

ADRIANA NAOMI OSHIRO
CAMILA MARTINS

ESTUDO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO GUARATINGUETÁ

Guaratinguetá
2011

ADRIANA NAOMI OSHIRO
CAMILA MARTINS

ESTUDO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO GUARATINGUETÁ

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

Orientador: Prof. Dr. Wellington Cyro de Almeida Leite

Guaratinguetá
2011

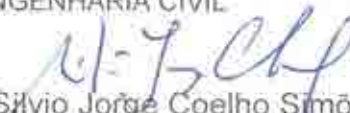
O826e	Oshiro, Adriana Naomi Estudo da Qualidade da Água do Ribeirão Guaratinguetá / Adriana Naomi Oshiro, Camila Martins – Guaratinguetá : [s.n], 2011. 61 f. : il. Bibliografia : f. 56-59 Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011. Orientador: Prof. Dr. Wellington Cyro de Almeida Leite 1. Água – qualidade - Guaratinguetá I. Martins, Camila II. Título CDU 628.1
-------	--

ESTUDO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO GUARATINGUETÁ

ADRIANA NAOMI OSHIRO & CAMILA MARTINS

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. Sílvia Jorge Coelho Simões
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. WELLINGTON CYRO DE ALMEIDA LEITE
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. MARINALDA CLAUDETE PEREIRA
UNESP-FEG


Prof. Dr. JUÉRCIO TAVARES DE MATTOS
UNESP-FEG

Novembro de 2011

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho às nossas famílias: nossos pais e irmãos, que são as nossas bases, que nos ensinaram os principais valores da vida, aqueles que sempre torceram e continuarão torcendo por nós.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus, por nos permitir as melhores experiências de vida e por colocar as pessoas certas em nossos caminhos,

Às nossas famílias, pelos mais valiosos ensinamentos e por todo suporte e incentivo, principalmente quanto à faculdade, caso contrário, não estaríamos vivendo esta realização,

ao *Prof. Dr. Wellington Cyro de Almeida Leite*, que além do incentivo para escolha do tema deste trabalho, foi imprescindível para esclarecê-lo e a *Prof. Dr. Marinalda Claudete Pereira*, pelos prestativos auxílios para o desenvolvimento do estudo,

à *República das Ursas*, por todos os momentos vividos de alegria, diversão, responsabilidades e grandes aprendizados que, sem dúvida, contribuíram positivamente para nossos crescimentos; pessoas e momentos que levamos conosco,

aos nossos *Amigos* por todo companheirismo nos longos dias e noites de churrascos e estudos. Foi um prazer partilhar os melhores 5 anos das nossas vidas com pessoas de caráter e princípios.

Oshiro, A. N. & Martins, C. **Estudo da qualidade da água do ribeirão Guaratinguetá**. 2011. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

RESUMO

O presente trabalho realiza um estudo da qualidade da água do ribeirão Guaratinguetá, desde sua nascente até a sua confluência com o rio Paraíba, através da análise de alguns parâmetros físicos, químicos e biológicos. Todos os ensaios realizados foram feitos de acordo com o *Standard Methods for examination of Water and Wastewater* 20^a edição e comparados com a Resolução CONAMA n° 357 (2005). O parâmetro mais crítico encontrado nas amostras foi o de coliformes. Os resultados levam a conclusão de que o grande problema da qualidade da água do ribeirão em estudo é a rizicultura (plantação de arroz) e ao lançamento "in natura" de esgotos sanitários.

PALAVRAS-CHAVE: Ribeirão Guaratinguetá, Qualidade da água

Oshiro, A. N. & Martins, C. **Water quality study of stream Guaratinguetá**. 2011. 61 Final Paper. – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

ABSTRACT

This paper conducts to water quality study of Stream Guaratinguetá from its source to its confluence with the River Paraíba, through the analysis of some physical, chemical and biological parameters. All tests were performed according to Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th edition and compared to the CONAMA Resolution No. 357 (2005). Coliforms was the most critical parameter found in samples. The results lead to the conclusion that the biggest problem of water quality in the stream in study is the aquatic rice (rice field) and the launch “fresh” sewage.

KEYWORDS: Stream Guaratinguetá. Water quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Lançamento de esgoto sob o Rio Paraíba do Sul no Jardim Rony. Fonte: Autores.....	21
Figura 2: Plantação de arroz nas proximidades do Ribeirão Guaratinguetá. Fonte: Autores.....	23
Figura 3: Localização da sede de Guaratinguetá. Fonte: IBGE (2011).....	25
Figura 4: Localização da região de Guaratinguetá. Fonte: SAEG (2011).....	26
Figura 5: Bacia do Rio Paraíba do Sul. Fonte: CBH-PS (2011).	29
Figura 6: Mapa de localização da sub-bacia do ribeirão Guaratinguetá na bacia do Rio Paraíba do Sul, porção paulista. Fonte: Soares (2005) apud Ferreira et al (2011).	30
Figura 7: Localização da bacia do ribeirão Guaratinguetá no Município de Guaratinguetá. Fonte: SAEG (2005) apud Ferreira et al. (2011).	32
Figura 8: Ribeirão Gomerai. Fonte: Autores.....	33
Figura 9: Ribeirão Taquaral. Fonte: Autores.....	34
Figura 10: Nascente do Ribeirão Guaratinguetá. Fonte: Autores.....	34
Figura 11: Ribeirão Guaratinguetá no Clube das Pedrinhas. Fonte: Autores.....	35
Figura 12: Terceiro ponto de coleta. Fonte: Autores.....	35
Figura 13: Coletor utilizado para realização das coletas de amostras. Fonte: Autores.	36
Figura 14: Coleta no Rio Paraíba do Sul. Fonte: Autores.	37
Figura 15: Eletrodo combinado. Fonte: UFCG (2011).	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Indicadores sócio-econômicos de Guaratinguetá em 2000. Fonte: SEADE (2000) apud SAEG (2011).....	28
Tabela 2: Demanda hídrica do ribeirão Guaratinguetá. Fonte: CEIVAP (2001).	31
Tabela 3: Padrões de Soluções. Fonte: Standard Methods for examination of Water and Wastewater (1998).	49
Tabela 4: Resultados	54
Tabela 5: NMP com limite de confiança de 95% para várias combinações de resultados positivos quando 5 tubos são usados para cada diluição (10 ml, 1,0 ml e 0,1 ml). Fonte: APHA (1985) apud Funasa (2009).....	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Porcentagem de água na Terra. Fonte: Planeta Orgânico (2011).....	21
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVO	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	Qualidade da Água	14
3.1.1	Parâmetros da qualidade da água.....	16
3.2	Poluição Ambiental	20
3.2.1	Poluição de Águas Superficiais.....	20
3.2.2	Fontes de Poluição	22
3.3	O Município de Guaratinguetá.....	24
3.3.1	Histórico de Guaratinguetá	24
3.3.2	Localização e acessos	25
3.3.3	Características urbanas	26
3.3.4	Características físicas do município.....	27
3.3.5	Características ambientais	27
3.3.5	Hidrografia do município.....	27
3.3.6	Indicadores socioeconômicos	28
3.4	Rio Paraíba do Sul.....	28
3.5	Ribeirão Guaratinguetá	30
4	METODOLOGIA.....	33
4.1	Locais de coleta	33
4.2	Ensaio Realizados.....	37
4.2.1	Oxigênio Dissolvido (OD).....	37
4.2.2	pH (Potencial Hidrogeiônico)	40
4.2.3	Temperatura da água.....	41
4.2.4	Cloreto.....	42
4.2.5	Coliformes totais e fecais	44
4.2.6	Turbidez.....	46
4.2.7	Cor	48
4.2.8	Condutividade	50
4.2.9	Resíduos	50
5	DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	53
6	CONCLUSÃO.....	55

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXO A	60

1 INTRODUÇÃO

Já se sabe que água é a principal responsável pela vida na Terra, e para que ela possa ser utilizada pelo homem ela deve ser potável, segundo Branco (1980), água potável é aquela que sem a necessidade de qualquer tratamento adicional, é inócua do ponto de vista fisiológico e organoléptico, ou seja, uma água que não causa danos à saúde. No entanto, atualmente, antes de ser disponibilizada para consumo humano a água deve receber tratamento e seguir alguns padrões para atestar sua qualidade.

A definição de qualidade da água será tratada ao longo do trabalho, assim como os fatores que causam a sua poluição.

No município de Guaratinguetá, um dos mais importantes do Vale do Paraíba (por ser um município turístico, industrial e comercial), foi realizado estudo sobre a qualidade da água do Ribeirão Guaratinguetá, que é o responsável pelo abastecimento de água do município.

As coletas foram realizadas na nascente e ao longo do curso do Ribeirão Guaratinguetá, para poder analisar os efeitos que as atividades rurais, sendo a principal o cultivo do arroz, causam sob o ribeirão. Atualmente o Ribeirão Guaratinguetá está passando por um processo de reflorestamento da mata ciliar, recebendo o apoio de algumas empresas que atuam na cidade como a BASF.

Os parâmetros analisados para se conhecer a qualidade da água dos pontos de coleta foram: a temperatura, o pH, o teor de oxigênio dissolvido, o teor de cloreto, sua turbidez, cor, condutividade, índice de coliformes e resíduos presentes nas amostras.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, a fim de se obter um estudo qualitativo das amostras coletadas.

2 OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo estudar alguns parâmetros de qualidade da água, através de análises laboratoriais das águas do Ribeirão Guaratinguetá e da foz do ribeirão junto ao Rio Paraíba do Sul, para conhecer os impactos que a população e as atividades agrícolas, presentes em áreas próximas ao ribeirão, causam sob as suas águas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresentará os conceitos de qualidade da água e poluição de águas superficiais, além de apresentar a cidade de Guaratinguetá, o Rio Paraíba do Sul e o Ribeirão Guaratinguetá.

3.1 Qualidade da Água

A água contém diversos componentes, os quais podem ter origem do próprio ambiente natural ou serem introduzidos a partir de atividades humanas. Para caracterizar uma água são determinados alguns parâmetros, que representam suas características físicas, químicas e biológicas. Estes parâmetros indicam a qualidade da água e constituem impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. (UFV, 2011).

Os valores máximos de impurezas permitidos na água são estabelecidos em função dos seus usos. Esses valores constituem os padrões de qualidade da água, os quais são determinados por entidades públicas, para garantir que a água a ser utilizada para um determinado fim não contenha impurezas prejudiciais à saúde. (UFV, 2011).

Os padrões de potabilidade da água (água destinada ao abastecimento humano) diferem dos padrões de balneabilidade (água para fins de recreação de contato primário) e dos padrões para água de irrigação ou uso industrial.

Para facilitar a definição dos critérios ou condições de uso dos mananciais, estes foram enquadrados em classes, definindo-se, para cada classe, os usos a que se destina e os requisitos a serem observados.

No Brasil, a classificação das águas foi definida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986. Esta resolução estabeleceu 13 classes para a classificação das águas, sendo 5 de águas doces (com salinidade igual ou inferior a 0,5%), 4 de águas salobras (salinidade entre 0,5 e 30%) e 4 de águas salinas (salinidade igual ou superior a 30%).

De acordo com a Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, capítulo II, as águas doces são classificadas como:

I – Classe especial: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II – Classe 1: águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; a proteção das comunidades aquáticas; a recreação de contato primário (tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000); a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e a proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.

