e renais e irritação do sistema nervoso.

- Chumbo: nas condições naturais apenas traço do metal são encontrados nas águas. Sua presença decorre de poluição por despejos industriais, ou pelo do contato das águas moles e corrosivas que dissolvem o metal nos encanamentos e tanques revestidos com chumbo. Segundo Dacach (1975), além da água, o ar e a fumaça do tabaco, também podem servir de veículo para penetração de chumbo no organismo. O chumbo, mesmo ingerido em pequenas quantidades, constitui uma forma de perigo para a saúde, devido seu efeito cumulativo, provocando uma

doença crônica chamada “Saturnismo”, podendo levar à morte. Segundo Richter (1991), são medidas recomendáveis:

- tratamento corretivo das águas para reduzir sua corrosividade;
- restringir o emprego de canalizações de chumbo em sistemas de distribuição de água;
- evitar o consumo de águas que tenham estado em contato prolongado com chumbo;

- Selênio: Essa substância raramente é encontrada nas águas naturais. Sua presença pode ser devido a lançamento de despejos industriais, e é verificada nos solos e vegetais de certas regiões áridas, sendo altamente tóxica para os seres vivos. Sua ausência total é prejudicial à nutrição. Trata-se de uma substância tóxica para o homem, associada à incidência da cárie dentária nas crianças. A ingestão de concentrações acima pode afetar o sistema nervoso e respiratório, distúrbios gastrointestinais, dermatites e hipertensão. Admite-se que seus efeitos sejam semelhantes ao do arsênico.

3.6.3 Características Bacteriológicas das Águas

Segundo Gaglianone (1976), a análise da qualidade bacteriológica da água é indispensável, tendo em vista a preocupação com a saúde dos consumidores. Portanto, quando houver a possibilidade de utilização de uma nova fonte como manancial de abastecimento, deve-se fazer inicialmente um estudo bacteriológico das águas.

Segundo a A.W.W.A (1964), são apresentados alguns tipos de bactérias presentes na água. Alguns microorganismos e bactérias são encontrados no trato intestinal dos animais e do homem, servindo como indicadores de poluição.

Dentre eles, podem ser citados os *Streptococcus*, cuja presença na água indica poluição recente por esgoto, e sua ausência não assegura que a água não esteja poluída. As bactérias do gênero *Proteus*, que são encontradas na água, produtoras de gás de dextrose e sacarose. As pertencentes ao gênero *Escherichia coli*, que são encontradas no trato intestinal do homem e dos animais. As bactérias do gênero *Escherichia* e *Aerobacter*, são produtoras do gás da lactose. A bactéria do gênero *Vibriocoma*, responsável pela “Cólera asiática” e o protozoário do gênero *Entamoeba histolytica*, causador da disenteria amebiana.

Além desses já citados, outros importantes agentes patogênicos veiculados pela água são as espécies de *Salmonella*, a *Salmonella paratyphi* (paratifóide A) e a *Salmonella schottmuelleri* (paratifóide B), ambas relacionadas à doenças febris entéricas de origem hídrica. A *Salmonella typhosa* é o agente da febre tifóide. Algumas espécies do gênero *Shigella*, provocam a disenteria amebiana.

Os exames bacteriológicos visam verificar a potabilidade da água, através da ausência de agentes patogênicos. Os seguintes métodos indiretos para detectar a presença destes microorganismos são:

- Contagem bacteriana: as quais se desenvolvem no Agar nutritivo, após 24 horas, este método serve como índice de proximidade de um ponto de poluição.
- Índice de Coliforme, teste padrão para germes do grupo coliforme, que determina a presença de bactérias de origem intestinal.

A incidência de um indivíduo que hospede agentes patogênicos gastrointestinais é muito menor, comparada às bactérias coliformes.

A presença de tais bactérias na água comprova a poluição da mesma, e sua ausência serve como critério de segurança.

- Organismos indicadores de contaminação:

- Organismos indicadores de contaminação fecal

O grupo coliforme é composto pelos gêneros *Aerobacter* e *Escherichia*. Os microorganismos da espécie *Escherichia coli* e todo o grupo coliforme, são geralmente utilizados como indicadores de poluição, sendo que o *Escherichia coli* constitui a maior parte dos coliformes das fezes.

Todos os organismos coliformes têm origem fecal, a ausência destes organismos na água garante a ausência de organismos patogênicos, o que contribui para uma água bacteriologicamente segura.

Na dúvida da origem fecal da contaminação, a presença de microorganismos da espécie *Streptococcus faecalis* na água pode servir para confirmá-la. Assim, se numa amostra de água

foram encontradas bactérias do grupo coliforme, mesmo que não tenha sido encontradas espécies de *E. coli*, a presença do microorganismo garante a contaminação fecal.

a) Contagem total de microorganismos

Esta contagem inclui todos os tipos de microorganismos que se desenvolvem na temperatura adequada, assim não permite detectar se é contaminação fecal.

A contagem de colônias é realizada na temperatura de 37°C e a 20°C, em Agar padrão.

Segundo Gaglianone (1976), as contagens sucessivas de microorganismos são importantes para:

- verificar a eficiência dos processos de tratamento, quando repetida em diversos pontos;
- pode ser um indício de contaminação, quando detectar um aumento na quantidade de microorganismos em mananciais e poços;
- completar informações sobre a qualidade da água em um novo manancial de abastecimento;

• Métodos de detecção de organismos indicadores de contaminação

a) Para detecção de organismos do grupo coliforme, Coliformes fecais e *Streptococcus fecalis*

São utilizados dois tipos de métodos: o Método da fermentação em tubos múltiplos e o Método da membrana.

O artigo 11 da Portaria MS nº 518/2004 traz as seguintes disposições:

- *Água tratada no sistema de distribuição:*

Se as águas forem tratadas no sistema de distribuição, e forem analisadas 40 ou mais amostras por mês, a água deverá apresentar ausência de coliformes totais em 100 ml, em 95% das amostras por mês. Caso forem analisadas menos de 40 amostras por mês, apenas 1 amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100 ml. Deverá apresentar ausência de *Escheria coli*, em uma amostra de 100 ml.

- *Água na saída do tratamento:*

Deve ser verificada a ausência de coliformes totais em 100 ml da amostra.

- *Água na saída do tratamento:*

Deve ser verificada a ausência de *Escheria coli* em 100 ml da amostra.

1º Parágrafo. No controle da qualidade da água, quando forem detectadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, novas amostras devem ser coletadas em dias imediatamente sucessivos até que as novas amostras revelem resultado satisfatório.

2º Parágrafo. Nos sistemas de distribuição, a coleta deve incluir, no mínimo, três amostras simultâneas, sendo uma no mesmo ponto e duas outras localizadas a montante e a jusante.

3º Parágrafo. Amostras com resultados positivos para coliformes totais devem ser analisadas para *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes, devendo, neste caso, ser efetuada a verificação e confirmação dos resultados positivos.

4º Parágrafo. O percentual de amostras com resultado positivo de coliformes totais em relação ao total de amostras coletadas nos sistemas de distribuição deve ser calculado mensalmente, excluindo as amostras extras (coleta).

5º Parágrafo. O resultado negativo para coliformes totais das amostras extras (recoletas) não anula o resultado originalmente positivo no cálculo dos percentuais de amostras com resultado positivo.

6º Parágrafo. Na proporção de amostras com resultado positivo admitidas mensalmente para coliformes totais no sistema de distribuição, não são tolerados resultados positivos que ocorram em coleta, nos termos do § 1º deste artigo.

7º Parágrafo. Em 20% das amostras mensais para análise de coliformes totais nos sistemas de distribuição, deve ser efetuada a contagem de bactérias heterotróficas e, uma vez excedidas 500 unidades formadoras de colônia (UFC) por ml, devem ser providenciadas imediata coleta, inspeção local e, se constatada irregularidade, outras providências cabíveis.

8º Parágrafo. Em complementação, recomenda-se a inclusão de pesquisa de organismos patogênicos, com o objetivo de atingir, como meta, um padrão de ausência, dentre outros, de enterovírus, cistos de *Giardia spp* e oocistos de *Cryptosporidium sp*.

9º Parágrafo. Em amostras individuais procedentes de poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimento, sem distribuição canalizada, tolera-se a presença de coliformes totais, na ausência de *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes, nesta situação devendo ser investigada a origem da ocorrência, tomadas providências imediatas de caráter corretivo e preventivo e realizada nova análise de coliformes.

3.7 PADRÕES DE POTABILIDADE

As normas de qualidade para as águas de abastecimento são chamadas Padrões de Potabilidade.

Segundo Gaglianone et AL (1976), Padrões de Potabilidade são as quantidades limites que, em relação aos diversos elementos, podem ser toleradas nas águas de abastecimento, quantidades estas fixadas, em geral, por decretos, regulamentos, ou especificações.

A Portaria MS 518 de 2004, emitida pelo Ministério da Saúde, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu Padrão de Potabilidade.

Na obra Tratamento de Águas de Abastecimento (2010), menciona que juntamente com as quantidades limites toleradas pela Norma de Qualidade, deve-se ter considerar que:

- a água não deve conter microorganismos patogênicos, nem substâncias químicas em concentrações tóxicas
- a água deve ter composição, tais que os consumidores não questionem sua segurança (apresentar-se límpida, incolor, inodora, fresca, de sabor agradável e isenta de macroorganismos)
- a água deve apresentar características que não provoquem a deterioração do sistema de abastecimento.

Os limites do Padrão de Potabilidade são estabelecidos, para visando-se atingir uma água com as características citadas, para o abastecimento público.

Os Padrões de Potabilidade tornam-se mais rigorosos com o passar dos anos, devido o desenvolvimento das técnicas de tratamento, pesquisas epidemiológicas ou pelo conforto requerido pelo ser humano.

4 PARTE EXPERIMENTAL

4.1 AMOSTRAGEM DE ÁGUA

Para a avaliação da deterioração da qualidade de água ao longo do percurso, da saída da Estação de Tratamento (SAEG) até a Creche da Faculdade e do Poço Artesiano localizado na Faculdade, até o Laboratório de Saneamento (Departamento de Engenharia Civil), foram feitas análises físicas, químicas e bacteriológicas das amostras coletadas nos quatro pontos escolhidos.

Além do estudo da deterioração da qualidade da água, através dessas análises, pode-se fazer um estudo da qualidade da água apresentada em cada um dos quatro pontos.

Pode-se obter o Volume de Consumo no Poço Artesiano, durante o período de coleta, através de leituras realizadas no hidrômetro (Figura 4.6).

O período de monitoramento de qualidade da água compreendeu-se entre março a julho de 2011, com coletas sendo realizadas quinzenalmente. Foram retiradas oito amostras de água de cada ponto em estudo.

Dos quatro pontos escolhidos para o trabalho de campo, o primeiro ponto localizava-se na saída da Estação de Tratamento (SAEG); o segundo, na pia da cozinha da Creche da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá; o terceiro, na saída do Poço Artesiano (águas superficiais) localizado na Faculdade, e o último, na torneira do Laboratório de Saneamento (Departamento de Engenharia Civil).

Para a execução do trabalho de campo, para cada ponto em estudo, foi coletado um volume de 1000mL de amostra de água em uma garrafa de polietileno para as análises químicas e físicas e outro de 250mL em frasco de polipropileno esterilizável para análises bacteriológicas. As amostras foram mantidas sob refrigeração, por um período máximo de 12 horas, até o momento da realização das análises.

No próprio local de coleta, foi medido o teor de cloro residual livre (CRL) para a amostra de água, em seguida este valor era anotado no “Plano de Coleta” e as amostras levadas ao Laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Civil. Além disso, no Poço Artesiano, era realizada a leitura do hidrômetro, sendo este valor também anotado no “Plano de Coleta”.

Para determinação da qualidade das amostras de água coletadas, eram feitas análises para a obtenção dos seguintes parâmetros: Bicarbonatos, Coliformes Totais, Condutividade, Cor, CRL, Dureza Total, Ferro Total, pH, Resíduo Total e Turbidez.

4.2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA FACULDADE DE ENGENHARIA DE GUARATINGUETÁ

4.2.1 O Sistema de Abastecimento de Água Alternativo: Poço Artesiano do Campus

O abastecimento da demanda de água da Faculdade de Engenharia (FEG/UNESP) é efetuado através da extração do poço tubular profundo existente na área, sendo complementado pela captação através da Concessionária Local para abastecer o Centro de Convivência Infantil (Creche), o Alojamento dos Alunos e a Fundação para o Desenvolvimento Científico (FDCT).

Vazão durante o teste de 24 h:	14,12 m ³ /h
Nível estático:	35,40 m
Nível dinâmico:	95,19 m
Vazão específica:	0,236 m ³ /h/m
Rebaixamento específico:	4,234 m/m ³ /h
Potência da bomba submersa	12 Hp

Tabela 4-1 Dados referentes ao poço I

A captação do poço artesiano é feita através da exploração do lençol subterrâneo representado pela Formação Caçapava/Tremembé. Este poço tem uma profundidade útil de 150,00 m, poço este que foi perfurado pela Empresa CPA –CENTRAL PERFURADORA ARARAQUARENSE LTDA., Empresa esta com sede na cidade de Araraquara-SP.

As obras de perfuração tiveram a conclusão dos serviços em 23/08/1997, dentro dos padrões técnicos normatizados pela ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (NB-588, NB-1290), e tiveram a responsabilidade técnica de um geólogo. Foram os seguintes dados do teste de bombeamento realizados na época de construção.

Atualmente a exploração do poço alcança uma vazão de 14,00 m³/h para um período de 5 horas diárias. O poço está equipado com uma Bomba Submersa Ebara. Mod. BHS 511-10, 10 Hp, 220 V, trifásica. A bomba instalada a 120,00 m de profundidade com uma tubulação galvanizada adutora de 2” e uma tubulação de ½” para monitoramento do nível d’água, conforme Decreto 32.955 de 07/02/1991. Na saída do poço há uma instalação de um hidrômetro para verificação da vazão momentânea e o consumo real acumulado praticado pela Faculdade.

O conjunto moto-bomba está ligado a um painel de comando com partida direta, com proteção para pára-raios, queda de tensão, eletrodos de nível e relé térmico, para melhor proteção do equipamento contra eventuais problemas que por ventura ocorram.

