

I-226 – MAPEAMENTO DA QUALIDADE BACTERIOLÓGICA DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NAS TRILHAS DE ACESSO AO PICO MARUMBI, PARQUE ESTADUAL DO MARUMBI, MORRETES, PARANÁ

Demian da Silveira Barcellos⁽¹⁾

Acadêmico do curso de graduação em Engenharia Ambiental da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Harry Alberto Bollmann⁽²⁾

Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da USP em 1987, Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professor Titular da Pontifícia Universidade Católica do Paraná junto ao Programa de Pós-graduação em Gestão Urbana e ao Curso de Graduação em Engenharia Ambiental.

Endereço⁽²⁾: Rua Deputado Chafic Curi, 70 – Vista Alegre – Curitiba – PR – CEP: 80810-330 – Brasil – Tel: (41) 3336-4587 – E-mail: harry.bollmann@pucpr.br.

RESUMO

O conjunto Marumbi é um complexo montanhoso localizado dentro do Parque Estadual do Marumbi em Morretes/PR. O parque foi criado em 1990 e protege uma importante rede hídrica com 516 nascentes em mais de 8.745 hectares de Floresta Atlântica. O foco do estudo está centrado na qualidade bacteriológica das águas superficiais na área do parque que, além de serem utilizadas para o consumo sem qualquer tratamento por moradores e frequentadores, estão expostas aos possíveis impactos das atividades realizadas nas edificações de serviço da América Latina Logística (ALL) junto à estação ferroviária, Vila dos Marumbinistas, Administração do Parque e pelo contingente cada vez maior de frequentadores que recorrem ao Complexo do Marumbi para turismo de aventura. As variáveis de qualidade das águas ensaiadas foram o Potencial Hidrogeniônico, o Oxigênio Dissolvido, a Porcentagem de Saturação de Oxigênio, a Cor Aparente, a Turbidez, a Condutividade Elétrica, os Coliformes Totais e a *E. Coli*. A coleta de informações se deu por meio de cinco campanhas de monitoramento programadas em 41 pontos amostrais distribuídos por regiões antropizadas e isoladas do parque. Com base nos resultados obtidos, elaborou-se um sistema de informações geográficas para possibilitar a análise espacial das variações na qualidade das águas. Para alcançar o objetivo proposto, desenvolveu-se um indicador de qualidade das águas baseado na normalização de cada variável e a agregação dos dados normalizados. Os dados mostraram a existência de cinco Zonas Ecológicas distintas, de acordo com suas condições ambientais onde o ponto amostral de melhor qualidade serviu como referencial para a qualidade das águas. A análise da semelhança da qualidade das águas entre o ponto referencial de cada uma das cinco Zonas Ecológicas foi efetuada com a aplicação do Teste F para variâncias (Fisher) e do Teste t para médias (Student). A qualidade das águas superficiais no Marumbi revelou-se excelente e sua variabilidade ainda determinada pelas condições ambientais. Embora, do ponto de vista bacteriológico, mesmo considerando que a correlação probabilística entre o grupo Coliforme e a existência de organismos patogênicos nas águas superficiais do Marumbi é distinta daquela desenvolvida para rios urbanos contaminados com efluentes domésticos, concluiu-se que as águas do Marumbi oferecem risco à saúde se consumidas sem desinfecção.

PALAVRAS-CHAVE: Águas Superficiais, Qualidade Bacteriológica, Qualidade da Água, Abastecimento Humano, Unidades de Conservação.

INTRODUÇÃO

O complexo de montanhas Marumbi localiza-se dentro do Parque Estadual do Marumbi em Morretes/PR e é coberto basicamente por Floresta Ombrófila Densa. O Marumbi abarca as seguintes Montanhas: Facãozinho, Abrolhos, Torre dos Sinos, Esfinge, Ponta do Tigre, Gigante, Boa Vista e Olimpo, com altitudes que variam entre 1100 e 1547 m.a.n.m. (STRUMINSKI, 1996). O parque foi criado em 1990 e protege uma importante rede hídrica com 516 nascentes (uma a cada 14,9 ha) em mais de 8.745 hectares de Floresta Atlântica (SAVI, 2008). O Marumbi carrega o legado de ser o berço do montanhismo no Brasil e atualmente é constituído por três trilhas de acesso ao Conjunto de Montanhas e aos muros de escalada: a Trilha Rochedinho, a Noroeste (Vermelha) e a Frontal do Olimpo (Branca).

O objetivo deste estudo é avaliar e mapear a qualidade bacteriológica das águas superficiais encontradas ao longo de regiões antropizadas e isoladas do Parque Estadual do Marumbi, avaliando os impactos das atividades antropogênicas nestas águas assim como o risco sanitário que estes corpos hídricos oferecem do ponto de vista do abastecimento. Algumas poucas análises já efetuadas nas regiões mais antropizadas do parque revelaram a presença de quantidades significativas de bactérias do grupo Coliforme nestas águas (MENDES e BOLLMANN, 2008). Do ponto de vista do seu consumo direto sem tratamento sanitário, como realizado atualmente, a Portaria 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) estabelece que as águas devem apresentar ausência de bactérias do grupo coliforme, o que coloca as águas do Marumbi fora dos Padrões de Potabilidade. No entanto, nas regiões mais isoladas do parque ainda não se possui nenhum conhecimento sobre as condições bacteriológicas das águas.

A literatura apresenta uma produção muito limitada de estudos sobre as dinâmicas naturais dos corpos hídricos em unidades de conservação, como o Parque Estadual do Marumbi. Isto se deve ao fato de que o foco recai principalmente no estudo dos mananciais de abastecimento das cidades. Nesse aspecto, a significância da presença de bactérias do grupo coliforme em rios de classe especial, localizados em unidades de conservação bem protegidas, deve ser vista de forma distinta, uma vez que sua presença não necessariamente indica a existência de bactérias patogênicas na mesma proporção daquela estabelecida para rios que recebem efluentes domésticos. .