III – Classe 2: águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para o consumo humano, após tratamento convencional; a proteção das comunidades aquáticas; a recreação de contato primário (tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000); a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e a aquicultura e a atividade de pesca.

IV – Classe 3: águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; a pesca amadora; a recreação de contato secundário; e a dessedentação de animais.

V - Classe 4: águas que podem ser destinadas: a navegação; e a harmonia paisagística.

De acordo com a Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, capítulo II, as águas salobras são classificadas como:

I - Classe especial: águas destinadas: a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas: a recreação de contato primário (conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000); a proteção das comunidades aquáticas; a aquicultura e a atividade de pesca; ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e a

irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

III - Classe 2: águas que podem ser destinadas: a pesca amadora; e a recreação de contato secundário.

IV - Classe 3: águas que podem ser destinadas: a navegação; e a harmonia paisagística.

De acordo com a Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, capítulo II, as águas salinas são classificadas como:

I - Classe especial: águas destinadas: a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas: a recreação de contato primário (conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000); a proteção das comunidades aquáticas; e a aquicultura e a atividade de pesca.

III - Classe 2: águas que podem ser destinadas: a pesca amadora; e a recreação de contato secundário.

IV - Classe 3: águas que podem ser destinadas: a navegação; e a harmonia paisagística.

3.1.1 Parâmetros da qualidade da água

Os parâmetros para analisar a qualidade da água são divididos em: físicos, químicos e biológicos. Os parâmetros físicos da qualidade da água são: cor, sabor, odor, temperatura, turbidez, sólidos e condutividade elétrica. Os parâmetros químicos são: pH, alcalinidade, dureza, cloretos, ferro, manganês, nitrogênio, fósforo, fluoretos, oxigênio dissolvido, matéria orgânica, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, componentes inorgânicos e componentes orgânicos. Os parâmetros biológicos são: coliformes e algas.

A temperatura mede a intensidade de calor e influi em algumas propriedades da água, tais como densidade, viscosidade e oxigênio dissolvido. Sua variação é em função de fontes

naturais (energia solar) e fontes antropogênicas (despejos industriais de resfriamento de máquinas).

Sabor e odor são resultantes de causas naturais (algas, vegetação em decomposição, bactérias, fungos e compostos orgânicos) e/ou de artificiais (esgotos domésticos e industriais).

A cor é resultado da existência, na água, de substâncias em solução. Pode ser causada pelo ferro, manganês, pela decomposição da matéria orgânica da água, pelas algas ou pela introdução de esgotos industriais e domésticos. Para o padrão de potabilidade, a intensidade de cor deve ser inferior a 5 uH (unidades Hazen – padrão Pt-Co). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, para águas doces classe 2 a cor verdadeira pode ser de até 75 mg Pt/L.

A turbidez é a presença de matéria em suspensão na água, como argila, silte, substâncias orgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e outras partículas. Para o padrão de potabilidade a turbidez deve ser inferior a 1 unidade. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, para águas doces classe 2 a turbidez pode ser de até 100 UNT.

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica na água (UFV, 2011).

O pH representa o equilíbrio entre íons H^+ e íons OH^- , varia de 7 a 14 e indica se uma água é ácida (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior do que 7). O pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos. O pH baixo torna a água corrosiva e águas com pH elevado tendem a formar incrustações nas tubulações. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, para águas doces classe 2 o pH pode ser de 6 a 9.

A alcalinidade é causada por sais alcalinos, principalmente de sódio e cálcio, e mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos. Em teores elevados pode proporcionar sabor desagradável à água, tendo influência nos processos de tratamento da água (UFV, 2011).

A dureza resulta da presença, principalmente, de sais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio) ou de outros metais bivalentes, em menor intensidade. Em teores elevados causa sabor desagradável e efeitos laxativos; reduz a formação da espuma do sabão, aumentando o seu consumo; provoca incrustações nas tubulações e caldeiras. As águas, em termos de dureza (em $CaCO_3$), podem ser classificadas como: água mole (menor que 50 mg/L $CaCO_3$), água com dureza moderada (entre 50 e 150 mg/L $CaCO_3$), água dura (entre 150 e 300 mg/L $CaCO_3$) e água muito dura (maior que 300 mg/L $CaCO_3$) (UFV, 2011).

Os cloretos, geralmente, provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar. Podem também advir dos esgotos domésticos ou industriais. Em altas concentrações conferem sabor salgado à água ou propriedades laxativas. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, para águas doces classe 2 os cloretos totais podem ter concentrações de até 250 mg/L Cl.

Ferro e manganês podem originar-se da dissolução de compostos do solo ou de despejos industriais. Causam coloração avermelhada à água, no caso do ferro, ou marrom, no caso do manganês, manchando roupas e outros produtos industrializados. Conferem sabor metálico à água. As águas ferruginosas favorecem o desenvolvimento das ferrobactérias, que causam maus odores e coloração à água e obstruem as canalizações (UFV, 2011). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, para águas doces classe 2, o ferro dissolvido pode ter uma concentração de até 0,3 mg/L Fe e o manganês total uma concentração de 0,1 mg/L Mn.

O nitrogênio pode estar presente na água sob várias formas: molecular, amônia, nitrato, nitrito; e é um elemento indispensável ao crescimento de algas, mas, em excesso, pode ocasionar um exagerado desenvolvimento desses organismos, fenômeno chamado de eutrofização. O nitrato, na água, pode causar a metemoglobinemia; a amônia é tóxica aos peixes; são causas do aumento do nitrogênio na água: esgotos domésticos e industriais, fertilizantes, excrementos de animais (UFV, 2011).

O fósforo encontra-se na água nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. É essencial para o crescimento de algas, mas, em excesso, causa a eutrofização. Suas principais fontes são: dissolução de compostos do solo; decomposição da matéria orgânica, esgotos domésticos e industriais; fertilizantes; detergentes; excrementos de animais (UFV, 2011).

Os fluoretos têm ação benéfica de prevenção da cárie dentária. Em concentrações mais elevadas, podem provocar alterações da estrutura óssea ou a fluorose dentária (manchas escuras nos dentes). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, para águas doces classe 2 os fluoretos totais podem ter concentrações de até 1,4 mg/L F.

O oxigênio dissolvido (OD) é indispensável aos organismos aeróbios. A água, em condições normais, contém oxigênio dissolvido, cujo teor de saturação depende da altitude e da temperatura. Águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que receberam matéria orgânica; a decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido da água; dependendo da capacidade de autodepuração do manancial, o teor de oxigênio dissolvido pode alcançar valores muito baixos, ou zero, extinguindo-se os organismos aquáticos aeróbios (UFV, 2011).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, para águas doces classe 2, o oxigênio dissolvido não pode ter concentrações inferiores a 5 mg/L O₂.

A matéria orgânica da água é necessária aos seres heterótrofos, na sua nutrição, e aos autótrofos, como fonte de sais nutrientes e gás carbônico. Em grandes quantidades, no entanto, podem causar alguns problemas, como: cor, odor, turbidez, consumo do oxigênio dissolvido, pelos organismos decompositores (UFV, 2011).

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica por ação de bactérias aeróbias. Representa, portanto, a quantidade de oxigênio que seria necessário fornecer às bactérias aeróbias, para consumirem a matéria orgânica presente em um líquido (água ou esgoto). A DBO é determinada em laboratório, observando-se o oxigênio consumido em amostras do líquido, durante 5 dias, à temperatura de 20 °C (UFV, 2011). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, para águas doces classe 2, a demanda bioquímica de oxigênio em 5 dias a 20°C pode ter uma concentração de até 5 mg/L O₂.

A demanda química de oxigênio (DQO) é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica, através de um agente químico. A DQO também é determinada em laboratório, em prazo muito menor do que o teste da DBO. Para o mesmo líquido, a DQO é sempre maior que a DBO (UFV, 2011).

Os componentes inorgânicos são alguns componentes inorgânicos da água, entre eles os metais pesados. São tóxicos ao homem: arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio, prata, cobre e zinco; além dos metais, pode-se citar os cianetos; esses componentes, geralmente, são incorporados à água através de despejos industriais ou a partir das atividades agrícolas, de garimpo e de mineração (UFV, 2011).

Os componentes orgânicos são alguns componentes orgânicos da água que são resistentes à degradação biológica, acumulando-se na cadeia alimentar. Entre eles, citam-se os agrotóxicos, alguns tipos de detergentes e outros produtos químicos, os quais são tóxicos (UFV, 2011).

Os coliformes são indicadores de presença de microorganismos patogênicos na água. Os coliformes fecais existem em grande quantidade nas fezes humanas e, quando encontrados na água, significa que a mesma recebeu esgotos domésticos, podendo conter microorganismos causadores de doenças (UFV, 2011). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, para águas doces classe 2, os coliformes seguem as normas: Coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes

termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

As algas desempenham um importante papel no ambiente aquático, sendo responsáveis pela produção de grande parte do oxigênio dissolvido do meio. Em grandes quantidades, como resultado do excesso de nutrientes (eutrofização), trazem alguns inconvenientes: sabor e odor; toxidez, turbidez e cor; formação de massas de matéria orgânica que, ao serem decompostas, provocam a redução do oxigênio dissolvido; corrosão; interferência nos processos de tratamento da água: aspecto estético desagradável (UFV, 2011).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, para águas doces classe 2, a clorofila pode ter uma concentração de até 30 µg/L e a densidade de cianobactérias de até 50000 cel/ml ou 5 mm³/L.

3.2 Poluição Ambiental

Segundo Valle (2011, p. 27) a poluição ambiental pode ser definida como:

“... toda ação ou omissão do homem que, pela descarga de material ou energia atuando sobre as águas, o solo e o ar, cause um desequilíbrio nocivo, seja ele de curto, seja de longo prazo, sobre o meio ambiente. Seus efeitos mais sensíveis são a degradação da qualidade ambiental e os prejuízos à saúde, segurança e qualidade de vida do homem, afetando a biota e as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente.”

3.2.1 Poluição de Águas Superficiais

Sabe-se que o Planeta Terra, possui cerca de 70% da sua superfície coberta por água, formando os oceanos, rios e lagos, no entanto, apesar da grande quantidade de água existente no planeta, como pode ser visto no gráfico 1 a grande maioria da água é salgada (cerca de 97,2%), e da pequena porcentagem de água doce restante (aproximadamente 2,8%) ainda há uma parte que se encontra congelada nas regiões polares.

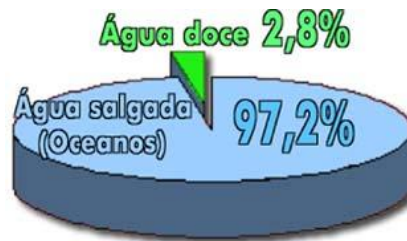


Gráfico 1: Porcentagem de água na Terra. Fonte: Planeta Orgânico (2011).

Apesar de saber da importância da água para manutenção da vida e dos riscos existentes de ocorrer o esgotamento da água potável, o ser humano poluiu ao longo dos anos rios e lagos em todo o mundo.

A poluição das águas superficiais atingiu níveis preocupantes, e apesar da existência de leis ambientais a cerca do assunto e da maioria das pessoas saberem dos danos causados pela poluição, ela ainda acontece.

Existem diversas formas de poluir as águas superficiais que podem ocorrer de forma direta: através do lançamento de poluentes sobre as águas, por precipitação, por escoamento superficial e por infiltração (UFV, 2011).