A Figura 4.1 ilustra a bombona que armazena a solução de hipoclorito de sódio, que é utilizado na desinfecção das águas subterrâneas. A solução de hipoclorito de sódio é fornecida em galão de capacidade de 5L na concentração de 12 a 14% de cloro livre. No próprio local é feita a diluição empregando-se 5 galões de solução de hipoclorito e elevando-se o volume da bombona a uma altura de 45 cm, com água tratada. Obtém-se uma solução de hipoclorito diluída na proporção de 1:1, com teor de aproximadamente 6% de cloro livre.



Figura 4-1 Bombona contendo hipoclorito de sódio de 12% a 14% diluído na proporção de 1:1 em água tratada

A Figura 4-2 ilustra a bomba dosadora de cloro que automaticamente controla a vazão da solução de hipoclorito, após ter sido feito o ajuste manual da dosagem de cloro residual livre na concentração desejada de 1mg/L.



Figura 4-2: Bomba dosadora de cloro

A Figura 4-3 mostra a captação de água subterrânea do Poço Artesiano a qual é conduzida pela tubulação indicada na Figura 4-4, onde é feita a mistura da água in-natura com a solução de hipoclorito de sódio diluída.



Figura 4-3: Captação de água do Poço Artesiano



Figura 4-4: Representação do ponto de entrada da solução de hipoclorito de sódio diluída

A Figura 4-5 ilustra o painel da bomba que controla o Poço, tendo a opção no manual ou automático. O manual geralmente é utilizado quando o reservatório está cheio, para fazer o ajuste do cloro.

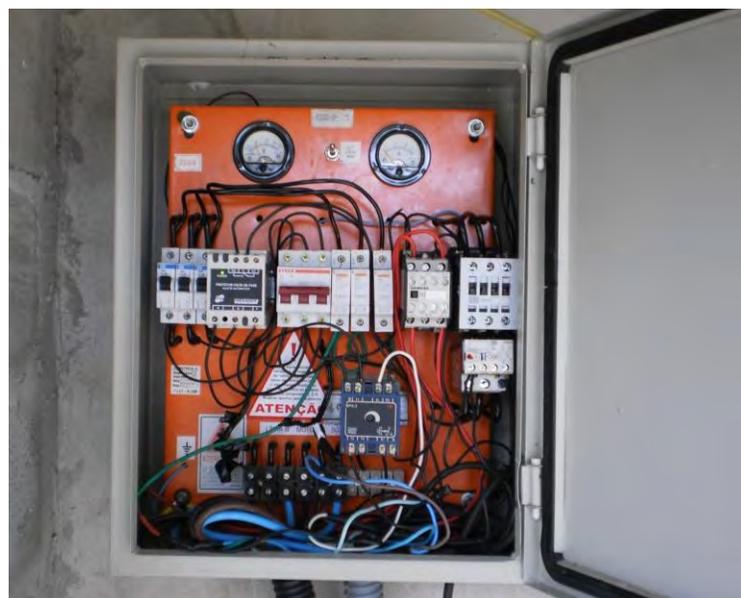


Figura 4-5: Painel da Bomba d'Água

A Figura 4-6 mostra o hidrômetro é utilizado para medir a vazão, por onde passa a água após ter sido clorada.



Figura 4-6: Hidrômetro

A água após desinfecção é bombeada para um reservatório de capacidade de 50m^3 onde fica armazenada até o momento de consumo, como indicado na Figura 4-7.



Figura 4-7: Reservatório de água

Uma bomba alimenta os prédios da Faculdade. Possui motor de indução monofásico, marca: Eberle, modelo: PE56E0286V e apresenta as seguintes especificações: 1,6 CV; 110-220V; 3480 rpm.



Figura 4-8: Novas instalações: Poço Artesiano nº II

Na Figura 4-8 a representação de um novo poço, Poço Artesiano nº II, que ainda não entrou em funcionamento.

4.2.2 O Sistema de Abastecimento Público de Água: suprido pelo SAEG

No dia 02/05 foi feita uma visita técnica à Companhia de Serviço de Água, Esgoto e Resíduo de Guaratinguetá – SAEG, para conhecer como é realizado o processo de Tratamento de Água pelo Sistema Convencional.

O Tratamento Convencional é um processo eficiente de tratamento, onde a água bruta passa por tratamento completo na ETA, desde o processo de pré-desinfecção, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação até correção de pH antes de ser servida ao abastecimento público.

Das informações contidas neste trabalho, algumas foram retidas do site do SAEG, enquanto que outras, foram obtidas durante a visita realizada à Estação de Tratamento de Água, onde foi permitida a captura de algumas fotos que são ilustradas a seguir.

4.2.2.1 Características da Área em estudo

O município de Guaratinguetá localiza-se na região paulista do Vale do Paraíba, entre as Serras da Mantiqueira (Norte), do Mar e da Quebra Cangalha (Sul).

Dados do IBGE (2011) apontam uma população de 112.072 habitantes entre a população rural e urbana, ocupando uma área de 752 km².

O acesso à cidade de Guaratinguetá pode-se dar através da Rodovia Presidente Dutra e pela Rodovia Estadual SP-171, que liga Guaratinguetá à cidade de Cunha-SP e à divisa com o Estado do Rio de Janeiro.

A companhia de Serviço de Água, Esgoto e Resíduo de Guaratinguetá localiza-se na Rua Xavantes, nº 1880, no bairro Jd. Aeroporto, Cep: 12512-010, no município de Guaratinguetá-SP.

Desde 1971 o SAEG é responsável pelo serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário do município. A partir de 2005, a empresa passou a ser também responsável pelo manejo de resíduos sólidos do município.

De acordo com a Lei Municipal nº 3.933, de 18 de junho de 2007, foi criado o Serviço de Água, Esgotos e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG), classificado como sociedade de economia mista por ações de capital fechado, com sede e foro no município de Guaratinguetá.

A Lei Municipal nº. 3.976, de 06 de novembro de 2007, alterou o nome para Companhia de Serviço de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG).

4.2.2.2 Captação de água superficial

O sistema principal de abastecimento do SAEG é suprido por dois mananciais superficiais, o Ribeirão Guaratinguetá e o Ribeirão dos Lemes.

As águas captadas do manancial de Ribeirão dos Lemes abastecem os bairros e pequenos bairros rurais situados ao longo da adutora, até a Estação de Tratamento de Água – ETA.

A captação localiza-se na Serra da Mantiqueira, a 15 km da ETA.

O tratamento das águas do Ribeirão dos Lemes é feito no Reservatório de Acumulação, onde se processa a aplicação de soluções de cloro e de flúor. A adutora que leva água até a cidade, por gravidade, tem extensão de 25 km, e em diâmetro nominal (DN) de 250 mm.

Estudos estimam uma vazão (Q) de 0,04 m³/s para este manancial.



Figura 4-9: Vista geral da captação do Ribeirão dos Lemes
(Fonte: <http://www.saeg.guaratingueta.sp.gov.br>)

As águas captadas do manancial Ribeirão Guaratinguetá são recalçadas através da Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB) até a ETA, onde são tratadas pelo Sistema Convencional.

A captação no manancial Ribeirão Guaratinguetá localiza-se a 400 m da ETA. A adutora de água bruta do Ribeirão Guaratinguetá, que interliga a captação à ETA principal da cidade, possui extensão de 300 m e DN de 550 mm.

Estudos estimam uma vazão (Q) de 0,516 m³/s para o ribeirão.

A visita à Estação de Tratamento iniciou-se com a ida até o manancial de captação de água (Figura 3.10), onde o represamento é feito pela barragem do Ribeirão Guaratinguetá, cuja tomada de água lateral na barragem é formada por duas passagens, interligadas às caixas de areia.



Figura 4-10: Manancial de Captação de água bruta: Ribeirão Guaratinguetá

A caixa de areia é composta por duas câmaras independentes, com grades grosseiras, onde a limpeza manual pode ser feita. Através do gradeamento é possível fazer a separação da água e da areia, a qual fica retida no fundo da caixa, garantindo que a água que chega à Casa de Bomba contenha o mínimo possível desses materiais.

As saídas das duas câmaras são providas de comportas, que direcionam o escoamento para um compartimento, de onde parte a tubulação que leva a água bruta por gravidade, até os Poços de Sucção, na Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB).

No dia da visita, a caixa de areia apresentava algumas fissuras em sua estrutura (Figura4-11) devido à ação das pás das máquinas, utilizadas para retirar o excesso de areia no fundo.



Figura 4-11: Vista da caixa de areia

Na Figura 4-12 encontra-se a caixa de inspeção, que permite a inspeção, a manutenção da limpeza, desobstrução, e mudança de direção das tubulações.

A Figura 4-13 ilustra o poço de sucção, o qual é composto de dois tanques com um volume de 18m^3 cada e por gravidade succiona a água do manancial.



Figura 4-12: Vista da Caixa de Inspeção



Figura 4-13: Vista de cima do Poço de Sucção.

Na entrada da Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB), também chamada de Casa de Bombas, há um conjunto de moto-bombas, que bombeia água para a ETA.

A EEAB tem quatro bombas, as quais formam dois grupos distintos com recalques diferentes, todas operando paralelamente. A saída de recalque das bombas é interligada a uma

tubulação, que forma a adutora de água bruta, que segue até a ETA e recebe a interligação da adutora do Ribeirão de Leme.



Figura 4-14 : Conjunto de moto-bombas na EEAB

4.2.2.3 Tratamento Convencional da Água: precloração, precipitação química, decantação, filtração, poscloração, correção de pH e fluoretação

Na ETA o tratamento da água bruta inicia-se pela etapa de precloração. Na etapa da precloração, é feita a adição de cloro gasoso na água no início do tratamento, com o intuito de eliminar o gosto e odor, combater a proliferação das algas e microrganismos, assim como a obtenção de melhoria na coagulação, onde ocorre o agrupamento das impurezas presentes na água.

A Estação recebe diariamente 30 milhões de litros de água a uma vazão de 450L/s, que chegam por canaletas até os tanques para aplicação do agente desinfectante nas águas.

No SAEG, os produtos químicos geralmente utilizados no processo de tratamento são: policloreto de alumínio (PAC), cal hidratado, cloro gasoso e ácido fluossilícico líquido.

Na Figura 4-15 observa-se a chegada de água bruta que antecede uma calha de parshal que controla a vazão de entrada. Nesse local a água pré-clorada recebe uma dosagem adequada de policloreto de alumínio.



Figura 4-15: Chegada da água à ETA e mistura ao policloreto de alumínio



Figura 4-16: Detalhe da mangueira utilizada para adicionar PAC à água

A próxima etapa é a Floculação (Figura 4-17), que é constituída de duas câmaras interligadas em série e um conjunto de paletas verticais paralelas ao eixo. Na Floculação as impurezas aglutinam-se com o PAC formando flocos. Em seguida, as impurezas são depositadas

no fundo dos decantadores. Nesta etapa podem ser utilizados agentes alcalinizantes (cal hidratada) caso haja necessidade da correção de pH.



Figura 4-17: Tanque de Flocculação

A velocidade nula de escoamento do fluido contribui para a sedimentação das partículas sólidas na água. Por gravidade, ocorre a decantação das partículas sólidas para o fundo dos tanques de decantação, como mostra a Figura 4-18

Esta etapa acontece com as seguintes taxas de trabalho:

- tempo médio de Decantação: 1,4 L/s.m
- taxa de escoamento superficial bruta: $70 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$
- velocidade horizontal da zona de sedimentação: $0,83 \text{ cm/s}$
- profundidade do tanque: 6 m



Figura 4-18: Tanque de Decantação

A visita prossegue-se com a ida ao Laboratório da ETA, onde são feitas as análises Físicas e Químicas da água. A análise Bacteriológica é realizada por outro Laboratório da cidade.

Na ETA a estrutura laboratorial permite atender as rotinas de controles mais constantes exigidas, como a Portaria nº 518, do Ministério da Saúde.

Na Figura 4-19 é representado o aparelho de Jar-Test (Teste em jarro), que é utilizado para determinação da dosagem ótima do coagulante a ser empregado. Após isso, deve-se verificar qual o tempo e o gradiente de velocidade ótimo, necessários para a floculação da água em estudo. É importante analisar se após a sedimentação, na etapa da floculação, a água apresentou uma redução da turbidez considerável.

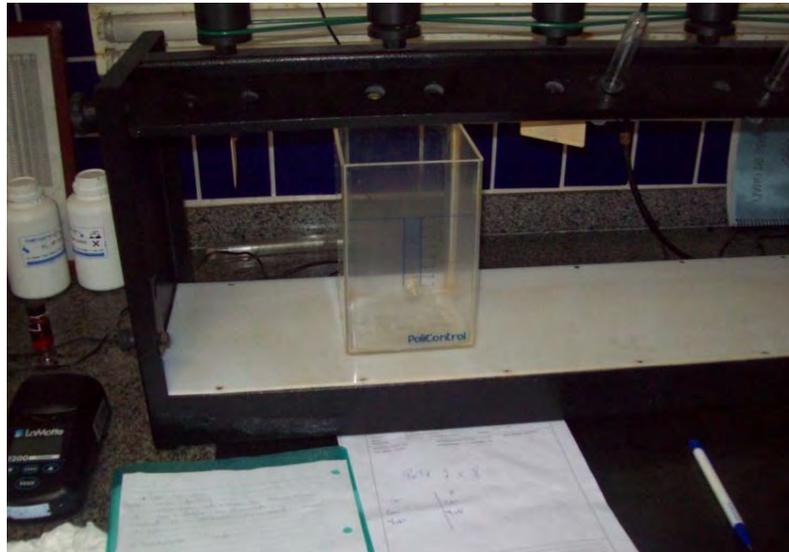


Figura 4-19: Aparelho Jar-Test

Após a Decantação, a água segue para as unidades filtrantes, onde é realizada a etapa da Filtração.



Figura 4-20: Vista dos filtros

Pela tubulação a água cai na galeria e tem seu fluxo dividido, para não danificar as camadas de areia, Figura 4-21.

A ETA dispõe de quatro filtros rápidos (Figura 4-21), de fluxo descendente de camada dupla (areia+antracito), que são instalados sobre um sistema de drenagem, para reter e remover as impurezas ainda presentes.



Figura 4-21: Vista da Galeria

A Figura 4-22, mostra os registros utilizados quando há necessidade de ser feita lavagem no Filtro. São necessários aproximadamente 146000 L de água para a lavagem do Filtro.



Figura 4-22: Representação dos Registros

Na Figura 4-23, o cilindro de cloro a gás utilizado na precloração e poscloração.