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas 5 campanhas de monitoramento em 41 pontos amostrais selecionados nos rios, ressurgências de água e nascentes localizadas no Parque Estadual do Marumbi, Morretes-PR, englobando três microbacias, como pode ser observado nas Figuras 1, 2 e 3. Além dos ensaios de *Escherichia Coli* e Coliformes Totais, efetuados por meio da metodologia do Substrato Enzimático (Colilert), foram ensaiadas algumas variáveis físico-químicas de campo que em geral apresentam correlação com as variáveis bacteriológicas: Potencial Hidrogeniônico, Oxigênio Dissolvido, Porcentagem de Saturação de Oxigênio, Condutividade Elétrica e Temperatura da Amostra. Após a primeira campanha de monitoramento percebeu-se uma elevada coloração em algumas amostras e, como decorrência desta observação, foi incorporada as variáveis de Cor Aparente e Turbidez no monitoramento.

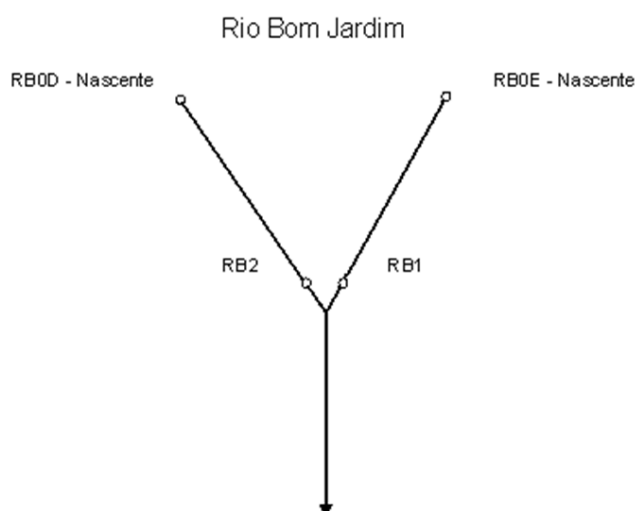


Figura 1: Diagrama Unifilar dos pontos de monitoramento do Rio Bom Jardim.

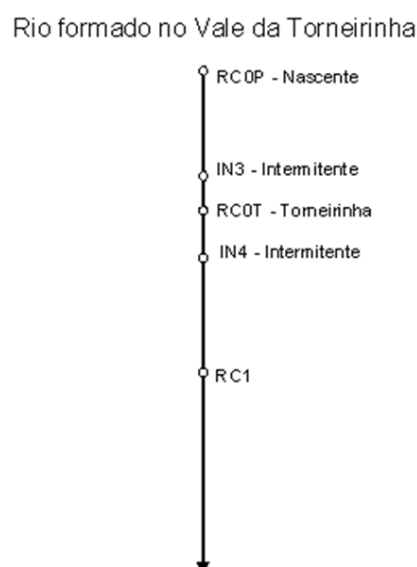


Figura 2: Diagrama Unifilar dos pontos de monitoramento de Rio formado no Vale da Torneirinha.

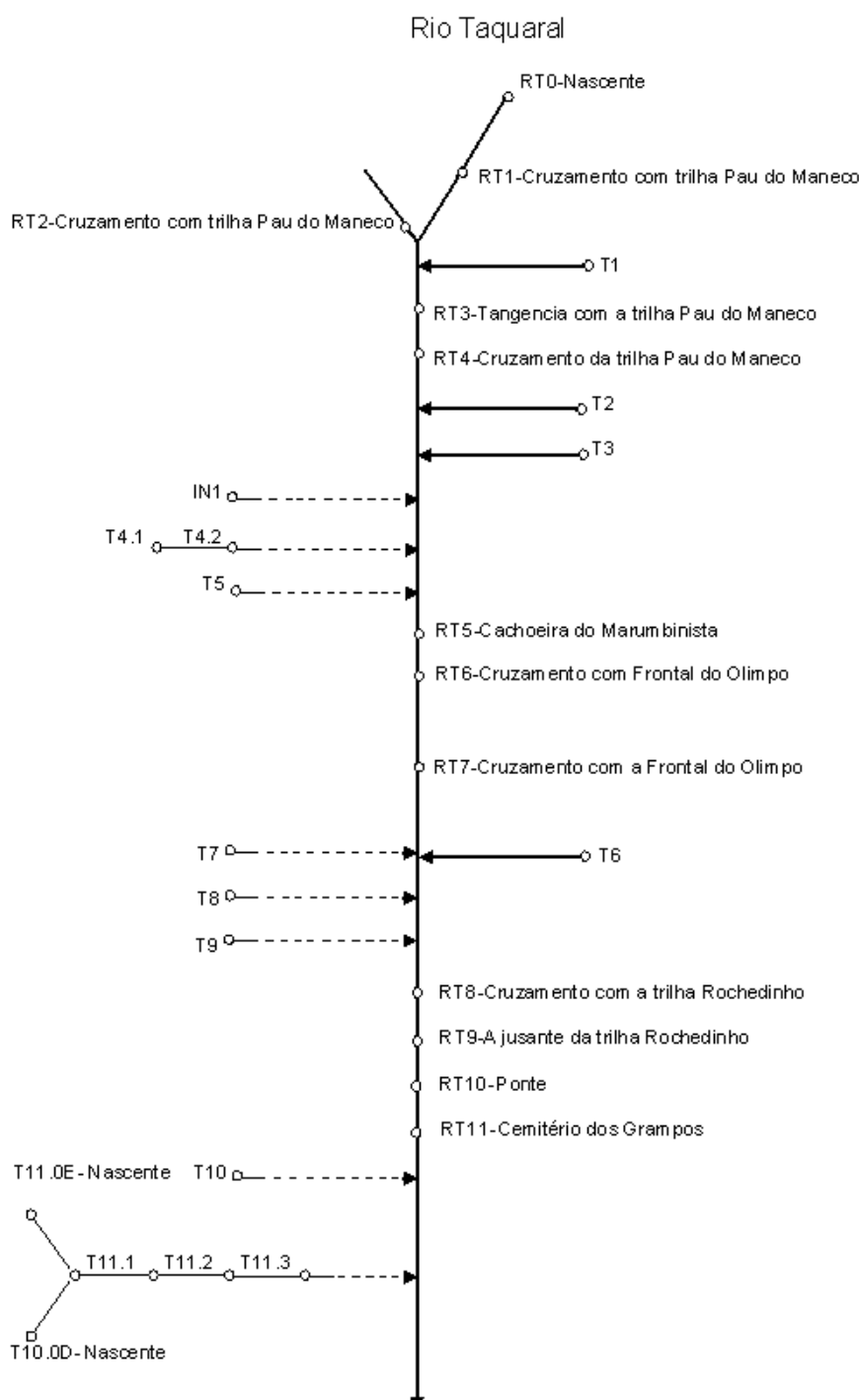


Figura 3: Diagrama Unifilar dos pontos de monitoramento do Rio Taquaral.