As fontes de poluição podem ser classificadas em localizadas ou não localizadas. As fontes de poluição localizadas ocorrem quando a carga poluidora atinge as águas superficiais de forma concentrada, como por exemplo, nas tubulações de esgotos, que durante as coletas de amostras para análise da qualidade da água pôde ser observada na Ponte Antonio Rois Gonçalves, no Jardim Rony em Guaratinguetá. As fontes de poluição não localizadas ocorrem de modo disperso, através do escoamento superficial e por infiltração (UFV, 2011).

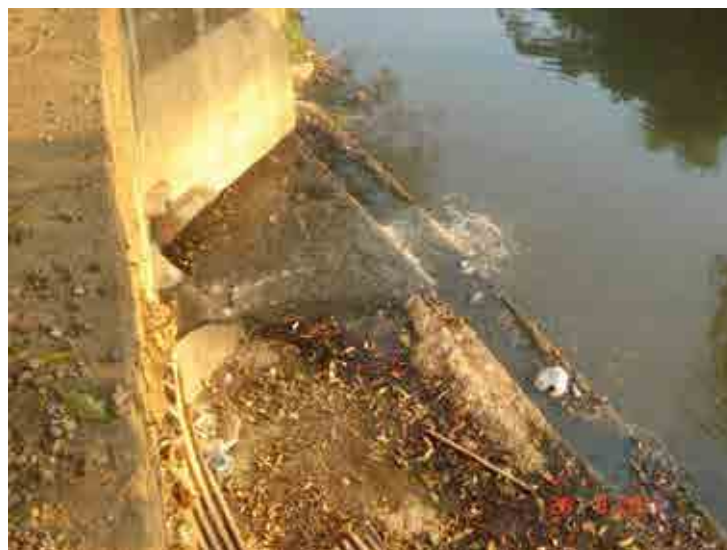


Figura 1: Lançamento de esgoto sob o Rio Paraíba do Sul no Jardim Rony. Fonte: Autores.

3.2.2 Fontes de Poluição

As principais fontes de poluição das águas superficiais são:

- esgotos domésticos e industriais, trazendo problemas como a contaminação bacteriana e com substâncias orgânicas degradáveis por bactérias;
- águas pluviais, carreando impurezas da superfície do solo ou contendo esgotos lançados nas galerias;
- resíduos sólidos (lixo);
- agrotóxicos;
- fertilizantes;
- detergentes;
- precipitação de poluentes atmosféricos (sobre o solo ou a água);
- alterações nas margens dos mananciais, provocando o carreamento de solo, como consequência da erosão.

A avaliação da contaminação bacteriana é complicada e pouco prática, por isso primeiro é feita a contagem de bactérias coliformes, para posterior contagem do número total de bactérias, possibilitando o conhecimento do índice de coliformes, sendo este o critério mais importante na avaliação da qualidade da água.

A poluição devido a substâncias orgânicas, detergentes e produtos de limpeza provocam a colonização e o desenvolvimento de microorganismos, causando a eutrofização, que tem início com o acúmulo de nutrientes na água, que traz como consequência o aumento do número de algas e bactérias, diminuindo a passagem de luz para as plantas enraizadas, que geralmente são as principais responsáveis pela oxigenação de rios e lagos. Portanto o processo de eutrofização pode levar a morte de animais e plantas devido à falta de oxigênio na água (Conservação para ensino médio, 2011).

Nas águas subterrâneas temos como principais fontes de poluição:

- infiltração de esgotos a partir de sumidouros ou valas de infiltração (fossas sépticas);
- infiltração de esgotos depositados em lagoas de estabilização ou em outros sistemas de tratamento usando disposição no solo;
- infiltração de esgotos aplicados no solo em sistemas de irrigação;
- percolação do chorume resultante de depósitos de lixo no solo;
- infiltração de águas contendo agrotóxicos, fertilizantes, detergentes e poluentes atmosféricos depositados no solo;

- infiltração de outras impurezas presentes no solo;
- infiltração de águas superficiais poluídas;
- vazamentos de tubulações ou depósitos subterrâneos;
- injeção de esgotos no subsolo;
- intrusão de água salgada;
- resíduos de outras fontes: cemitérios, minas, depósitos de material radioativo.

As fontes de poluição das águas subterrâneas também foram listadas, pois as águas superficiais podem ser poluídas por águas subterrâneas, já que ambas podem se interligar, e assim, se o aquífero subterrâneo estiver poluído, pode causar a poluição dos recursos hídricos superficiais (UFV, 2011).

Além da poluição direta sob as águas, a poluição do ar e do solo também afeta a qualidade das águas, pois pode haver o carreamento de poluentes do solo e a precipitação de impurezas do ar, poluindo as águas. Portanto, a preocupação com a poluição das águas superficiais não fica restrita apenas à poluição das águas, e sim ao ambiente como um todo (UFV, 2011).

Ao longo da realização das coletas para análise da qualidade da água do Ribeirão Guaratinguetá e do Rio Paraíba, pôde-se observar que uma das principais fontes de poluição do ribeirão é causada pelas plantações de arroz que existem ao longo do curso do ribeirão.

As plantações de arroz poluem as águas devido aos pesticidas aplicados na plantação para realizar o controle de pestes e aos fertilizantes, que são levados as águas superficiais por escoamento superficial e drenagem (Química Nova, 2005).



Figura 2: Plantação de arroz nas proximidades do Ribeirão Guaratinguetá. Fonte: Autores.

3.3 O Município de Guaratinguetá

Este tópico trará informações sobre o município de Guaratinguetá, como sua história, localização, hidrografia, entre outros temas relacionados ao município.

3.3.1 Histórico de Guaratinguetá

Guaratinguetá é uma palavra de origem tupi-guarani, que significa “muitas garças brancas” (guará=garça, tinga=branca, eta=muito).

Os primeiros homens brancos em bandeiras portuguesas passaram pela região de Guaratinguetá no final do século XVI, em busca das riquezas escondidas além da Serra da Mantiqueira, nas terras de Minas Gerais.

O povoamento da região de Guaratinguetá se inicia em 1628, com a doação das terras a Jacques Félix e seus filhos e em 13 de junho de 1630 foi elevada a povoado com a construção de uma capela dedicada a Santo Antônio.

Por intervenção do Capitão Domingos Luís Leme e devido à abertura da estrada principal, em 13 de fevereiro de 1651, foi elevada à Vila de Santo Antônio de Guaratinguetá.

Em 1739, nasce aquele que, em 25 de outubro de 1998 torna-se o primeiro brasileiro nato beatificado pelo Vaticano: Frei Antônio de Sant’Anna Galvão, canonizado em 11 de maio de 2007 pelo Papa Bento XVI.

Pela Lei nº 2, de 23 de janeiro de 1844, foi elevada à categoria de cidade, passando a comarca pela Lei nº 61, de 20 de abril de 1866.

Guaratinguetá possuía indústrias rudimentares até a expansão da cana-de-açúcar, quando numerosos engenhos se instalaram na região, e com isso tornou-se destaque pela sua prosperidade entre as demais cidades do Vale do Paraíba.

No século XIX a produção açucareira do Nordeste do Brasil sufoca a região Sul, fazendo com que os engenhos de açúcar sofram declínio.

O ano 1885 marca o auge da produção cafeeira e 1877 torna-se marco divisor da história com a chegada da Estrada de Ferro que liga São Paulo ao Rio de Janeiro.

O café vira moeda forte, alterando o cotidiano da cidade. Ampliam-se as construções na cidade e aumentam-se a mão-de-obra nos campos.

No século XX há a decadência do café e inicia-se uma fase de policultura, onde a cana-de-açúcar e o arroz tiveram uma maior importância. Surgem também novos focos econômicos: pecuária extensiva, industrialização e fomento comercial.

Instalam-se na cidade a Escola de Especialistas de Aeronáutica, depois o campus da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, o Senac e, mais recentemente, a Faculdade de Tecnologia (FATEC).

No século XXI a cidade se desenvolveu com o turismo religioso, através da Gruta de Nossa Senhora de Lourdes, devoção a Frei Galvão e templos religiosos que reúnem arquitetura, arte, beleza e fé desde o século XVIII.



Figura 3: Localização da sede de Guaratinguetá. Fonte: IBGE (2011).

3.3.2 Localização e acessos

Guaratinguetá fica a 176 km da capital São Paulo, na região do Vale do Paraíba. Situa-se entre a serra da Mantiqueira ao norte e as serras Quebra Cangalha e do Mar ao Sul.

Sua latitude sul é de 22°48'45 "e longitude oeste de 45°11'34" (IBGE, 2011).

Pertence a microrregião de Guaratinguetá e a mesorregião do Vale do Paraíba.

O acesso por terra à Guaratinguetá se dá principalmente pela rodovia Presidente Dutra, que liga São Paulo ao Rio de Janeiro. A rodovia estadual SP-171 liga Guaratinguetá à Estância Climática de Cunha e a divisa com o estado do Rio de Janeiro, podendo-se estender, em estrada de terra, até Parati. A estrada SP-62 liga Guaratinguetá e Lorena. A BR-459 faz ligação com o sul do estado de Minas Gerais.

O acesso por ar se dá pelo aeroporto Edu Chaves ou “Aeroclube de Guaratinguetá” que comporta vôos leves e médios, além de helicópteros de porte médio. Está localizado na zona

oeste da cidade. A distância de Guaratinguetá até o Aeroporto Internacional de Guarulhos é de 160 km e ao aeroporto de São José dos Campos é de 84 km.

O município faz divisa, ao norte, com Campos do Jordão (65 km), Piquete, Delfim Moreira e Itajubá (no estado de Minas Gerais); ao sul com Cunha (47 km), Lagoinha, Aparecida (7 km) e Potim; a oeste com Lorena; e a leste com Pindamonhangaba (38 km).

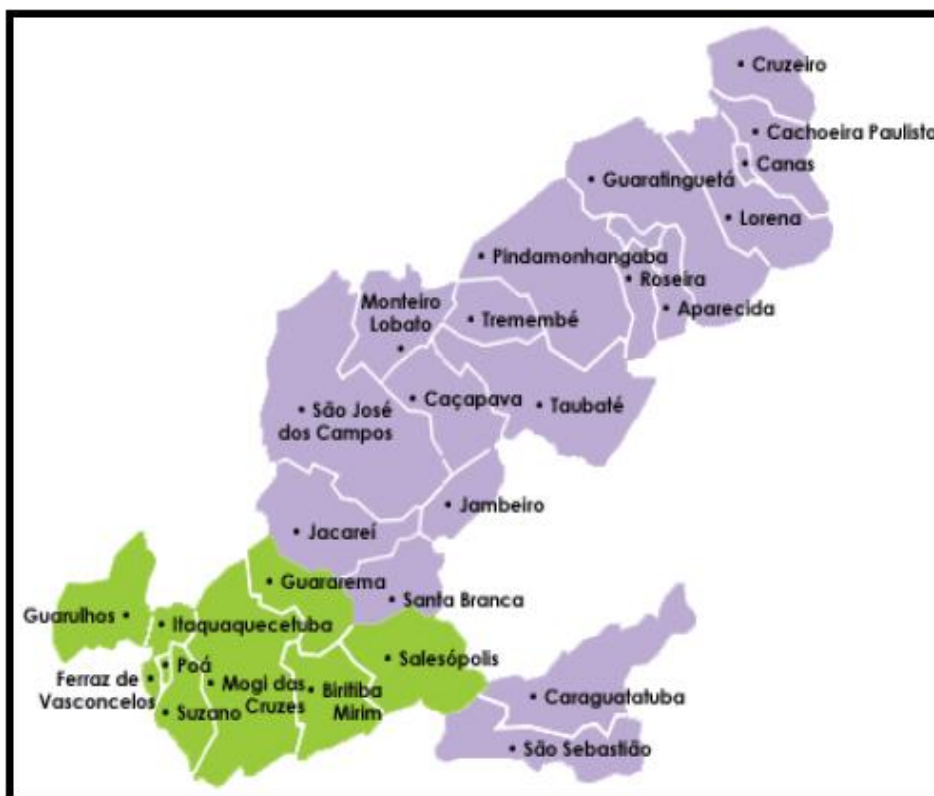


Figura 4: Localização da região de Guaratinguetá. Fonte: SAEG (2011).

3.3.3 Características urbanas

O município consta com 107895 habitantes, de acordo com o censo do IBGE 2007, distribuídos nas áreas urbanas e rurais e ocupa uma área de 752 km².

A população de Guaratinguetá, no período de 1991-2000, teve um crescimento médio anual de 1,45%, passando de 91998 em 1991 para 104219 em 2000. Em 2000 a população representava 0,28% da população do estado de São Paulo e 0,06% da população do Brasil (UNESP – Rio Claro, 2011).

A taxa de urbanização em 1991 era de 91,74 % e em 2000 era de 95,15%, representando um crescimento de 3,41% (UNESP – Rio Claro, 2011).

3.3.4 Características físicas do município

A topografia do município é formada por planície, morros, morrotes e escarpas. A altitude, em relação ao nível do mar, varia de 500 a 620 metros.

O clima da região é quente com inverno seco, mas, devido à serra da Mantiqueira parte do município apresenta um clima temperado. As massas de ar que influem no clima são: equatorial continental, tropical atlântica e frente intertropical. A temperatura média é de 22°C. O índice pluviométrico é de 1360 mm/ano. (SAEG, 2011).

3.3.5 Características ambientais

A região urbana de Guaratinguetá se encontra entre distintos ambientes: plantas miúdas, típicas de áreas frias na parte mais baixa e mata densa nas áreas mais altas. Ao norte do município encontra-se a serra da Mantiqueira com relevo fortemente ondulado. Já nos limites da cidade de Cunha existe a presença de araucárias e clima frio.

A região rural de Guaratinguetá possui uma rica paisagem cercada pelas serras da Mantiqueira e Quebra-Cangalha, apresentando morros e colinas entrecortados por cachoeiras que formam rios e riachos.

Os bairros da Pedrinha, Taquaral, Gomeral e Pilões ficam na região da serra da Mantiqueira e o bairro da Rocinha se encontra no domínio da serra Quebra-Cangalha.

3.3.5 Hidrografia do município

O município é recortado pelo Rio Paraíba do Sul, e pelo Ribeirão de Guaratinguetá, que é formado pela fusão dos ribeirões Gomeral e Taquaral. Alguns dos principais afluentes do Rio Paraíba do Sul, são os ribeirões de Guaratinguetá, dos Lemes, dos Motas, Gomeral, São Gonçalo, e Pilões; todos, influem no traçado urbano de Guaratinguetá, delimitando zonas e separando bairros.

Segundo o prefeito da cidade, o engenheiro Antonio Gilbetro Filippo Fernandes Júnior, em 2008 a cidade possuía 33153 ligações de esgoto, coletava e afastava 85% do esgoto e tratava 29% do esgoto. A cidade tem como meta atingir a universalização dos serviços de saneamento em 2024.

3.3.6 Indicadores socioeconômicos

O índice de desenvolvimento humano de Guaratinguetá cresceu cerca de 3,41% entre os anos de 1991 e 2000. A dimensão que mais contribuiu para este crescimento é a educação, com 61,7%, seguida pela longevidade, com 33,3% e pela renda, com 4,9% (IBGE, 2011).

A renda per capita média do município cresceu 2,41%, passando de R\$ 391,58 em 1991 para R\$ 401,02 em 2000. A pobreza (medida pela proporção de pessoas com renda domiciliar per capita inferior a R\$ 75,50, equivalente à metade do salário mínimo vigente em agosto de 2000) diminuiu 17,30% no período de 1991-2000. A desigualdade diminuiu: o Índice de Gini passou de 0,65 em 1991 para 0,58 em 2000 (UNESP – Rio Claro, 2011).

Tabela 1: Indicadores sócio-econômicos de Guaratinguetá em 2000. Fonte: SEADE (2000) apud SAEG (2011).

Indicador	Município de Guaratinguetá	Estado de São Paulo
IDH – M	0,818	0,814
Condições de Vida		
Dimensão Riqueza	50	55
Dimensão Longevidade	73	72
Dimensão Escolaridade	71	65
Escolaridade		
Taxa de Escolaridade	4,68	6,64
Média de anos de estudos	8,11	7,64

3.4 Rio Paraíba do Sul

O rio Paraíba do Sul nasce na Serra da Bocaina, no estado de São Paulo, fazendo um percurso de 1120 km, até a foz em Atafona, no norte do Rio de Janeiro. É formado pela união dos rios Paraitinga e Paraibuna, e em superfície, é considerada uma das três maiores bacias hidrográficas secundárias do Brasil, com uma área de 57000 km² (Inea, 2011).

O rio Paraíba do Sul é considerado de jurisdição federal, pois se estende por três estados da Federação (São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro). Nessa condição, desde a década de 80, a gestão ambiental do rio Paraíba do Sul é feita pelo Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul - CEIVAP (Decreto nº 87.561/82), tendo sido revitalizada, posteriormente, com a aprovação da Lei nº 9433/97, da Política Nacional de Recursos Hídricos (CBH-PS, 2011).

A instituição responsável pelo monitoramento da bacia do rio Paraíba do Sul é o Inea, que tem como objetivo avaliar os principais indicadores físico-químicos de qualidade da água (Inea, 2011).

3.5 Ribeirão Guaratinguetá

O ribeirão Guaratinguetá está localizado no município de Guaratinguetá e nasce da união dos ribeirões Gomeral e Taquaral, nos contrafortes da Serra da Mantiqueira. É afluente da margem esquerda do rio Paraíba do Sul, possui uma extensão de aproximadamente 23 km e a área da bacia do ribeirão tem em torno de 164 km².

Segundo Ferreira et al. (2011), a bacia do Ribeirão Guaratinguetá compreende parcialmente as cartas topográficas Guaratinguetá (SF.23-Y-B-VI-4), Delfim Moreira (SF.23-Y-B-VI-1) e Lorena (SF.23-Y-B-VI-2), produzidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala 1:50000.

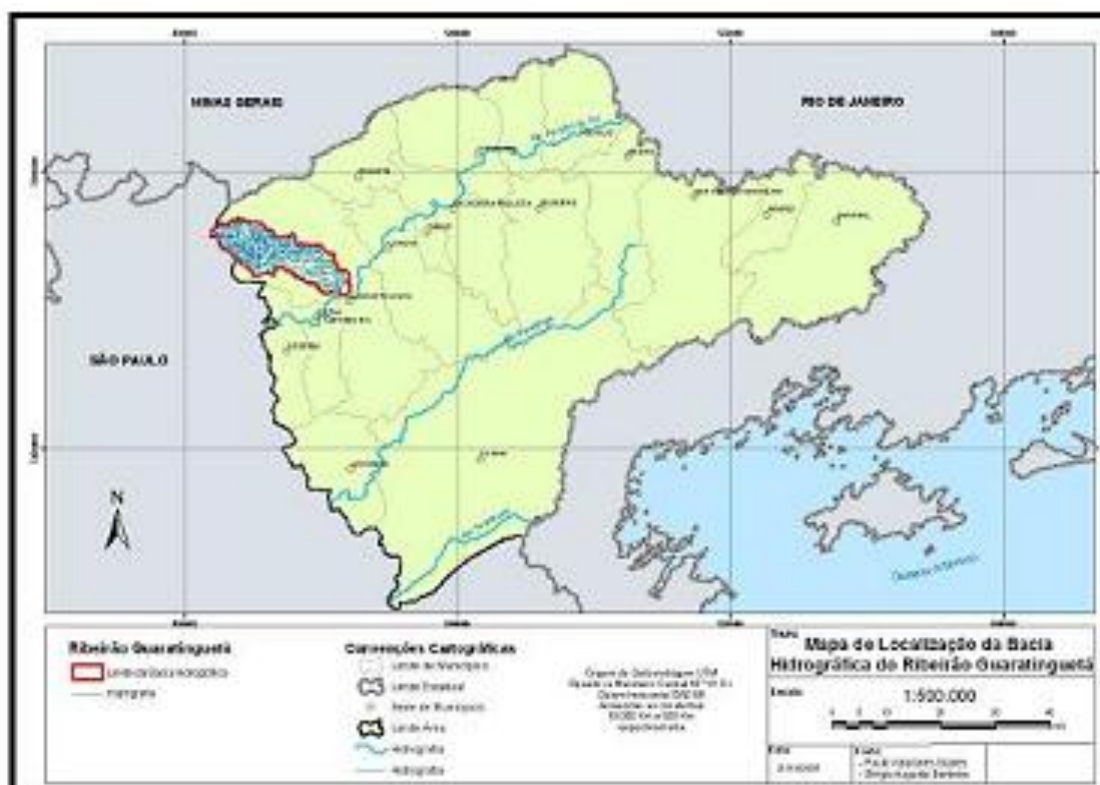


Figura 6: Mapa de localização da sub-bacia do ribeirão Guaratinguetá na bacia do Rio Paraíba do Sul, porção paulista. Fonte: Soares (2005) apud Ferreira et al (2011).

As quedas d'água do ribeirão atraem o turismo regional e ao longo de seu curso se desenvolvem diversas culturas, principalmente rizicultura, piscicultura e pecuária de leite. Os

cultivos de arroz se localizam nas várzeas do médio curso do ribeirão Guaratinguetá e o núcleo urbano, que corresponde a 10% da área da bacia, localiza-se no baixo curso junto à confluência com o Rio Paraíba do Sul (CEIVAP, 2001).

Tabela 2: Demanda hídrica do ribeirão Guaratinguetá. Fonte: CEIVAP (2001).

Uso	Demanda (l/s)	Obs:
Agricultura	2466	Estimativa
Piscicultura	89	
Abastecimento humano	322	SAEG
Total	2877	

O ribeirão Guaratinguetá é classificado pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA – resolução 20/86 e SP – Decreto 10755/1977) como classe 2 da sua confluência com o rio Paraíba até a confluência com o Ribeirão Gomerai. A partir deste ponto até a montante todos os pontos são classificados como classe especial, ou classe 1, do decreto paulista. A maior parte da rizicultura se localiza no trecho a jusante e, portanto, onde o rio é enquadrado dentro da classe 2 (CEIVAP, 2001).

Aproximadamente 80% do abastecimento de água da cidade de Guaratinguetá provém do ribeirão Guaratinguetá, que segundo estudos é mais limpo que o rio Paraíba, e a companhia responsável pela sua captação, tratamento e distribuição é a Companhia de Serviço de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG).

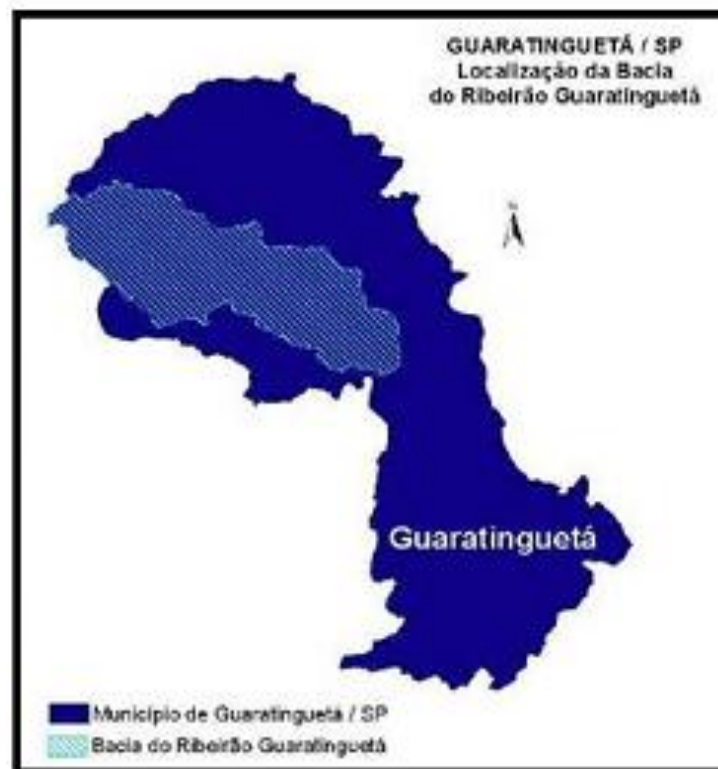


Figura 7: Localização da bacia do ribeirão Guaratinguetá no Município de Guaratinguetá. Fonte: SAEG (2005) apud Ferreira et al. (2011).

4 METODOLOGIA

Neste capítulo será explicada a metodologia aplicada ao trabalho, desde os locais de coleta, até os ensaios realizados em laboratório.

4.1 Locais de coleta

Para realização da parte experimental do trabalho foram escolhidos cinco pontos para se analisar a qualidade da água, estes pontos começam na junção dos Ribeirões Gomeral e Taquaral, formando o Ribeirão Guaratinguetá, até o Rio Paraíba do Sul.

As coletas foram realizadas em 28 de setembro de 2011, um dia com o tempo estável e ensolarado. Através de vasta bibliografia e seguindo as recomendações do Standard Methods for examination of Water and Wastewater, 20^a edição, realizamos as coletas.

Primeiramente fomos ao Ribeirão Gomeral e ao Ribeirão Taquaral, onde foi possível observar a baixa vazão de ambos devido ao período de baixa intensidade pluviométrica que ocorreu no mês de setembro deste ano.



Figura 8: Ribeirão Gomeral. Fonte: Autores.



Figura 9: Ribeirão Taquaral. Fonte: Autores.

Então seguimos o curso dos ribeirões até encontrar a junção de ambos, formando a nascente do Ribeirão Guaratinguetá, onde foi feita a primeira coleta de amostras para realização dos ensaios em laboratório. Neste ponto ainda não havia muitas interferências das ações humanas no entorno do ribeirão.



Figura 10: Nascente do Ribeirão Guaratinguetá. Fonte: Autores.

O segundo ponto de coleta também foi no Ribeirão Guaratinguetá, dentro do Clube das Pedrinhas.



Figura 11: Ribeirão Guaratinguetá no Clube das Pedrinhas. Fonte: Autores.

O terceiro ponto escolhido foi a aproximadamente 2,5 km antes da estação de tratamento de água da SAEG (Companhia responsável pelos serviços de água, esgoto e resíduos da cidade).



Figura 12: Terceiro ponto de coleta. Fonte: Autores.

Nestes três primeiros pontos as coletas puderam ser feitas diretamente, ou seja, sem o auxílio do coletor, devido ao fácil acesso dos locais. Portanto, nestes pontos foi possível fazer a coleta das amostras para determinação do oxigênio dissolvido imergindo o frasco de DBO

aproximadamente no centro do ribeirão, não muito próximo a superfície, e aguardando o enchimento completo do frasco para não aerar a amostra.

Logo após as coletas, era adicionado sulfato manganoso e uma solução álcali (mistura de hidróxido de sódio com iodeto de potássio) as amostras, para verificar se havia oxigênio dissolvido na amostra.

Também eram coletadas mais amostras para a realização de outros ensaios em laboratório. Logo após a coleta dessas amostras foi medida a temperatura da água e determinado o valor do pH da amostra através do medidor de pH portátil.

O quarto ponto de coleta também foi realizado no Ribeirão Guaratinguetá, na Ponte Antonio Rois. Gonçalves, no Jardim Rony, a partir deste ponto as coletas das amostras foram realizadas com o auxílio do coletor, pois além da impossibilidade de chegar ao centro do ribeirão, neste ponto havia o lançamento de esgoto. Portanto para realização do ensaio para determinação de OD, o frasco de DBO foi preenchido com a água do ribeirão por meio de sifonagem, para não causar muitas interferências no resultado final do ensaio.



Figura 13: Coletor utilizado para realização das coletas de amostras. Fonte: Autores.

O quinto e último ponto de coleta foi no Rio Paraíba do Sul, ao lado do Orfanato Casa Puríssimo Coração de Maria, da Avenida João Pessoa, seguindo os mesmos procedimentos de coleta do quarto ponto.



Figura 14: Coleta no Rio Paraíba do Sul. Fonte: Autores.

Ao término das coletas, as amostras foram levadas para o Laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, onde foram realizados os ensaios.

4.2 Ensaios Realizados

Para realização dos ensaios, também foram seguidas as recomendações do Standard Methods for examination of Water and Wastewater, 20^a edição.

4.2.1 Oxigênio Dissolvido (OD)

Segundo Baird (2002), “O agente oxidante mais importante em águas naturais é o oxigênio molecular dissolvido, O_2 ”. A afirmação de Baird mostra a importância do Oxigênio Dissolvido, também chamado de OD, pois a maioria dos seres vivos aquáticos necessita do oxigênio dissolvido para respirar. Os peixes, por exemplo, necessitam de concentrações mínimas de OD entre 10% e 60% de saturação.

No entanto, a presença de OD não está relacionada apenas à sobrevivência dos seres vivos aquáticos, pois sua presença em águas residuárias industriais se faz necessária para prevenir a formação de substâncias com odores desagradáveis, comprometendo assim o uso

da água. Portanto, o oxigênio dissolvido é um parâmetro extremamente importante para avaliar a qualidade da água (Química e Sociedade, 2011).

As principais fontes de oxigênio para a água são: a atmosfera em contato com a água (ventos, ondas, correntes), a fotossíntese gerada pela flora aquática e pela sua liberação através de reações químicas que ocorrem na água. Por outro lado, as perdas de oxigênio são causadas pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), por perdas para a atmosfera, pela respiração da fauna e flora aquática, e por reações químicas como a nitrificação e a oxidação. Em condições naturais essas perdas são compensadas pela produção de oxigênio pela fotossíntese e pela aeração da água através do fluxo da água, no entanto em águas estagnadas ou situadas a grandes profundidades há pouco oxigênio dissolvido, devido à sua reação com a matéria orgânica e a falta de sua reposição com rapidez, já que sua reposição é feita por difusão que é um processo lento (UFRJ, 2011).

Geralmente a redução de oxigênio dissolvido acontece quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis, encontradas nos esgotos domésticos e em efluentes industriais ricos em matéria orgânica. O aumento da matéria orgânica gera um número maior de microorganismos decompositores que utilizam o oxigênio para respirar e elevam as quantidades de CO_2 e metano. Portanto esses microorganismos aumentam o consumo de oxigênio e diminuem a sua disponibilidade podendo causar a morte de peixes pela ausência de oxigênio (Química e Sociedade, 2011).

A solubilidade do oxigênio dissolvido na água está relacionada a fatores como a temperatura, a salinidade e a pressão. Sendo a temperatura o fator mais importante no controle da solubilidade do oxigênio, visto que a solubilidade dos gases é maior em temperaturas menores (Química e Sociedade, 2011).

Determinação do Oxigênio Dissolvido

Materiais e Reagentes

- Frasco para DBO;
- Pipeta volumétrica;
- Erlenmeyer;
- Sulfato manganoso;
- Solução álcali (mistura de hidróxido de sódio com iodeto de potássio);

- Solução de fluoreto de potássio;
- Ácido sulfúrico;
- Solução de tiosulfato de sódio 0,0125 N;
- Solução indicadora de amido.

Procedimento

Para determinar a concentração do oxigênio dissolvido nas amostras coletadas foi utilizado o Método de Winkler modificado pela azida sódica. Ao se coletar a amostra adiciona-se ao frasco contendo a amostra sulfato manganoso e uma solução álcali (mistura de hidróxido de sódio com o iodeto de potássio), obtendo-se um precipitado gelatinoso marrom em todas as amostras coletadas, indicando a presença de oxigênio. Agita-se o frasco por inversões sucessivas e guardam-se os frascos.

Ao chegar ao Laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – FEG, as amostras já haviam decantado o precipitado e então se acrescenta as amostras fluoreto de potássio, e em seguida ácido sulfúrico. Fecha-se e agita-se cada amostra para dissolver o precipitado.

Então se transfere 100 ml da amostra para um erlenmyer e titula-se com uma amostra de tiosulfato de sódio 0,0125 N até a solução obter uma coloração palha, então adiciona-se o indicador amido (obtendo uma coloração azul) e prossegue-se a titulação até o desaparecimento da cor azul.

Após o desaparecimento da cor azul, anota-se o volume de tiosulfato consumido. Com este valor é possível determinar o teor de oxigênio dissolvido em cada amostra através do seguinte expressão:

$$OD (mg/L) = \frac{V_1 \cdot C \cdot 8000}{V_2}$$

Onde:

V_1 = volume de tiosulfato de sódio usado na titulação (em ml);

V_2 = volume da amostra analisada (em ml);

C = concentração normal da solução de tiosulfato.

4.2.2 pH (Potencial Hidrogeiônico)

Segundo Oliveira (apud Ferreira), “pH é um termo que expressa a intensidade da condição ácida ou básica de um determinado meio. É definido como o cologaritmo decimal da concentração efetiva ou atividade dos íons hidrogênio.”

O pH é um importante parâmetro para analisar a qualidade da água, pois ele é alterado quando resíduos são introduzidos na água. Sabe-se que uma água neutra tem pH igual a 7, uma água básica tem pH inferior a 7 e uma água ácida tem pH superior a 7. A Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), estabelece que o pH da água no sistema de distribuição esteja na faixa de 6,0 a 9,5.

Determinação do pH

Materiais

- Carta universal de pH;
- pH-metro;
- agitador magnético.

Procedimento

Para determinar o pH das amostras foram utilizados dois métodos. O primeiro método era realizado no local de coleta da amostra e o segundo método foi realizado em laboratório, sendo que o método de determinação do pH em laboratório fornece um resultado mais preciso.

Para determinação do pH em campo foi utilizada a carta universal de pH, que consiste em um conjunto de papéis que reagem em contato com a água, adquirindo uma coloração para cada valor de pH, que então era comparado com um quadro de cores, que relaciona a cor obtida com um valor de pH.

O segundo método, realizado em laboratório, foi feito com o auxílio de um pH-metro, que consiste de um potenciômetro, um eletrodo de vidro do tipo combinado e um sensor de compensação de temperatura.

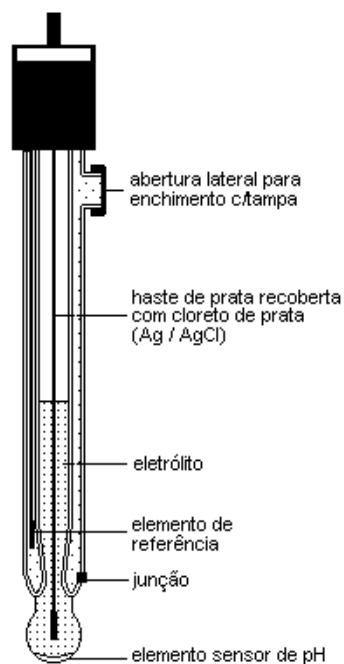


Figura 15: Eletrodo combinado. Fonte: UFCG (2011).

Primeiramente se prepara as soluções tampão de pH 4,02 e 6,86, seguindo as recomendações do Standard Methods, para se fazer a calibração do pH-metro.

Para calibração do aparelho, foram empregadas duas soluções tampão de pH 6,86 e pH 4,02, sendo a correção da inclinação da linha reta potencial do eletrodo versus pH, ajustada automaticamente a leitura do pH-metro ao valor do pH do tampão na temperatura do teste.

Então se iniciou a medição do pH das amostras, agitando-se as mesmas, com o auxílio de um agitador magnético. Introduzem-se os eletrodos na amostra, até se obter o equilíbrio, para então se efetuar a leitura do pH.

4.2.3 Temperatura da água

A temperatura da água é um fator que influi em várias propriedades da água, por isso é importante conhecê-la.

Determinação da Temperatura

Materiais

- Frasco plástico para armazenar a água;

- Termômetro.

Métodos

As temperaturas das amostras foram feitas assim que a coletas foram efetuadas, com o auxílio de um termômetro que era colocado dentro do frasco que continha a amostra, possibilitando realizar a determinação da temperatura de todas as amostras.

4.2.4 Cloreto

Os cloretos estão presentes em águas naturais, principalmente em mares e oceanos. De acordo com Heller (2006), o esgoto doméstico contém altas concentrações de cloretos, portanto a presença de concentrações elevadas de cloretos indica a poluição da água. A presença de cloretos, principalmente de sódio, potássio e cálcio, conferem gosto salino às águas e é prejudicial a pessoas portadoras de moléstias cardíacas ou renais. Para remoção de cloretos na água são necessários processos de tratamento especiais, como osmose reversa, troca iônica e eletrodialise.

Determinação de Cloretos

Materiais e Reagentes

- Bastão de vidro;
- Béquer de 250 ml;
- Bureta de 50 ml;
- Erlenmeyer de 250 ml;
- Funil de filtração;
- Garra para bureta;
- Papel de filtro;
- Pêra de borracha;
- Pipeta graduada de 2 ml;
- Proveta de 100 ml;

- Suporte universal;
- Ácido Sulfúrico 1N;
- Água oxigenada a 30%;
- Hidróxido de Sódio 1N;
- Indicador cromato de potássio;
- Solução de nitrato de prata 0,0141N;
- Solução indicadora de fenolftaleína;
- Suspensão de hidróxido de alumínio.

Procedimento

Para determinar o teor de cloreto presente nas amostras coletadas foi utilizado o método de Mohr.

Primeiramente agita-se e mede-se 100 ml da amostra, então se transfere a amostra a um béquer, e com uma proveta acrescenta-se o hidróxido de alumínio e agita-se a amostra com o bastão de vidro e aguarda-se a sedimentação das partículas.

Coloca-se um papel de filtro no funil de vidro, umedecendo-o para melhorar a sua fixação ao funil e se transfere a amostra do béquer para o funil, recolhendo a amostra filtrada no erlenmeyer.

Após a filtração da amostra, acrescenta-se com a pipeta a água oxigenada a 30% e então se agita a solução. Adiciona-se indicador de cromato de potássio a amostra e esta ficará com a cor amarela. Então se titula a amostra com nitrato de prata, gotejando a solução de nitrato de prata até o surgimento de uma cor vermelho-telha, e anota-se o volume de nitrato de prata gasto na titulação.

O teor de cloreto presente na amostra é então determinado através da seguinte equação:

$$mg/L \text{ de } Cl^{-} = \frac{(A - B) \cdot 500}{V_a}$$

Onde:

A = volume de nitrato de prata gasto para titular a amostra, em ml;

V_a = volume da amostra em ml;

B = volume de nitrato de prata gasto para titular o branco, em ml.

4.2.5 Coliformes totais e fecais

Segundo von Sperling (2005), as fezes humanas apresentam grande quantidade de bactérias do grupo coliforme, estas bactérias possuem uma resistência superior à maioria das bactérias patogênicas intestinais e as técnicas para sua detecção são rápidas e econômicas, por isso elas são utilizadas como indicadores de contaminação fecal na água.

Ainda segundo von Sperling, os principais indicadores de contaminação fecal utilizados são os:

- Coliformes totais (CT);
- Coliformes fecais (CF), também chamados de coliformes termotolerantes;
- *Escherichia coli* (EC).

Os coliformes totais (CT) também representam organismos de vida livre, e não intestinal, por isso não devem ser utilizados como indicadores de contaminação fecal em águas superficiais, no entanto a água tratada não deve possuir coliformes totais, pois sua presença em águas tratadas indicam um tratamento inadequado da água, contaminação posterior ou excesso de nutrientes na água (von Sperling, 2005).

Os coliformes fecais (CF), também denominados coliformes termotolerantes, por resistirem à elevadas temperaturas, são um grupo de bactérias indicadoras de organismos originários do trato intestinal humano e de outros animais, este grupo compreende o gênero *Escherichia* e *Klebsiella* (von Sperling, 2005).

A *Escherichia coli* é a principal bactéria do grupo de coliformes fecais, e está presente em grande quantidade nas fezes humanas e de animais. Sua presença na água dá a garantia de contaminação fecal (von Sperling, 2005).

Determinação dos Coliformes totais e fecais

Materiais

- Tubos de Durham;
- Tubos de ensaio;
- Suporte de tubos;
- Pipeta de 10 ml;
- Alça de platina;

- Estufa;
- Meio de cultura:
 1. Caldo lauril triptose;
 2. Caldo verde brilhante bile 2%;
 3. Caldo E.C. medium.

Procedimentos

A determinação dos coliformes foi realizada através da Técnica de Tubos Múltiplos, esta técnica consiste em três testes, o presuntivo, o confirmativo e o diferencial.

Antes de se realizar os ensaios deve-se fazer a desinfecção do local de trabalho utilizando álcool 70%.

O primeiro teste é o presuntivo, para isso, organiza-se os tubos de caldo lactosado contendo os tubos de Durham em um suporte com 5 fileiras de 5 tubos anotando nos primeiros tubos de cada fileira os respectivos volumes, que no caso são: 1 ml, 0,1 ml, 0,01 ml, 0,001 ml e 0,0001 ml e o número de identificação de cada amostra.

Agita-se a amostra por pelo menos 25 vezes, e com uma pipeta esterilizada transfere-se 10 ml da amostra ao frasco contendo 90 ml de água de diluição. Fecha-se o frasco e agita-se a solução obtendo-se uma solução de 10^{-1} ml / ml.

Transfere-se 10 ml dessa amostra diluída para os tubos da primeira fileira e então se flamba a borda de cada tubo fechando-os imediatamente com tampas de algodão.

Para as demais diluições procede-se de modo similar à etapa anterior.

Após estas etapas, os tubos são incubados à temperatura de 35° C por um período de 48 horas.

Passadas 48 horas os tubos que apresentarem gás no seu interior devem ser anotados, pois eles são considerados os tubos positivos, que serão utilizados para realização do segundo e terceiro teste.

Para realização do segundo teste (confirmativo) será necessário o meio de cultura verde brilhante bile 2%, e para o terceiro teste (diferencial) será necessário o meio de cultura E.C. medium.

Prepararam-se duas estantes, uma com os tubos de meio de cultura verde brilhante bÍlis 2%, e outra contendo meio de cultura E.C. medium, a quantidade de tubos em cada fileira depende do total de tubos positivos do primeiro teste.

Anota-se nos tubos da primeira fileira de verde brilhante e E.C. medium os volumes de 1 ml, 0,1 ml, 0,01 ml, 0,001 e 0,0001 ml e o número de identificação da amostra. Com o auxílio da alça de platina, retira-se o material do tubo positivo e inocula-se no tubo de verde bile, partindo do mesmo tubo positivo, inocula-se o material no tubo de E.C. medium. Repete-se essa operação para todos os tubos positivos.

Então os tubos inoculados de verde bile são incubados na estufa por 48 horas a 35°C, e os tubos inoculados de E.C. medium são incubados em banho-maria durante 24 horas a 44,5°C.

Após o período de incubação efetua-se a leitura dos tubos, considerando como resultados positivos todos os tubos que apresentarem gás no tubo invertido.

Com os resultados dos três testes é possível determinar a densidade dos coliformes totais e fecais presentes nas amostras, que são expressas em NMP/100 ml, ou seja, Número Mais Provável de coliformes em 100 ml de amostra. Para se determinar o NMP, é necessário o uso da tabela de NMP (anexo A).

4.2.6 Turbidez

Segundo Heller (2006), “a turbidez na água é devido à presença de matéria particulada em suspensão na água, tal como matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, fitoplâncton e outros organismos microscópicos planctônicos ou não.” De forma simplificada, a turbidez expressa a transparência da água, ela é um dos principais parâmetros para seleção de tecnologia e controle operacional dos processos de tratamento de água.

Recomenda-se que a turbidez da água seja a mais baixa possível, pois valores elevados de turbidez podem proteger microorganismos dos efeitos da desinfecção (Heller, 2006).

Determinação da Turbidez

Materiais e Reagentes

- Turbidímetro com um nefelômetro;
- Tubo para amostra de vidro incolor;
- Água isenta de turbidez;
- Sulfato de hidrazina;

- Hexametilenotetramina.

Procedimento

Para se determinar a turbidez foi utilizado o Método Nefelométrico.

Primeiramente deve-se preparar a solução estoque de turbidez, que é uma mistura de duas soluções.

Para a Solução I dissolve-se 1,0 g de sulfato de hidrazina $(\text{NH}_2)_2\text{H}_2\text{SO}_4$ em água destilada e dilui-se para 100 ml em balão volumétrico.

A Solução II é feita através da dissolução de 10,0 g de hexametilenotetramina $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$, em água destilada e dilui-se para 100 ml em balão volumétrico.

A solução estoque de turbidez é feita com a mistura de 5,0 ml da Solução I com 5,0 ml da Solução II. Deixa-se a mistura em repouso por 24 horas à temperatura de $25 \pm 3^\circ\text{C}$. Sendo esta suspensão correspondente a 4000 UTN (Unidade de Turbidez Nefelométrica).

Então se prepara a Suspensão Padrão de Turbidez diluindo-se 1,0 ml da solução estoque para 100 ml com água isenta de turbidez. A turbidez dessa suspensão é 40 UTN.

Após o preparo dessas soluções faz-se os Padrões Diluídos de Turbidez, feitas a partir de diluições da suspensão estoque com água destilada de acordo com as unidades desejadas.

Com todas as soluções preparadas, calibra-se o turbidímetro de acordo com as instruções do fabricante.

Para amostras com turbidez menor que 40 Unidades deve-se agitar as amostras suavemente e esperar as bolhas de ar desaparecerem, para fazer a leitura na escala do turbidímetro.

Para amostras com turbidez maior que 40 Unidades dilui-se a amostra com um ou mais volumes de água isenta de turbidez, até que a amostra caia na faixa de turbidez desejada.

Por fim, a turbidez é determinada através da seguinte equação:

$$UNT = A \cdot F$$

Onde:

UNT = unidade nefelométrica de turbidez;

A = leitura da amostra.

F = fator de diluição.

4.2.7 Cor

Segundo Heller (2006), a cor na água deve-se a presença de matéria orgânica colorida, associada com a fração húmica do solo.

A cor também depende da presença de ferro e outros minerais na água, como constituintes naturais dos mananciais ou como produtos da corrosão (Heller, 2006).

A análise da cor é feita, pois ela pode ser o primeiro indicio de poluição, uma vez que a contaminação da água altera sua cor. Deve-se lembrar que a cor varia com o pH da água, sendo mais facilmente removida a valores de pH mais baixos, por isso antes de se determinar a cor da amostra é necessário se conhecer o seu pH (Heller, 2006).

Determinação da Cor

Materiais e Reagentes

- Tubos de Nessler;
- Balão volumétrico de 1000 ml;
- Cloroplatinato de potássio;
- Cloreto cobaltoso;
- Água destilada;
- Ácido clorídrico.

Procedimento

A determinação da cor é feita através da comparação visual das amostras com soluções conhecidas de platina-cobalto.

Primeiramente prepara-se a solução estoque de cloroplatinato dissolvendo-se 1,246 g de cloroplatinato de potássio K_2PtCl_6 (equivalente a 500 mg de platina metálica) e 1 g de cloreto cobaltoso $CoCl_2 \cdot 6 H_2O$ (equivalente a aproximadamente 250 mg de cobalto metálico) em água destilada contendo 100 ml de ácido clorídrico concentrado, e dilui-se a 1 L com água destilada.

A partir da solução estoque de cloroplatinato devem-se preparar os padrões 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60 e 70 unidades, fazendo-se as diluições necessárias com água destilada em tubos de Nessler de 50 ml, de acordo com a tabela abaixo.

Tabela 3: Padrões de Soluções. Fonte: Standard Methods for examination of Water and Wastewater (1998).

Solução estoque diluída a 50 ml com água destilada (ml)	Cor em unidade de cloroplatinato
0	1
0,5	5
1	10
1,5	15
2	20
2,5	15
3	30
3,5	35
4	40
4,5	45
5	50
6	60
7	70

Caso as amostras apresentem turbidez, a mesma deve ser removida, através de filtração ou centrifugação.

Então se compara a intensidade da cor da amostra no tubo de Nessler com os padrões de cor, olhando-se verticalmente para baixo através dos tubos colocados sobre uma superfície branca, postos de modo que a luz seja refletida para cima através da coluna do líquido. Caso a cor seja superior a 70 unidades, dilui-se a amostra com água destilada em proporções conhecidas até a amostra adquirir uma cor dentro dos padrões existentes. Anota-se a cor obtida, sendo essa cor denominada cor aparente.

Para se obter a cor real da amostra utiliza-se a seguinte equação:

$$\text{unidade de cor} = \frac{A \cdot 50}{B}$$

Onde:

A = cor da amostra diluída;

B = ml da amostra tomado para diluição.

4.2.8 Condutividade

A condutividade é a capacidade que a solução tem de conduzir corrente elétrica. Segundo Heller (2006), “a condutividade elétrica da água depende da quantidade de sais dissolvidos, sendo aproximadamente proporcional à sua quantidade.” Segundo Moreira (2001), altos valores de condutividade indicam altas taxas de decomposição, fornecendo informações sobre a disponibilidade de nutrientes no meio aquático, e ajudando a detectar a poluição da água.

Determinação da Condutividade

Materiais

Condutivímetro;

Procedimento

Para determinar a condutividade das amostras foi utilizado um condutivímetro, TECNOPON, modelo CA-150 que possui um sistema eletrônico microprocessado que permite uma ampla faixa de medição.

Primeiramente deve-se efetuar a calibração do aparelho, imergindo-se uma célula de vidro com eletrodos de platina distanciados de 1 cm entre si em uma solução padrão de condutividade 146,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A correção da temperatura é feita automaticamente.

Após se calibrar o aparelho, mergulha-se a célula na amostra de água e pode-se ler a condutividade no visor do aparelho.

4.2.9 Resíduos

Os resíduos presentes na água são separados em: resíduos totais, resíduos fixos e resíduos voláteis.

Segundo Viterbo (1998), os resíduos totais são definidos como toda matéria que permanece como resíduo depois da evaporação à temperatura de 105 °C. Os resíduos fixos

são a fração orgânica que oxida como cinza após aquecimento a 550 °C, e os resíduos voláteis são a fração orgânica que oxida a temperatura de 550 °C.

Determinação dos Resíduos

Materiais

- Balança;
- Dessecador;
- Estufa;
- Mufla;
- Cápsula de porcelana;
- Proveta.

Procedimento

Para determinação dos resíduos total, fixo e volátil das amostras foi utilizado o Método Gravimétrico.

Os ensaios para determinação dos resíduos das amostras foram realizados logo após a coleta das amostras, devido a impossibilidade de preservar as mesmas.

Para realizar o ensaio, a amostra deve estar livre de sólidos ou aglomerados submersos de materiais não homogêneos, e caso a mesma contenha óleo ou graxa os mesmos devem ser dispersos, com um liquidificador antes de se iniciar a análise.

Primeiramente coloca-se uma cápsula de porcelana na mufla a 550°C por 30 minutos. E depois, esfria-se um pouco a cápsula ao ar livre e a leva ao dessecador por 40 minutos. Passado os 40 minutos, retira-se a amostra do dessecador e pesa-se a cápsula obtendo-se P1 (mg).

Acrescenta-se a cápsula cerca de 250 ml de amostra homogeneizada, e leva-se para secar em banho-maria. Então se transfere a cápsula para a estufa a 105°C deixando-a na estufa por 12 horas, ou até ela adquirir peso constante. Esfria-se a cápsula no dessecador e pesa-se a cápsula, obtendo-se P2 (mg).

Leva-se a cápsula novamente à mufla a 550°C durante uma hora. Retira-se a cápsula da mufla, deixando-a esfriar parcialmente ao ar livre e depois coloca-se a cápsula no dessecador até o seu resfriamento completo (aproximadamente 40 minutos). Após o seu resfriamento, pesa-se a cápsula novamente, obtendo-se P3 (mg).

Com os valores de P_1 , P_2 e P_3 é possível se determinar os resíduo total (RT), o resíduo fixo (RF) e o resíduo volátil (RV) das amostras através das seguintes equações:

$$RT \text{ (mg/L)} = \frac{P_2 - P_1}{Vol.amostra} \cdot 1000$$

$$RF \text{ (mg/L)} = \frac{P_3 - P_1}{Vol.amostra} \cdot 1000$$

$$RV \text{ (mg/L)} = RT - RF$$

5 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste tópico iremos abordar a qualidade da água a partir dos parâmetros analisados.

Ao se analisar a temperatura e o pH dos cinco pontos de coleta notou-se que houve pouca variação nos resultados obtidos e todas as amostras apresentaram resultados de acordo com a Resolução CONAMA n° 357 (2005) para classe 2.

Os parâmetros cor, turbidez e cloreto também estão de acordo com a Resolução CONAMA n° 357 (2005) para classe 2, estabelecendo que a cor deve ser de até 75 mg Pt/L, a turbidez de até 100 UNT e o cloreto até 250 mg/L Cl.

Na nascente do ribeirão Guaratinguetá e no clube das Pedrinhas observou-se que a turbidez está quase dentro do padrão de potabilidade da água (inferior a 1 UNT), com variação de no máximo 0,2 e os valores de cor e cloreto encontrados também são baixos. Nos outros três pontos de coleta há presença de matéria em suspensão na água, substâncias em solução e dissolução de minerais, por isso estes pontos apresentaram valores de turbidez, cor e cloretos mais altos.

O valor de condutividade mais elevado foi encontrado na amostra coletada na ponte Antonio Rois. Gonçalves (112,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$), indicando que neste ponto há altas taxas de decomposição, portanto neste ponto a poluição é maior.

Todos os valores encontrados de resíduos totais, fixos e voláteis estão de acordo com Resolução CONAMA n° 357 (2005), que fixa como teor máximo desejável de sólidos totais 500 mg/L. É importante se conhecer as taxas de resíduos para o dimensionamento das unidades de sedimentação das estações de tratamento de água.

Apenas a nascente do ribeirão Guaratinguetá e o Clube das Pedrinhas apresentaram valores de coliformes fecais em conformidade com a Resolução CONAMA n° 357 (2005), a partir deste ponto há maior interferência humana, aumentando a presença de microorganismos patogênicos na água, e conseqüentemente há o aumento do número de coliformes encontrados. Pode-se observar ainda que na ponte Antonio Rois. Gonçalves, os valores de coliformes fecais encontrados foram os mais altos devido ao lançamento direto de esgoto nesse ponto e que ao chegar ao rio Paraíba o valor de coliformes diminui um pouco devido à dispersão que ocorre ao longo do rio.

Ao se analisar o oxigênio dissolvido (OD), um dos parâmetros mais importantes para análise da qualidade da água, observou-se que o único ponto que não está de acordo com a Resolução CONAMA n° 357 (2005), é o ponto da ponte Antonio Rois. Gonçalves, que

apresentou uma concentração de oxigênio inferior a 5 mg/L O₂, resultado da decomposição de matéria orgânica por bactérias aeróbias.

Todos os resultados analisados podem ser visualizados na tabela 4, a seguir.

Tabela 4: Resultados

Pontos de Coleta	Nascente	Clube das Pedrinhas	Antes da SAEG	Ponte Antonio Rois. Gonçalves	Orfanato	Padrão – Resolução Conama nº 357
Oxigênio Dissolvido (mg O ₂ /L)	7,9	7,7	7,6	3,7	7	> 5
pH	7,5	7,5	7,1	6,9	6,9	6,0 - 9,0
Temperatura (°C)	24	26	25	23	22	-
Cloreto (mg Cl/L)	1,5	1,5	1,7	1,7	1,7	< 250
Coliformes totais (NMP/100 ml)	500	1600	7000	900000	30000	
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	170	300	1700	500000	13000	< 1000
Turbidez (UNT)	1,2	1,1	10	12,6	15	< 100
Cor (mg Pt-Co/L)	12,5	12,5	65	68	35	< 75
Condutividade (µS/cm)	28,9	28,6	32,8	112,2	62,4	
Resíduo Total (mg/L)	1,5	37	107	98	79	< 500
Resíduo Fixo (mg/L)	ND*	1,4	ND*	5	5,4	
Resíduo Volátil (mg/L)	1,5	35,6	107	93	73,6	

ND = não detectável

6 CONCLUSÃO

Comparando os resultados obtidos através de análises laboratoriais, realizados no Laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, com a Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005, podemos concluir que os únicos pontos que atendem a todos os parâmetros analisados são: o da nascente do ribeirão Guaratinguetá (junção dos ribeirões Gomeral e Taquaral) e o Clube das Pedrinhas, pois nestes pontos não há muita interferência humana.

Já no terceiro ponto, a aproximadamente 2,5 km antes da estação de tratamento de água (ETA) do SAEG, há maior interferência humana. Observamos durante as coletas a existência de diversas culturas ao longo do curso do ribeirão Guaratinguetá, entre o segundo e terceiro ponto de coleta, destacando-se a rizicultura, que através do uso de agrotóxicos e fertilizantes por parte dos agricultores, prejudica o abastecimento de água do município, pois a captação de água da ETA do SAEG está localizada a jusante da área agrícola e os agrotóxicos e fertilizantes acabam retornando ao ribeirão durante a drenagem das plantações.

Este fato pode ser comprovado, pois segundo a CEIVAP 2001, os técnicos da SAEG, em certas ocasiões, tiveram que interromper a captação, pois não havia condições de tratar a água, tamanho era o grau de contaminação.

Na ponte Antonio Rois. Gonçalves (quarto ponto), localizada no Jardim Rony, a água encontra-se em péssimo estado devido ao lançamento “in natura” de esgoto sanitário no local, melhorando as suas condições apenas na confluência do ribeirão Guaratinguetá com o rio Paraíba, que devido a sua maior vazão, dispersa a poluição, por isso os resultados dos ensaios obtidos do rio Paraíba foram melhores.

Como solução para melhoria da qualidade da água nesses pontos, deveria ser feito um controle do uso de agrotóxicos e fertilizantes, de acordo com o receituário agrônômico, além de ser feito um tratamento do esgoto antes de seu lançamento sob o ribeirão Guaratinguetá.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agora Vale. **Dados Gerais - Guaratinguetá.** Disponível em: <<http://www.agoravale.com.br/cidadesdaregiao/dados.asp?cidade=4topico=2>>. Acesso em 12 out. 2011

Ambiente Brasil. **Oxigênio dissolvido.** Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_agua_doce/avaliacao_da_qualidade_da_agua.html>. Acesso em 09 out. 2011.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 20 ed. Washington: APHA, 1998, 937 p.

Branco, Samuel Murgel; Rocha, Aristides Almeida. **Ecologia: Educação Ambiental: Ciências do Ambiente para Universitários.** São Paulo: CETESB, 1980. 206 p.

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). **Portaria MS nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000.** Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/1469_00.htm>. Acesso em 12 nov. 2011.

Brasil – A república consolidada. **Rio de Janeiro.** Disponível em: <<http://www.brasilrepublica.com/riodejaneiro.htm>>. Acesso em: 15 nov. 2011.

Brasil. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Manual Prático de Análise de Água.** Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/internet/arquivos/biblioteca/eng/eng_analAgua.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2011.

Brasil. “Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005”. 2005.

Comitê das Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba do Sul (CBH-PS). **Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.** Disponível em: <<http://www.comiteps.sp.gov.br/docs/baciacompleta.jpg>>. Acesso em: 14 nov. 2011.

Comitê de integração da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul (CEIVAP). **Projeto qualidade das águas e controle da poluição hídrica na bacia do rio Paraíba do Sul.** Disponível em: <www.ceivap.org.br/estudos/baixar_documento.php?id=2>. Acesso em: 18 nov. 2011.

Companhia de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG). **Plano Municipal de Abastecimento de Água de Guaratinguetá/SP**. Disponível em: <http://www.saaeg.com.br/admin/filemanager_arquivos/audiencia/plano_abast_saeg.pdf>. Acesso em 12 out. 2011.

Conservação para Ensino Médio. **Eutrofização**. Disponível em: <http://eco.ib.usp.br/lepac/conservacao/ensino/des_eutro.htm>. Acesso em: 02 nov. 2011.

Ecoviagem. **Guaratinguetá**. Disponível em: <<http://ecoviagem.uol.com.br/brasil/sao-paulo/guaratingueta/>>. Acesso em 12 out. 2011.

Embrapa. **São Paulo**. Disponível em: <<http://www.urbanizacao.cnpm.embrapa.br/conteudo/uf/sp.html>>. Acesso em 25 set. 2011.

Fellenberg, Günter. **Introdução aos problemas de poluição ambiental**. 1 ed. São Paulo: EPU, 1980. 196 p.

FERREIRA, M. A.; TRANNIN I. C. B.; FERREIRA C. C.; SIMÕES S. J.C.. **Sistema de informações geográficas aplicado à análise do uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do ribeirão Guaratinguetá (SP)**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, 2011, Curitiba. Anais eletrônicos... Guaratinguetá: UNESP, 2011. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0212.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2011.

Heller, Leo; Padua, Valter Lucio de. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: UFMG, 2006. 859 p. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=XFnnhzqetCoC&pg=PA182&dq=cloretos+em+aguas+naturais&hl=pt-BR&ei=7QzATtPXNMO2tgffit3HCQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3&ved=0CE0Q6AEwAg#v=onepage&q&f=false>. Acesso em 12 nov. 2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Histórico de Guaratinguetá**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/historicos_cidades/historico_conteudo.php?codmuni=351840>. Acesso em 12 out. 2011.

Moreira, Heden Luiz Marques. et al. **Fundamentos da moderna aquicultura**. 1 ed. Canoas: ULBRA, 2001. 200 p. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=7mW0cYMJKc8C&pg=PT43&dq=condutividade+da+%C3%A1gua+e+polui%C3%A7%C3%A3o&hl=pt-BR&ei=J4TBTTrLrIM36ggeDh_S2Bg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3&ved=0CEUQ6AEwAg#v=onepage&q&f=false>. Acesso em 14 nov. 2011.

Oliveira, Rui de. **Análise de Água e de Esgotos**. Notas de aula. apud Carlos Fernandes. Disponível em: < <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/PH.html>>. Acesso em 09 nov. 2011.

Planeta Orgânico. **Disponibilidade da Água na Terra**. Disponível em: < <http://www.planetaorganico.com.br/aguadisp.htm>>. Acesso em 09 out. 2011

Prefeitura de Guaratinguetá. **História de Guaratinguetá**. Disponível em: <[http://www.guaratingueta.sp.gov.br/novo/index.php?sitesig=PMGUARA&page=PMGUARA_0100_Hist\[ocute\]ria](http://www.guaratingueta.sp.gov.br/novo/index.php?sitesig=PMGUARA&page=PMGUARA_0100_Hist[ocute]ria)>. Acesso em 12 out. 2011.

Primel, Ednei Gilberto et al . **Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo do arroz irrigado na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil: predição teórica e monitoramento**. Química Nova, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000400010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 09 nov. 2011.

Química e Sociedade. **A Importância do Oxigênio Dissolvido em Ecossistemas Aquáticos**. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a02.pdf>>. Acesso em 08 out. 2011.

Rio de Janeiro (Estado). Instituto Estadual do Ambiente (Inea). **Rio Paraíba do Sul**. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/fma/bacia-rio-paraiba-sul.asp>>. Acesso em: 14 nov. 2011.

SPcidades. **Guaratinguetá**. Disponível em: <<http://spcidades.com.br/cidade.asp?codigo=358>>. Acesso em: 25 set. 2011.

Trata Brasil. **Plano municipal ajuda Guaratinguetá a ampliar o saneamento básico**. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/detalhe.php?codigo=4374>>. Acesso em 25 set. 2011.

Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). **Clima dos Municípios Paulistas – Guaratinguetá**. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_211.html>. Acesso em 04 out. 2011.

Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” (UNESP) – Câmpus Rio Claro. **Perfil Municipal Guaratinguetá (SP)**. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/ceurb/basededados/pdf/guaratingueta.PDF>>. Acesso: 12 out. 2011.

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). **Estudo e determinação do “pH”**. Disponível em: < <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/PH.html>>. Acesso em 12 nov. 2011.

Universidade Federal de Viçosa (UFV). **Fontes de Poluição**. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/lqa/poluicao.htm> - >. Acesso em: 09 out. 2011.

Universidade Federal de Viçosa (UFV). **Qualidade da água**. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/lqa/qualidade.htm> >. Acesso em: 02 nov. 2011.

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). **Oxigênio Dissolvido**. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/oxi.htm>>. Acesso em: 08 out. 2011.

Valle, Cyro Eyer do. **Qualidade Ambiental: ISO 14000**. 11. ed. São Paulo: Senac, 2002. 209 p. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=JKR0-iketXAC&pg=PA5&dq=iso+14000+11+edi%C3%A7%C3%A3o&hl=pt-BR&ei=QKq5TpWFI7SKsALO4oG-CA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CEQQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 12 nov. 2011.

Viterbo Junior, Ênio. **Sistema integrado de gestão ambiental**: “Como implementar um sistema de gestão que atenda à norma ISO 14000, a partir de um sistema baseado na norma ISO 9000”. 1. ed. São Paulo: Aquariana, 1998. 231 p. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=8nDS2Tcgn_4C&printsec=frontcover&dq=Sistema+integrado+de+gest%C3%A3o+ambiental:&hl=pt-BR&ei=FVvWTouuDYfe0QGdtPGUAg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CEgQ6AEwAA#v=onepage&q=Sistema%20integrado%20de%20gest%C3%A3o%20ambiental%3A&f=false>. Acesso em: 09 nov. 2011.

von Sperling, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452 p. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=1pxhLVxVFHoC&pg=PA107&dq=coliformes+fecais+e+totaais&hl=pt-BR&ei=fwDBToWTBIbk0QG-2qjGBA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CDAQ6AEwAA#v=onepage&q=coliformes%20fecais%20e%20totaais&f=false>. Acesso em: 14 nov. 2011.

ANEXO A

Tabela 5: NMP com limite de confiança de 95% para várias combinações de resultados positivos quando 5 tubos são usados para cada diluição (10 ml, 1,0 ml e 0,1 ml). Fonte: APHA (1985) apud Funasa (2009).

Combinação de positivos	NMP/100ml	Limites	
		Inferior	Superior
0-0-0	<2	-	-
0-0-1	2	1.0	10
0-1-0	2	1.0	10
0-2-0	4	1.0	13
1-0-0	2	1.0	11
1-0-1	4	1.0	15
1-1-0	4	1.0	15
1-1-1	6	2.0	18
1-2-0	6	2.0	18
2-0-0	4	1.0	17
2-0-1	7	2.0	20
2-1-0	7	2.0	21
2-1-1	9	3.0	24
2-2-0	9	3.0	25
2-3-0	12	5.0	29
3-0-0	8	3.0	24
3-0-1	11	4.0	29
3-1-0	11	4.0	29
3-1-1	14	6.0	35
3-2-0	14	6.0	35
3-2-1	17	7.0	40
4-0-0	13	5.0	38
4-0-1	17	7.0	45
4-1-0	17	7.0	46
4-1-1	21	9.0	55
4-1-2	26	12	63
4-2-0	22	9.0	56
4-2-1	26	12	65
4-3-0	27	12	67
4-3-1	33	15	77
4-4-0	34	16	80
5-0-0	23	9.0	86
5-0-1	30	10	110
5-0-2	40	20	140
5-1-0	30	10	120
5-1-1	50	20	150
5-1-2	60	30	180
5-2-0	50	20	170

Combinação de positivos	NMP/100ml	Limites	
		Inferior	Superior
5-2-1	70	30	210
5-2-2	90	40	250
5-3-0	80	30	250
5-3-1	110	40	300
5-3-2	140	60	360
5-3-3	170	80	410
5-4-0	130	50	390
5-4-1	170	70	480
5-4-2	220	100	580
5-4-3	280	120	690
5-4-4	350	160	820
5-5-0	240	100	940
5-5-1	300	100	1300
5-5-2	500	200	2000
5-5-3	900	300	2900
5-5-4	1600	600	5300
5-5-5	>1600	-	-