Figura 4-23: Cilindro de cloro a gás

No depósito da ETA, havia um estoque de Cal Hidratado e Carbonato de Sódio, ambos os produtos são utilizados para a correção do pH, o que dependerá das características da água a ser dosada, Figuras 4-24 e 4-25.



Figura 4-24: Cal hidratado



Figura 4-25: Carbonato de Sódio

Na área externa foi encontrado um tanque empregado para depósito do policloreto de alumínio, Figura 4-26.



Figura 4-26: Tanque para armazenamento do PAC

Do lado de fora do depósito, havia quatro tanques de fibra, contendo 6000L cada. Os dois tanques de Ácido Fluorsilícico (Figura 4-27) são utilizados na Estação de Tratamento para a

fluoretação da água. Os outros dois tanques, contendo Hipoclorito de Sódio, somente são utilizados em casos de emergência, tal como problemas no dosador de cloro (Figura 4-28).



Figura 4-27: Tanque com Ácido fluorsilícico



Figura 4-28: Tanque com Hipoclorito de Sódio

Na Figura 4-29, mostra as tubulações, onde cada coloração representa uma finalidade:

- verde: mandar água do decantador para o filtro
- laranja: tubulação de descarga
- azul: distribuição de água filtrada
- branco: lavagem



Figura 4-29: Representação das tubulações

Na Figura 4-30, mostra a Chincana, que é a galeria por onde a água passa, e na tubulação, ela mistura-se ao cal hidratado (Figura 4-31).

Através da bomba (Figura 4-32) que recebe já misturada ao cal hidratado, a água chega ao reservatório, este com capacidade de 146000L.

Após a etapa da Filtração, na Poscloração ocorre novamente a desinfecção da água, para obtenção de uma melhor qualidade biológica da água e garantia da desinfecção.



Figura 4-30: Representação da Chicana



Figura 4-31: Vista da tubulação onde o cal é misturado à água



Figura 4-32: Representação da bomba

4.2.2.4. Reservação de água tratada e distribuição

Pode-se ver na área da ETA, o Reservatório R1 (Figura 4.33), sendo este de capacidade de 1200m³, que opera como tanque de contato - onde se processa a desinfecção final - e poço de sucção da EEAT-1, EEAT-2 e EEAT-7. Estas elevatórias estão instaladas na Casa de Bomba da ETA, as duas primeiras recalcam água do R1 para o Centro de Reservação (CR) do Pedregulho, e a terceira para o Reservatório Elevado (REL-7).

O CR do Pedregulho está localizado em um dos pontos mais elevados da cidade, dele partem tubulações para o abastecimento da região central, área de maior adensamento populacional do município. Com capacidade de 8000m³ de água, ele é composto pelas seguintes unidades: Reservatório R2, R3 e R4.



Figura 4-33: Vista do Reservatório R1, poço de sucção da EEAT e ETA
(Fonte: <http://www.saeg.sp.gov.br>)



Figura 4-34: Detalhes da EEAT na Casa de bombas
(Fonte: <http://www.saeg.sp.gov.br>)



Figura 4-35: Visão geral do CR Pedregulho
(Fonte: <http://www.saeg.sp.gov.br>)

A visita ao SAEG termina no reservatório elevado REL-7 (Figura 4.36), este com capacidade de 750m^3 , abastecido pela EEAT-7, que recalca água do Poço de Sucção (Reservatório R1).

As regiões do Jardim Aeroporto, Vila Rony, Jardim Pedregulho, Vila Mollica, são atendidas pelo REL-7, existente na área da ETA.



Figura 4-38: Representação do marcador e da tubulação ladrão no REL-7

4.3 MATERIAIS E METODOLOGIA

4.3.1 Determinação de Coliformes Totais e Fecais

A possibilidade da presença de organismos patogênicos em uma água é determinada, indiretamente, através do índice de coliformes. Pois sendo os organismos desse tipo, especialmente, característicos da presença de fezes de animais homeotérmicos ou de sangue quente, a sua presença na água é reveladora da provável existência de microorganismos intestinais patogênicos.

A determinação de coliformes totais e fecais contidos na amostra foi feita por uma estimativa da densidade de bactérias, calculada a partir da combinação de resultados positivos e negativos, obtidos mediante a técnica de Fermentação dos Tubos Múltiplos. O valor encontrado foi chamado de Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais ou fecais.

Esta técnica consistiu da sementeira de volumes decrescentes de amostra em um meio de cultura adequado, de modo que cada volume foi inoculado em uma série de 5 tubos.

A pesquisa do grupo *Coliformes totais*, pelo método da fermentação em tubos múltiplos constou de dois testes: o presuntivo e o confirmativo.

O *teste presuntivo* consistiu na distribuição asséptica de porções de 10ml, 1ml e 0,1ml da amostra em tubos de ensaio contendo caldo lauril triptose e tubos de Durham invertidos, seguida de incubação a $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$ por 24-48 h. A produção de gás foi considerada como teste presuntivo positivo, presuntivo porque muitos outros germes podem produzir gás neste meio de cultura, como por exemplo, bacilos anaeróbios gram-positivos, esporulados encontrados no solo, certos clostrídios, etc.

O *teste confirmativo* consistiu na sementeira de alíquotas dos tubos de caldo lauril triptose positivos para os tubos contendo caldo lactosado e 2% de bile verde brilhante. A produção de gás nos tubos após a incubação durante 24-48 h e à temperatura de $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$ confirmou a presença de coliformes totais.

O caldo lactosado verde brilhante bile 2% é um meio seletivo em que se obtém inibição de bactérias Gram-positivas e de esporulados fermentadores de lactose, permitindo um bom desenvolvimento de bactérias do grupo coliforme.

Os *Coliformes fecais* também foram pesquisados pelo método da fermentação em tubos múltiplos. O método da fermentação em tubos múltiplos consistiu na inoculação, em meio EC médium a partir dos tubos de caldo lauril-triptose positivos e incubação em banho-maria a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ durante 24 h. A produção de gás foi resultado positivo para os coliformes fecais.

Para os Exames Bacteriológicos foi utilizada a Estufa Bacteriológica da Figura 4.5, onde a temperatura máxima é de aproximadamente 60°C . A temperatura de desenvolvimento de microorganismos do grupo *Coliformes Totais* foi de $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$.



Figura 4-39: Estufa Bacteriológica – modelo:216 – marca: FANEM

O aparelho representado na Figura 4.39 foi utilizado na esterilização de todos os materiais e dos meios de cultura empregados para os exames microbiológicos de água. O processo de esterilização consistiu em manter os materiais e os meios de cultura em vapor superaquecido à pressão de $1,25 \text{ Kg/cm}^2$ e à temperatura de $121 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 15 minutos.



Figura 4-40: Autoclave – Modelo Fabbe-Primar

4.3.2 . Determinação de Resíduos Sólidos Totais

Em uma cápsula de porcelana de peso conhecido foi transferido um volume de 200 mL de amostra de água bem homogeneizada. Após evaporação total, a cápsula contendo o resíduo foi transferida para uma estufa à temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 2 horas. A diferença entre a cápsula contendo resíduo e a capsula vazia dividida pelo volume forneceu a concentração de resíduos sólidos totais, em mg/L, presentes na amostra de água.

Nas Figuras 4.41 a 4.44 encontram-se os equipamentos empregados na quantificação dos resíduos sólidos presentes em amostras de água.



Figura 4-41: Banho Maria (cápsulas de porcelana de 250 ml) - marca: Fisatom



Figura 4-42: Estufa – modelo: NT 515 - marca: Nova Técnica



Figura 4-43: Dessecador (agente dessecante é a sílica gel azul)



Figura 4-44: Balança Analítica – modelo: BL 2105 – marca: Sartorius

4.3.3 . Determinação da Dureza Total da Água (Cálcio e Magnésio)

A determinação da dureza da água foi realizada pelo método titulométrico, Figura 4.46, empregando-se uma solução padrão de diidrogenoetilenodiantetra-acetato de dissódico (EDTA) 0,01 M, em meio alcalino e na presença do indicador Negro de Eriocromo T.

O EDTA tem uma grande capacidade de reagir com os íons metálicos (cálcio e magnésio) formando complexos bastante estáveis e solúveis. Esta capacidade foi utilizada para o doseamento destes íons, enquanto a seletividade quanto aos tipos de íons que devem reagir foi dada pela imposição do valor de pH. O cálcio e o magnésio foram complexados estequiometricamente em valores de pH bastante alcalino, em torno de 10, sendo esta condição fornecida pela adição na amostra de uma solução tampão.

O ponto estequiométrico ou o ponto final da reação foi detectado pela utilização de uma solução indicadora de negro de eriocromo T. O ponto final foi determinado pela mudança de coloração da solução de avermelhada para a coloração ligeiramente azulada.

A forma de expressar o resultado da análise foi em mg/L de CaCO_3 , mas o que se determinou na realidade foram os cátions, causadores de dureza.



Figura 4-45: Elemeyer (250ml), bureta (50ml), pipeta, suporte universal e garra

4.3.4 Determinação da Alcalinidade de Bicarbonato

Em águas naturais a alcalinidade se deve principalmente à presença de íons carbonato e bicarbonato. Os íons hidróxido, em menor grau, silicato, borato, fosfato e amônio, também contribuem para a alcalinidade da água. Estes elevam o pH da água para um valor acima de 4,5.

Os íons causadores da alcalinidade têm em comum o fato de serem todos básicos e, assim, capazes de reagir quimicamente com uma solução ácida, ocorrendo uma reação de neutralização.

A determinação da alcalinidade foi realizada mediante neutralização desses íons com uma solução de ácido sulfúrico 0.02N, usando como indicadores o fenolftaleína e o alaranjado de metila, os quais mudaram de cor respectivamente em pH 8.3 e 4.3.

A alcalinidade na presença de indicador fenolftaleína foi neutralizada pela adição de ácido sulfúrico e o ponto final da reação foi indicado pelo desaparecimento da coloração avermelhada da amostra.

Em seguida, a alcalinidade na presença de indicador alaranjado de metila foi neutralizada pela adição de ácido sulfúrico 0,02N e o ponto final da reação indicado pela mudança da coloração amarela à laranjada.

Para se expressar os resultados segundo os íons causadores da alcalinidade, ou seja, HIDRÓXIDOS, CARBONATOS E BICARBONATOS, foi utilizada a seguinte tabela:

Tabela 4-2: Diferentes formas de Alcalinidade

<i>ALCALINIDADE</i>	<i>UNIDADE</i>	<i>F=M</i>	<i>F > M</i>	<i>F < M</i>
HIDRÓXIDOS	mg/L CaCO ₃	0	T-2M	0
CARBONATOS	mg/L CaCO ₃	T	2M	2F
BICARBONATOS	mg/L CaCO ₃	0	0	T-2F

Onde

F = Alcalinidade à fenolftaleína em *mg/L CaCO₃*

M = Alcalinidade ao alaranjado de metila em *mg/L CaCO₃*

T = Alcalinidade total em *mg/L CaCO₃*

4.3.5 . Determinação do Ferro Total

O ferro total foi determinado por espectrofotometria pelo método da 1-10 ortofenatrolina. Esse método fundamentou-se na reação entre a 1-10-ortofenatrolina com o Fe^{2+} para formar um complexo de cor vermelho-alaranjado. A intensidade da cor produzida foi proporcional à concentração do íon ferroso presente, o qual foi quantificado, obedecendo a Lei de Beer, num comprimento de onda de 515nm em um espectrofotômetro.

A amostra de água foi tratada com ácido clorídrico concentrado para dissolver quaisquer compostos de ferro. Em seguida os íons Fe^{3+} foram reduzidos a Fe^{2+} mediante um agente redutor tal qual o cloridrato de hidroxilamina 10%.

Para cada átomo de íon ferroso, três moléculas de 1-10-fenatrolina foram requeridas para formar o complexo vermelho-alaranjado de ortofenatrolina-ferroso, em meio tamponado de acetato de amônio.

O aparelho utilizado para determinação de ferro, representado na Figura 4.46 trabalha na faixa do visível (de 400 a 760nm).



Figura 4-46: Espectro Fotômetro– marca: Hach Odyssey– modelo: DR 2500

4.3.6 Determinação do pH

O termo pH é o cologarítmo da concentração molar (moles/L) dos íons H^+ presentes na solução, representado pela equação a seguir.

$$pH = -\log[H^+] \quad (2)$$

A atividade do íon hidrogênio que formalmente se determina através do eletrodo de pH, sendo a definição da atividade dada por:

$$pH = -\log a_{H^+} \quad (3)$$

Os eletrodos seletivos medem a atividade iônica, ou seja, a concentração termodinamicamente ativa do íon livre, concentração esta que determina as velocidades de reação e os equilíbrios químicos.

Os eletrodos seletivos de vidro respondem muito bem a íons positivos monovalentes: H^+ , Na^+ , Ag^+ e Li^+ , de forma que para a medição dos íons H^+ a composição do vidro utilizada deve ser essencialmente de silicatos de lítio, adicionados de íons de lantânio e bário, que reduzem a hidrólise do silicato e a mobilidade dos íons alcalinos, especialmente o sódio. A resposta do eletrodo de vidro é relativamente indiferente ao tipo de ânion presente na solução, desde que estes ânions não ataquem quimicamente o vidro: os eletrodos de vidro podem ser utilizados também em sistemas não aquosos, tais como óleos e solventes orgânicos.

Quando o eletrodo, seco, de vidro é pela primeira vez mergulhado numa solução aquosa, a formação da camada hidratada exterior provoca certo entumescimento da membrana; depois, dá-se a dissolução constante da membrana hidratada, acompanhada da hidratação de nova camada de vidro seco, de forma a manter a espessura da camada hidratada a determinado valor constante. A velocidade de dissolução desta camada depende da composição do vidro, e também da natureza da solução ensaiada; constitui, por outro lado, um fator determinante do tempo de duração do eletrodo, o qual varia desde algumas semanas até vários anos.

Os eletrodos de pH atualmente utilizados, são do tipo combinado, onde o eletrodo sensível ao pH (vidro) e o de referência estão em um só corpo. O cilindro externo contém o eletrólito que efetua a ponte salina com o eletrodo de referência, envolvendo o conjunto usual de eletrodo de vidro, com exceção do bulbo sensível ao pH.