As determinações de campo foram realizadas com o auxílio de um Oxímetro marca Yellow Springs modelo 55-50FT, Condutivímetro marca Hanna Instruments modelo HI9033 e pHmetro marca Digimed modelo 27192. As análises bacteriológicas previstas, além das de Cor Aparente e Turbidez foram realizadas no Laboratório de Análises Ambientais do curso de Engenharia Ambiental da PUCPR, com o auxílio dos Espectrofotômetros da marca Merck modelos SQ118 e NOVA60. Todos os procedimentos analíticos de amostragem, preservação, transporte, armazenamento e ensaio laboratorial foram realizados de acordo com os pressupostos estabelecidos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA et al., 2005).

Para permitir análises das séries temporais e espaciais de dados, os resultados físico-químicos e bacteriológicos foram organizados em planilha eletrônica. Cada variável foi descrita estatisticamente em termos da tendência

central dos dados e sua variabilidade a partir de informações matemáticas (média e desvio padrão) e estatísticas (mediana, desvio interquartil, percentis P0%, P10%, P25%, P50%, P75%, P90% e P100%). Com estes resultados foi possível estabelecer curvas de frequência de ocorrência das concentrações de cada variável (curvas de permanência).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados obtidos, desenvolveu-se um indicador de qualidade das águas baseado na produção de um gráfico de relação entre as medianas da concentração das variáveis monitoradas (P50%) e uma escala normalizada de qualidade das águas (Função de Utilidade Multidimensional) variando de 0 a 100 pontos. As variáveis normalizadas de cada ponto amostral foram integradas através da média geométrica. A escala de qualidade das águas considerada, bem como a Função de Utilidade Multidimensional para os nove parâmetros monitorados, estão apresentadas nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

Ótima	81 - 100
Boa	61 - 80
Razoável	41 - 60
Ruim	21 - 40
Péssima	0 - 20

Figura 4: Escala de qualidade das águas.

A base teórica para as Funções de Utilidade foi obtida a partir dos padrões e conceitos de qualidade expostos na Resolução do CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), na Portaria nº 2.914 do MS (BRASIL, 2011), na Resolução do CONAMA nº 274 (BRASIL, 2000), em Pádua (1997) e nos gráficos de normalização do SEMAD/MG (2005) e da CETESB (2003).

Do ponto de vista geoespacial, os pontos amostrais foram agrupados em Zonas Ecológicas baseadas na semelhança das condições ambientais locais. Fazem parte da zona 1 os pontos: RT0, RT1, RT2, RT3, RT4, T1, T2 e T3. Fazem parte da zona 2 os pontos: IN1, T4.1, T4.2 e T5. Fazem parte da zona 3 os pontos: B1, B2, RT5, RT6, RT7, T6, T7, T8, T9, RT8, RT9, RT10, RT11, T10, T11.0E, T11.0D, T11.1, T11.2 e T11.3. Fazem parte da zona 4 os pontos: RB0D, RB0E, RB1 e RB2. Fazem parte da zona 5 os pontos: RC0P, RC0T, RC1, IN2, IN3 e IN4.

Para cada Zona Ecológica determinou-se, de acordo com a Função de Utilidade Multidimensional, o ponto amostral de melhor qualidade das águas. Este ponto foi considerado como referencial de qualidade, a partir do qual avaliou-se as alterações nas condições das águas entre as zonas ecológicas. Para isso, foi usado o teste de semelhança com a aplicação do Teste F ($\alpha=0,05$) para variâncias e do Teste t ($\alpha=0,05$) para médias. Caso dois ou mais pontos referenciais apresentassem semelhança entre si, estas zonas ecológicas seriam consideradas semelhantes e, portanto, unificadas (Tabela 1).

Tabela 1: Teste de Semelhança Entre Zonas Ecológicas.

ZONAS	Z1 - Z2	Z1 - Z4	Z1 - Z3	Z1 - Z5	Z2 - Z4	Z2 - Z3	Z2 - Z5	Z4 - Z3	Z4 - Z5	Z3 - Z5
PONTOS	RT1 - T5	RT1 - RB2	RT1 - T8	RT1 - RC0T	T5 - RB2	T5 - T8	T5 - RC0T	RB2 - T8	RB2 - RC0T	T8 - RC0T
E.Coli	≅	≅	≅	≠	≅	≠	≅	≅	≠	≠
C.Totais	≠	≠	≠	≅	≠	≅	≠	≠	≠	≠
OD	≠	≅	≠	≅	≠	≅	≠	≠	≅	≅
OD%	≠	≅	≠	≅	≅	≠	≠	≠	≅	≅
pH	≅	≠	≠	≠	≠	≠	≠	≅	≅	≠
Temperatura	≅	≠	≠	≠	≅	≠	≠	≠	≠	≅
Condutividade	≅	≠	≠	≠	≠	≠	≠	≠	≠	≅
Turbidez	≠	≅	≠	≠	≅	≠	≠	≠	≅	≠
Cor	≠	≠	≠	≠	≠	≠	≅	≠	≅	≠

Observação: ≠ diferentes; ≅ semelhantes.

Os resultados mostram que as cinco Zonas Ecológicas são distintas entre si (diferença interzonal). Portanto a avaliação da qualidade das águas foi realizada por Zona Ecológica (intrazonal).