O método é praticamente isento de interferentes, onde a presença de óleos e graxas provocam uma resposta lenta do eletrodo. Isto pode ser evitado com uma limpeza periódica através da imersão alternada do eletrodo em soluções de NH_4OH e HCl , ambas em soluções de 1N, por 15 minutos. O erro alcalino, que ocorre em pH acima de 10, pode ser diminuído usando-se eletrodos chamados de baixo erro alcalino, onde o vidro utilizado é de qualidade bem superior.

Os materiais e equipamentos utilizados são:

- Materiais

- Béquero de 100ml
- Pisseta com água destilada
- Papel macio
- Potenciômetro
- Eletrodo de vidro e eletrodo de referência, ou eletrodo combinado

- Reagentes

- Solução de pH 4,008 a 25°C: dissolver 10,12g de biftalato de potássio, $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{OH}$, em água destilada e pH entre 5,6 e 6,0. Diluir para 1000ml em balão volumétrico. Guardar em frasco de polietileno.

- Solução de pH 6,865 a 25°C: dissolver 3,388g de fosfato monobásico de potássio, KH_2PO_4 , seco a 110°C por 2 horas, e 3,533g de fosfato dibásico de sódio, NaHPO_4 , seco a 110°C por 2 horas, em água destilada recém fervida e resfriada, para eliminar o CO_2 presente e elevar o pH a 6,7. Diluir em balão volumétrico de 1000ml e guardar em frasco de polietileno.

- Solução de pH 9,180 A 25°C: dissolver 3,8g de borato de sódio decahidratado, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, em água destilada igual a utilizada no tampão de pH 6,865. Diluir a 1000ml em balão volumétrico, e também guardar em frasco de polietileno.



Figura 4-47: PHmetro – marca: Digimed – modelo: DM 22

4.3.7 Determinação da Condutividade

Para a determinação da condutividade empregou-se um condutivímetro TECNOPON modelo CA-150 que possui um sistema eletrônico microprocessado que permite uma ampla faixa de medição. A calibração foi realizada imergindo-se uma célula de vidro com eletrodos de platina distanciados de 1 cm entre si numa solução padrão de condutividade igual a $146,7 \mu\text{S}/\text{cm}$. A correção da temperatura foi feita automaticamente. Após a calibração a célula foi mergulhada na amostra de água e a condutividade foi lida diretamente no visor do aparelho.

A medição da condutividade é um procedimento muito sensível para a medição de concentrações iônicas e deve ser utilizado com cautela, pois qualquer espécie com carga elétrica presente na solução, contribuirá para a condutância total. Esta medição também pode ser utilizada para determinar o ponto final de muitas titulações, mas o uso será limitado a sistemas relativamente simples, nos quais não há quantidade excessiva de reagentes presentes.

A condutância de uma solução eletrolítica em qualquer temperatura depende somente da concentração dos íons presentes e de suas concentrações.

A pureza da água destilada ou deionizada, é verificada por medições condutimétricas.

A condutividade da água destilada varia de $0,5 \times 10^{-6}$ a $3,0 \times 10^{-6} \text{ cm}^{-1}$, ou 0,5 a 3,0 $\mu\text{mhos/cm}$ e o menor traço de uma impureza iônica leva a um grande aumento da condutividade.

A seguir são exemplificados os Procedimentos Básicos para Operação do Condutivímetro:

4.3.7.1 - Para operação de um Eletrodo de platina preta:

Primeiramente deve-se ligar o aparelho no botão e deixá-lo por 10 minutos para estabilizar. Em seguida, com o botão de medição e calibração ajustado para o modo de “calibração”, girar o potenciômetro de “calibração” até atingir a indicação de 100,0. Feito isso, ajustar a temperatura com o potenciômetro de “compensação de temperatura”. Após terminar a calibração, ajustar o botão medição e calibração para a posição “medição” e introduzir o eletrodo dentro do líquido a ser medido. Anotar o valor da condutividade do líquido indicado e multiplicá-lo por um fator, em função do eletrodo utilizado, para o eletrodo de platina preta este fator é 10. Retornar ao modo “calibração”, e esperar que a indicação seja 100,0, após isso, desligar o aparelho. Para finalizar, deve-se lavar o eletrodo com água deionizada e secar com papel absorvente macio.



Figura 4-48: Condutivímetro – marca: Marconi – modelo: CA 150

4.3.8 Determinação da Turbidez



Figura 4-49: Turbidímetro – marca: Policontrol – modelo: AP 2000

Para determinação da turbidez utiliza-se análise turbidimétrica ou nefelométrica. A análise turbidimétrica se baseia na luz transmitida em função da concentração da fase dispersa, lembrando-se que a luz que passa através de uma suspensão, tem parte de sua energia radiante absorvida, refletida e refratada, sendo o restante transmitida. A análise nefelométrica corresponde à medida da intensidade da luz dispersa (ângulo reto com direção da luz incidente) em função da concentração da fase dispersa.

O método nefelométrico se baseia na comparação da intensidade da luz espalhada por uma suspensão padrão de referência. Quanto maior a intensidade da luz espalhada, maior será a turbidez da amostra. A turbidez é expressa em unidade nefelométrica de turbidez (UNT).

O turbidímetro consiste de um nefelômetro com uma fonte de luz para iluminar a amostra e um ou mais detetores fotoelétricos espalhados em ângulo reto ao caminho da luz incidente.

A sensibilidade do aparelho deve detectar diferenças de turbidez de 0,02 unidades em águas com turbidez menor que uma unidade. A turbidez máxima a ser medida deve ser de 40 UNT. Amostras de água com turbidez superior ao limite máximo do método, devem ser diluídas com água isenta de turbidez. Para valores baixos de turbidez, tanto em águas brutas como tratadas, este método é indicado.

Para a determinação da Turbidez é utilizado o aparelho representado na Figura 4.50, os padrões de calibração utilizados são: 0,02 NTU; 10,7 NTU; 110 NTU; 951 NTU.

4.3.9 Determinação do Cloro Residual Livre

O DPD, em solução ácida, dissolvido na amostra pré-alcalinizada com fostato, forma um tampão de p H na faixa de 6,2 a 6,5. A N,N-dietil-p-fenilo-diamina (DPD), na ausência de íons iodeto, reage com o cloro livre, produzindo uma coloração rósea-avermelhada. Nesta reação, a intensidade de cor varia proporcionalmente à concentração de cloro presente, de acordo com a Lei de Beer.

- Materiais

- Béquero de 1000ml
- Comparador colorimétrico
- Cubetas de vidro
- Disco comparador colorimétrico padrão com leitura na faixa de 0,0 a 2,0 mg/L
- Frasco para coleta de amostras

- Reagentes

- EDTA
- Iodeto de Potássio
- N,N-dietil-p-fenileno-diamina (DPD)
- Tampão de fosfato



Figura 4-50: Comparador colorimétrico– marca: Quimis– modelo:046KCR

4.3.10 Determinação da cor

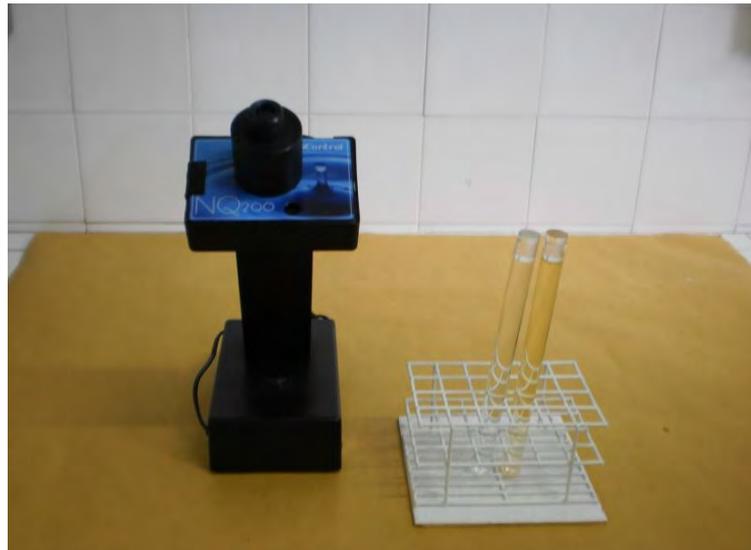


Figura 4-51: Comparador colorímetro – marca: Policontrol – modelo: NQ 200

A cor é separada distintamente em duas categorias, a cor verdadeira e a cor aparente. A cor verdadeira é aquela em que a turbidez foi retirada através da centrifugação ou filtração, ou seja, a

que resulta apenas da presença de substâncias orgânicas no estado coloidal ou em solução, enquanto cor aparente é devida à existência de matéria em suspensão e em solução.

Para determinação do parâmetro cor, utilizou-se a análise colorimétrica que tem como base a variação da intensidade de cor de um sistema que ocorre com a mudança de concentração de um dos componentes.

A cor é determinada pela comparação visual da amostra com soluções conhecidas de platina cobalto ou com discos de vidro corados com a solução de platina cobalto. Essa solução de coreto de cobalto mais cloroplatinado de potássio, foi escolhida arbitrariamente para ser solução padrão, sendo que pode ter sido levado em conta o fato de que os matizes de castanho amarelado são mais comuns em águas naturais.

Uma unidade de cor corresponde aquela produzida por 1mg/L de platina na forma de íon cloroplatinado, ou UH unidade na escala de Hazen. Como a cor depende do pH (diretamente proporcional) é necessário especificar o pH na qual a cor verdadeira se encontra.

Este método não é possível ser aplicado em águas de despejos industriais, principalmente efluentes coloridos.

A sensibilidade do método está na faixa de 5 a 70 unidades de cor. Águas com teor de cor superior ao limite máximo do método devem ser diluídas.

- Materiais
 - Aparelho de Hellige Tester (colorímetro)
 - Tubos de Nessler (50ml)
 - Discos de cor graduado
 - Béquer, bastão de vidro e proveta

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas análises físicas, químicas e bacteriológicas das amostras de água coletas para os quatro pontos escolhidos. Através dessas análises foram determinados os seguintes parâmetros: Bicarbonatos, Coliformes, Condutividade, Cor, CRL, Dureza Total, Ferro Total, pH, Resíduo Total e Turbidez.

A qualidade da água no trecho A, foi monitorada durante 105 dias com periodicidade quinzenal, coletando-se amostras de água tratada na saída da ETA-SAEG e amostras de água que chegam ao ponto de consumo que, no caso, foi uma torneira da cozinha do Centro de Convivência Infantil (Creche) da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá. Com relação ao trecho B, foi adotado o mesmo procedimento para a análise da qualidade da água. Porém as amostras de água tratada foram coletadas à saída do Poço Artesiano da Faculdade de Engenharia e à chegada ao ponto de consumo que, no caso, foi uma torneira do Laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Civil, do Campus de Guaratinguetá.

O período de monitoramento teve início no dia 29 de março e término no dia 05 de julho de 2011.

5.1 . Avaliação das características químicas da água nos trechos A e B

Os resultados dos parâmetros obtidos nos ensaios laboratoriais foram dispostos nos gráficos (histogramas) representados a seguir.

Desta forma, para o trecho A, pode-se verificar um aumento do teor de Bicarbonato (mg/L CaCO_3) em 62,5% das amostras (Figura 5.1). Este parâmetro está relacionado com a Alcalinidade, responsável pela redução da Dureza e prevenção da corrosão nas tubulações de ferro fundido.

Os parâmetros obtidos para o trecho B, verificou-se uma diminuição do Bicarbonato (mg/L CaCO_3) em 62,5% das amostras (Figura 5.2), o que pode contribuir para a corrosão das tubulações.

A partir da comparação da avaliação dos parâmetros obtidos para ambos os trechos, é possível fazer as seguintes considerações das discrepâncias encontradas entre eles: no trecho A

Houve aumento de 62,5% do Bicarbonato (mg/L CaCO_3). Enquanto no trecho B houve uma diminuição de 62,5% deste parâmetro.

Em todas as amostras analisadas para ambos os trechos, foi encontrado que a água apresentava alcalinidade total somente devido à presença de bicarbonato. Assim a concentração de alcalinidade total foi igual à concentração de bicarbonato.

Os valores de alcalinidade total observados nos Figuras (5.1 e 5.2), ficaram muito abaixo do permitido pela Portaria MS 518, sendo de 500 mg/L (CaCO_3).