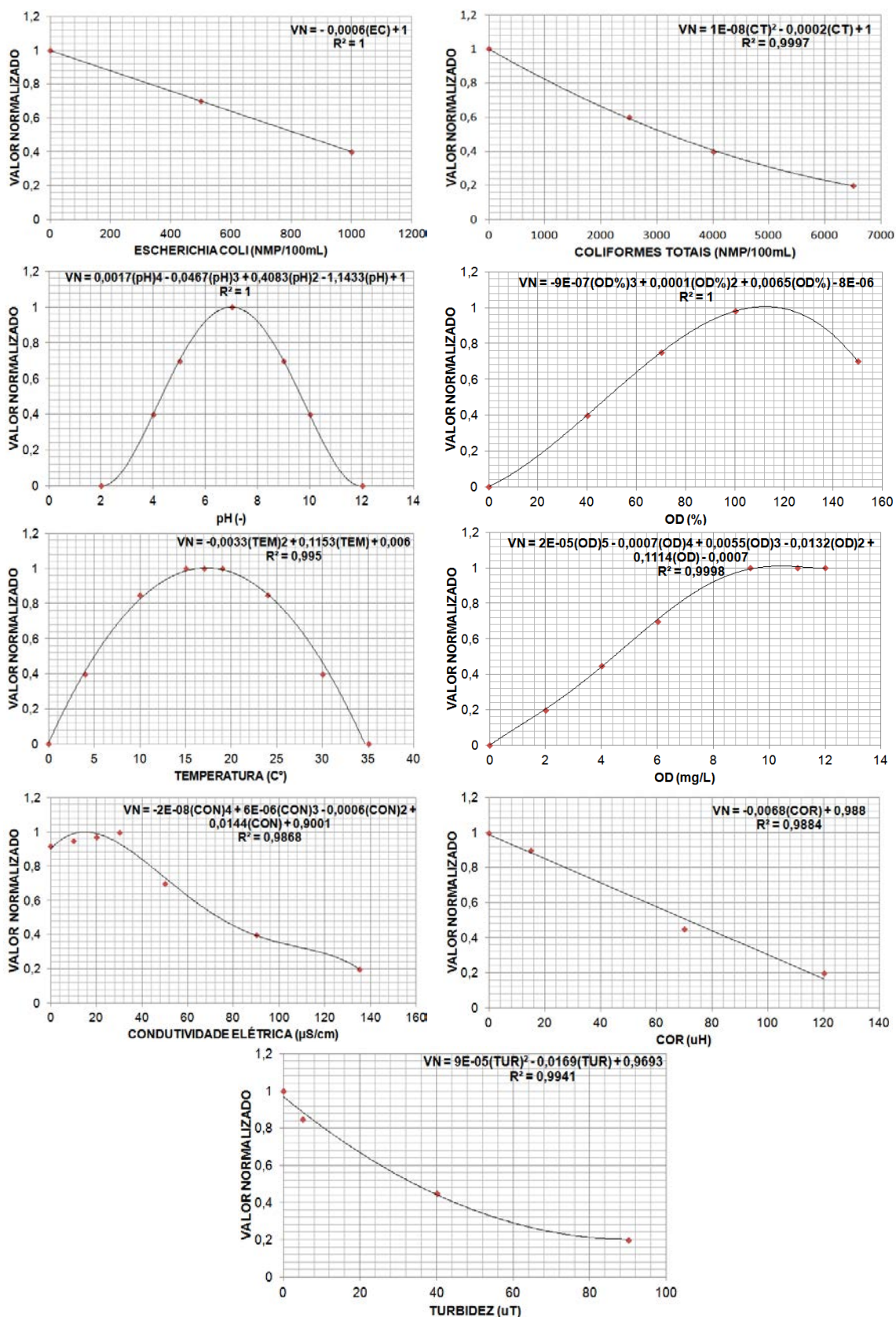


Figura 5: Gráficos de Normalização.

Pode-se ressaltar que o parâmetro que apresentou maior semelhança (Tabela 1) entre as zonas foi *E. Coli*, seguido pelo Oxigênio Dissolvido e pela Porcentagem de Saturação de Oxigênio. As zonas 1 e 3 foram as que apresentaram maior distinção entre si. A Zona 3 foi a que apresentou maior distinção com as demais zonas, onde podem ser ressaltados como aspectos decisivos para esta distinção, a presença na Zona Ecológica 3 de atividades antrópicas (linha férrea, Vila do Marumbinistas e turismo). Além disso, observou-se uma grande diferença de porte entre os corpos hídricos da Zona 3, se comparados com os das demais.

A Tabela 2 apresenta o número de pontos amostrais por zona ecológica, bem como a classificação destes pontos amostrais em relação à sua condição de qualidade das águas. Por fim, ao final da tabela, tem-se a média geométrica dos valores normalizados das variáveis de monitoramento agregadas por meio de uma média geométrica.

Tabela 2: Número de pontos amostrais por Zona Ecológica e classificação da qualidade das águas.

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total
Nº de Pontos Amostrais	8	4	19	4	6	41
Ótima	6	2	18	1	5	32
Boa	2	2	1	3	1	9
Razoável	0	0	0	0	0	0
Ruim	0	0	0	0	0	0
Péssima	0	0	0	0	0	0
Media Geométrica dos VN	0,8385	0,8205	0,8609	0,7816	0,8096	0,821784

Como pode ser observado na Tabela 2, observou-se apenas as condições “Ótima” e “Boa” de qualidade das águas, atestando que a gestão do parque é adequada para a manutenção da qualidade das águas superficiais sem impactos antropogênicos significativos. Os pontos amostrais enquadrados como de “Boa” qualidade das águas, obtiveram esta classificação em decorrência principalmente por causa dos resultados de Cor Aparente relativamente altos, bem como do pH mais acidificado em relação aos demais pontos amostrais. Esta coloração e acidificação, no entanto, é resultado de causas naturais, essencialmente decorrente da dissolução de substâncias húmicas, combinadas com uma pequena vazão observada nos corpos hídricos em geral.