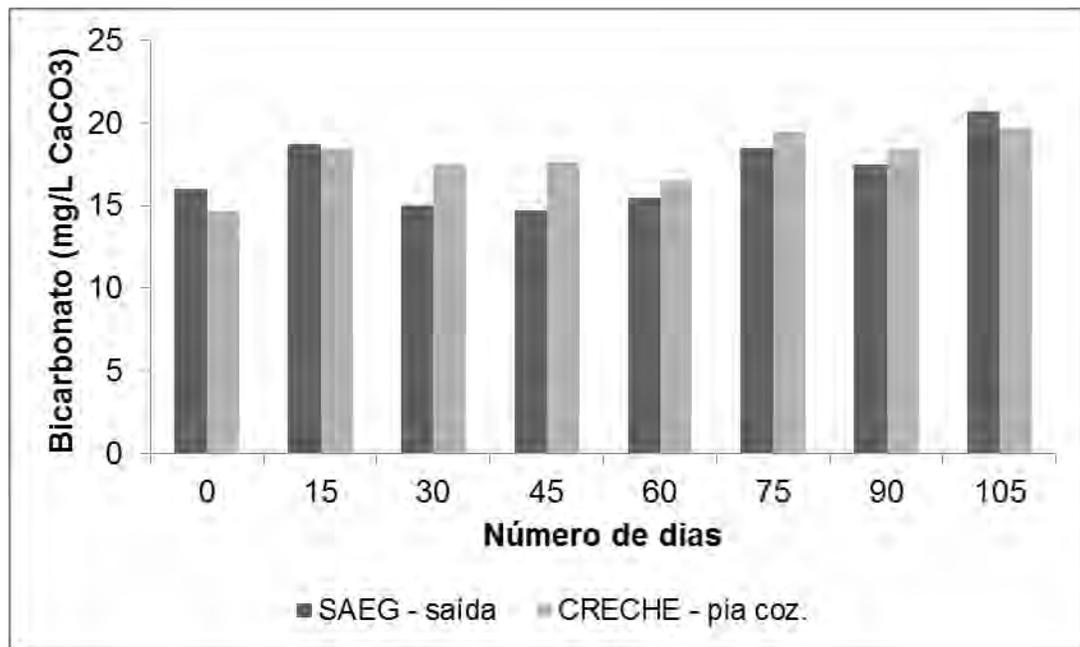


gráfico 5-1: Variação do teor de bicarbonato no trecho A da rede de distribuição

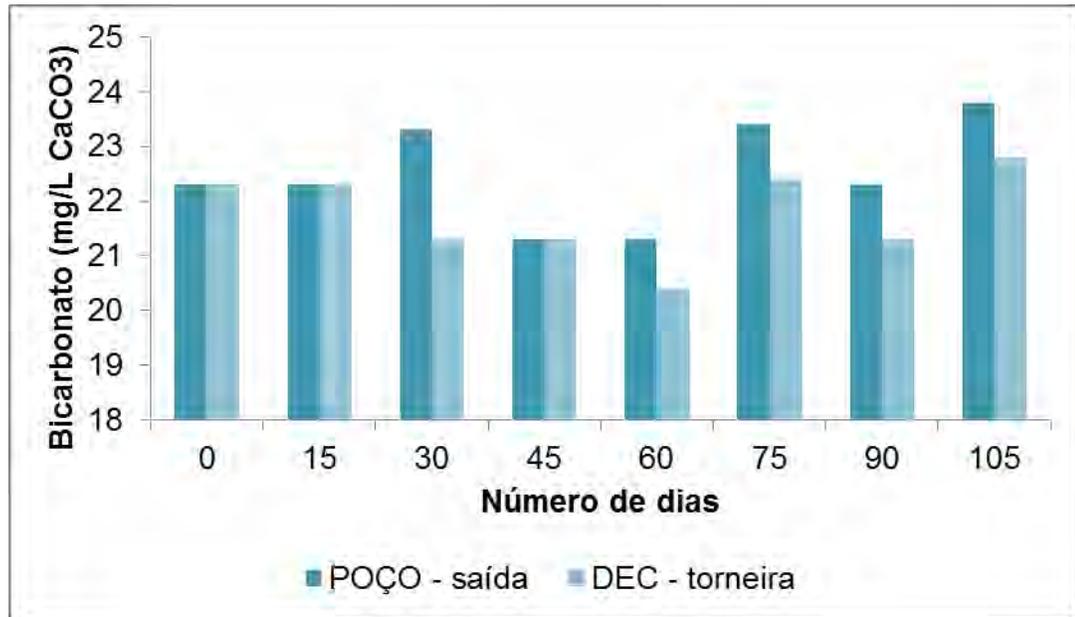


gráfico 5-2: Variação do teor de bicarbonato no trecho B da rede de distribuição

Para o trecho A, a Dureza Total aumentou em 62,5% das amostras (Figura 5.3), sendo esta relacionada à presença íons de cálcio e magnésio, que afetam as características organolépticas da água. Em concentrações elevadas eles dificultam a formação de espuma e contribuem para formação de incrustações nas tubulações. Os carbonatos de cálcio e magnésio exigem remoção no abrandamento, para serem servidas no abastecimento público. Em termos de dureza, a concentração de CaCO_3 apresentada inferior a 50 mg/L, classifica a água analisada como “mole” (Richter, 1991).

No trecho B, a Dureza Total (mg/L CaCO_3) diminuiu em 50% das amostras (Figura 5.4), o que contribui para redução dos íons de cálcio e magnésio presentes nas águas, e consequentemente, previne a ocorrência de incrustações nas tubulações.

As seguintes considerações podem ser feitas a respeito das discrepâncias entre estes trechos: no trecho A, a Dureza Total aumentou em 62,5% das amostras. Enquanto para o trecho B, este parâmetro diminuiu em 50% das amostras.

Os valores de Dureza Total apresentados nos Figura (5.3 e 5.4), estão muito abaixo dos valores permitidos pela Portaria MS 518, sendo de 500 mg/L (CaCO_3).

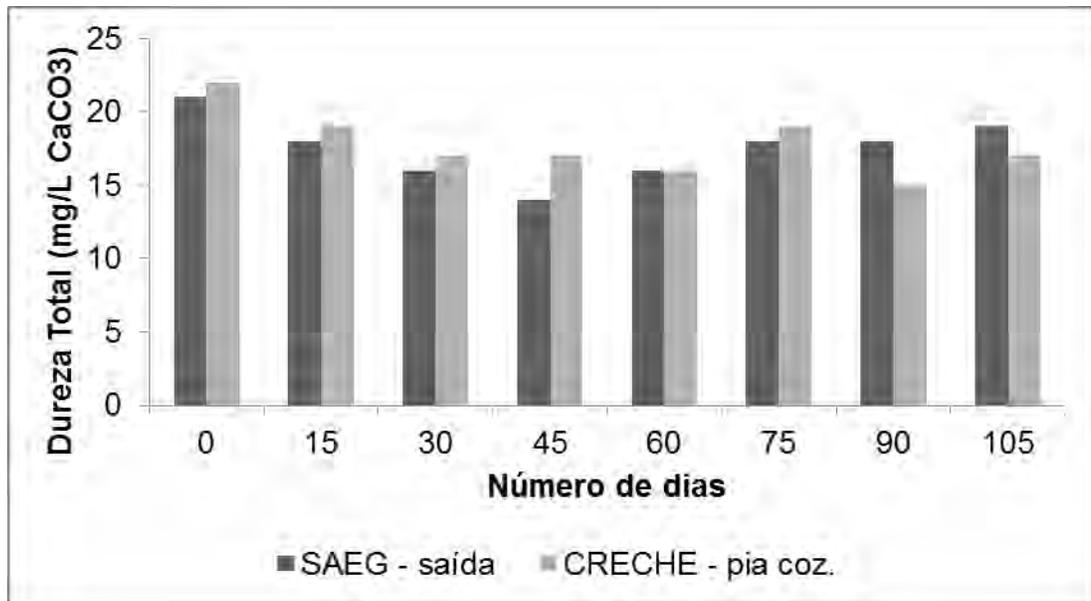


gráfico 5-3: Variação do teor de Dureza Total no trecho A da rede de distribuição

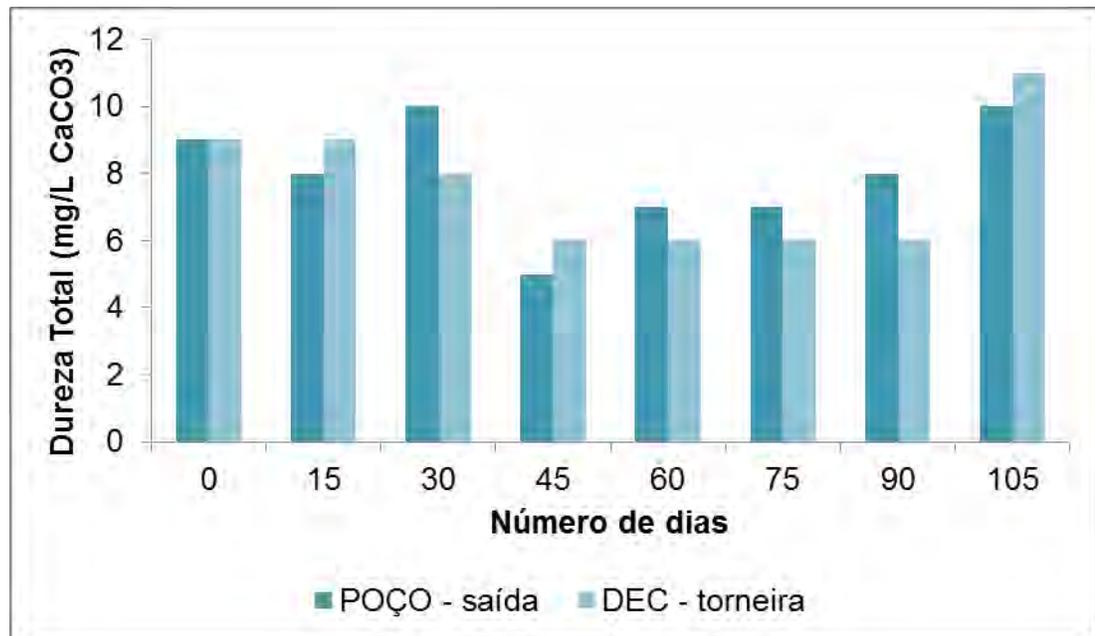


gráfico 5-4: Variação do teor de Dureza Total no trecho B da rede de distribuição

Para o trecho A, o Ferro Total diminuiu em 100% das amostras (Figura 5.5), o que pode ser devido à formação de um composto insolúvel de hidróxido ou óxido de ferro que provavelmente ficou depositado ou aderido ao longo da tubulação. Essa diminuição apresentada dificulta a formação de manchas geralmente provocadas nos objetos de porcelana e roupas, assim como o sabor e gosto provocados na água.

No trecho B, o Ferro Total (mg/L) diminuiu em 62,5% das amostras (Figura 5.6).

Das discrepâncias apresentadas entre os trechos: no trecho A, o Ferro Total diminuiu em 100% das amostras. Já no outro trecho B, o parâmetro diminuiu em 62,5% das amostras coletadas.

Os resultados de ferro encontrados nos pontos analisados de ambos os trechos estão abaixo de 0,3 mg/L e portanto estão em conformidade com o Padrão de Potabilidade da Portaria MS 518.

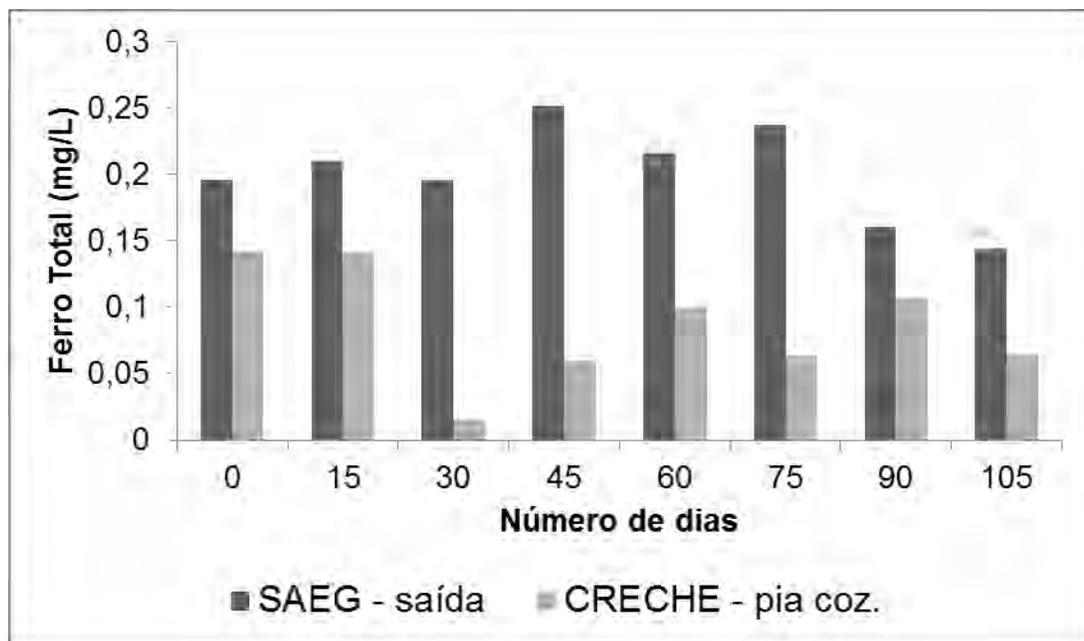


gráfico 5-5: Variação do teor de Ferro Total no trecho A da rede de distribuição

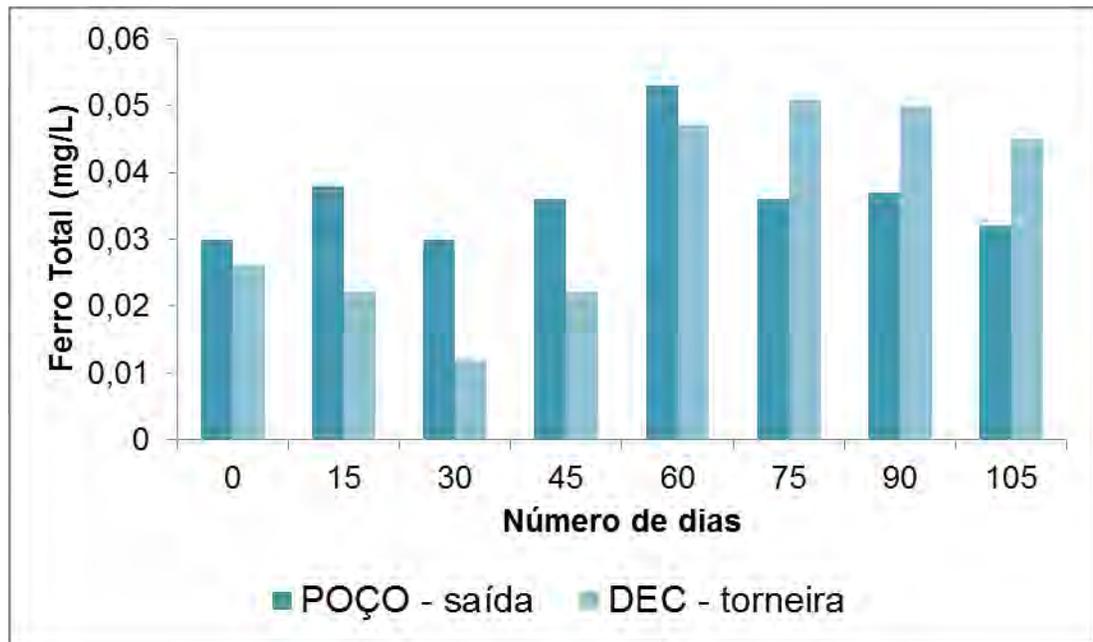


gráfico 5-6: Variação do teor de Ferro Total no trecho B da rede de distribuição

Para o trecho A, uma depleção do Cloro Residual Livre foi apresentada em 100% das amostras (Figura 5.7), que pode ser atribuída às más condições das tubulações, ou pela reação do cloro com as impurezas encontradas durante o transporte da água, após o tratamento.

No trecho B, houve depleção de Cloro Residual Livre, em 25% das amostras (Figura 5.8), pode ocorrer devido às más condições das tubulações, ou à reação do cloro com as impurezas encontradas durante sua trajetória.

A maior depleção de Cloro Residual Livre foi verificada no trecho A, o trecho mais longo, pois a perda de cloro é maior quanto maior for o trajeto percorrido pela água.

Os valores de CRL presentes nas Figuras (5.7 e 5.8), estão abaixo do valor permitido pela Portaria MS 518, sendo de 2 (mg Cl₂/L).