A Zona Ecológica 3, que se encontra nos arredores da Vila dos Marumbinistas, foi a que apresentou maior média geométrica dos valores normalizados dos pontos amostrais, por possuir corpos hídricos de maior porte, proporcionando uma maior diluição das substâncias húmicas que acidificam o pH e dão cor à água. No entanto apresentou também os maiores valores de Coliformes (Figuras 6). A importância sanitária dos coliformes é muito mais representativa que o pH e a Cor Aparente para o abastecimento humano.

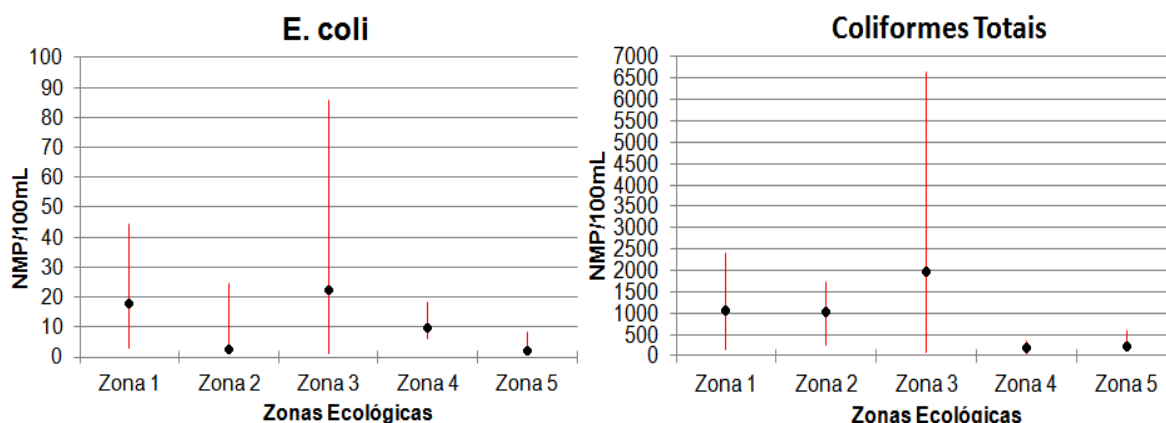


Figura 6: Ocorrência de *E. coli* e Coliformes Totais nas zonas ecológicas.

Os gráficos da Figuras 6 foram construídos a partir das medianas dos valores P0%, P50% e P100% dos pontos amostrais de cada uma das cinco Zonas Ecológicas, e apresentam as faixas de ocorrência de Coliformes Totais e *E. Coli* nas águas superficiais localizadas no Parque Estadual do Marumbi.

O parâmetro Coliformes mostrou-se sensível às mudanças de porte entre os corpos hídricos. A Zona Ecológica 3 apresentou os maiores valores de Coliformes dentre as cinco zonas ecológicas consideradas, seguida pelas zonas 1 e 2. A quantidade de Coliformes de cada zona ecológica demonstrou estar diretamente relacionada com o porte do corpo hídrico e este comportamento percebido é congruente tanto para os valores de *E. Coli* como para os de Coliformes Totais. Os corpos hídricos da Zona 3 são os de maior porte seguidos pelos das zonas 1 e 2 e, como pode ser observado nas Figuras 2 e 3, esta também é a ordem de grandeza dos valores de Coliformes. Já nas zonas 4 e 5, o porte dos corpos hídrico é bem semelhante, e os valores de Coliformes Totais e *E. Coli* se alternam, sendo maiores em Totais na Zona 5 e maiores em *E. Coli* na Zona 4. Considerando a limitada atividade antropogênica, a explicação para esta relação observada entre porte do corpo hídrico e quantidade de Coliformes é lógica quando conclui-se que quanto maior o corpo hídrico maior será a bacia de drenagem e maior será o escoamento superficial que trará matéria orgânica e mineral do solo, inclusive as bactérias para o corpo hídrico.

A Zona Ecológica 3 apresenta o maior risco do ponto de vista sanitário de acordo com a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (Brasil, 2011) para águas de abastecimento por apresentar os maiores valores de *E. Coli*, apesar de apresentar a melhor qualidade quando comparada aos padrões para águas naturais da Resolução do CONAMA nº357/2005 (BRASIL, 2005).

Bacteriologicamente, as águas do Marumbi apresentam elevada qualidade geral, apresentando pequenas quantidades de bactérias do grupo Coliforme, o que é comum para ambientes naturais intocados ou pouco antropizados. Em ambientes naturais, os sistemas são abertos e a presença de Coliformes na água é algo normal e fundamental, pois eles são componentes ecossistêmicos importantes nos processos de degradação e ciclagem da matéria. Até em relação ao equilíbrio dos ecossistemas aquáticos dulcícolas, a presença de Coliformes é essencial devendo estar entre a faixa de 200 a 1000 (NMP/100mL) para Termotolerantes e entre 1000 a 5000 (NMP/100mL) para Totais (PÁDUA, 1997).

Do ponto de vista epidemiológico a água desempenha papel importante na transmissão de doenças de veiculação hídrica. Apesar dos Coliformes em si não representarem um risco a saúde, eles tem sido utilizados como principais indicadores da presença de patógenos na água, exatamente por existir uma relação entre estes. Entretanto a relação entre Coliformes e organismos patogênicos pode não existir, pois ela supõe a necessidade da presença de fezes de animais homeotermos, e que sejam portadores de doenças, na água. Porém é fácil perceber que existe uma correlação probabilística direta, que aponta que quanto maior o número de Coliformes, principalmente *Escherichia Coli*, maior é a probabilidade da ocorrência de doenças de vinculação hídrica (DI BERNARDO, 1993).

A Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) define “água potável” como sendo aquela que não oferece risco a saúde. Estas águas são as que devem ser direcionadas ao abastecimento humano apresentando sempre ausência de Coliformes Totais e *E. Coli* como padrões microbiológicos, além de uma série de valores máximos permitidos para as variáveis físico-químicas, padrões que podem ser encontrados apenas em águas superficiais que passaram por tratamento. Nessa perspectiva é importante lembrar que a legislação brasileira referente às águas foi desenvolvida com base em ambientes antropizados, águas que passam por cidades, com sistemas sanitários não adequados, onde a presença de Coliformes mostra uma alta probabilidade de haver lançamento de esgoto sanitários na água e com eles também inúmeras doenças.

No entanto a correlação entre Coliformes e patógenos nas águas do Marumbi mostra-se diferente da desenvolvida para rios urbanos. A ausência de Coliformes em águas superficiais naturais nos indicaria algo de errado, embora sua presença na água, principalmente os *E. Coli*, indica a potencialidade de patógenos. Trata-se de um paradoxo, por isso é importante uma análise conjuntural para a aplicação deste parâmetro como indicador da qualidade das águas superficiais, pois ele é limitado para avaliar o potencial patogênico de águas naturais em áreas de conservação, e especificamente fora do Brasil, em países onde o lançamento de efluentes brutos ou mal tratados não é direcionado diretamente aos corpos hídricos.

A Figura 7 mostra a imagem do Sistema de Informações Geográficas desenvolvido na plataforma Google Earth, onde são delimitadas as zonas ecológicas e é detalhada a condição bacteriológica e geral das águas em cada um dos 41 pontos amostrais. A coloração dos ícones de cada ponto amostral está de acordo com as cores da escala de qualidade das águas. A Zona Ecológica 1 encontra-se delimitada pela cor amarela, a Zona Ecológica 2 pela

cor azul, a Zona Ecológica 3 pela cor vermelha, a Zona Ecológica 4 pela cor roxa e a Zona Ecológica 5 pela cor branca.

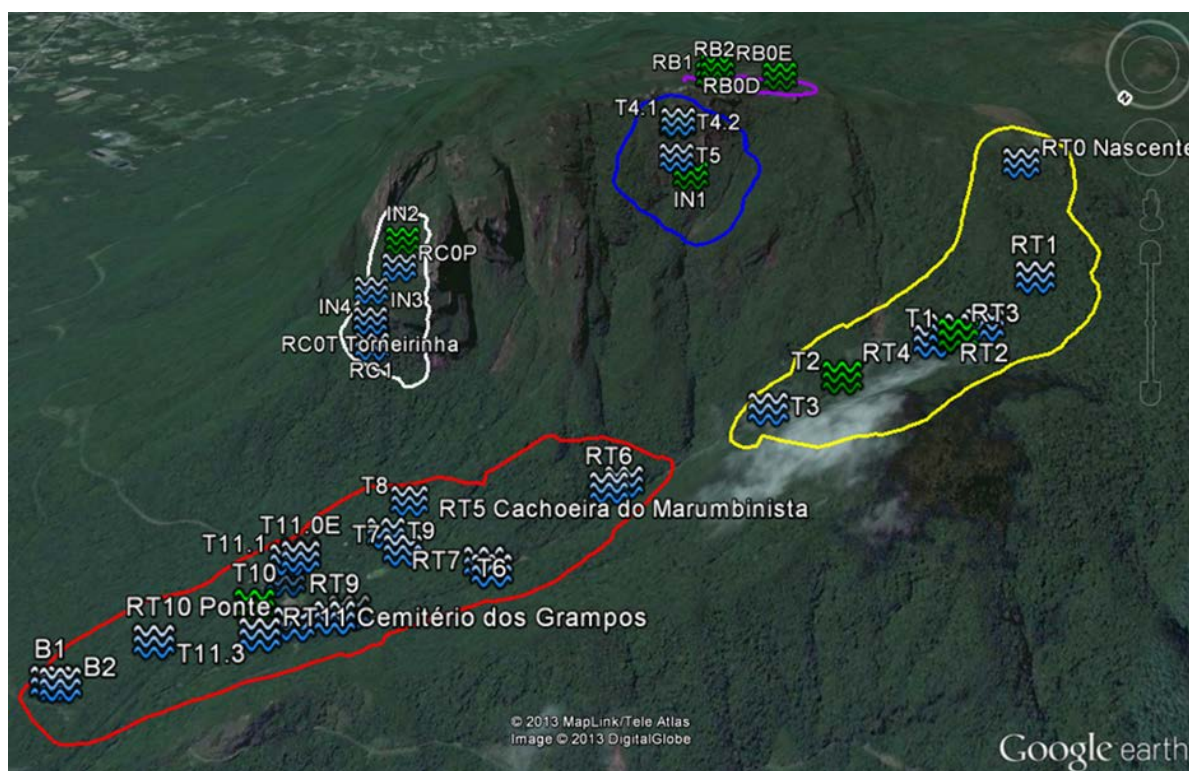


Figura 7: Delimitação das zonas ecológicas e classificação de qualidade das águas por ponto amostral.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS POR ZONAS ECOLÓGICAS

A seguir é apresentada a avaliação geral da qualidade das águas em cada uma das cinco zonas ecológicas e uma breve descrição de suas principais características localizacionais e físicas.