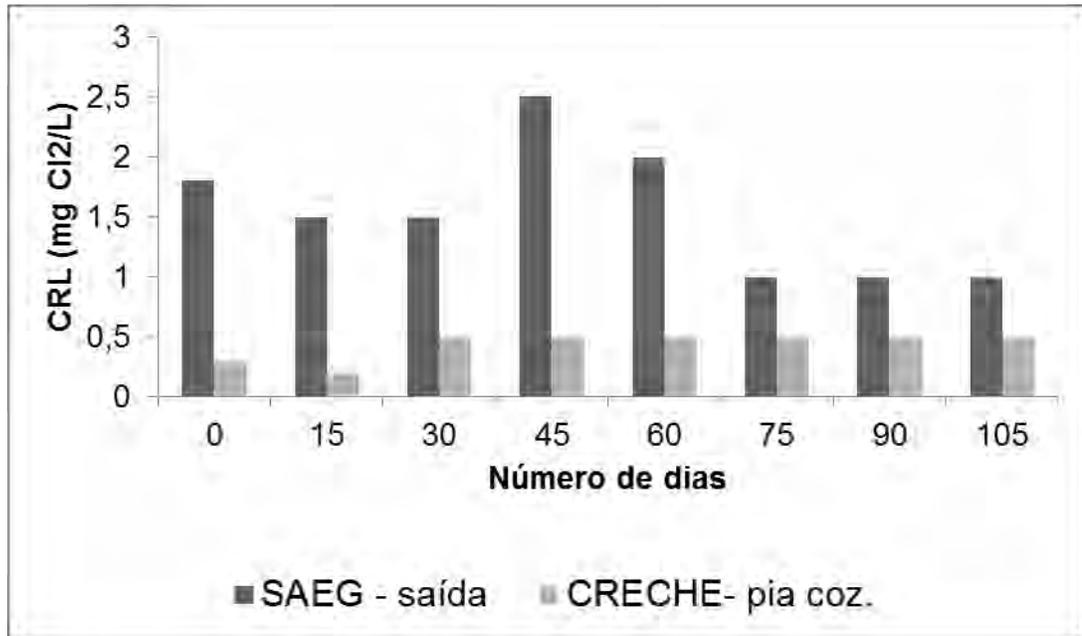


gráfico 5-7: Variação do teor de CRL no trecho A da rede de distribuição

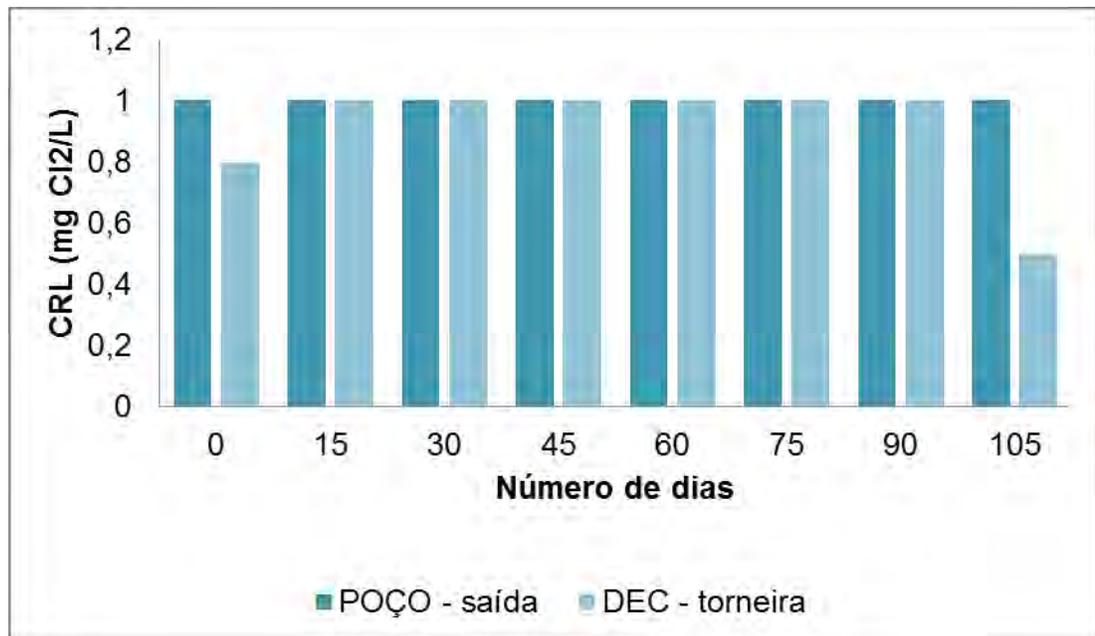


gráfico 5-8: Variação do teor de CRL no trecho B da rede de distribuição

Para o trecho A, o pH aumentou em 62,5% das amostras (Figura 5.9), o qual expressa a intensidade de uma solução, que pode ser ácida ou alcalina. O pH verificado, possui valor acima de 7, sendo esta uma solução alcalina. Águas com valores altos de pH tendem a formar incrustações nas tubulações.

No trecho B, o pH aumentou em 100% das amostras (Figura 5.10), com valores de pH abaixo de 7, solução ácida, onde valores baixos de pH, contribuem para o surgimento de águas corrosivas.

Das discrepâncias apresentadas entre os trechos: no trecho A, o pH aumentou em 62,5% das amostras; e para o trecho B, aumentou em 100% das amostras.

Os valores de pH apresentados nos Figuras (5.9 e 5.10), estão conforme os valores permitidos pela Portaria MS 518, sendo para o sistema de distribuição o pH mantido na faixa de 6 a 9,5.

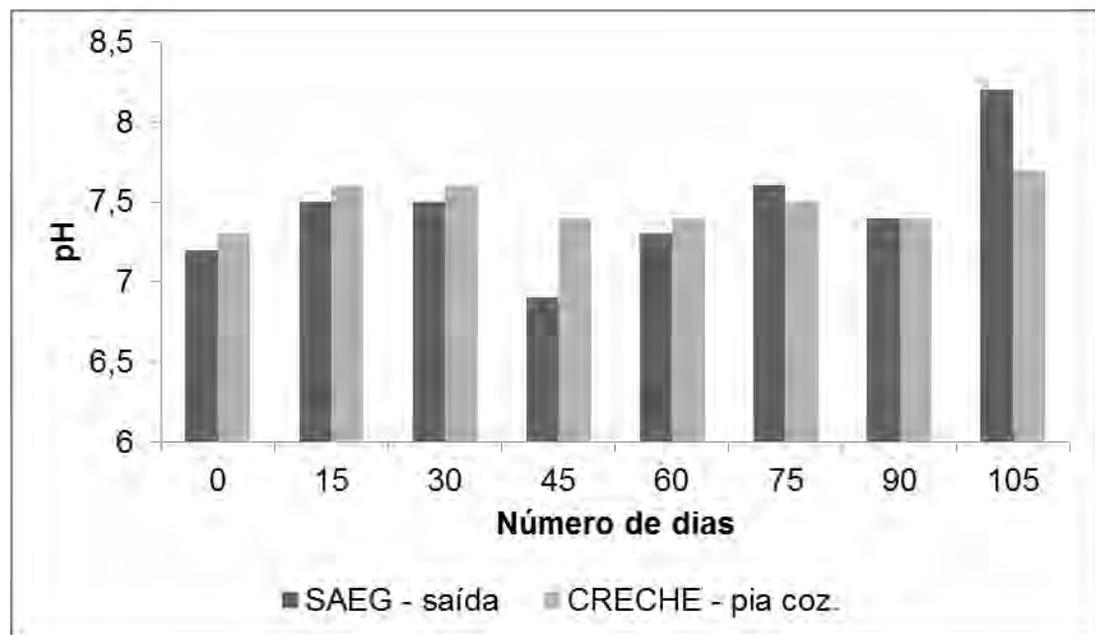


gráfico 5-9: Variação do pH no trecho A da rede de distribuição

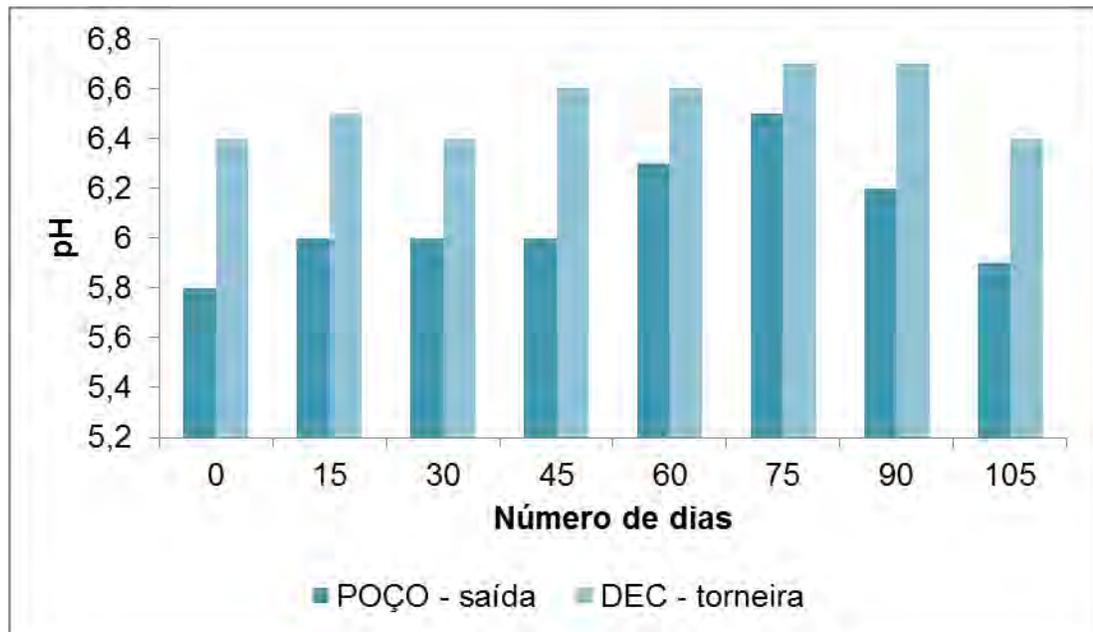


gráfico 5-10: Variação do pH no trecho B da rede de distribuição

Para o trecho A, o Resíduo Total aumentou em 50% das amostras (Figura 5.11), o qual pode ter origem orgânica ou inorgânica, devido às partículas insolúveis em suspensão, ou partículas coloidais presentes na água.

Para o trecho B, o Resíduo Total (mg/L) diminuiu em 62,5% das amostras (Figura 5.12).

Das discrepâncias apresentadas entre ambos, em relação ao Resíduo Total (mg/L), para o trecho A, apresentou aumento em 50% das amostras, e para o trecho B, apresentou diminuição em 62,5% das amostras.

Os valores apresentados nos Figuras (5.11 e 5.12), estão muito abaixo do valor permitido pela Portaria MS 518, sendo de 1000 mg/L de Resíduo Total

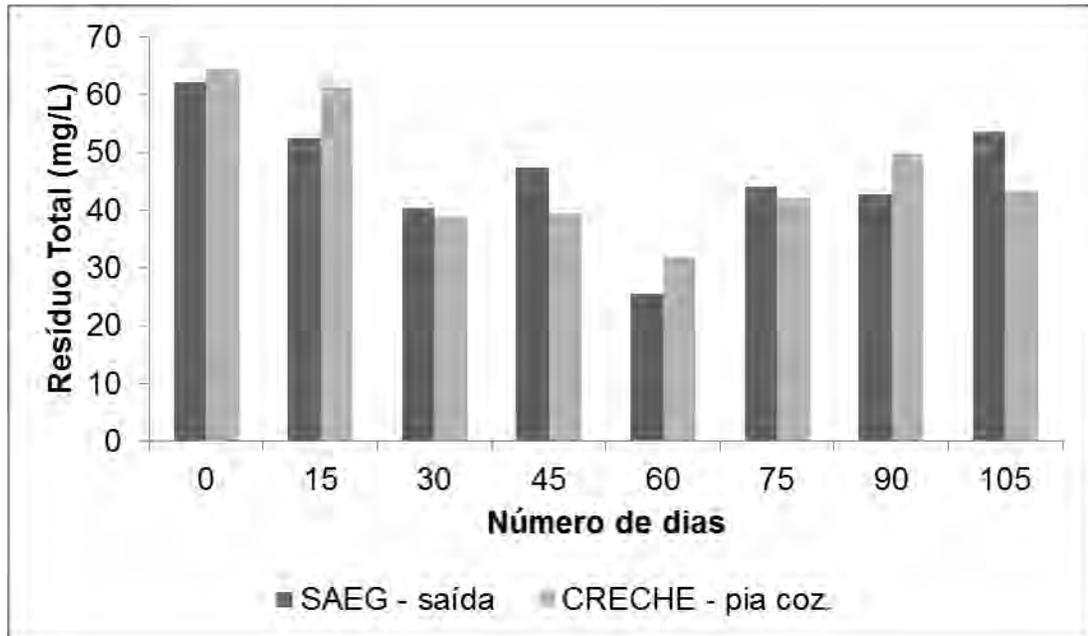


gráfico 5-11: Variação do teor de Resíduo Total no trecho A da rede de distribuição

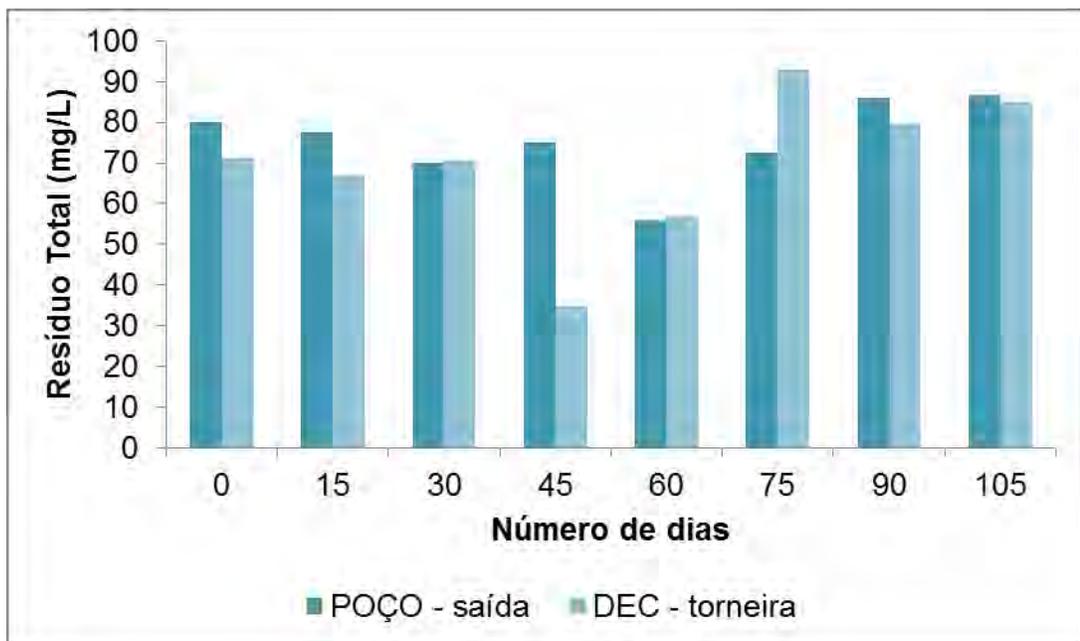


gráfico 5-12: Variação do teor de Resíduo Total no trecho B da rede de distribuição

5.2 . Avaliação das características físicas da água nos trechos A e B

Para o trecho A, a Turbidez (NTU) diminuiu em 100% das amostras (Figura 5.13), o que favorece a redução das partículas em suspensão, ou materiais coloidais, presentes na água.

No trecho B, a Turbidez (NTU) aumentou em 87,5% das amostras (Figura 5.14), o que representa o aumento das partículas em suspensão ou materiais coloidais presentes na água.

Da discrepância apresentada para os trechos: no trecho A, a Turbidez (NTU), diminuiu em 100% das amostras, que foi confirmada a variação significativa esperada para a turbidez, por ser este o trecho mais longo. Já para o trecho B, trecho mais curto, sofreu um aumento em 87,5% das amostras analisadas.

Os valores de Turbidez apresentados nos Figuras (5.13 e 5.14), estão abaixo do valor permitido pela Portaria MS 518, sendo de 5 NTU.

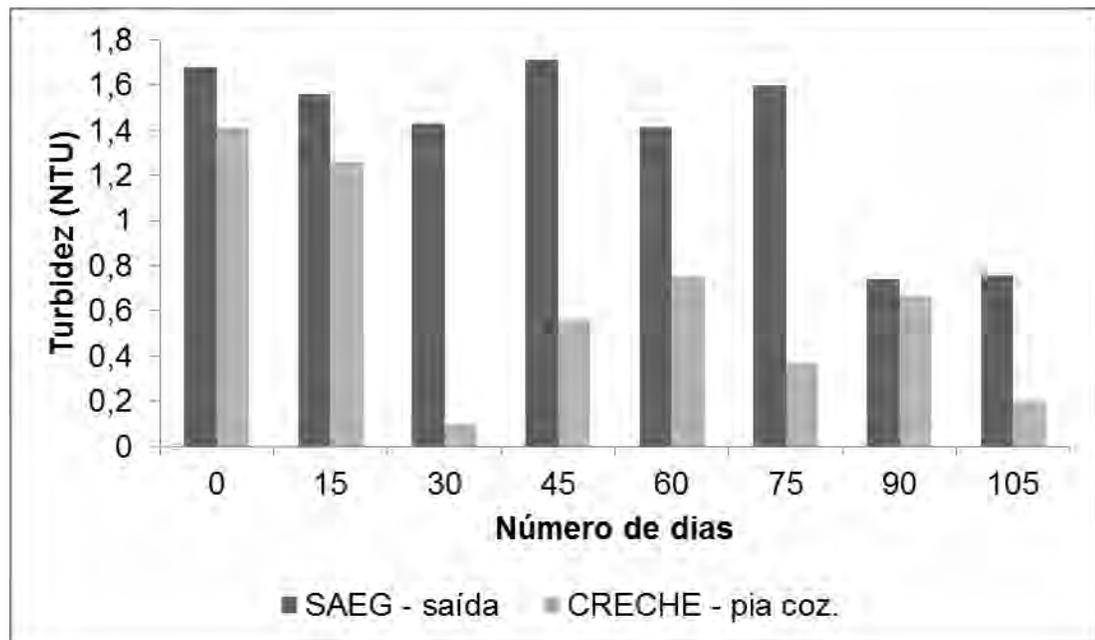


gráfico 5-13: Variação do teor de Turbidez no trecho A da rede de distribuição

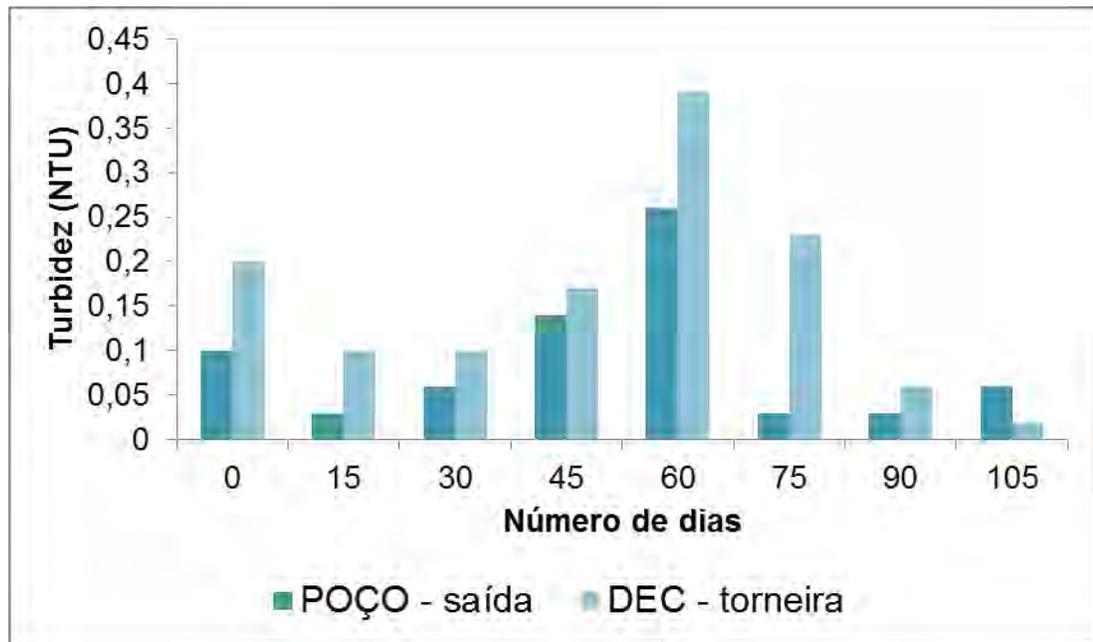


gráfico 5-14: Variação do teor de Turbidez no trecho B da rede de distribuição

Para o trecho A, houve um aumento de Condutividade (μ S/cm) em 87,5% das amostras (Figura 5.15), sendo esta proporcional a concentração de sais dissolvidos na água, o que significa que a água possa estar interagindo com a tubulação, ou com as impurezas presentes na mesma.

No trecho B, a Condutividade (μ S/cm) diminuiu em 75% das amostras (Figura 5.16), o que implica na redução da concentração de sais dissolvidos na água.

Podem ser feitas as seguintes considerações a respeito das discrepâncias entre os trechos: no trecho A, foi verificado um aumento de 87,5% da Condutividade (μ S/cm). Já no trecho B, pode-se verificar uma diminuição de 75% do parâmetro.

Em relação à Condutividade, não é estabelecido um valor máximo permitido para este parâmetro, mas este pode ser utilizado para verificar a Potabilidade da água.

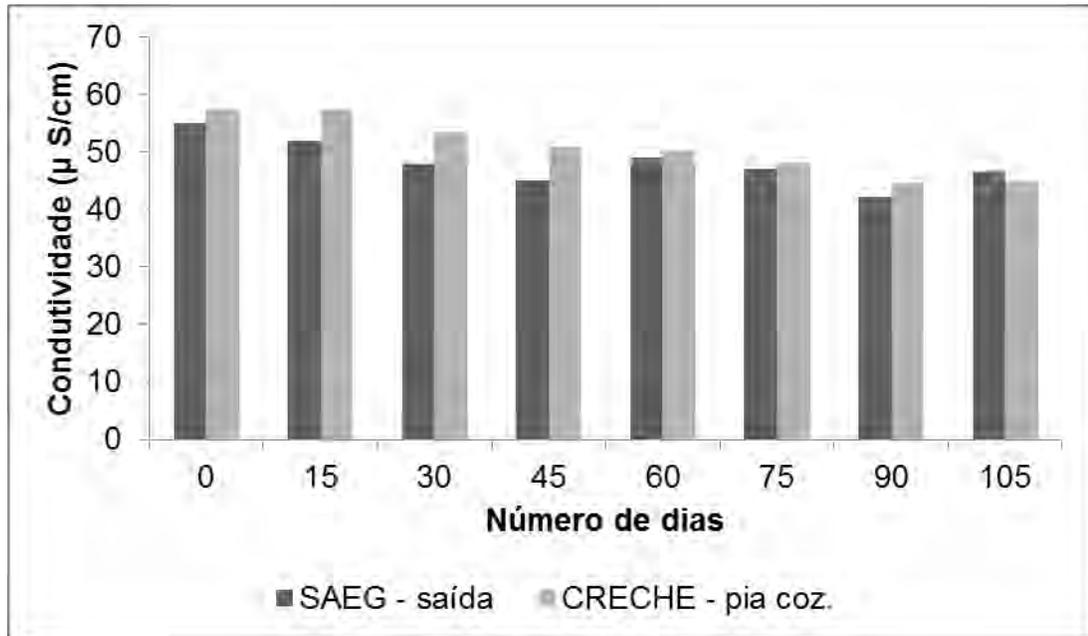


gráfico 5-15: Variação da Condutividade no trecho A da rede de distribuição

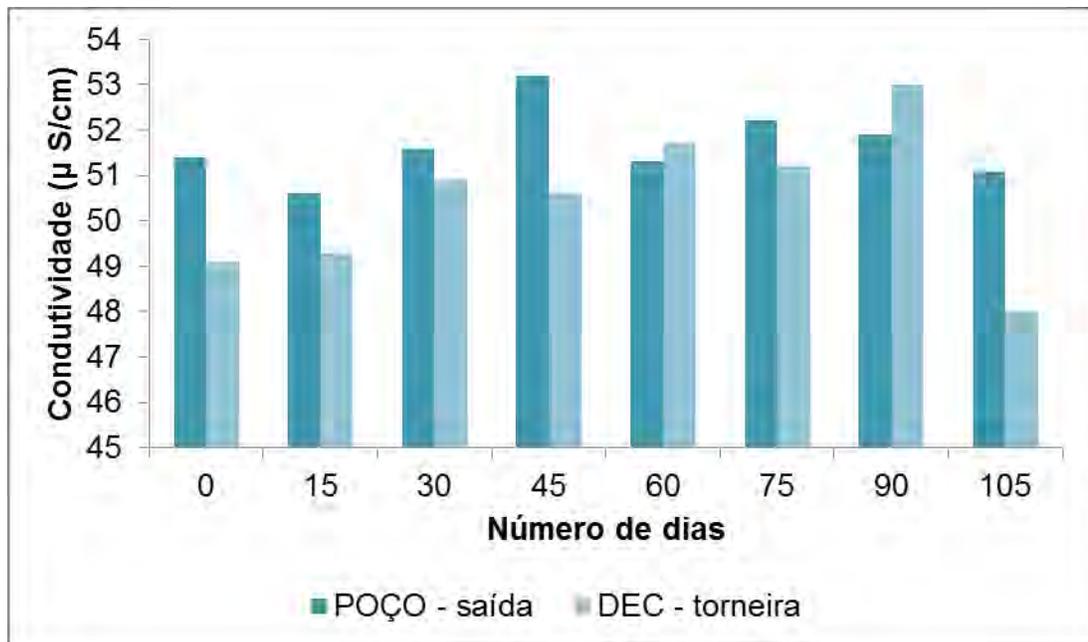


gráfico 5-16: Variação da Condutividade no trecho B da rede de distribuição

Para o trecho A, a Cor (uC) apresentou-se constante em 50% das amostras (Figura 5.17), o que deve-se à presença de substâncias dissolvidas ou em suspensão na água.

No trecho B, a Cor (uC) permaneceu constante em 100% das amostras (Figura 5.18).

No trecho A, a Cor (uC) permaneceu constante em 50% das amostras. Enquanto no trecho B, por ser o menor trecho a ser percorrido pela água, esperava-se uma pequena interferência no resultado obtido, porém, o parâmetro permaneceu constante em 100% das amostras analisadas.

Os valores para a Cor apresentados nas Figuras (5.17 e 5.18), estão abaixo do valor permitido pela Portaria MS 518, sendo de 15 u C.