ZONA ECOLÓGICA 1

Esta zona encontra-se entre as encostas das montanhas Facãozinho e a do Boa Vista. Dentro desta zona localiza-se a parte final da trilha do Pau do Maneco e o Vale dos Ovos. A zona é composta por tipologias de altitude da Floresta Ombrófila Densa em estágio sucessional de clímax em sua maioria (STRUMINSKI, 1996). Apresenta desde trechos planos no Vale dos Ovos até trechos de grande declividade nas encostas das montanhas que o cercam. A floresta é constituída por árvores muito altas, solo com muita matéria orgânica e afloramentos rochosos nos pontos de maior declividade. Trata-se de uma área de preservação onde a presença humana é raríssima, até por que a trilha do Pau do Maneco encontra-se interdita. Foram localizados 8 pontos amostrais nesta zona, que faz parte da microbacia do Rio Taquaral, contando ainda com o monitoramento de uma nascente desta microbacia. O ponto referencial desta Zona é o ponto RT1 possuindo elevada qualidade, seguido pelo ponto RT2, enquanto que os piores pontos são o T2 e o T1, em decorrência principalmente da Cor Aparente, do pH e da Porcentagem de Saturação de Oxigênio. No caso específico do T1 os Coliformes Totais também contaram bastante para diminuir seu nível de qualidade. O Número Mais Provável de *E. Coli* desta zona é bem baixo, como pode ser observado na Figura 6, por suas águas estarem bem próximas da nascente, podendo ser destacado como um ponto forte. Nesta zona, apenas os pontos T2 e T1 encontram-se no nível “Bom” da escala de qualidade. Os demais então no nível “Ótimo”. A média geométrica do valor normalizado (VN) dos pontos amostrais desta zona pode ser encontrada na Tabela 2 e indica que a qualidade das águas é “Ótima”. O interessante das águas desta zona é que pode-se saber qual a qualidade natural (basal) das águas em ambientes naturais que não possuem influencia do homem e de suas atividades.

ZONA ECOLÓGICA 2

Localiza-se no trecho mais alto da trilha Frontal do Olimpo. Pela elevada pendente de boa parte da trilha, foram instaladas correntes de apoio à subida da montanha, principalmente nos trechos mais íngremes. A zona ecológica começa pouco antes da primeira grande corrente instalada, e termina pouco depois da segunda grande corrente. Essa zona ecológica tem como principal característica, uma alta declividade, muitos afloramentos rochosos e vegetação baixa em decorrência da pequena espessura de solo. A passagem humana por esta região é frequente em feriados e fins de semana. Nesta zona encontram-se 4 pontos de monitoramento caracterizados principalmente por uma Condutividade Elétrica baixa onde a mediana de cada um destes 4 pontos não é superior a 9,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Um ponto forte destes pontos amostrais é o baixo índice de Coliformes encontrados nas águas, como observado na Figuras 6. O ponto referencial desta zona é o T5 que possui uma elevada qualidade físico-química e bacteriológica, seguido pelo T4.1. O ponto IN1 e T4.2 são os que possuem qualidade inferior nesta zona, em decorrência principalmente de seu pH mais acidificado. O ponto IN1 é um ponto de escoamento superficial da água da chuva que acumula muitas impurezas, enquanto que o ponto T4.2 é um ponto de pouca vazão nos períodos de estiagem o que significa menor diluição destas impurezas. Os pontos T5 e T4.1 tem nível de qualidade “Ótimo”, enquanto que os pontos IN1 e T4.2 possuem nível de qualidade “Bom”. A média geométrica do valor normalizado (VN) dos pontos amostrais desta zona, encontrada na Tabela 2, indica que a qualidade das águas desta zona é “Ótima”.

ZONA ECOLÓGICA 3

Esta Zona encontra-se nas proximidades da Estação Marumbi, começa após a Estação Engenheiro Lange e termina na Cachoeira do Marumbista. Sofre grande influência das atividades antropogênicas, principalmente nos períodos de férias e finais de semana. As atividades ferroviárias também têm grande influência nesta zona, que é composta principalmente por Floresta Ombrófila Densa em estágio sucessional secundário, com inúmeras espécies exóticas de plantas trazidas pelo homem (STRUMINSKI, 1996). Trata-se de uma zona com pouca declividade, onde localizou-se 19 pontos amostrais, sendo que 2 são nascentes. Alguns destes pontos são intensamente usados para consumo, banho e preparo de alimentos de modo geral. Como destaque desta zona, pode-se assinalar a grande quantidade de Coliformes Totais encontrada em determinados pontos de monitoramento, passando dos 2000 (NMP/100mL) nos pontos RT6, T6, T7, T9, RT10, T10, T11.2 e T11.3. Nessa região, a presença de Coliformes indica a possibilidade maior de encontrar patógenos, apesar do valor de *E. Coli* ser baixo indicando pouca presença de material fecal. O pH mais próximo do neutro e a baixa Cor Aparente encontrada nestas águas são destacados como pontos fortes. Esta zona possui como ponto referencial o T8 seguido pelo RT7 e pelo T11.0D, os pontos de menor qualidade é o T10 seguido pelo ponto B1. O T10 assumiu esta condição em decorrência da alta quantidade de Coliformes Totais, enquanto que o ponto B1 teve sua avaliação diminuída em decorrência da relativamente alta Condutividade Elétrica das suas águas. Os pontos B1 e B2 apresentaram a maior Condutividade Elétrica observada na Serra do Marumbi dentre os pontos estudados, alcançando uma mediana de 91,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que pode ser explicada por estas águas verterem diretamente do maciço rochoso com grandes quantidades de sais minerais dissolvidos. Apesar desta zona ser a que mais sofre com as ações antrópicas, a condição das suas águas permanece sendo determinada pelas dinâmicas ambientais. Em relação ao nível de qualidade das águas, os pontos amostrais desta zona classificam-se todos no “Ótimo”, com exceção do ponto T10 que é classificado como “Bom”. Os pontos T10, T11.1, T11.2 e T11.3, apresentaram um comportamento bacteriológico distinto dos demais pontos estudados no parque, demonstrando uma provável interferência antrópica na qualidade da água. A média geométrica dos valores normalizados (VN) dos pontos amostrais desta zona (Tabela 2) indica que a qualidade das águas desta zona é “Ótima”.

ZONA ECOLÓGICA 4

Esta zona encontra-se atrás do cume do Olimpo, e por ela passa a antiga trilha Fonte Cristal, que hoje se encontra interdita e já praticamente re-ocupada pela floresta. Trata-se de uma área de preservação onde a presença do homem é um fator improvável. A zona é composta por alguns campos de altitude, vegetação baixa, muitos afloramentos rochosos e muita matéria orgânica no solo. Esta zona é composta pelas nascentes da microbacia do Rio Bom Jardim. Todos os 4 pontos monitorados nesta zona podem ser considerados como nascentes. O ponto referencial desta zona é o RB2 seguido pelo RB1, enquanto que os pontos de menor qualidade são RB0D e RB0E. Todos os pontos desta zona possuem significativa Cor Aparente nas águas em

decorrência da presença de substâncias húmicas. No entanto, nos pontos RB0D e RB0E este fator se agrava chegando a atingir a mediana de 67 uH no ponto RB0E, o que diminui significativamente a qualidade de suas águas. Outro fator que diminui a qualidade das águas nos pontos amostrais desta zona, de forma geral e principalmente nos pontos RB0E e RB0D é o pH ácido que estas águas possuem, também em decorrência da presença de substâncias húmicas. Tanto a Cor Aparente como o pH ácido das águas localizadas nesta zona podem ser explicados pela pouca quantidade de água existente nestes pontos. O destaque positivo desta zona também é o baixo índice de Coliformes encontrados nas águas. Nesta zona apenas o ponto RB2 encontra-se no nível de qualidade “Ótimo”. Os demais estão no nível “Bom”. A média geométrica do valor normalizado (VN) dos pontos amostrais desta zona (Tabela 2) indica que a qualidade das águas é “Boa”. Esta zona é também uma das indicadas para o estudo da qualidade das águas em ambientes naturais (basal), por não sofrer nenhum tipo de influência das ações humanas.

ZONA ECOLÓGICA 5

Esta zona encontra-se na parte lateral da montanha, encosta do Abrolhos, em trechos elevados da trilha Noroeste, começando no Vale da Torneirinha e terminando pouco antes da bifurcação Abrolhos - Ponta do Tigre, na trilha Noroeste. É uma região caracterizada principalmente por grandes afloramentos rochosos, árvores de diversos dosséis e tipologia de altitude da Floresta Ombrófila Densa. Caracteriza-se também pela presença humana muito intensa nas épocas de férias, feriados e fins de semana. Esta zona é composta por 6 pontos amostrais, onde 2 são nascentes e 3 são pontos que, nos períodos de estiagem, desaparecem. Nesta zona acontece a formação de um pequeno riacho que tem seu início no Vale da Torneirinha (trilha Noroeste). O ponto referencial desta zona é o RC0T seguido pelo RC1 e pelo IN4, enquanto que os pontos de menor qualidade são o IN2 seguido pelo RC0P e IN3. Todos os pontos desta zona possuem um pH ácido, embora nos pontos RC0P, IN2 e IN3 a situação é crítica diminuindo assim a qualidade de suas águas. No ponto IN2, que apresentou o pH mais ácido dentre os pontos monitorados no Marumbi, a mediana chegou a atingir o valor de 3,5 unidades de pH. A Cor Aparente, decorrente da presença de substâncias húmicas e da pouca vazão destas fontes, também é uma característica das águas desta zona. O destaque positivo é a pequena quantidade de Coliformes encontrados na água como pode ser observado na Figuras 6. Com exceção do ponto IN2, que se encontra em nível de qualidade “Boa”, os demais pontos desta zona encontram-se no nível de qualidade “Ótima”. A média geométrica do valor normalizado (VN) dos pontos amostrais desta zona (Tabela 2) indica que a qualidade das águas desta zona é “Boa”.

CONCLUSÕES

Apesar das atividades humanas na região do Parque Estadual do Marumbi, tanto turísticas como ferroviárias, terem-se intensificado, principalmente nas regiões mais próximas da Estação Marumbi, as condições das águas superficiais permanecem determinadas pelas variáveis ambientais naturais.

As águas do Marumbi não são potáveis, pois o conceito de potabilidade estabelece padrões microbiológicos e físico-químicos que são impossíveis em águas superficiais naturais, evocando a ausência de bactérias do grupo coliforme. Embora o risco que as águas do Marumbi oferecem, se utilizadas para o abastecimento humano, ser considerado pequeno porque além da quantidade de Coliformes Totais e *Escherichia Coli* encontradas nestas águas serem muito baixas, sabemos que a correlação probabilística entre Coliformes e patógenos é distinta no meio natural daquela desenvolvida para rios urbanos onde o lançamento de efluentes e resíduos contamina as suas águas e representa um risco real para a saúde humana. A recomendação que deve ser seguida neste caso, como medida de segurança sanitária, levando em conta o pouco conhecimento que se tem de águas naturais, é que a Resolução do CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) deixa assinalado, apontando que as águas de rios de Classe Especial devem ser submetidas à desinfecção para o abastecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. CONAMA. Resolução 274/2000: Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasília, 2000.
2. BRASIL. CONAMA. Resolução 357/2005: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasília, 2005.
3. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 2.914/2011: Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, Brasília, 2011.
4. CETESB, São Paulo. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2003 / CETESB. São Paulo : CETESB, 2004
5. CLESCERI, Lenores; GREENBERG, Arnold E.; EATON, Andrew D.; Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th Edition. 21 ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2005.
6. DI BERNARDO, Luiz; Métodos e técnicas de tratamento de água, vol. I / Luiz Di Bernardo. Rio de Janeiro: ABES, 1993.
7. MENDES, José Leonardo; BOLLMANN, Harry Alberto. Diagnóstico preliminar da qualidade das águas de abastecimento na Estação Marumbi. 2008. 59 f. Relatório de Atividades – Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba, 2008.
8. PÁDUA, Helcias Bernardo de. Variáveis físicas, químicas e biológicas para a caracterização das águas em sistemas abertos. In: Indicadores Ambientais/[coordenação de] Nilson Borlina Maia, Henry Lesjak Martos. Sorocaba:s.n.,1997, p.(89-98).
9. SAVI, Mauricio. Análise Ecossistêmica da Serra do Mar: Área de Especial Interesse Turístico do Marumbi. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal UFPR, 2008.
10. SEMAD/MG, Minas Gerais. Sistema de calculo para a qualidade da água (SCQA) estabelecimento das equações dos índices de qualidade das águas (IQA) / Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais – SEMAD/MG: SEMAD, 2005.
11. STRUMISNKI, Edson. Parque Estadual do Pico Marumbi, Caracterização Ambiental e Delimitação das Áreas de Risco. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal UFPR, 1996.