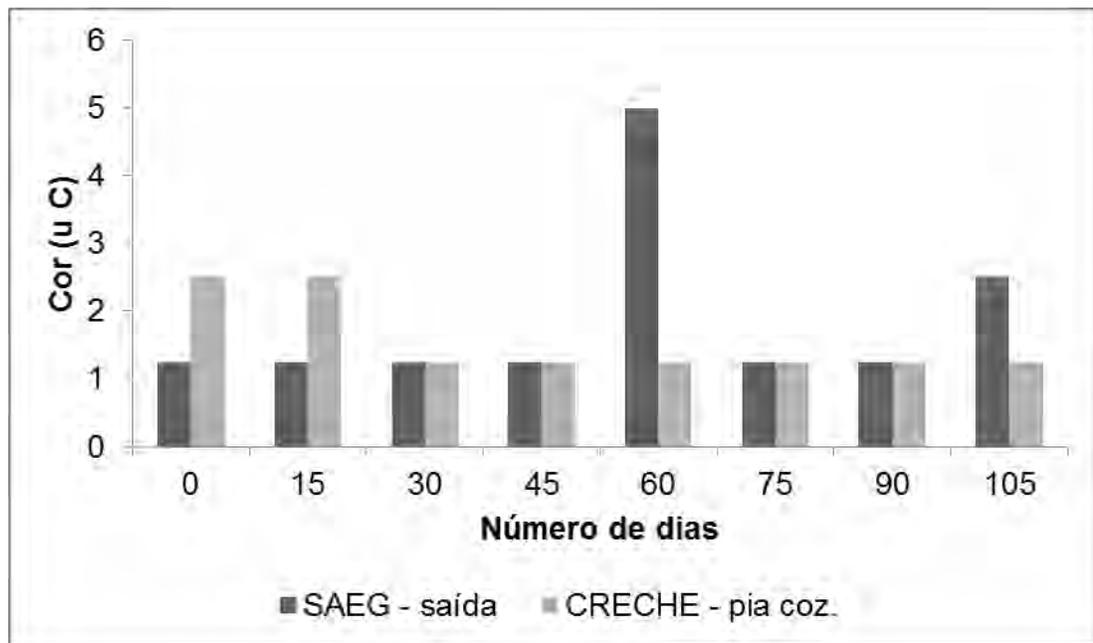


gráfico 5-17: Variação da Cor no trecho A da rede de distribuição

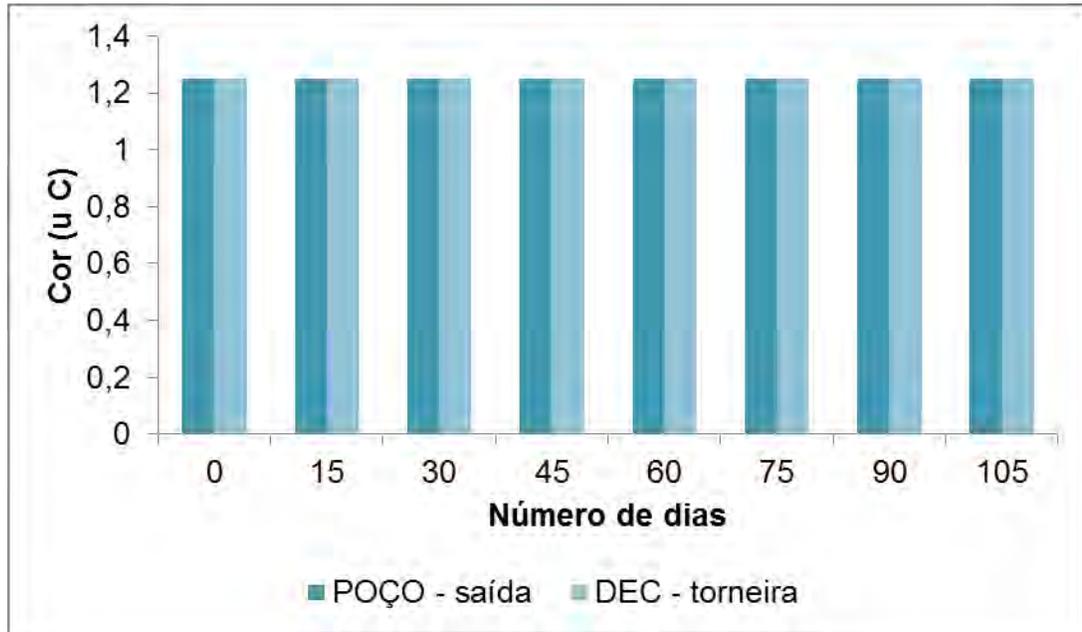


gráfico 5-18: Variação da Cor no trecho B da rede de distribuição

5.3 Avaliação das características microbiológicas da água nos trechos A e B

Durante o período de coleta, não houve incidência de bactérias dos grupos *Coliformes Totais* (Tabela 5-1) e *Coliformes Fecais* (Tabela 5-3) para o trecho A.

Para o trecho B (Tabelas 5-2 e 5-4), também não houve incidência de bactérias desses grupos.

De acordo com a Portaria nº 518/2004, quando analisada menos de 40 amostras por mês, pelo menos uma amostra pode apresentar resultado positivo em 100 ml.

Tabela 5-1 - RESULTADOS DOS EXAMES DE COLIFORMES TOTAIS PARA O TRECHO A

PERÍODO (dias)	15	30	45	60	75	90	105	120
SAEG	A	A	A	A	A	A	A	A
CRECHE	A	A	A	A	A	A	A	A

A = AUSENTES

Tabela 5-2- RESULTADOS DOS EXAMES DE COLIFORMES TOTAIS PARA O TRECHO B

PERÍODO (dias)	15	30	45	60	75	90	105	120
POÇO	A	A	A	A	A	A	A	A
DEC	A	A	A	A	A	A	A	A

A = AUSENTES

Tabela 5-3- RESULTADOS DOS EXAMES DE COLIFORMES FECAIS PARA O TRECHO A

PERÍODO (dias)	15	30	45	60	75	90	105	120
SAEG	A	A	A	A	A	A	A	A
CRECHE	A	A	A	A	A	A	A	A

A = AUSENTES

Tabela 5-4- RESULTADOS DOS EXAMES DE COLIFORMES FECAIS PARA O TRECHO B

PERÍODO (dias)	15	30	45	60	75	90	105	120
POÇO	A	A	A	A	A	A	A	A
DEC	A	A	A	A	A	A	A	A

A = AUSENTES

5.4 Verificação do consumo de água no Poço Artesiano I

No Poço Artesiano, foram feitas leituras quinzenais no Hidrômetro (Figura 4.6) aparelho utilizado para medição da quantidade de água fornecida, de onde foram obtidos os Volumes de Consumo, e em seguida, anotados no “Plano de Coleta”.

A partir das informações contidas no “Plano de Coleta”, pode-se construir a Figura 5.19, que fornece o Consumo (m^3) de água no Poço Artesiano, durante o período de coleta.

O Cálculo do Consumo quinzenal pode ser obtido por:

$$\text{Consumo quinzenal} = V_f - V_o \quad (4)$$

Sendo, o Consumo quinzenal dado em m^3 ;

V_f , o Volume Final (m^3), da última leitura realizada no Hidrômetro;

V_o , o Volume Inicial (m^3), leitura anterior realizada no Hidrômetro;

A soma dos cálculos para os Consumos quinzenais (m^3) analisados, fornecem o Volume de Consumo Total no Poço Artesiano.

Desta forma, o Volume de Consumo Total no Poço Artesiano apresentado foi de $3846,1m^3$, durante o período de coleta (março a julho/2011).

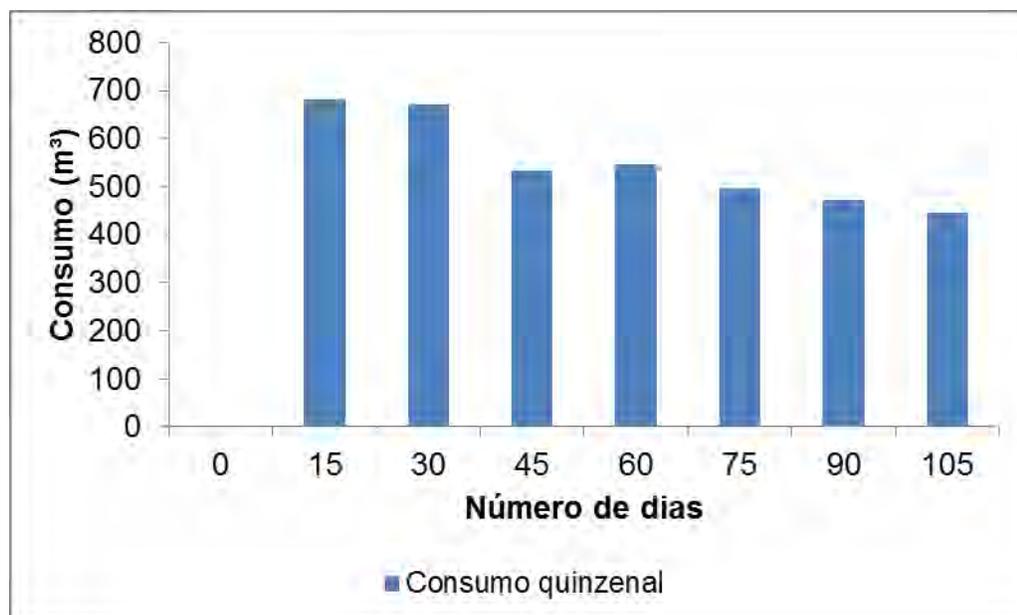


gráfico 5-19: Consumo de água (m^3) quinzenal no poço durante o período de coleta.

6 CONCLUSÃO

Os valores dos parâmetros obtidos pelas análises no laboratório para ambos os trechos estudados, estavam em conformidade com os Padrões de Potabilidade estabelecidos pela Portaria MS 518/04.

Para as características químicas apresentadas nos trechos A e B, em relação ao parâmetro Bicarbonato, este apresentou uma maior concentração no trecho B em relação ao trecho A, por tratar-se de uma água subterrânea, sendo esta com maior alcalinidade total, devido à presença de Bicarbonato. Em relação à Dureza Total, a água do trecho A, de captação do manancial superficial, possui maior dureza em relação à água do trecho B, que é a água subterrânea, mesmo após o Tratamento Convencional. Para o Ferro Total, este se encontra em maior concentração no trecho A. Este parâmetro apresenta uma variação significativa, e com menor concentração no ponto de consumo em ambos os trechos, o que contraria a hipótese da água chegar ao ponto de consumo com uma maior concentração de Ferro. Em relação ao CRL, este parâmetro manteve-se constante para o trecho B, água subterrânea. Mas, apresentou uma depleção significativa ao longo do trecho A, que pode estar relacionada com as impurezas presentes na água, condições da tubulação, ou por este ser o maior trecho percorrido pela água. Para os parâmetros de pH, não ocorreram variações significativas, apresentou-se ligeiramente ácido para o trecho B, e básico para o trecho A, que pode ser devidamente corrigido durante o processo de Tratamento Convencional. Para o Resíduo Total, este apresentou menor concentração no trecho A, onde a água bruta passa por processo de tratamento completo na ETA.

Para as características físicas apresentadas nos trechos A e B, em relação à Turbidez, apresentou-se mais elevada no trecho A, onde apresentou menor concentração no ponto de consumo. Para a Condutividade, o trecho A apresentou uma maior concentração, assim como, um aumento deste parâmetro no ponto de consumo, influenciado pelo maior trecho percorrido pela água, e ao contato desta com a tubulação ou impurezas existentes. Para a Cor, não ocorreram variações significativas, embora no trecho A, este parâmetro apresentou aumento brusco para alguns dias de coleta, devido uma maior concentração de substâncias dissolvidas nos pontos de saída do SAEG.

Para as características microbiológicas nos trechos A e B, não foram encontrados *Coliformes Totais* ou *Coliformes Fecais*, para ambos os trechos analisados.

Com este trabalho, verificou-se a importância da Vigilância Sanitária no monitoramento da qualidade da água, e seu atendimento aos Padrões de Potabilidade e normas vigentes, como a Portaria MS 518/04, para que a água chegue em boas condições de qualidade para o consumo humano, tendo-se em vista a ocorrência das variações significativas dos parâmetros avaliados, desde o ponto de saída até o ponto de consumo, que comprovam a deterioração da qualidade da água ao longo dos trajetos percorridos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, C. Tratamento de Águas de Abastecimento. 3.ed. Porto: Pbindústria, 2010.
- AWWA. American Water Works Association. Água Tratamento e Qualidade. Rio de Janeiro: Artes Gráficas Gomes de Souza, 1964.
- BABBIT, H. E. et al. Abastecimento de Água. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.
- BEVILACQUA, P. D. et al (2008). Vigilância da Qualidade da Água para o Consumo Humano: Abordagem Qualitativa da identificação de perigos.
- Classificação dos aquíferos com seus respectivos níveis de pressão (Figura 3.1)

Disponíveis em:

<http://pt.scribd.com/doc/54979720/4/tipos-de-aquiferos>

Acessado em: 18/11

- CONFERÊNCIA PAN-AMERICANA SOBRE SAÚDE E AMBIENTE NO DESENVOLVIMENTO HUMANO SUSTENTÁVEL (COPASAD). *Plano Nacional de Saúde e Ambiente no Desenvolvimento Sustentável*. Brasília: Ministério da Saúde, 1996.

Disponíveis em:

http://www.cvs.saude.sp.gov.br/pdf/inspecao_sanitaria_abastecimento_agua.pdf

Acessado em: 25/09

- DACACH, N.G. Sistemas Urbanos de Água. 2.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1975.
- DE SÁ, C.L.L. et al (2005). Qualidade Microbiológica da Água para o Consumo Humano em duas áreas contempladas com intervenções de saneamento, Belém do Pará.
- Determinação da Condutividade

Disponível em:

http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Biblioteca_Detalhe.aspx?codigo=392

Acessado em: 15/11

- Dados do IBGE da cidade de Guaratinguetá

Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=351840>

Acessado em: 18/11

- DI BERNARDO, L. Métodos e técnicas de tratamento de água. Rio de Janeiro: ABES, 2005.
- FERNANDES C.V.S. (2004). Modelagem da Qualidade da Água em redes de distribuição de Água: a influência dos transientes hidráulicos. In: IV SEREA-SEMINÁRIO HISPÂNICO-BRASILEIRO SOBRE ABASTECIMENTO URBANO DE ÁGUA, João Pessoa.
- GAGLIANONE, S. et al. Técnicas de Abastecimento e Tratamento de Água. V.1. 2.ed. São Paulo: CETESB/BNH/ABES, 1976.
- JANUÁRIO, G.F. Planejamento e aspectos ambientais envolvidos na disposição final de lodos de estações de tratamento de água da região Metropolitana de São Paulo, 2005, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo
- MORAES, L. R. S.; BORJA, P. C.; TOSTA, C. S. Qualidade da água da rede de distribuição e de beber em assentamento periurbano: estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL, 20., 1999, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Abes, 1999.

Disponíveis em:

http://www.cvs.saude.sp.gov.br/pdf/inspecao_sanitaria_abastecimento_agua.pdf

Acessado em: 25/09

- Plano Municipal de Abastecimento de Água de Guaratinguetá-SP (SAEG)

Disponível em:

<http://saeg.guaratingueta.sp.gov.br/saeg/pages/saeg/qualidade-da-agua/tratamento-de-agua.php>

Acessado em: 29/09

- Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde.

Disponível em:

<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>

Acessado em: 22/09

- RICHTER, C. ; AZEVEDO NETTO, J. M. Tratamento de Água: tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blucher, 1991
- SARZEDAS, G. L. (2009).Planejamento para substituição de tubulações em sistema de abastecimento de água. Aplicação na rede de distribuição de água na Região Metropolitana de São Paulo.

- SCHEMBRI M.C.A.C.; ENNES Y.M. (1997). Deterioração da Qualidade da Água distribuída: o caso de Belo Horizonte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL.