



Programa de Mestrado em Análise Geoambiental

AFONSO APARECIDO PORTO

**USO DO SOLO E CONTAMINAÇÃO POR ESGOTO DO CÓRREGO CAPÃO DA
SOMBRA, GUARULHOS, SP.**

GUARULHOS

2013

AFONSO APARECIDO PORTO

**USO DO SOLO E CONTAMINAÇÃO POR ESGOTO DO CÓRREGO CAPÃO DA
SOMBRA, GUARULHOS, SP.**

Dissertação apresentada à Universidade Guarulhos, para
obtenção do título de Mestre em Análise Geoambiental.

Área de concentração: Geociências

Orientador: Prof. Dr. Antonio Manoel dos Santos Oliveira

GUARULHOS

2013



A Comissão Julgadora dos Trabalhos de Defesa de Dissertação de MESTRADO, intitulada “**Uso do Solo e Contaminação por Esgoto do Córrego Capão da Sombra, Guarulhos, SP**” em sessão pública realizada em 13 de março de 2013, considerou o candidato **Afonso Aparecido Porto aprovado**.

A Banca Examinadora foi composta pelos seguintes pesquisadores:

Prof. Dr. Antonio Manoel dos Santos Oliveira

Orientador

Universidade Guarulhos - UnG

Profa. Dra. Regina de Oliveira Moraes Arruda

Universidade Guarulhos – UnG

Prof. Dr. Carlos Eduardo Nascimento Sassano

Universidade Guarulhos – UnG

GUARULHOS

2013

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha esposa Claudenice Oliveira Porto, aos meus filhos Karine Oliveira Porto e Victor Afonso Oliveira Porto, aos meus amigos e professores e a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente nesta caminhada de lutas, conquistas, aprendizado e superação, em especial ao meu Prof. Orientador Antonio Manoel dos Santos Oliveira pela paciência de aguardar a minha superação a cada passo do trabalho, sem esta paciência não teria acreditado em mim para continuar a caminhar.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, o qual não poderia ser de outra forma, agradeço a Deus pela dádiva da vida e graça para desenvolvê-la. O maior risco que se coloca para o agradecimento seletivo não é decidir quem incluir, mas decidir quem não mencionar. Então, aos meus amigos que, de uma forma ou de outra, contribuíram com sua amizade e com sugestões efetivas para a realização deste trabalho, expresso minha profunda gratidão.

Ao Prof. Antonio Manoel dos Santos Oliveira, meu orientador, que para conduzir-me neste empreendimento dispensou sua mais valiosa qualidade, a paciência e credibilidade na lapidação de pedra bruta, demonstrando além desta, sua alta capacidade técnica como professor e pesquisador com espírito altruísta que o qualifica como um ser humano especial. Agradeço o tempo disponibilizado, o apoio incansável, o incentivo à realização deste trabalho, o fato de ter me motivado a continuar mesmo quando parecia impossível. Agradeço pela revisão desta dissertação, bem como todas as críticas que possibilitaram essa construção.

Ao professor Dr. Antonio Roberto Saad, que na função de coordenador do curso demonstrou preocupação especial pela finalização deste trabalho, além de dar todo o apoio para que ele ocorresse.

A colega Aurea, técnica em Laboratório, que com suas habilidade deu-me orientações básicas para análise no Laboratório de Microbiologia.

A prof^a Sandra, com seus conhecimentos geográficos e sua capacidade técnica capacitou-me na caracterização do uso e ocupação do solo.

Ao funcionário Willian que com sua paciência sempre atendeu cordialmente e prontamente com suas habilidades em informática fornecendo todo o material gráfico disponível que enriqueceu este trabalho.

A todo o corpo docente do Mestrado em Análise Geoambiental, meu reconhecimento pela competência e pelos ensinamentos que me proporcionaram habilidades específicas para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao programa de Mestrado em Análise Geoambiental, pela minha formação na docência e na pesquisa.

Naquele instante eu pude ter certeza da identidade do homem com o universo. A convicção veio porque aquele ritmo era tão ordenado, tão harmonioso, tão perfeito, que não podia ser produto de um cego acaso – então, devia haver um objetivo no conjunto, ao que era um ramo accidental. Era um sentimento que transcendia a razão, que chegou no âmago do desespero humano e achou-o infundado. O universo era um cosmo, não um caos; o homem era uma parte tão legítima daquele cosmo como o eram o dia e a noite.

Richard E. Byrd

Diário do Pólo Sul, 1934

RESUMO

Esta pesquisa tem por objetivo principal correlacionar o uso do solo da bacia hidrográfica do Córrego Capão da Sombra com a poluição do seu curso d'água principal, por esgoto doméstico, num ciclo anual. Esta bacia é contribuinte do Rio Baquirivu-Guaçu, situada a norte no município de Guarulhos, SP. Para atingir esse objetivo, foram selecionados seis pontos de monitoramento nos quais foram realizadas coletas de amostras de água no período de setembro de 2011 a agosto de 2012. Os indicadores de contaminação analisados foram *Streptococcus sp*, *Echerichia coli*, pertencentes ao grupo dos coliformes fecais, *Clostridium perfringens* e Fósforo total. De montante para jusante, os pontos de monitoramento P1 e P2 localizam-se em área de mata, respectivamente, nascente e córrego de águas protegidas pelo Parque Estadual da Cantareira, portanto sem fontes de poluição. O P3 está a jusante de um empreendimento recreativo, em área de transição da mata para a área urbanizada da bacia. Os pontos P4, P5 e P6, passam a receber contribuição de esgoto doméstico que se intensifica neste sentido, até o P6 que se localiza próximo à foz com o Rio Baquirivu-Guaçu. Os resultados obtidos mostram forte correlação de todos os parâmetros monitorados com o uso do solo, atestando que podem ser considerados bons indicadores da ocupação da bacia. Dentre os parâmetros monitorados destacou-se o Fósforo como mais eficiente.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica, Uso do solo, Contaminação, esgoto, parâmetros

ABSTRACT

This research aims to correlate the use of the soil of the watershed of the Capão da Sombra Stream with pollution of its main river by sewage, in an annual cycle. This watershed is a contributor of the Guaçu Baquirivu River, located in the northern municipality of Guarulhos, SP. To achieve this goal, we have selected six monitoring points where samples were collected water samples from September 2011 to August 2012. Contamination indicators that were analyzed are: *Streptococcus sp*, *Escherichia coli*, belonging to the group of faecal coliforms, *Clostridium perfringens* and total phosphorus. From upstream to downstream, the monitoring points P1 and P2 are located in forest area, respectively, spring and stream waters protected by Cantareira State Park, so there's no pollution sources. The P3 is downstream of a recreational development in the transition area of the forest for the urbanized area of the watershed. Points P4, P5 and P6, now receive contribution from domestic sewage that intensifies this effect, until the P6, which is located near the mouth of the Rio Baquirivu Guaçu. The results show strong correlation of all parameters monitored with the use of soil, attesting that it can be considered a good indicators of the watershed occupation. Among the parameters tracked, the Phosphorus stood out as the most efficient.

Keywords: Water hydrographic basin, land use, Contamination, Sewer, parameters

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização da Bacia do Córrego Capão da Sombra no município de Guarulhos e a Região Metropolitana de São Paulo.....	6
Figura 2	Bacia do Córrego Capão da Sombra com seus loteamentos e sistema viário.....	7
Prancha 1	Pontos de monitoramento- microbacia do Capão da Sombra.....	12
Figura 3	Medida de turbidez.....	14
Figura 4	Medida da temperatura da água.	14
Figura 5	Medida pH.....	14
Figura 6	Cenas de coleta de campo: pontos de monitoramento de P1 a P6.....	17
Figura 7	Esquema dos procedimentos de laboratório para análise dos Microorganismos.....	18
Figura 8	Cenas de procedimentos de laboratório.....	22
Figura 9	Bacia Baquirivu-Guaçu, com destaque da bacia do Caão da Sombra.....	49
Figura 10	Mapa geológico da Bacia do Baquirivu–Guaçu com destaque para a Bacia do capão da Sombra.....	51
Figura 11	Mapa geomorfológico da Bacia do Baquirivu – Guaçu com destaque para a Bacia do Capão da Sombra.....	52
Figura 12	Mapa pedológico.....	53
Figura 13	Mapa do uso do solo em 2008.....	55
Figura 14	Bacia Capão da Sombra. Área em destaque é a que apresentou alterações relevantes entre 2008 – 2013.....	56
Prancha 2	Mapas do uso do solo em cada área correspondente aos pontos de monitoramento.....	57
Figura 15	Número mais Provável (NMP) de <i>Clostridium perfringens</i> em cada ponto de monitoramento setembro 2011 a agosto 2012.....	64
Figura 16	Correlação de medidas (NMP) de <i>Clostridium perfringens</i> com as classes de ocupação urbana do Solo produtoras de esgoto referente ao mês de setembro de 2011.....	65

Figura 17	Correlação de medidas (NMP) de <i>Clostridium perfringens</i> com as classes de ocupação urbana do Solo produtoras de esgoto referente ao mês de dezembro de 2011.....	65
Figura 18	Correlação de medidas (NMP) de <i>Clostridium perfringens</i> com as classes de ocupação urbana do Solo produtoras de esgoto referente ao mês de março de 2012.....	66
Figura 19	Correlação de medidas (NMP) de <i>Clostridium perfringens</i> com as classes de ocupação urbana do Solo produtoras de esgoto referente ao mês de junho de 2012.....	66
Figura 20	Número mais Provável (NMP) de <i>Escherichia coli</i> em cada ponto de monitoramento de setembro 2011 a agosto 2012.....	68
Figura 21	Correlação de medidas (NMP) de <i>Escherichia coli</i> com as classes de ocupação urbana do Solo produtoras de esgoto referente ao mês de setembro de 2011.....	69
Figura 22.	Correlação de medidas (NMP) de <i>Escherichia coli</i> com as classes de ocupação urbana do Solo produtoras de esgoto referente ao mês de dezembro de 2011.....	69
Figura 23	Correlação de medidas (NMP) de <i>Escherichia coli</i> com as classes de ocupação urbana do Solo produtoras de esgoto referente ao mês de março de 2012.....	70
Figura 24	Correlação de medidas (NMP) de <i>Escherichia coli</i> com as classes de ocupação urbana do Solo produtoras de esgoto referente ao mês de junho de 2012.....	70
Figura 25	Número mais Provável (NMP) de <i>Streptococcus Sp</i> em cada ponto de monitoramento de setembro 2011 a agosto 2012.....	72
Figura 26	Correlação de medidas (NMP) de <i>Streptococcus Sp</i> com as classes de ocupação urbana do solo produtoras de esgoto referente ao mês de setembro de 2011.....	73
Figura 27	Correlação de medidas (NMP) de <i>Streptococcus Sp</i> com as classes de ocupação urbana do solo produtoras de esgoto referente ao mês de dezembro de 2011.....	73

Figura 28	Correlação de medidas (NMP) de <i>Streptococcus Sp</i> com as classes de ocupação urbana do solo produtoras de esgoto referente ao mês de março de 2012.....	74
Figura 29	Correlação de medidas (NMP) de <i>Streptococcus Sp</i> com as classes de ocupação urbana do solo produtoras de esgoto referente ao mês de junho de 2012.....	74
Figura 30	Quantidade de Fósforo total (mg/L) em cada ponto de monitoramento de setembro 2011 a agosto 2012.....	76
Figura 31	Correlação de medidas de Fósforo total (mg/L) com as classes de ocupação urbana do solo produtoras de esgoto, referente ao mês de setembro de 2011.....	77
Figura 32	Correlação de medidas de Fósforo total (mg/L) com as classes de ocupação urbana do solo produtoras de esgoto, referente ao mês de dezembro de 2011.....	77
Figura 33	Correlação de medidas de Fósforo total (mg/L) com as classes de ocupação urbana do solo produtoras de esgoto, referente ao mês de março de 2012.....	78
Figura 34	Correlação de medidas de Fósforo total (mg/L) com as classes de ocupação urbana do solo produtoras de esgoto, referente ao mês de junho de 2012.....	78
Figura 35	Distribuição do IET das águas dos Pontos de Monitoramento ao longo da bacia.....	81
Figura 36	Correlação dos valores de IET nos pontos de monitoramento e área potencialmente produtora de esgoto nas sub-bacias correspondentes.....	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores típicos de parâmetros de carga orgânica (mg/L) no esgoto Sanitário.....	37
Tabela 2	Classe de estado trófico e suas características principais.....	40
Tabela 3	Áreas de uso do solo nas sub-bacias relativas aos pontos de monitoramento.....	58
Tabela 4.	Classes de uso urbano do solo consideradas potencialmente produtoras de esgoto em cada sub-bacia relativa aos pontos de monitoramento.....	59
Tabela 5	Medidas de temperatura nos pontos de monitoramento.....	60
Tabela 6.	Medidas de temperatura nos pontos de monitoramento.....	61
Tabela 7	Medidas de temperatura nos pontos de monitoramento.....	62
Tabela 8	Medidas de <i>Clostridium perfringens</i> setembro de 2011 a agosto 2012.....	63
Tabela 9	Medidas de <i>Escherichia coli</i> setembro de 2011 a agosto 2012.....	67
Tabela 10	Medidas de <i>Streptococcus sp</i> setembro de 2011 a agosto 2012.....	71
Tabela 11	Medidas de Fósforo total (mg/L) setembro de 2011 a agosto 2012.....	75
Tabela 12	Índice de estado trófico da área correspondente ao ponto 1.....	79
Tabela 13	Índice de estado trófico da área correspondente ao ponto 2.....	79
Tabela 14	Índice de estado trófico da área correspondente ao ponto3.....	80
Tabela 15	Índice de estado trófico da área correspondente ao ponto4.....	80
Tabela 16	Índice de estado trófico da área correspondente ao ponto5.....	80
Tabela 17	Índice de estado trófico da área correspondente ao ponto 6.....	81
Tabela 18	Índice de estado trófico das áreas correspondentes aos pontos 1 a 6.....	81
Tabela 19	- Índices de Estado Trófico de cada sub-bacias representadas pelos pontos de 1 a 6 relacionados ao Uso e Ocupação do Solo.....	82

SUMÁRIO

1. Introdução	01
1.1 Objetivos e Justificativa	05
1.2 Área de pesquisa	05
2. Materiais e Métodos	08
2.1 Pesquisa Bibliográfica	08
2.2 Levantamento de dados disponíveis	08
2.3 Caracterização do meio físico	08
2.4 Caracterização do uso do solo	08
2.5 Monitoramento da qualidade da água	09
2.5.1 Seleção dos pontos de monitoramento	10
2.5.2 Medidas de turbidez	13
2.5.3 Medidas de temperatura	13
2.5.4 Medidas de pH	13
2.5.5 Análise do Fósforo total	15
2.5.6 Análises de micro-organismos	15
2.6 Análise dos resultados.	15
2.7 Elaboração da dissertação	15
2.8 Procedimentos de campo	16
2.9 Procedimentos de Laboratório	18
2.9.1 Preparação dos meios de cultura	19
2.10 Trabalho de escritório	23
3. Fundamentos	23
3.1 Bacia hidrográfica	23
3.2 Poluição e contaminação	24
3.3 Poluição de cursos d'água urbanos	24
3.3.1 Fontes de Poluição	29
3.3.1.1 Poluição química	30
3.3.1.2 Poluição física	31
3.3.1.3 Poluição biológica	31
3.4 Esgotos	32

3.4.1 Características físicas	34
3.4.2 Características químicas	35
3.4.3 Características biológicas	37
3.5 Eutrofização	38
3.5.1 Índice trófico	39
3.6 Parâmetros da qualidade da água estudados	40
3.6.1 Características físicas	41
3.6.1.1 Temperatura	41
3.6.1.2 Turbidez	42
3.6.2 Características químicas	43
3.6.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)	43
3.6.2.2 Fósforo	44
3.6.3 Características microbiológicas	45
3.6.3.1 Coliformes termotolerantes	45
3.6.3.2 <i>Clostridium perfringens</i>	47
4. Resultados Obtidos e Discussão	49
4.1 O Meio Físico	49
4.1.1 A bacia hidrográfica	49
4.1.2 Aspectos climáticos	50
4.1.3 Aspectos geológicos	51
4.1.4 Aspectos geomorfológicos	52
4.1.5 Aspectos pedológicos	53
4.2 Uso do solo e ocupação urbana	54
4.2.1 Uso do solo das sub-bacias dos pontos de monitoramento	56
4.3 Monitoramento da contaminação	60
4.3.1 Análise dos parâmetros circunstanciais	60
4.3.1.1 Temperatura	60
4.3.1.2 pH	61
4.3.1.3 Turbidez	62
4.3.2 Análise dos parâmetros indicadores de contaminação.....	63
4.3.2.1 <i>Clostridium perfringens</i>	63
4.3.2.2 Correlação do <i>Clostridium perfringens</i> com o uso e ocupação do solo urbano.....	64

4.3.2.3 <i>Escherichia coli</i>	66
4.3.2.4 Correlação do <i>Escherichia coli</i> e o uso e ocupação do solo urbano	68
4.3.2.5 <i>Streptococcus Sp</i>	71
4.3.2.6 Correlação do <i>Streptococcus Sp</i> com o uso e ocupação do solo urbano.....	72
4.3.2.7 Fósforo total	75
4.3.2.8 Correlação do Fósforo com o uso e ocupação do solo urbano	76
4.4 Estado trófico do Córrego Capão da Sombra	78
5. Conclusões	83
6. Referências Bibliográficas	85

1. INTRODUÇÃO

A água é utilizada pelo homem para diversos fins em geral agrupados em uso agrícola, industrial e residencial. Neste caso além da dessedentação, a água é usada para quase todas as necessidades da vida como, por exemplo, a higiene pessoal, o cozimento do alimento e a limpeza dos utensílios. Entretanto, as águas servidas têm sido lançadas, frequentemente sem tratamento, nos cursos d'água, que além de serem as fontes passaram a ser o escoadouro dos dejetos produzidos pelo homem no metabolismo de suas atividades. Nos tempos pré-históricos, quando os homens aos poucos deixaram o nomadismo, foram se organizando em sociedades estabelecidas em áreas próximas a cursos d'água, utilizando-a no duplo sentido de uso – o abastecimento e o escoadouro.

Em meados do século passado, mais precisamente em 1847, na cidade de Londres, deu-se uma grande revolução no terreno do saneamento – foi quando se começou a usar água para o afastamento dos dejetos das residências. Até então, esses dejetos eram acumulados em poços, em buracos, em tanques, dentro do próprio domicílio, e periodicamente, esse material era transportado manualmente para os reservatórios municipais, onde ficavam sujeitos a um processo lento de transformação, de fermentação, de secagem, até se constituir num adubo seco que era utilizado nas plantações.

As redes de esgotos, que até essa época eram usadas exclusivamente para o afastamento de águas de chuva para drenagem da cidade, passaram a receber também os dejetos das casas. Isso trouxe um imediato e grande benefício, que foi o de afastar rapidamente esses dejetos dos domicílios. Mas, por outro lado, trouxe grande prejuízo, pois as imundícies passaram a ser transportadas imediatamente para os rios e começaram os graves problemas de poluição das águas por efluentes domésticos. Mais tarde esse processo de poluição foi agravado pelo crescimento industrial por produção de dejetos.

Águas superficiais sofrem impactos cumulativos progressivos com grandes danos ao funcionamento dos ecossistemas, ao balanço hídrico e à disponibilidade de recursos hídricos para a espécie humana e outras espécies de animais e plantas. (TUNDISI, 2005).

A gradual deterioração e o agravamento da contaminação por poluição dos recursos de água doce em muitas regiões, juntamente com a progressiva proliferação de atividades incompatíveis com a disponibilidade de recursos hídricos, vem configurando uma escassez hídrica qualitativa, isto é, não há perda da água, mas sim, perda da água de boa qualidade e

adequada às necessidades humanas. Portanto as regiões necessitam de planejamento e gerenciamento integrado desses recursos (SILVA, et. al, 2003).

Dessa forma, amplia-se a percepção de que a água é um recurso finito, de que há limites em seu uso e os custos do tratamento estão cada vez mais elevados e, além disso os custos da recuperação de lagos, rios e represas são também muito altos, às vezes excessivos.

Um dos agravantes da deterioração dos recursos hídricos é a repercussão na saúde humana, com a propagação de doenças de veiculação hídrica que leva ao aumento da mortalidade infantil e das internações hospitalares.

Este quadro de degradação ambiental vem se intensificando nas áreas urbanas, carentes de um planejamento e de medidas adequadas à conservação dos recursos hídricos, como por exemplo a Região Metropolitana de São Paulo – RMSP que, conta com 39 municípios, incluindo o de São Paulo, e uma população de aproximadamente 19,6 milhões de habitantes. Para abastecer essa população, e todos os serviços demandados por ela, a região conta com um amplo e complexo sistema de abastecimento, que compreende as áreas de mananciais, as represas, estações de tratamento, e extensas redes de distribuição e reservatórios.

Inserida quase que em sua totalidade dentro dos limites da Bacia do Alto Tietê, a RMSP tem metade de seu território em áreas de proteção aos mananciais. A Bacia do Alto Tietê é considerada uma das bacias com menor disponibilidade hídrica por habitante do Brasil. A baixa disponibilidade natural da região é agravada pela sua intensa industrialização e urbanização, que resulta na poluição da maioria dos seus corpos d'água, incluindo importantes rios, como o Tietê, Pinheiros, Tamanduateí, Ipiranga, além dos mananciais de abastecimento de água, como Guarapiranga e Billings (WHATELY e DINIZ, 2009).

Para suprir a demanda de aproximadamente 5,6 bilhões de litros diários (ou 65 m³/s) para abastecer seus habitantes, a RMSP importa quase metade da água das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, através do Sistema Cantareira, localizado parte no Estado de São Paulo e parte no Estado de Minas Gerais (WHATELY e DINIZ, 2009).

No total, os Sistemas Cantareira, Guarapiranga/Taquacetuba (Billings) e Rio Grande/Billings são responsáveis por 75% da água utilizada para abastecimento da Região Metropolitana. As represas da região das cabeceiras do Alto Tietê, incluindo o Sistema Alto Tietê e Rio Claro, respondem, atualmente, por 21,5% da produção. Valor este que aumentou consideravelmente nos últimos anos, como resultado de uma série de intervenções para ampliar o uso dessas represas para abastecer a RMSP (WHATELY e DINIZ, 2009).

A população residente nas áreas de mananciais da RMSP é estimada em 2 milhões de pessoas, concentradas principalmente nas Bacias Guarapiranga e Billings. A expansão urbana em direção às áreas de mananciais, aliada à ausência de infra-estrutura de esgotamento sanitário na região, resulta na poluição das represas usadas para abastecimento, processo que também tem impactos sobre a vegetação, com perda dos serviços ecossistêmicos e da capacidade natural das bacias hidrográficas de produzirem água em quantidade e com qualidade adequadas.

O despejo de efluentes domésticos sem tratamento é uma das principais fontes de poluição dos corpos d'água da Grande São Paulo, incluídas as represas utilizadas para abastecimento público da população.

Segundo as informações disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2006, aproximadamente 77% dos 19,6 milhões de habitantes da RMSP residiam em áreas cobertas por rede de coleta de esgoto. Considerando apenas a população urbana, a cobertura por redes de coleta de esgotos é de 80%, o que significa que uma população de aproximadamente 3,7 milhões de pessoas residem em áreas urbanas sem redes de coleta de esgotos. Isto porque, mesmo existindo coleta de esgoto para parcela significativa da população residente em área urbana, em grande parte o esgoto ainda não é destinado para tratamento (SNIS, 2006).

Na RMSP, a partir dos volumes de esgoto indicados ao SNIS pelas concessionárias de saneamento que atuam na região, é possível verificar que menos da metade do esgoto coletado é efetivamente tratado. O restante é despejado pelas redes públicas de coleta de esgotos nos corpos d'água, incluindo os mananciais de abastecimento, como Billings e Guarapiranga (SNIS, op. cit.).

A análise dos dados disponíveis permite verificar grande desigualdade entre o esgoto tratado no município de São Paulo e no restante dos municípios da Grande São Paulo. De acordo com os dados disponíveis no SNIS, a capital paulista tem cerca de 65% do esgoto coletado destinado a tratamento, enquanto que nos 38 municípios restantes, o esgoto tratado equivale a apenas 18% do esgoto coletado. Vale destacar que o esgoto coletado em 15 dos 39 municípios da RMSP não passa por nenhum tratamento, é apenas afastado e lançado *in natura* em corpos d'água.

Atualmente, grande parte dos esgotos coletados é tratada em cinco Estações de Tratamento de Esgotos (ETES) que juntas possuem capacidade para tratar 18 m³/s de

efluentes domésticos. As ETEs tratam aproximadamente 11,8 m³/s, que correspondem a 61% de sua capacidade. Vale destacar que a capacidade operacional total destas ETEs, da ordem de 25 m³/s, é muito inferior ao volume total de esgotos produzidos na RMSP (WHATELY e DINIZ, 2009).

O problema do uso das águas públicas na região da Grande São Paulo vem desafiando as administrações do Município e do Estado há muitos anos. O vertiginoso aumento da população ocorrido nas últimas décadas, acompanhado da ocupação desordenada de áreas marginais aos cursos d'água, implicando no despejo de poluentes nos principais rios e córregos da cidade, tudo isso amplia enormemente as dificuldades para a preservação da boa qualidade das águas. (PMSP, 1992)

O município de Guarulhos, com cerca de 1 milhão e trezentos mil habitantes, apenas em 2011 iniciou o tratamento com a Estação do Bairro São João que trata atualmente cerca de 15% do esgoto do município.

Segundo reportagem de Rosana Ibanez dia 25/02/2012, NO SIT DA SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgotos de Guarulhos, aproximadamente 80% da população total de Guarulhos é hoje atendida com a coleta de esgoto, por meio de 1.642,06 quilômetros de rede (total geral até setembro de 2011), ou seja, o esgoto é coletado, “afastado” das residências e lançado nos cursos d'água. Até o ano de 2010 todo o esgoto, *in natura*, era lançado nos cursos d'água da cidade, afluentes do Rio Tietê. O tratamento de esgoto teve início no dia 27 de setembro de 2010, quando entrou em operação a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) São João, cuja capacidade de tratamento é de cerca de 15%. A ETE Bonsucesso (20% de capacidade de tratamento) entrou em operação no dia 11 de dezembro de 2011, aumentando para 35% a capacidade total de tratamento dos esgotos coletados. Ainda segundo a mesma reportagem a meta estabelecida no Plano Municipal de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário (PMAE) é tratar 80% dos esgotos até 2017.

A escassez de água, a contaminação dos mananciais por esgoto doméstico colocando em risco a saúde ambiental da região entre outros, que se relacionam com a forma de apropriação deste recurso natural, constituem um problema complexo.

Nesta pesquisa foi selecionada uma pequena bacia no município de Guarulhos para avançar na compreensão das relações existentes entre o uso do solo e a perda da qualidade da água, ao ser contaminada por esgoto doméstico.

1.1 Objetivos e Justificativa

Esta pesquisa tem como objetivo principal correlacionar o uso do solo de uma bacia com a contaminação do seu curso d'água principal, por esgoto doméstico num ciclo anual, tendo em vista a inexistência de sistema de coleta para estação de tratamento de esgoto. Este objetivo desdobra-se na análise dos parâmetros considerados como de comportamento indicadores do uso do solo.

Como objetivos específicos a pesquisa contempla:

- análise do uso do solo
- monitoramento de parâmetros indicadores da contaminação por esgoto.

De maneira geral, a discussão que permeia a degradação dos recursos hídricos vem ganhando cada vez mais importância, já que a escassez da água por razões de perda da qualidade vem preocupando.

De forma específica, a escassez de estudos sobre a qualidade de água dos corpos d'água do município de Guarulhos tornou-se mais importante nos dias atuais tendo em vista que o município iniciou a implantação das estações de tratamento.

Desta maneira, tem-se a perspectiva dos resultados desta pesquisa virem a constituir subsídios ao melhor conhecimento do problema da relação entre o uso do solo e a contaminação das águas por esgoto doméstico que, ao ser tratado, deve implicar em impacto positivo na qualidade das águas dos cursos d'água do município.

1.2 Área de pesquisa

Para a realização desta pesquisa foi selecionada a bacia do Capão da Sombra, contribuinte do Rio Baquirivu-Guaçu, situada a norte no município de Guarulhos, onde se localizam os bairros do Invernada, Bananal e Taboão e os loteamentos da Vila União, Parque Primavera, Jardim São Domingos e Jardim Santa Lídia. A Figura 1 apresenta a localização da bacia em Guarulhos na RMSP. A Figura 2 apresenta a área da bacia que mede 7,6 km², seus loteamentos e sistema viário.

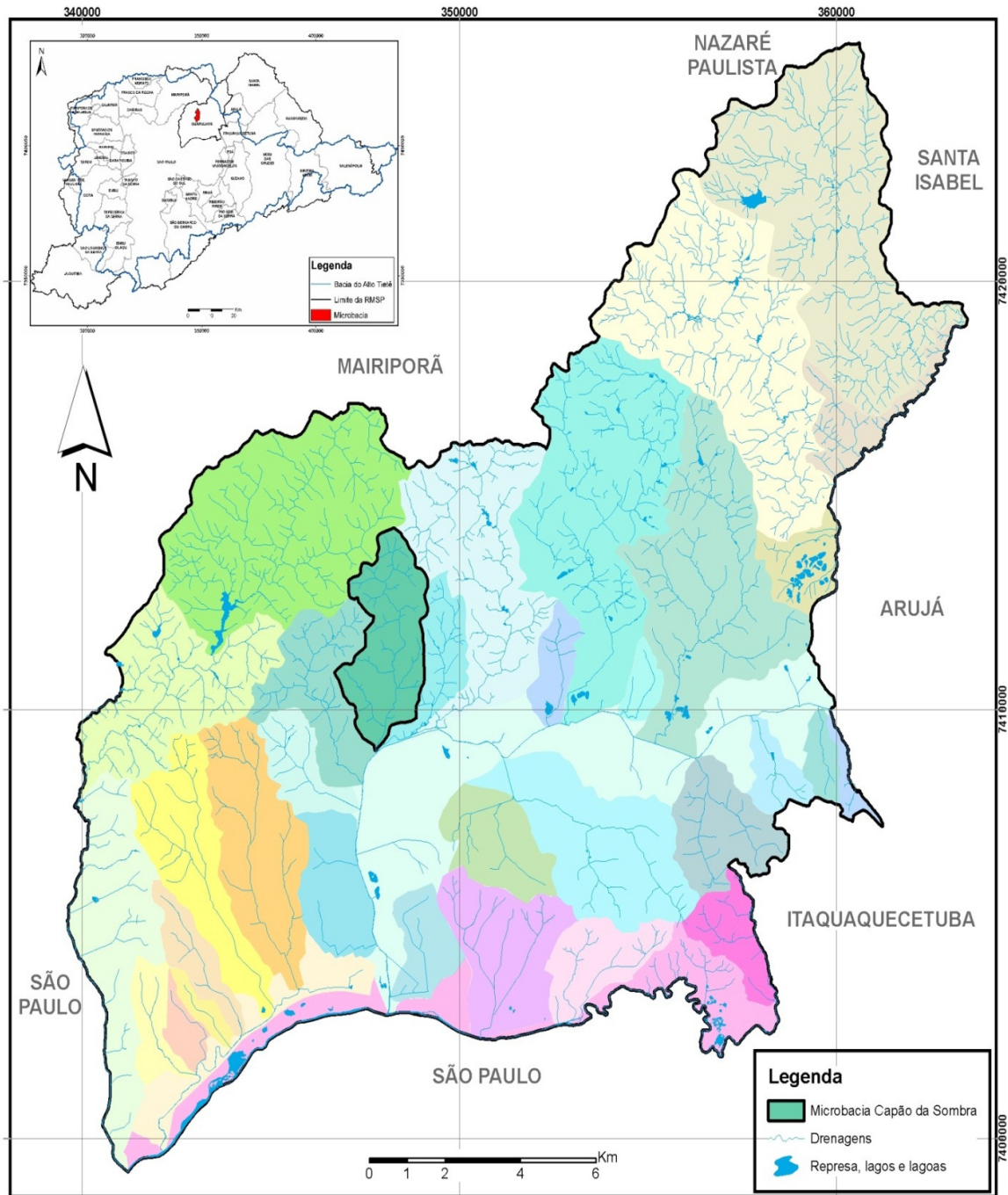


Figura 1. Localização da Bacia do Córrego Capão da Sombra no município de Guarulhos e a Região Metropolitana de São Paulo. Fonte: OLIVEIRA, 2009

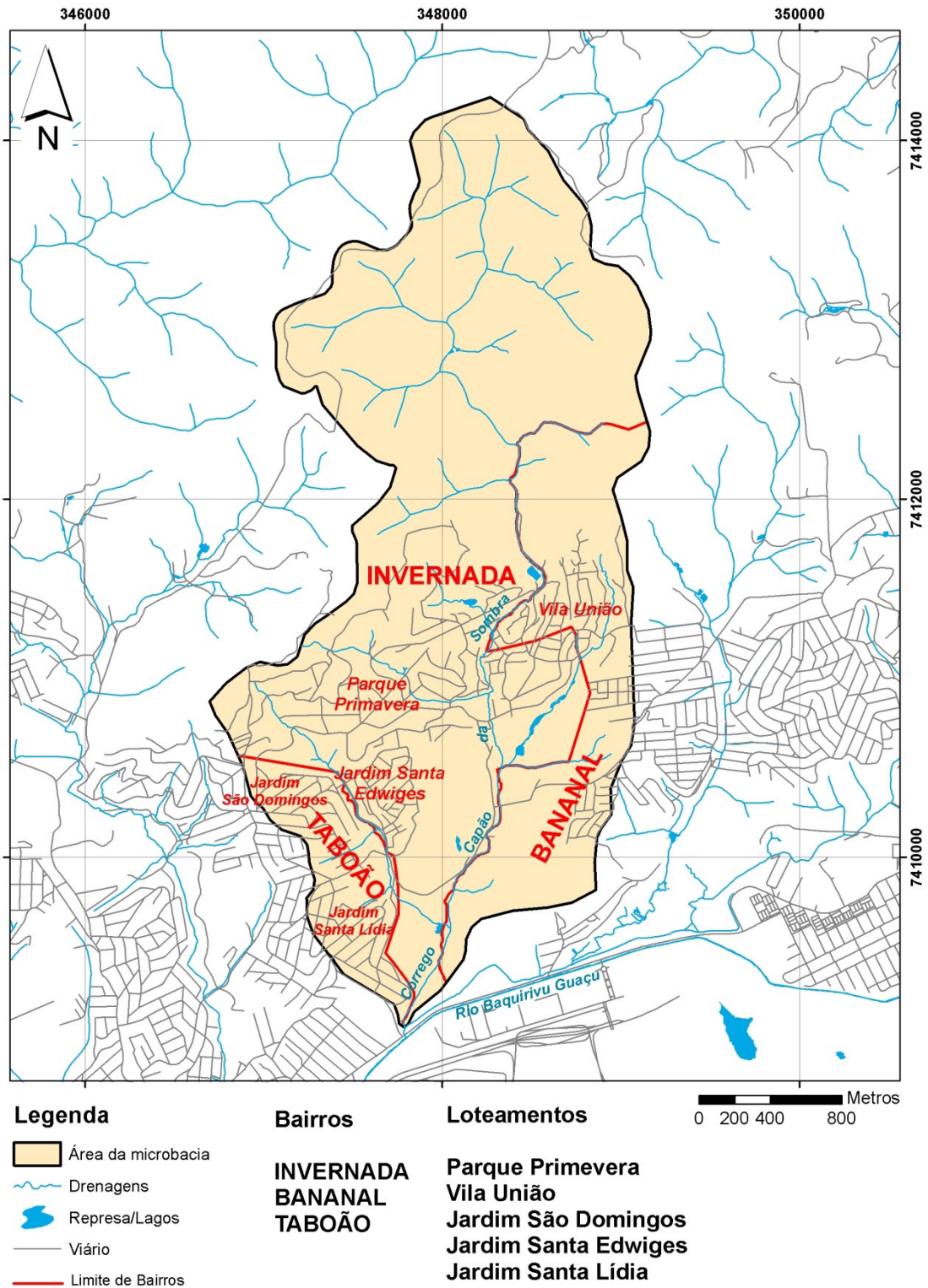


Figura 2. Bacia do Córrego Capão da Sombra com seus loteamentos e sistema viário.

Fonte: OLIVEIRA, 2009

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os objetivos definidos nesta pesquisa foram desenvolvidas as etapas apresentadas a seguir.

2.1 Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica consistiu na busca de informações técnicas e científicas a respeito dos temas principais – qualidade das águas, contaminação, esgoto doméstico – assim como da área de estudo, relativamente aos aspectos ambientais, meio físico e uso do solo.

Para tanto, procurou-se reunir o maior número de informações, por meio do levantamento de pesquisas de mestrado e doutorado, de artigos em revistas especializadas e outras obras em bibliotecas de instituições de pesquisa como USP, UNICAMP, UNESP, UnG, especialmente por meio da internet.

2.2 Levantamento de dados disponíveis

O levantamento de dados disponíveis envolveu a busca de relatórios técnicos e informações de interesse em sítios da internet, principalmente da UnG, das Secretarias da Prefeitura Municipal de Guarulhos: Desenvolvimento Econômico, Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente; do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guarulhos – SAAE e da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB.

2.3 Caracterização do meio físico

A caracterização do meio físico partiu do conhecimento disponível no relatório “Bases Geoambientais para um Sistema de Informações Ambientais do Município de Guarulhos” (OLIVEIRA et al., 2009), sendo complementado por reconhecimento de campo da bacia.

2.4 Caracterização do uso do solo

A caracterização do uso do solo foi realizada por foto interpretação de levantamento mais recente disponível correspondente a fotos aéreas ortorretificadas de 2008 da Prefeitura Municipal de Guarulhos.

As classes de uso do solo consideradas foram: mata (as copas das árvores se tocam); capoeira (as copas das árvores estão afastadas entre si); campo antrópico (com poucas árvores ou sem árvores); solo exposto; reflorestamento; urbana. A ocupação urbana foi classificada segundo a densidade de ocupação por edificações. Quando as edificações ocupam mais de 75% da área da quadra, a classe é de alta densidade. Quando ocupa menos de 25%, a classe é de baixa densidade. A de média densidade resultou como sendo aquela em que a quadra representa-se com uma área ocupada entre 25 e 75%.

Este mapa de uso do solo constitui o registro mais recente, tendo sido, portanto adotado para a correlação com as medidas realizadas nos pontos de monitoramento.

Entretanto, para se verificar a pertinência da comparação dos resultados das análises de água (2011-2012) com o uso do solo de 2008, ou seja, se houve alterações significativas no período de 2008 a 2011, utilizou-se a imagem Google Earth mais atual, acessada em 06/09/12.

2.5 Monitoramento da qualidade da água

Para o monitoramento da qualidade da água foram selecionados como indicadores da contaminação, coliformes fecais, *Clostridium perfringens*, e fósforo, devido suas relações diretas com o esgoto doméstico e pela disponibilidade de análises microbiológicas no Laboratório de Microbiologia da Universidade Guarulhos. A escolha destes indicadores foi considerada no item 3, Fundamentos e em resumo é a seguir justificada.

Os coliformes fecais constituem um indicador por estar frequentemente nas fezes, é facilmente detectável e quantificável e a possibilidade de que juntamente com eles existam microrganismos patogênicos.

O clostrídium representa um importante indicador de contaminação fecal da água, pois está normalmente presente nas fezes humanas e de animais e, na forma de endósporos, apresenta uma resistência muito elevada aos tratamentos de potabilização da água baseados na desinfecção pelo cloro.

O fósforo é um importante indicador porque aparece em cursos d'água devido principalmente às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes superfosfatados empregados domesticamente em larga escala constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Ainda por ser nutriente para processos biológicos, o excesso de fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais, por outro lado, conduz a processos de eutrofização das águas naturais.

Além dos indicadores principais, foram monitorados parâmetros complementares circunstanciais, em cada ponto de monitoramento: turbidez, temperatura e pH.

A turbidez da água foi medida no momento da coleta por resultar de uma série de materiais como partículas de argila ou lodo, descarga de esgoto doméstico ou industrial ou a presença de um grande número de microrganismos que indica pela aparência uma primeira observação visual do corpo hídrico (RICHTER E NETTO, 2000).

A temperatura no momento da coleta foi determinada porque condiciona vários processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem em um sistema aquático, tais como o metabolismo dos organismos e a degradação da matéria orgânica.

O pH da água foi medido por ser um importante parâmetro das condições bióticas do ecossistema aquático que está sendo alterado pelo esgoto.

A pluviometria não foi considerada tendo em vista a falta de estação meteorológica local. Considerar uma estação distante não corresponderia a uma efetiva correlação tendo em vista a irregularidade das chuvas no tempo e no espaço.

2.5.1 Seleção dos pontos de monitoramento

Os pontos de monitoramento foram escolhidos para se obter uma relação com o uso do solo, especialmente a densidade de ocupação urbana da bacia. Assim, foram selecionados 6 pontos representados na Figura 3, segundo os seguintes critérios principais:

- pontos de monitoramento sem presença de ocupação;
- pontos com ocupação urbana crescente, e especialmente após receberem tributários que drenam áreas urbanizadas;
- pontos acessíveis
- ponto extremo de jusante próximo à foz do rio Baquirivu-Guaçu.

O Ponto 1 (348434,08W / 7412286,94S) situa-se em área de mata da última edificação da bacia, tendo mais a montante a floresta relativamente bem preservada do Parque Estadual da Cantareira. Este ponto corresponde a uma nascente de água na margem direita do córrego.

O Ponto 2, com as mesmas coordenadas do Ponto 1, situa-se a frente deste Ponto no próprio córrego.

O Ponto 3 (348419,66W / 7411891,64S) localiza-se em área de chácaras e de um clube de recreação (Clube do Alemão), ainda a montante da área urbana.

O Ponto 4 (348260,46W / 7410768,81S) localiza-se em área com alta densidade de ocupação urbana, recebendo a influência de dois afluentes que recebem águas servidas e dejetos da Vila União e Parque Primavera.

O Ponto 5 (348321,74W / 7410285,80S) localiza-se em área de pouca ocupação com presença de mata, chácaras e solo exposto, porém sofre influência da carga poluidora de montante e também de mais outros dois afluentes que passam em área urbanizada do Bairro do Bananal.

O Ponto 6 (347814,09W / 7409141,64S) localiza-se numa área de campo antrópico a poucos metros de sua foz no rio Baquirivu-Guaçu, correspondente portanto à somatória das cargas polidoras monitoradas em toda a bacia e ainda mais um afluente do lado oeste que passa em área urbana relativamente extensa do bairro Taboão (Jardim São Domingos e Jardim Santa Lídia) além do Jardim Santa Edwiges do Bairro da Invernada.



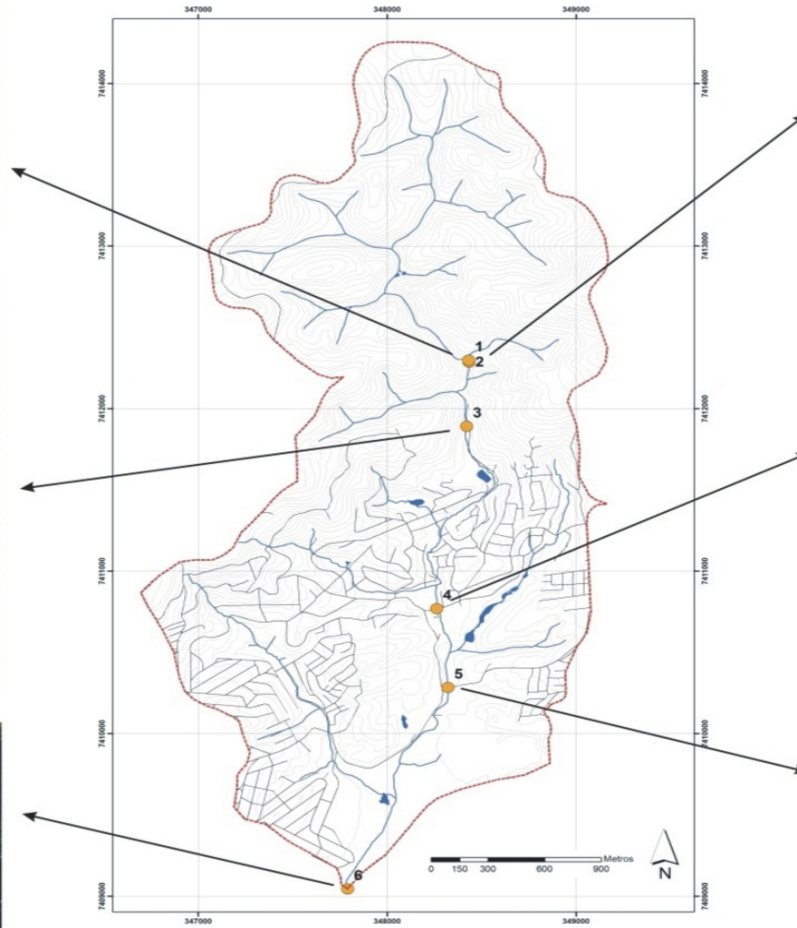
Vista do ponto 1 (nascente)



Vista a montante do ponto 3, acima está o clube do Alemão



Ponto 6, vista para a montante



Vista a jusante do Ponto 2



Vista a jusante do Ponto 4



Ponto 5, vista da ponte da Estrada do Elenco

	MESTRADO EM ANÁLISE GEOAMBIENTAL		Prancha 1
	TEMA: Uso do solo e contaminação por esgoto do córrego Capão da Sombra, Guarulhos, SP.		
DESENHO: Pontos de monitoramento na Microbacia Capão da Sombra	ALUNO: Afonso Aparecido Porto	ORIENTADOR: Antonio Manoel S. Oliveira	

2.5.2 Medidas de turbidez

Para a medida da turbidez foi utilizado o turbidímetro modelo turbidity column com cinco escalas de leitura 20 JTU, 40 JTU, 60 JTU, 80 JTU e 100 JTU. O procedimento se deu pelo preenchimento com amostra de água de cada ponto e em seguida colocado sobre um cartão contendo figura padrão a ser visualizada através do feixe de luz natural que atravessa a água e figuras que representam as escalas de medidas a serem comparadas, como mostra a figura 3.

2.5.3 Medidas de temperatura

A medida da temperatura da água foi realizada com o uso de termômetro ASTM Incoterm graduado com escala de 0 a 210° o qual foi submerso durante 1 minuto em cada ponto de coleta. A figura 4 representa uma das medições da temperatura da água.

2.5.4 Medidas de pH

O pH foi medido com o uso da fita de pH Merck. Em cada ponto de coleta mergulhou-se a fita de pH na água durante 1 minuto para em seguida comparar a mudança da coloração com a tabela de cores presente na embalagem para determinar o valor de pH como mostra a figura 5.

Figura 3. Medida de turbidez (Foto de E. Ferreira – abril/2012)



Figura 4. Medida da temperatura da água. (Foto do autor – Março/2012)



Figura 5. Medida pH (Foto de E. Ferreira – abril/2012)



2.5.5 Análise do Fósforo total

As análises do Fósforo Total foram realizadas no Laboratório Ecolabor Consultoria e Análise Ltda.

O procedimento adotado por esse Laboratório foi 3030F e 3120B - ITLABI007 SMEWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 21ª Ed. - Método(s).

2.5.6 Análises de micro-organismos

As análises de coliformes fecais e *Clostrídium perfringens*, foram realizadas no Laboratório de Microbiologia da UnG.

As análises foram realizadas segundo a técnica da inoculação de tubos múltiplos e da quantificação indireta de microrganismos coliformes pelo método do número mais provável (NMP).

2.6 Análise dos resultados

Esta atividade foi realizada com base na análise de gráficos que apresentam a variação das medidas dos indicadores (Fósforo e microrganismos) nos pontos de monitoramento ao longo do período monitorado e de gráficos que apresentam a correlação com o uso do solo. Com respeito a correlação com o uso do solo foram consideradas as medidas obtidas de 3 em 3 meses resultando em correlações para setembro e dezembro de 2011 e março e junho de 2012.

Embora não tenham sido realizadas duplicatas das análises laboratoriais, os resultados obtidos foram utilizados de forma relativa para comparação com o uso do solo, de forma consistente com o objetivo da pesquisa e não como objetivo de determinar um índice de qualidade das águas.

2.7 Elaboração da dissertação

A elaboração da dissertação resultará dos trabalhos de revisão bibliográfica estudo do meio físico, do uso e ocupação do solo da área pesquisada e análise dos resultados de medidas dos indicadores considerados.

2.8 Procedimentos de campo

As coletas foram realizadas mensalmente num período de um ano, durante as quais foram feitas medidas da temperatura do ar e da água, pH e análise da turbidez das amostras de água coletadas. Os materiais utilizados durante as atividades de campo estão relacionados na Lista de materiais de coleta de campo e demonstrados através de fotos.

Lista de materiais de coleta de campo

Ficha de coleta de dados, Frascos para armazenamento da amostra, Piceta com Iodo, Piceta com álcool 70, Termômetro, Fita de pH, Turbidímetro, Máquina fotográfica, Prancheta, Bloco de papel para anotações.

As amostras de água foram armazenadas em frascos de polipropileno. Nos pontos 4, 5 e 6 as amostras de água foram coletadas com auxílio de um balde previamente enxaguado duas vezes com a água do corpo d'água a ser coletado. O balde foi imerso cerca de 20 cm de profundidade. Após a retirada da água do corpo d'água foi utilizado frasco de polipropileno para o armazenamento da amostra até o laboratório. Nos pontos 1, 2 e 3 foi dispensado o uso do balde devido à facilidade de acesso e o frasco de polietileno foi imerso diretamente no corpo d'água. Para a realização desta coleta foram tomadas as precauções necessárias para evitar a contaminação.

Em seguida, foram medidas a turbidez, a temperatura e o pH, assim como foram realizadas medidas de vazão instantânea. Os resultados foram anotados em caderneta de campo onde também foi registrada a condição meteorológica do momento, inclusive a temperatura do ar. A figura 6 apresenta cenas de coleta no campo.



Figura 6. Cenas de coleta de campo: pontos de monitoramento de P1 a P6 .
(Fotos de A. M. S. Oliveira – abril 2012)

2.9 Procedimentos de Laboratório

O esquema apresentado na figura 7 mostra os procedimentos de análise dos microorganismos. Três procedimentos são descritos a seguir nos próximos itens.

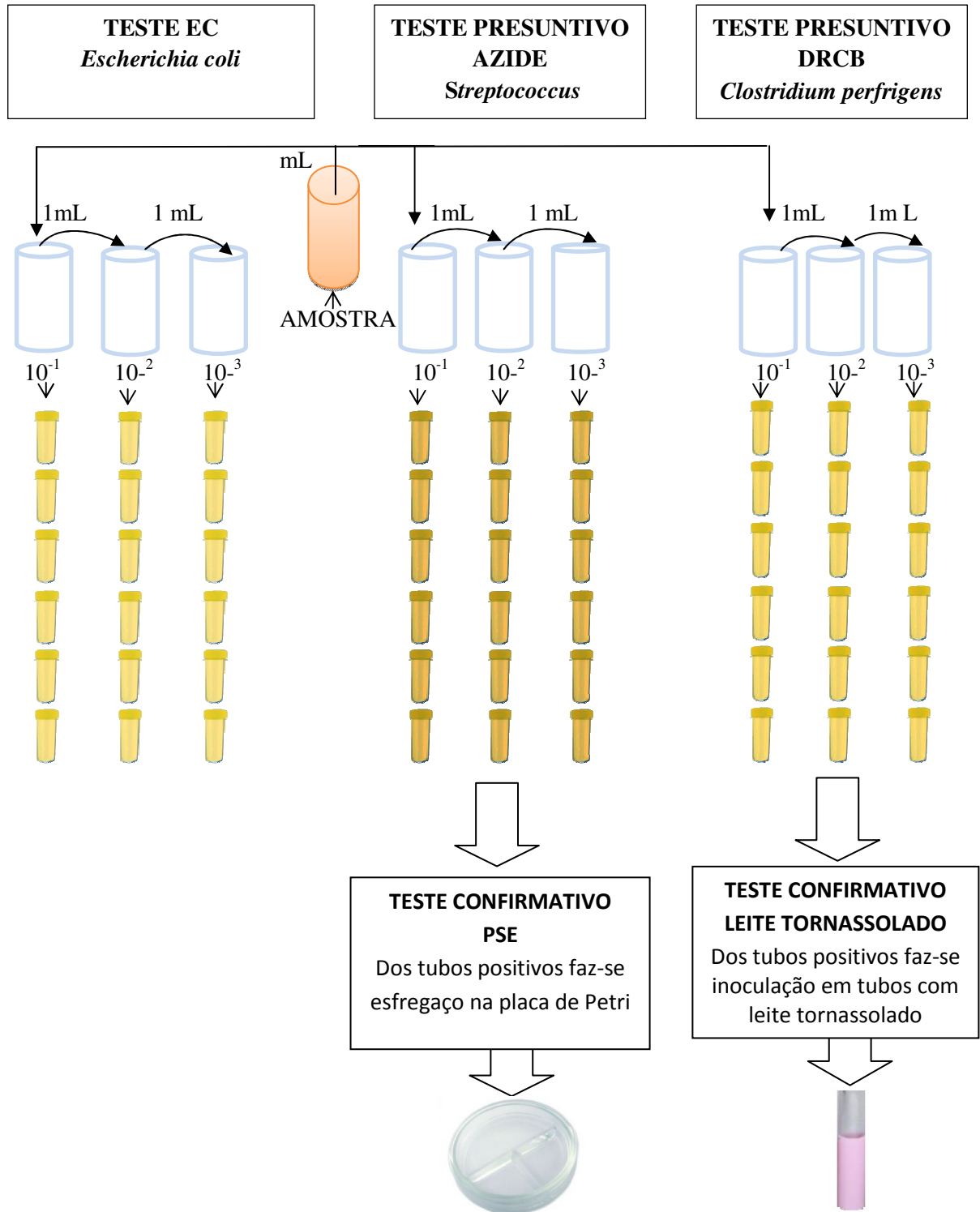


Figura 7. Esquema dos procedimentos de laboratório para análise dos microorganismos

2.9.1 Preparação dos meios de cultura

Teste confirmativo para análise de *Escherichia coli* - Preparação do meio EC:

A relação padrão entre soluto e solvente é de 37g Caldo EC para 1000 mL de água destilada. A quantidade de meio necessária para a análise é de 420 mL, o suficiente para 90 tubos testes.

Dissolveu-se 15,54 g de caldo EC em 420 mL de água destilada e aqueceu o necessário para dissolver o meio completamente. Dispensou-se 4,5 mL em 15 tubos teste contendo tubo de Durham invertido para cada amostra totalizando 90 tubos para análise dos 6 pontos de monitoramento. Esterilizou-se autoclavando a 15lbs de pressão a 121°C por 15 minutos.

Diluição da amostra:

Para a diluição da amostra a 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} utilizou-se 3 tubos, em cada um contendo 9 mL de água destilada. Dispensou-se 1mL da amostra no primeiro tubo e deste retirou-se 1 mL e dispensou-se no segundo e consecutivamente no 3º obtendo assim as 3 diluições. Este procedimento foi realizada para cada ponto amostral.

Semeadura:

Para a semeadura dispensou-se 0,5 mL de cada diluição em 5 tubos de meios contendo Caldo EC totalizando assim, 15 tubos para cada ponto amostral. Em seguida leva-se a estufa por 24 horas a temperatura de 44,5°C.

Leitura: a turvação indica a presença de *Escherichia coli*.

Teste presuntivo para análise de *streptococcus* - Preparação do meio Caldo Azide Dextrose:

A relação padrão entre soluto e solvente é de 34g Caldo Azide Dextrose para 1000 mL de água destilada. A quantidade de meio necessária para a análise é de 420 mL, o suficiente para 90 tubos testes.

Dissolveu-se 14,57 g de Caldo Azide Dextrose em 420 mL de água destilada e aqueceu o necessário para dissolver o meio completamente. Dispensou-se 4,5 mL em 15 tubos teste para cada amostra totalizando 90 tubos para análise dos 6 pontos de monitoramento. Esterilizou-se autoclavando a 15lbs de pressão a 121°C por 15 minutos.

Diluição da amostra:

A diluição da amostra seguiu-se o mesmo procedimento para os 3 microrganismos analisados.

Semeadura:

Para a semeadura dispensou-se 0,5 mL de cada diluição em 5 tubos de meios contendo Caldo Azide Dextrose somando-se 15 tubos para cada ponto amostral, sendo 6 pontos amostral totalizou-se 90 tubos. Em seguida leva-se a estufa por 24 horas a temperatura de 35°C.

Leitura: a turvação indica a presença de *Streptococcus*.

Teste confirmativo da análise de *streptococcus*

O teste confirmativo é realizado através de esfregaço em placa de Petri contendo a substância Agar Enterococcus Seletivo de Pfizer do cultivo resultante dos tubos com resultados positivos.

Preparação do meio PSE:

A quantidade de meio a ser preparado e a respectiva concentração dependeu-se sempre dos resultados positivos da análise presuntiva. A relação padrão entre soluto e solvente é de 58g de Agar Enterococcus Seletivo de Pfizer para 1000 mL de solvente. Para cada placa de Petri dispensa-se cerca de 30 mL de meio, assim de acordo com os tubos positivos é possível prever a quantidade de meio que será usado calculando-se através da regra de 3 simples para encontrar a concentração necessária.

O meio deve ser fervido até dissolver completamente e esterilizado autoclavando a pressão de 15lbs de pressão a 121°C por 15 minutos.

Esfregaço:

Para o esfregaço em placa de Petri usa-se uma alça de transferência que é esterilizada por aquecimento em bico de Bunsen e emergida na cultura do tubo com resultado positivo e em seguida esfrega-se em uma das repartições da placa de Petri.

O número de placas a ser usado varia de acordo com os tubos positivos, para uma análise segura e econômica pode-se usar cerca de 6 esfregaço para cada placa.

Após o esfregaço leva à estufa por 24 horas a 37°C.

Leitura: enegrecimento da placa de Petri confirma a presença de *Streptococcus*.

Teste presuntivo para análise de *clostridium perfringens* - Preparação do meio Caldo Diferencia Reforçado Clostridial (DRCB)

A relação padrão entre soluto e solvente é de 29g Caldo Diferencia Reforçado Clostridial para 1000 mL de água destilada. A quantidade de meio necessária para a análise é de 420 mL, o suficiente para 90 tubos testes.

Dissolveu-se 12,18 g de Caldo Diferencia Reforçado Clostridial em 420 mL de água destilada e aqueceu o necessário para dissolver o meio completamente. Dispensou-se 4,5 mL em 15 tubos teste para cada amostra totalizando 90 tubos para análise dos 6 pontos de monitoramento. Esterilizou-se autoclavando a 15lbs de pressão a 121°C por 15 minutos.

Semeadura:

Para a semeadura dispensou-se 0,5 mL de cada diluição em 5 tubos de meios contendo Caldo Diferencia Reforçado Clostridial somando-se 15 tubos para cada ponto amostral, sendo 6 pontos amostral totalizou-se 90 tubos. Em seguida coloca-se no Dessecador de Vidro sob pressão e leva a estufa por 24 horas a temperatura de 35°C.

Leitura: a turvação e enegrecimento indica a presença de *Clostrídium perfringens*.

Teste confirmativo da análise de *clostridium perfringens* - Preparação do meio leite tornassolado.

A partir dos tubos positivos faz-se inoculação em tubos com leite tornassolado.

A quantidade de meio a ser preparado e a respectiva concentração dependeu-se sempre dos resultados positivos da análise presuntiva. A relação padrão entre soluto e solvente é de 100g de leite tornassolado para 1000 mL de solvente. Assim de acordo com os tubos positivos é possível prever a quantidade de meio que será usado calculando-se através da regra de 3 simples para encontrar a concentração necessária. A quantidade de meio dispensado em cada tubo onde será inoculado o cultivo dos tubos positivos é de 4,5 mL.



Figura 8. Cenas de procedimentos de laboratório (Fotos do autor e de E. Ferreira - junho 2012)

Semeadura:

Para a semeadura dispensou-se 1 mL de cultivo dos tubos positivos em cada tubo teste contendo leite tornassolado. Em seguida leva a estufa por 24h a 35°C.

Leitura: formação de anel róseo confirma a presença de *Clostridium perfringens*.

2.10 Trabalho de escritório

O trabalho de escritório consistiu em anotações dos dados das coletas de campo e resultados das análises realizadas no laboratório da UnG e Ecolabor onde se analisou a presença do Fósforo total, a confecção dos gráficos e digitação da dissertação.

3. FUNDAMENTOS

Tendo em vista o tema abordado nesta pesquisa, torna-se necessário fundamentar alguns conceitos como bacia hidrográfica, contaminação e poluição de cursos d'água urbanos, com destaque para os esgotos e suas principais características, físicas, químicas e bacteriológicas, e, finalmente, eutrofização. Todos estes aspectos conformam um quadro onde se desenvolve a pesquisa.

3.1 Bacia hidrográfica

Segundo Tucci (1993), bacia hidrográfica é a área total de superfície de terreno de captação natural da água precipitada, na qual um aquífero ou um sistema fluvial recolhe sua água.

Bacia hidrográfica é uma área limitada por divisores de água, na qual as águas superficiais drenadas se concentram numa rede de cursos de água, convergindo para um curso principal, rio, ribeirão ou córrego, que em geral denomina a bacia. O conceito de bacia hidrográfica tem sido cada vez mais expandido e utilizado como unidade de gestão da paisagem na área de planejamento ambiental. Na perspectiva de um estudo hidrológico, o conceito de bacia hidrográfica envolve explicitamente o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes. Embora tecnicamente o conceito implícito no termo seja preciso, podem existir variações no foco principal, conforme a percepção dos técnicos que o utilizam em seus estudos. Uma bacia hidrográfica evidencia a hierarquização dos rios, ou seja, a organização natural por ordem de menor volume para os mais caudalosos, que vai das partes mais altas para as mais baixas (SHIAVETTI e CAMARGO, 2002).

3.2 Poluição e contaminação

Segundo Branco (2003), o termo poluição provém do verbo latino *polluere*, que significa “sujar” e, por extensão, “corromper”, “profanar”. Sujar, porém, tem um sentido muito mais ligado à aparência, à estética, do que a danos reais. Água suja não é, necessariamente, aquela que possui substâncias tóxicas ou que cause doenças. A sujidade é algo que fere diretamente os nossos sentidos.

A aplicação desse termo especificamente à água, em primeiro lugar pelos legisladores, demonstra a preocupação estética que o homem sempre teve em relação à água que bebe devendo ela ser cristalina e transparente (BRANCO, 2003).

O termo poluição adquiriu, também, outro sentido, mais condizente com o conceito de sujidade: o sentido ecológico, de alteração das características do ambiente aquático (BRANCO, 2003).

O termo contaminação se relaciona com o tipo de substâncias poluidoras que estão presentes na água. As substâncias tóxicas e patogênicas presentes nos esgotos domésticos e ou industriais introduzidas nos cursos d'água provocam danos a saúde do homem. Muitas vezes a água não apresenta alterações ecológicas que a identifica como poluída, porém, apresenta substâncias tóxicas e patogênicas. Nesse caso a água é um mero veículo transportador da doença ou do efeito tóxico e não propriamente um ambiente ecológico alterado. Esse fenômeno de transferência de agentes nocivos pela água é reconhecido pelos especialistas de contaminação (BRANCO, 2003).

3.3 Poluição de cursos d'água urbanos

A prática de despejar as águas residuárias, independentemente de serem ou não tratadas, em sistemas aquáticos superficiais como rios, lagos e represas tem sido a solução normalmente adotada pelas comunidades em todo o mundo para o afastamento dos resíduos líquidos. Contudo, esses sistemas aquáticos servem de fonte de abastecimento a várias comunidades, existindo casos em que uma cidade lança seus efluentes nos mesmos corpos d'água que lhe servem como fonte de abastecimento (FLORATTINI, 2004 apud CUTOLO, 2009).

A contaminação ambiental é o processo de transmissão de agente infeccioso, que, por ter capacidade de desenvolver formas de resistência, permanece por tempo prolongado no meio extra-orgânico, contaminando assim o ambiente (FLORATTINI, 2004 apud CUTOLO, 2009).

O conceito de contaminação tem um sentido bem restrito quanto ao uso da água, ou seja, diz respeito ao lançamento de elementos que sejam diretamente nocivos a saúde do homem ou de animais e vegetais que consomem essa água, independente do fato de estes viverem ou não no ambiente aquático. A presença de patógenos, de substâncias tóxicas e elementos ionizantes ou radioativos estão compreendidos neste conceito (BRANCO, 1983).

A qualidade dos ecossistemas aquáticos tem sido alterada em diferentes escalas nas últimas décadas. Fator este, desencadeado pela complexidade dos usos múltiplos da água pelo homem, os quais acarretaram em degradação ambiental significativa e diminuição considerável na disponibilidade de água de qualidade, produzindo inúmeros problemas ao seu aproveitamento (PEREIRA, 2004).

A água pode ter sua qualidade afetada pelas mais diversas atividades do homem, sejam elas domésticas, comerciais ou industriais. Cada uma dessas atividades gera poluentes característicos que têm uma determinada implicação na qualidade do corpo receptor (PEREIRA, 2004).

A poluição das águas ocasiona diversos impactos negativos levando não só a prejuízos para a saúde pública, mas também limitando os múltiplos usos da água, além de interferir negativamente sobre a fauna e flora aquáticas, provocar o assoreamento e a eutrofização, induzindo aspectos estéticos desagradáveis e com rebatimentos negativos na economia. As fontes da poluição, oriundas dos esgotos sanitários, podem transferir para o meio aquático patógenos, tais como bactérias, vírus, protozoários e helmintos, além de compostos orgânicos, inorgânicos e minerais nutrientes (ROCHA, 1995 apud CUTOLO, 2009).

A falta de uma canalização própria do esgoto e seu tratamento pode transformar a água em um veículo de transmissão de doenças como a hepatite A e o cólera. Estes fatores conjugados com a baixa renda e péssimas condições de moradia de setores de nossa sociedade transformam-se num problema de saúde pública, sobretudo se ocorre em áreas de enchentes e inundações frequentes. Veja que numa região da cidade onde há um grande número de domicílios que utilizam fossa séptica em estado precário e possui também numerosas valas de esgoto aberto, o risco de contaminação de doenças por contaminação do solo e da água é grande, e esse risco se multiplica se, justamente nessas áreas, costuma haver enchentes e alagamentos por ocasião das chuvas, misturando o esgoto das valas com a água das chuvas que se espalham invadindo casas (SAITO, 2001).

É importante diferenciar os conceitos de contaminação e poluição, já que ambos são às vezes utilizados como sinônimos. A contaminação refere-se à transmissão de substâncias ou microorganismos nocivos à saúde pela água. A ocorrência da contaminação não implica necessariamente um desequilíbrio ecológico. Assim, a presença na água de organismos patogênicos prejudiciais ao homem não significa que o meio ambiente aquático esteja ecologicamente desequilibrado. De maneira análoga, a ocorrência de poluição não implica

necessariamente riscos à saúde de todos os organismos que fazem uso dos recursos hídricos afetados. Por exemplo, a introdução de calor excessivo nos corpos de água pode causar profundas alterações ecológicas no meio sem que isso signifique necessariamente restrições ao seu consumo pelo homem (CAMMAROTA, 2011).

A poluição é uma alteração indesejável nas características físicas, químicas ou biológicas da atmosfera, litosfera ou hidrosfera que cause ou possa causar prejuízo à saúde, à sobrevivência ou às atividades dos seres humanos e outras espécies ou ainda deteriorar materiais. Do ponto de vista legal de controle da poluição, o conceito deve ser associado às alterações indesejáveis provocadas pelas atividades e intervenções humanas no ambiente. Os fenômenos naturais que fogem ao controle humano, apesar de provocarem poluição não se enquadra no conceito do ponto de vista legal (CAMMAROTA, 2011).

Entende-se por poluição da água a alteração de suas características por quaisquer ações ou interferências, sejam elas naturais ou provocadas pelo homem. Essas alterações podem produzir impactos estéticos, fisiológicos e ecológicos (CAMMAROTA, 2011).

Segundo Branco, 2003, poluição é decorrente da introdução de matéria ou energia no lugar errado, pois o excesso de alimento, na forma de grandes quantidades de matérias orgânicas nos corpos d'água, leva ao esgotamento do oxigênio da água e à morte de peixes por asfixia.

O vocábulo poluição está associado ao ato de manchar ou sujar, o que demonstra a conotação estética dada à poluição quando essa passou a ser percebida. Entretanto, a alteração da qualidade da água não está necessariamente ligada somente a aspectos estéticos, já que a água de aparência satisfatória para um determinado uso pode conter microorganismos patogênicos e substâncias tóxicas para determinadas espécies (BRAGA *et al*, 2005).

Segundo o mesmo autor é importante distinguir a diferença entre os conceitos de poluição e contaminação, já que ambos são às vezes utilizados como sinônimos. A contaminação refere-se à transmissão de substância ou microrganismos nocivos à saúde pela água. A ocorrência de contaminação não implica necessariamente um desequilíbrio ecológico. Assim, a presença na água de organismos patogênicos prejudiciais ao homem não significa que o meio aquático esteja ecologicamente desequilibrado. De maneira análoga, a ocorrência de poluição não implica necessariamente riscos a saúde de todos os organismos que fazem uso dos recursos hídricos afetados.

Poluentes são resíduos gerados pelas atividades humanas, causando um impacto ambiental negativo, ou seja, uma alteração indesejável. Dessa maneira, a poluição está ligada à concentração, ou quantidade, de resíduos presentes na água (CAMMAROTA, 2011).

A poluição das águas origina-se de várias fontes poluidoras que podem ser classificadas em pontuais ou localizadas (lançamento de esgoto doméstico ou industrial, aterro sanitário de lixo urbano etc.) e difusas ou dispersas (agrotóxicos aplicados na agricultura e dissolvidos na água de chuvas e carregados para os rios ou para o lençol freático). As fontes pontuais podem ser identificadas e controladas mais facilmente que as difusas (CAMMAROTA, 2011).

Os efeitos resultantes da introdução de poluentes no meio aquático dependem da natureza do poluente introduzido, do caminho que esse poluente percorre no meio e do uso que se faz do corpo de água. E os poluentes podem ser classificados de acordo com sua natureza e com os principais impactos causados pelo seu lançamento no meio aquático (CAMMAROTA, 2011).

Os efeitos da poluição podem ter caráter localizado, regional ou global. Os mais conhecidos e perceptíveis são os efeitos locais ou regionais, os quais, em geral, ocorrem em áreas de grande densidade populacional ou atividade industrial (CAMMAROTA, 2011).

Em geral, o deflúvio superficial urbano contém todos os poluentes que se depositam na superfície do solo. Quando da ocorrência de chuvas, os materiais acumulados em valas, bueiros, etc., são arrastados pela enxurrada para os cursos d'água superficiais, constituindo uma fonte de poluição tanto maior quanto maior deficiente for à limpeza pública (CETESB, 1996).

O conjunto de ações produzidas pelas atividades humanas ao explorar os recursos hídricos para expandir o desenvolvimento econômico e fazer frente às demandas industriais e agrícolas à expansão e crescimento da população e das áreas urbanas foi se tornando complexo ao longo da história da humanidade provocando assim, diferentes ameaças e problemas para a disponibilidade de água e causando elevados riscos (TUNDISI, 2003).

A urbanização altera a drenagem e produz problemas à saúde humana, além de impactos como enchentes, deslizamentos e desastres provocados pelo desequilíbrio no escoamento das águas. O despejo de águas residuais de uso doméstico não tratado é uma das principais causas da deterioração dos recursos hídricos em águas interiores e nas águas costeiras. Quando um composto orgânico é lançado num rio, parte do mesmo sofre o

processo natural de degradação denominado autodepuração. O processo de autodepuração engloba mecanismos como dispersão, diluição, sedimentação, dentre outros. O processo de autodepuração leva ao restabelecimento das águas do rio às suas condições iniciais, pelo menos no que diz respeito à concentração de matéria orgânica (DBO), oxigênio dissolvido (OD) e coliformes. Mesmo após o restabelecimento das condições iniciais de DBO, OD e coliformes, o processo de autodepuração, sob uma visão mais crítica, pode ser visto de forma parcial. Esta parcialidade é devido à formação de produtos e subprodutos resultantes da decomposição das substâncias orgânicas, como por exemplo, o aumento excessivo da concentração dos nutrientes nitrogênio e fósforo, principalmente se o lançamento for de origem doméstica. Isso contribui para a formação de um ecossistema diferenciado, resultante do aumento da concentração de algas, primeiro elo da cadeia alimentar e que provoca alterações nos elos subsequentes. (NUVOLARI, 2011)

Uma das grandes ameaças à sobrevivência da humanidade nos próximos séculos é a contaminação química das águas. O aumento da fabricação de substâncias químicas, logo após a 2ª Guerra Mundial, produziu enorme e diversificada variedade de compostos químicos (KATES, 1990 apud TUNDISI, 2003).

Para Sakamoto et. al (1991) apud Tundisi (2003), a contaminação por mercúrio e metais pesados é outro problema muito grave de contaminação.

Os recursos hídricos poluídos por descargas de resíduos humanos e de animais transportam grande variedade de patógenos, entre eles bactérias, vírus, protozoários ou organismos multicelulares, que podem causar doenças gastrointestinais. As bactérias patogênicas comumente detectadas em água contaminada são *Shigella*, *Salmonella*, *Campylobacter*, *Escherichia coli* tóxica, *Vibrio* e *Yersinia*. Agentes virais também são importantes contaminantes, como o vírus da hepatite, do rotavírus e anterovírus, do parvovírus e gastroenterite tipo A (MEYBECK et al., 1998 apud TUNDISI, 2003).

Dos protozoários patogênicos, *Giardia sp.*, *Entamoeba sp.* e *Cryptosporidium* são os mais significativos: causam doenças gastrointestinais e afetam os tecidos da mucosa intestinal, produzindo disenteria, desidratação e perda de peso. *Naegleria gruberi* produz infecção quase sempre fatal (HACHICH et al., 2001 apud TUNDISI, 2003). Muitos vermes parasitas encontrados em águas contaminadas por esgotos ou em águas de irrigação podem afetar trabalhadores em serviços públicos (tratamento de esgotos), inúmeras pessoas em áreas de recreação ou trabalhadores no campo em projetos de irrigação. Esses patógenos

incluem *Taenia saginata*, *Ascaris lumbricoides*, várias espécies de *Schistosoma* e *Ancylostoma moderate*.

Todos esses organismos se desenvolvem na água em função de descargas de esgoto doméstico não tratado por contribuição de pessoas e animais infectados, animais em regiões de intensa atividade pecuária (gado, aves, suínos) ou por animais silvestres. As doenças de veiculação hídrica aumentam de intensidade e distribuição em regiões com alta concentração populacional, pela intensificação de atividades humanas, como pecuária ou agricultura, ou atividades industriais com resíduos para processamento de carnes ou laticínios e, portanto, com alta carga de matéria orgânica (TUNDISI, 2003).

Pequenos rios urbanos contaminados, poluídos ou eutrofizados que atravessam muitos municípios no Brasil, podem ter fontes de dispersão de patógenos, para as populações periurbanas e urbanas. Sua recuperação promove a revitalização de áreas urbanas degradadas, melhora o saneamento público e estimula o aproveitamento de áreas ribeirinhas antes imprestáveis (TUNDISI, 2003).

3.3.1 Fontes de Poluição

A poluição das águas origina-se de várias fontes, entre as quais se destacam os efluentes domésticos, os efluentes industriais, o deflúvio superficial urbano agrícola, resíduos de atividades de mineração, etc., estando, portanto, associada ao tipo de uso, ocupação do solo e atividade humana (CETESB, 1996).

As fontes de poluição podem ser:

Pontuais ou fixas: estão relacionadas a um ponto de lançamento de esgoto, efluentes industriais etc.

Difusas: não estão relacionadas a um ponto específico de contribuição, tal qual, no caso de deflúvio ou escoamento superficial urbano, áreas agrícolas, etc.

A poluição difusa se dá quando os poluentes atingem os corpos d'água de modo aleatório, não havendo possibilidade de estabelecer qualquer padrão de lançamento, seja em termos de quantidade, frequência ou composição. Por esse motivo o seu controle é bastante difícil em comparação com a poluição pontual (MIERZWA, 2001 apud PEREIRA, 2004). Exemplos típicos de poluição difusa são os lançamentos das drenagens urbanas, escoamento de água de chuva sobre campos agrícolas e acidentes com produtos químicos ou

combustíveis. As fontes mistas são aquelas que englobam características de cada uma das fontes anteriormente descritas. (PEREIRA, 2004)

A poluição difusa compreende toda a sorte de resíduos e dejetos produzidos no território da Bacia, que não são destinados às redes de saneamento, e que, em especial nos momentos de chuva, afluem aos corpos d'água. A carga difusa urbana inclui o escoamento superficial contendo resíduos de casas e ruas, dejetos domésticos e efluentes comerciais e industriais de pequeno porte. Entre as cargas difusas rurais estão os resíduos de atividades agrícolas, criação de animais, movimentação de terra e áreas de mineração, carregados pela água da chuva (SMA, 1998 apud SEMINÁRIO Guarapiranga, 2006)

É importante observar que as cargas remanescentes já incluem a percentagem do volume total que é tratado e a eficiência de tratamento. A poluição pode ter origem química, física ou biológica, sendo que em geral a adição de um tipo destes poluentes altera também as outras características da água (PEREIRA, 2004).

3.3.1.1 *Poluição química*

Dois tipos de poluentes caracterizam a poluição química:

- a) biodegradáveis: são produtos químicos que ao final de um tempo, são decompostos pela ação de bactérias. São exemplos de poluentes biodegradáveis os detergentes, inseticidas, fertilizantes, petróleo, etc.
- b) persistentes: são produtos químicos que se mantêm por longo tempo no meio ambiente e nos organismos vivos. Estes poluentes podem causar graves problemas como a contaminação de alimentos, peixes e crustáceos. São exemplos de poluentes persistentes o DDT (diclodifenitricloroetano), o mercúrio, etc. (PEREIRA, 2004).

3.3.1.2 *Poluição física*

Denomina-se poluição física aquela que altera as características físicas da água, as principais são: poluição térmica e poluição por sólidos.

- a) poluição térmica: decorre do lançamento nos rios da água aquecida usada no processo de refrigeração de refinarias, siderúrgicas e usinas termoelétricas.
- b) poluição por resíduos sólidos: podem ser sólidos suspensos, coloidais e dissolvidos. Em geral esses sólidos podem ser provenientes de ressuspensão de fundo devido à circulação hidrodinâmica intensa, provenientes de esgotos industriais e domésticos e da erosão de solos

carregados pelas chuvas ou erosão das margens (PEREIRA, 2004).

3.3.1.3 *Poluição biológica*

A água pode ser infectada por organismos patogênicos, existentes nos esgotos. Assim, ela pode conter:

- a) bactérias: provocam infecções intestinais epidérmicas e endêmicas (febre tifóide, cólera, shigelose, salmonelose, leptospirose);
- b) vírus: provocam hepatites e infecções nos olhos;
- c) protozoários: responsáveis pelas amebiasises e giardíases;
- d) vermes: esquistossomose e outras infestações (PEREIRA, 2004).

Coliformes: Os coliformes representam um parâmetro microbiológico. Os coliformes são capazes de desenvolver ácido, gás e aldeído, na presença de sais biliares ou agentes tensoativos (detergentes). As bactérias do grupo coliforme são consideradas indicadores primários da contaminação fecal das águas.

Coliformes fecais compreendem apenas uma porção do grupo coliformes totais e têm maior significância na avaliação da qualidade sanitária do ambiente sendo preferenciais às análises apenas de coliformes totais, menos específicas.

Portanto, os índices de coliformes fecais são bons indicadores de qualidade das águas em termos de poluição por efluentes domésticos (BAUMGARTEN; POZZA, 2001 apud PEREIRA, 2004).

3.4 Esgotos

Todas as cidades produzem suas águas residuárias, também denominado de esgoto urbano, que tem características similares com alto poder de poluição. Estes resíduos necessitam de tratamento e disposição final adequada sob pena de comprometerem o meio ambiente e a saúde pública. A proliferação de doenças de veiculação hídrica é gerada através dos esgotos que correm a céu aberto e também pela poluição dos mananciais (NASCIMENTO e FERREIRA, 2007).

As águas residuárias, ou esgotos domésticos, são formados principalmente por fezes e urina, e apresentam uma alta carga de poluentes, com a probabilidade de risco da presença de organismos patogênicos. Cada indivíduo é responsável, diariamente, por cerca de 50 à 54 gramas de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) lançadas às águas, o que representa a

matéria orgânica biodegradável que pode conter além das bactérias normais da flora intestinal humana, parasitos altamente contaminantes (ROCHA, 1984 in CUTOLO, 2009).

O esgoto sanitário, segundo definição da norma brasileira (ABNT - NBR 9648, 1986), é o despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária.

Os esgotos costumam ser classificados em dois grupos principais: os esgotos sanitários e os industriais. Os esgotos domésticos ou domiciliares provêm principalmente de residências, edifícios comerciais, instituições ou quaisquer edificações que contenham instalações de banheiros, lavanderias, cozinhas, ou qualquer dispositivo de utilização da água para fins domésticos. Compõem-se essencialmente da água de banho, urina, fezes, papel, restos de comida, sabão, detergentes, águas de lavagem (JORDÃO; PESSOA, 1995).

O esgoto doméstico é o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas, esgoto industrial é o despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos. Água de infiltração é toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações e a contribuição pluvial parasitária é a parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitária (ABNT - NBR 9648, 1986).

O esgoto doméstico é gerado a partir da água de abastecimento e, portanto, sua medida resulta da quantidade de água consumida. Esta é geralmente expressa pela taxa de consumo per capita, variável segundo hábitos e costumes de cada localidade (ABNT - NBR 9648, 1986).

Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água, a fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microorganismos. Portanto, é devido a essa fração de 0,1% que há necessidade de se tratar os esgotos. A característica dos esgotos é função dos usos à qual a água foi submetida. Esses usos, e a forma com que são exercidos variam com o clima, situação social e econômica e hábitos da população. Os parâmetros físicos, químicos e biológicos definem a qualidade do esgoto (VON SPERLING, 1996).

Os esgotos domésticos são constituídos, primeiramente por matéria orgânica biodegradável, microorganismos (bactérias, vírus, etc.), nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos e graxas, detergentes e metais (BENETTI e BIDONE, 1995 apud PEREIRA, 2004)

Quanto à composição do esgoto doméstico pode se citar os sabões, detergentes que podem ou não ser biodegradáveis provenientes da lavagem de louças e roupas, o cloreto de sódio, fosfatos, sulfatos, carbonatos, urobilina, pigmentos hepáticos, uréia, amoníaco, e ácido úrico, oriundos de urina humana e limpeza da cozinha. As substâncias córneas, ligamentos da carne e fibras vegetais não digeridas, porções de amido e de proteicos, mucos, células de descamação epitelial, vermes, bactérias, vírus, leveduras presentes nas fezes humanas. Quando o esgoto sanitário, coletado nas redes, é lançado in natura nos corpos d'água, isto é, sem receber um prévio tratamento, dependendo da relação entre as vazões do esgoto lançado e do corpo receptor, podem-se esperar, na maioria das vezes, sérios prejuízos à qualidade dessa água. Além do aspecto visual desagradável, pode haver um declínio dos níveis de oxigênio dissolvido, afetando a sobrevivência dos seres de vida aquática, exalação de gases mal cheirosos e possibilidade de contaminação de animais e seres humanos pelo consumo ou contato com essa água. (NUVOLARI, 2003)

Os esgotos industriais, extremamente diversos, provêm de qualquer utilização da água para fins industriais, e adquirem características próprias em função do processo industrial empregado. Assim sendo, cada indústria deverá ser considerada separadamente, uma vez que seus efluentes diferem até mesmo em processos industriais similares (JORDÃO, 1995).

3.4.1 Características físicas

As características físicas do esgoto podem ser interpretadas pela obtenção das grandezas correspondentes às seguintes determinações: matéria sólida, temperatura, odor, cor e turbidez. Das características físicas, o teor de matéria sólida é o de maior importância, em termos de dimensionamento e controle de operações das unidades de tratamento. A remoção da matéria sólida é fonte de uma série de operações unitárias de tratamento, ainda que represente apenas cerca de 0,08% dos esgotos (água compõe os restantes 99,92%) (JORDÃO; PESSOA, 1995).

Matéria sólida total : A matéria sólida total do esgoto pode ser definida como a matéria que permanece como resíduo após evaporação a 103° C. Se este resíduo é calcinado a 600° C, as substâncias orgânicas se volatizam e as minerais permanecem em forma de cinza: compõe-se assim a matéria sólida volátil e a matéria fixa (JORDÃO; PESSOA, 1995).

Temperatura: A temperatura dos esgotos é, em geral, pouco superior à das águas de abastecimento (pela contribuição de despejos domésticos que tiveram as águas aquecidas). Pode, no entanto, apresentar valores reais elevados, pela contribuição de despejos industriais. Normalmente, a temperatura nos esgotos está acima da temperatura do ar, a exceção dos meses mais quentes do verão, sendo típica a faixa de 20 a 25° C. Em relação aos processos de tratamento sua influência se dá, praticamente: nas operações de natureza biológica (a velocidade de decomposição dos esgotos aumenta com a temperatura, sendo a faixa ideal para a atividade biológica 25 à 35° C, sendo ainda 15° C a temperatura abaixo da qual as bactérias formadoras do metano se tornam inativas na digestão anaeróbia; nos processos de transferência de oxigênio (a solubilidade do oxigênio é menor nas temperaturas mais elevadas); e nas operações em que ocorre o fenômeno da sedimentação (o aumento da temperatura faz diminuir a viscosidade melhorando as condições de sedimentação) (JORDÃO; PESSOA, 1995).

Odor: Os odores característicos dos esgotos são causados pelos gases formados no processo de decomposição. Quando ocorrem odores diferentes e específicos, o fato se deve a presença de despejos industriais. Nas estações de tratamento o mau cheiro eventual pode ser encontrado não apenas no esgoto em si, se ele chega em estado séptico, mas principalmente em depósitos de material gradeado, de areia, e nas operações de transferência e manuseio do lodo (JORDÃO; PESSOA, 1995).

Cor e turbidez: A cor e a turbidez indicam de imediato, e aproximadamente, o estado de decomposição do esgoto. A tonalidade acinzentada da cor é típica do esgoto fresco. A cor preta é típica do esgoto velho e de uma decomposição parcial. Os esgotos podem, no entanto, apresentar qualquer outra cor, nos casos de contribuição importante de despejos industriais, como por exemplo, os despejos de indústrias têxteis ou de tintas. A turbidez não é usada como forma de controle do esgoto bruto, mas pode ser medida para caracterizar a eficiência do tratamento secundário, uma vez que pode ser relacionada a concentração de sólidos em suspensão (JORDÃO; PESSOA, 1995).

Dada a forte prevalência da água na composição do esgoto, admite-se que suas propriedades físicas são as mesmas da água e, portanto, suas reações à ação de forças externas também são as mesmas. Daí que o escoamento de esgoto, em tubulações e canais, é tratado como se fosse de água. (NUVOLARI, 2003)

3.4.2 Características químicas

A composição química das diversas substâncias presentes nos esgotos domésticos é extremamente variável, dependendo dos hábitos da população e diversos outros fatores. Esta variação vem sendo verificada devido a utilização de modernos produtos químicos de limpeza utilizados nas residências. O grau de complexidade da composição química de tais substâncias vem aumentando significativamente (ROQUE, 1997).

A origem dos esgotos permite classificar as características químicas em dois grandes grupos: a matéria orgânica e da matéria inorgânica.

Substâncias orgânicas

Os grupos de substâncias orgânicas nos esgotos são constituídos principalmente por compostos de proteínas (40 a 60%), carboidratos (25 a 50%), gordura e óleos (10%), uréia, surfactantes, fenóis, pesticidas. As proteínas são produtoras de nitrogênio e contém carbono, hidrogênio, oxigênio, algumas vezes fósforo, enxofre e ferro. As proteínas são o principal constituinte de organismos animais, mas ocorrem também em plantas. O gás sulfídrico presente nos esgotos é proveniente do enxofre fornecido pelas proteínas (JORDÃO; PESSOA, 1995).

Os carboidratos contêm carbono, hidrogênio. São as primeiras substâncias a serem destruídas pelas bactérias, com produção de ácidos orgânicos. Entre os principais exemplos de carboidratos pode-se citar os açúcares, o amido, a celulose e a fibra da madeira (NUVOLARI, 2003).

A gordura é um termo que normalmente é usado para se referir à matéria graxa, aos óleos e às substâncias semelhantes encontradas no esgoto. A gordura está sempre presente no esgoto doméstico proveniente do uso de manteiga e óleos vegetais em cozinhas, podendo estar presente também sob a forma de óleos minerais derivados do petróleo e neste caso sua presença é altamente indesejável, pois geralmente são contribuições não permitidas que chegam às canalizações em grande volume ou grande concentração aderindo às paredes das mesmas provocando seu entupimento. As gorduras e muito particularmente os óleos minerais, não são desejáveis nas unidades de transporte e de tratamento dos esgotos: aderem as paredes, produzindo odores desagradáveis, além de diminuir as seções úteis; formam “escumas”, uma camada de material flutuante nos decantadores, o que poderá vir a entupir os filtro, interferem e inibem a vida biológica e trazem problemas de manutenção. (CORAUCCI, 1991).

Os surfactantes (detergentes) são constituídos por moléculas orgânicas com a propriedade de formar espuma no corpo receptor ou na estação de tratamento em que o esgoto é lançado. Tendem a se agregar à interface ar-água, e nas unidades de aeração aderem à superfície das bolhas de ar, formando uma espuma muito estável difícil de ser quebrada. O tipo mais comum é o chamado ABS (Alquil – Benzeno – sulfonado), típico dos detergentes sintéticos e que apresenta resistência à ação biológica; este tipo vem sendo substituído pelos do tipo “LAS” (Alquil – Sulfonado – Linear) que é biodegradável (JORDÃO e PESSOA, 1995).

Substâncias inorgânicas: A matéria inorgânica contida nos esgotos é formada, principalmente, pela presença de areia e de substâncias minerais dissolvidas. A areia é proveniente de águas de lavagem das ruas e de águas de subsolo, que chegam as galerias de modo indevido ou que se infiltram através das juntas das canalizações (JORDÃO; PESSOA, 1995).

Tabela 1. Valores típicos de parâmetros de carga orgânica (mg/L) no esgoto sanitário

Parâmetros	Condições do Esgoto		
	Forte	Médio	Fraco
DBO5 (20°C)	300	200	100
O. C.	150	75	30
O. D.	0	0	0
Nitrogênio Total	85	40	20
Nitrogênio orgânico	35	20	10
Amônia Livre	50	20	10
Nitrito, NO ₂	0,10	0,05	0
Nitratos, NO ₃	0,40	0,20	0,10
Fósforo Total	20	10	5
Fósforo Orgânico	7	4	2
Fósforo Inorgânico	13	6	3

Fonte: JORDÃO e PESSOA, 1995

3.4.3 Características biológicas

Os microrganismos patogênicos aparecem no esgoto a partir dos excretas de indivíduos doentes (NUVOLARI, 2003).

As bactérias do grupo coliforme, por estarem presentes, em grande número, no trato intestinal humano e de outros animais de sangue quente, sendo eliminadas em grande número pelas fezes, constituem o indicador de contaminação fecal mais utilizado em todo o mundo, sendo empregadas como parâmetro bacteriológico básico, na definição de padrões para monitoramento da qualidade das águas destinadas ao consumo humano, bem como para a caracterização e avaliação da qualidade das águas em geral. As bactérias constituem talvez o elemento mais importante do grupo de microrganismos, responsáveis pela decomposição e estabilização da matéria orgânica, tanto na natureza como nas unidades de tratamento biológico (NUVOLARI, 2003).

Dos coliformes fecais existentes nas fezes humanas e de outros animais, 95% são de *Escherichia coli*. Normalmente, esses microrganismos não existem em águas não poluídas. Alguns membros do grupo coliforme podem ocorrer, às vezes com relativa abundância, no solo e mesmo em plantas, mas ainda assim, as águas não poluídas, praticamente não apresentam essa bactéria. (CETESB, 1991).

3.5 Eutrofização

A eutrofização é o crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, a níveis tais que sejam considerados como causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo d'água, sendo o principal fator de estímulo é um nível excessivo de nutrientes no corpo d'água, principalmente o nitrogênio e o fósforo (THOMASNN e MUELLER, 1987).

A eutrofização ocorre principalmente em lagos e represas, podendo ocorrer em rios, embora seja menos frequente, devido às condições ambientais serem mais desfavoráveis para o crescimento de algas e outras plantas, como turbidez e velocidades elevadas do curso d'água (VON SPERLING, 1996)

A eutrofização está diretamente relacionada com a poluição da água. Esta consiste na modificação das propriedades de uma massa de água, em resultado do enriquecimento em

nutrientes provocando alterações nas comunidades bióticas. O teor de Oxigênio dissolvido é reduzido com o aumento da turvação registrada (RIBEIRO, s/d)

A eutrofização natural é resultado da descarga normal de nitrogênio e fósforo nos sistemas aquáticos. A eutrofização “cultural” é proveniente dos despejos de esgotos domésticos e industriais e da descarga de fertilizantes aplicados na agricultura. Este processo consiste no rápido desenvolvimento de plantas aquáticas, inicialmente cianobactérias, ou “algas verdes azuis”, as quais produzem substâncias tóxicas que podem afetar a saúde do homem e podem causar a mortalidade de animais e intoxicações. Além disso, a eutrofização, em seus estágios mais avançados, resulta em crescimento excessivo de aguapé (*Eichhornia crassipes*) ou alface-d’água (*Pistia stratiotes*), que são plantas aquáticas superiores mais comuns nesse processo (TUNDISI, 2003).

A implantação de loteamentos implica em movimentos de terra para as construções. A urbanização reduz a capacidade de infiltração das águas no terreno. As partículas de solo tendem, em consequência, a seguir pelos fundos de vale, até atingir o curso d’água. Com baixa velocidade, tendem a sedimentar provocando assoreamento e com isso reduz o volume útil do curso d’água. A drenagem urbana transporta uma carga muito maior de nutrientes que os demais tipos de ocupação da bacia. Este aporte de nutrientes contribui para uma elevação no teor de algas no corpo d’água (VON SPERLING, 1996).

O maior fator de deterioração está, no entanto, associado aos esgotos oriundos das atividades urbanas. Os esgotos contêm nitrogênio e fósforo, presentes nas fezes e urina, nos restos de alimentos, nos detergentes e outros subprodutos das atividades humanas. A contribuição de Nitrogênio e Fósforo através dos esgotos é bem superior à contribuição originada pela drenagem urbana (VON SPERLING, 1996).

3.5.1 Índice trófico

O índice do Estado Trófico tem por finalidade classificar corpos d’água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas. Os resultados do índice calculados a partir dos valores de fósforo devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo (CETESB, 2008)

Segundo Lamparelli (2004), em rios, o cálculo do IET, a partir dos valores de fósforo total, é feito pela fórmula:

$IET = 10 \cdot (6 - ((0,42 - 0,36 \cdot (\ln.PT) / \ln 2)))$, onde o fósforo total (PT) é expresso em $\mu\text{g/L}$.

Em reservatório, o cálculo do IET a partir dos valores de fósforo é feito pela fórmula:

$IET = 10 \cdot (6 - (1,77 - 0,42 \cdot (\ln.PT) / \ln 2))$ onde o fósforo total (PT) é expresso em $\mu\text{g/L}$.

Os valores do IET são classificados segundo classes de estado tróficos, apresentadas na tabela abaixo, juntamente com suas características.

Tabela 2. Classe de estado trófico e suas características principais (modificado de CETESB)

P-total – P (MG.m ⁻³)	Valor do IET	Classes de Estado Trófico	Características
$P \leq 13$	≤ 47	Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
$13 < P \leq 35$	$47 < IET = 52$	Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
$35 < P \leq 137$	$52 < IET = 59$	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
$137 < P \leq 296$	$59 < IET = 63$	Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
$296 < P \leq 640$	$63 < IET = 67$	Supereutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos
$640 > P$	> 67	Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com conseqüências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: CETESB, 2007; LAMPARELLI (2004)

3.6 Parâmetros da qualidade da água estudados

A água possui qualidades intrínsecas próprias da substância, é transparente, líquida às temperaturas e pressões normais. Além disso, ela pode apresentar qualidades variáveis, dependendo do local e das condições de sua origem, sulfurosas, carbonatadas e magnesianas e finalmente, ao atravessar os campos ou as cidades, recebem despejos de todos os tipos produzidos pela atividade humana, o que torna sua qualidade muito alterada (BRANCO, 2003).

Segundo Branco (2003), o termo qualidade, quando aplicado à água, não se refere, normalmente, a um estado de pureza química da substância água, mas sim às suas características tal como encontrada na natureza, ou seja, refere-se à água como uma solução de vários produtos do ambiente natural; a qualidade da água é um valor relativo utilizado em função da aplicação que dela se pretenda fazer.

A qualidade da água é avaliada por um conjunto de parâmetros determinado por uma série de análises físicas, químicas e biológicas (RICHTER e NETTO, 2000).

Os principais parâmetros utilizados para caracterizar fisicamente as águas naturais são a cor, a turbidez, os níveis de sólidos em suas diversas frações, a temperatura, o sabor e o odor. Embora sejam parâmetros físicos, fornecem indicações preliminares importantes para a caracterização da qualidade química da água como, por exemplo, os níveis de sólidos em suspensão (associados à turbidez) e as concentrações de sólidos dissolvidos (associados a cor), os sólidos orgânicos (voláteis) e os sólidos minerais (fixos), os compostos que produzem odor, etc. (PIVELI e KATO, 2005).

3.6.1 Características físicas

A água pura é um líquido incolor, inodoro, insípido e transparente. Entretanto, por ser ótimo solvente, nunca é encontrada em estado de absoluta pureza, contendo várias impurezas que vão desde alguns miligramas por litro na água da chuva a mais de 30 mil miligramas por litro na água do mar (RICHTER e NETTO, 2000)

3.6.1.1 *Temperatura*

A temperatura é uma característica física das águas, sendo uma medida de intensidade de calor. A presença dos gases na água, ou mais exatamente a solubilidade dos gases nos líquidos, é inversamente proporcional à temperatura. De modo que, quanto maior

a temperatura de um líquido, menor a possibilidade desse líquido reter os gases (DERISIO, 2007).

A temperatura influi nas reações de hidrólise do coagulante, na eficiência da desinfecção, na solubilidade dos gases, na sensação de sabor e odor, e, em especial, no desempenho das unidades de mistura rápida, floculação, decantação e filtração (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

A temperatura é uma condição ambiental muito importante em diversos estudos relacionados ao monitoramento da qualidade de águas. Sob o aspecto referente à biota aquática, a maior parte dos organismos possui faixas de temperatura “ótimas” para a sua reprodução. Por um lado, o aumento da temperatura provoca o aumento da velocidade das reações, em particular as de natureza bioquímica de decomposição de compostos orgânicos, por outro lado, diminui a solubilidade de gases dissolvidos na água, em particular o oxigênio, base para a decomposição aeróbia. Estes dois fatores se superpõem, fazendo com que nos meses quentes de verão os níveis de oxigênio dissolvido (OD) nas águas poluídas sejam mínimos, frequentemente provocando mortandade de peixes e, em casos extremos, exalação de maus odores devido ao esgotamento total do oxigênio e conseqüente decomposição anaeróbia dos compostos orgânicos sulfatados, produzindo o gás sulfídrico (H_2S). A temperatura da água é normalmente superior à temperatura do ar, uma vez que o calor específico da água é bem maior do que o do ar (PIVELI e KATO, 2005).

A água permanece líquida ao longo de um amplo intervalo de variação de temperaturas porque ela resiste às mudanças de temperatura. Além disso, a água conduz o calor rapidamente, o que tende a espalhá-lo uniformemente através de um corpo de água. Desse modo, a temperatura da água muda lentamente, mesmo quando o calor é removido ou acrescentado rapidamente, como pode acontecer na interface ar-água ou na superfície de um organismo. A água também resiste à mudança de estado entre as fases sólida, líquida e gasosa. É preciso acrescentar quinhentas vezes mais energia para evaporar uma quantidade de água do que para elevar sua temperatura em $1^{\circ}C$. O congelamento requer a remoção de oitenta vezes mais calor do que é necessário para reduzir a temperatura da mesma quantidade de água em $1^{\circ}C$. Essa propriedade impede que grandes corpos de água congelem durante o inverno (RICKLES, 2009).

3.6.1.2 Turbidez

Turbidez é uma característica da água devida à presença de partículas em suspensão com tamanho variando desde suspensões grossas aos colóides, dependendo do grau de turbulência. A presença dessas partículas provoca a dispersão e a absorção da luz, dando à água uma aparência nebulosa, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa. A turbidez pode ser causada por uma variedade de materiais: partículas de argila ou lodo, descarga de esgoto doméstico ou industrial ou a presença de um grande número de microorganismo (RICHTER e NETTO, 2000).

A turbidez das águas é devida à presença de partículas em suspensão e em estado coloidal, as quais podem apresentar ampla faixa de tamanhos. A turbidez pode ser causada principalmente por areia, argila e microorganismos em geral (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Atualmente, a determinação da turbidez é fundamentada no método de Jackson. Consiste em se determinar qual a profundidade que pode ser vista a imagem da chama de uma vela, através da água colocada em um tubo de vidro. É limitado a valores entre 25 e 1.000 Unidades Jackson de Turbidez (U.J.T. ou J.T.U. na abreviação em inglês). A turbidez de 1.000 UJT é equivalente a uma profundidade de apenas 2,3 cm. No outro extremo do campo de medição, a profundidade de 72,9 cm é equivalente a uma turbidez de 25 UJT (RICHTER e NETTO, 2000).

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido a presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, etc.. A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas. Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas (PIVELI e KATO, 2005).

3.6.2 Características químicas

Do ponto de vista sanitário, as características químicas das águas são de grande importância, pois a presença de alguns elementos ou compostos químicos na água bruta pode inviabilizar o uso de certas tecnologias de tratamento e exigir tratamentos específicos, bem como comprometer seu uso (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

3.6.2.1 *Potencial Hidrogeniônico (pH)*

O termo pH é usado universalmente para expressar a intensidade de uma condição ácida ou alcalina de uma solução. A dissociação da água em seus respectivos cátions e ânions é relativamente pequena. Um litro de água pura contém apenas 1/10.000.000, ou 10^{-7} , moléculas grama de íons de hidrogênio. O meio usual de se expressar a concentração de íon de hidrogênio é o pH, definido como o logaritmo negativo da concentração de íon de hidrogênio (RICHTER e NETTO, 2000).

Potencial de hidrogênio, conhecido por pH, é uma relação numérica que expressa o equilíbrio entre íons (H^+) e íons (OH^-). A faixa de variação do pH é de 0 a 14, sendo 7,0 o valor considerado como neutro, onde a concentração de íons (H^+) é igual à concentração de íons (OH^-). Quando ocorre predominância de íons (H^+) temos valores de pH menores que 7,0; é o chamado pH ácido. No caso de predominar íons (OH^-), o pH será maior que 7,0 e teremos o pH básico (DERISIO, 2007).

O pH é utilizado para expressar a acidez de uma solução, trata-se de um parâmetro importante principalmente nas etapas de coagulação, filtração, desinfecção e controle da corrosão (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

3.6.2.2 *Fósforo*

O Fósforo aparece em águas naturais, devido principalmente às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte (15,5% de P_2O_5), além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais, por conta da aplicação de fertilizante no solo. O Fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas. Os ortofosfatos, por outro lado, são representados pelos radicais PO_4^{-3} , HPO_4^{-2} e $H_2PO_4^-$, que se combinam com cátions formando sais inorgânicos nas águas. Os polifosfatos ou fosfatos condensados são polímeros de ortofosfatos. No entanto, esta terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade das

águas, porque os polifosfatos sofrem hidrólise, convertendo-se rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais (PIVELI e KATO, 2005).

Assim como o nitrogênio, o fósforo constitui-se um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macronutrientes, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células. Neste contexto, torna-se um parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes industriais que se pretende tratar por processo biológico. Em processos aeróbios, exige-se uma relação $DBO_5:N:P$ mínima de 100:5:1, enquanto que em processos anaeróbios tem-se exigido a relação $DQO:N:P$ mínima de 350:7:1 (ou 500:5:1, segundo alguns autores). Os esgotos sanitários no Brasil apresentam, tipicamente, concentração de fósforo total na faixa de 6 a 10 mg P/L, não exercendo efeito limitante sobre os tratamentos biológicos. Alguns efluentes industriais, porém, não possuem fósforo em suas composições, ou apresentam concentrações muito baixas. Neste caso, deve-se adicionar artificialmente compostos contendo Fósforo como o monoamônio-fosfato (MAP) que, por ser usado em larga escala como fertilizante, apresenta custo relativamente baixo (PIVELI e KATO, 2005).

3.6.3 Características microbiológicas

Entre as impurezas nas águas incluem-se os organismos presentes que, conforme sua natureza tem grande significado para os sistemas de abastecimento de água. Alguns desses organismos, como certas bactérias, vírus e protozoários, são patogênicos, podendo provocar doenças e ser causa de epidemias. Outros organismos, como algumas algas, são responsáveis pela ocorrência de sabor e odor desagradáveis, ou por distúrbios em filtros e outras partes do sistema de abastecimento (RICHTER e NETTO, 2000).

3.6.3.1 *Coliformes termotolerantes*

Coliformes são grupos de bactérias indicadoras de contaminação e são formados pelos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*. Há os Coliformes Totais, que são grupos de bactérias gram-negativas, que podem ou não necessitar de Oxigênio – Aeróbias ou Anaeróbias, que não formam esporos, e são associadas à decomposição de matéria orgânica em geral. Há também os Coliformes Fecais, também chamados de Coliformes termotolerantes, pois toleram temperaturas acima de 40°C e reproduzem-se nessa temperatura em menos de 24 horas. Os coliformes termotolerantes pertencem a um

subgrupo de microorganismos e são exclusivamente do trato intestinal. A presença de coliformes termotolerantes determina a origem fecal da contaminação, indicando risco da presença de outros microorganismos patogênicos. A contagem dos coliformes termotolerantes indica a quantidade dos microorganismos oriundos de excretas humanas (VON SPERLING, 1996).

Os coliformes são bactérias que normalmente habitam os intestinos dos animais superiores. A sua presença indica a possibilidade de contaminação da água por esgotos domésticos. A presença de um número alto de Coliformes na água significa um nível elevado de poluição e risco à saúde pela presença de organismos patogênicos. Contudo, nem toda água que contenha coliformes é contaminada e, como tal, podem veicular doenças de transmissão hídrica. O número de coliformes é expresso pelo número mais provável (NMP); representa a quantidade mais provável de coliformes existentes em 100 ml de água da amostra (RICHTER e NETTO, 2000).

Segundo Branco (2003), os coliformes fecais vivem normalmente nos intestinos de todas as pessoas. Eles não causam doenças; pelo contrário ajudam a nossa digestão e se alimentam, simplesmente, de alguns subprodutos desta. Mas eles existem em tão grande número que, apesar de microscópicos, chegam a formar a maior parte do volume fecal. Cada ser adulto expele diariamente, com suas fezes, um número situado entre 50 bilhões e 400 bilhões de bactérias coliformes. Tendo em vista esses números astronômicos e o fato de que, em uma cidade, somente uma parcela relativamente pequena dos habitantes é portadora de bactérias patogênicas, percebe-se facilmente que a proporção de coliformes em relação a patogênicos, nos esgotos, é incrivelmente grande.

Como esse tipo de bactéria não se reproduz nas águas, mas só no intestino, sua presença indica obrigatoriamente a presença de matéria intestinal. E, dado o número extraordinário que lá se encontra, é praticamente impossível que a presença de matéria fecal, ainda que extremamente diluída, não seja revelada pela presença dos coliformes. Em resumo, a presença de coliformes fecais na água indica, sempre, a presença de esgotos, e esta, por sua vez, significa a possibilidade da presença de patogênicos dada a provável existência de pessoas doentes ou portadoras em meio à população que deu origem àqueles esgotos. Bactérias e vírus que são patogênicos ao homem podem não ser aos animais e vice-versa. Mas o padrão de coliformes pode ser utilizado do mesmo modo, pois estes existem nos intestinos de todos os animais de “sangue quente”, indicando, portanto, a presença de fezes destes na água e, por conseguinte, dos seus patogênicos específicos (BRANCO, 2003).

Pelo estudo da concentração dos Coliformes nas águas pode-se estabelecer um parâmetro indicador de existência de possíveis microorganismos patogênicos que são responsáveis pela transmissão de doenças pelo uso ou ingestão da água, tais como a febre tifóide, febre paratífóide, disenteria bacilar e cólera.

A *Escherichia coli*, membro da família Enterobacteriaceae, é uma bactéria indicadora de contaminação fecal. Esta espécie é considerada a melhor indicadora desse tipo de contaminação por fazer parte da flora intestinal de animais de sangue quente, incluindo os seres humanos, seu habitat preferencial. A faixa de temperatura que favorece seu crescimento é de 7°C a 46°C, sendo 37°C a ideal, não resistindo a temperatura de 60°C ou superiores, porém, são capazes de sobreviver à temperatura de 4°C por um longo período. O pH ótimo para o seu desenvolvimento é de 7,0, embora possa sobreviver em valores próximos de 4,5 (BIER, 1985 in PIASSENTIN, 2009)

Essas bactérias apresentam possível risco à saúde pública em razão da existência de linhagens patogênicas que podem causar infecções intestinais e urinárias, bacteremia, meningite e até, em alguns casos, o óbito em humanos. É evidente que as manifestações clínicas causadas por *E. coli* dependerão do grau de patogenicidade e virulência da cepa, bem como a idade e saúde dos indivíduos. A incidência de infecções por esses organismos é mais freqüente nas regiões tropicais, onde predominam aglomerações populacionais, condições sanitárias precárias (ESTEVES e SANT'ANNA, 2006 apud PIASSENTIN, 2009).

3.6.3.2 *Clostridium perfringens*

Bacilos gram-positivos anaeróbicos formadores de esporos pertencentes ao gênero *Clostridium*. O *Clostridium* é um dos cinco gêneros destes bacilos formadores de esporos.

Embora os clostrídios sejam considerados gram-positivos, muitos são gram-negativos quando são preparados esfregaços a partir de culturas em crescimento. Por exemplo, *Clostridium ramosum* e *C. clostridioforme* são habitualmente gram-negativos.

As células de *Clostridium perfringens* medem usualmente 0,8-1,5 µm de diâmetro x 2-4 µm de comprimento e apresentam extremidades rombas. Com freqüência são descritas como célula em forma de vagão de trem. Entretanto, as células examinadas durante o seu crescimento inicial em cultura de caldo tendem a ser curtas e cocóides, enquanto as culturas mais velhas contêm células mais longas, que podem ser quase filamentosas. Depois de uma

noite de incubação em ágar sangue, as colônias medem habitualmente 1 a 3 mm de diâmetro, mas podem atingir um diâmetro de 4 a 15 mm após incubação prolongada. Em geral, as colônias são planas, ligeiramente rizóides e com centro elevado algumas colônias tendem a espalhar-se, porém não sofrem deslocamento. *Clostridium perfringens* é imóvel (TORTORA et al, 2005).

Clostridium perfringens constitui, sem dúvida alguma, a espécie de *Clostridium* isolada com mais frequência de fontes humanas. Todavia, os clostrídios respondem por apenas cerca de 10–12% das bactérias anaeróbicas isoladas de amostras clínicas, incluindo hemoculturas, são contaminantes acidentais e podem não ter importância clínica. Em outras circunstâncias, a presença de certos clostrídios numa lesão pode ter conseqüências graves para o hospedeiro. Assim, as propriedades patogênicas dos clostrídios podem manifestar-se apenas em condições especiais, sendo habitualmente necessária uma comunicação entre o microbiologista e o médico assistente para avaliar a importância determinado isolado. *Clostridium perfringens* é também encontrado na mionecrose (gangrena gasosa), colecistite gangrenosa, septicemia e hemólise intravascular após aborto, bem como em infecções pleuropulmonares anaeróbicas. Os clostrídios envolvidos com mais frequência na gangrena gasosa incluem *Clostridium perfringens* (80%), *C. novyi* (40%) e *C. septicum* (20%). Depois de *Salmonella spp.* e *Estaphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* é o terceiro agente etiológico mais comum de doenças transmitida por alimentos nos Estados Unidos (TORTORA et al, 2005).

4. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

4.1 O Meio Físico

O levantamento das características ambientais da área de estudo, com relação aos aspectos do meio físico, foi baseado na compilação e análise dos dados pré-existentes sobre a bacia do Rio Baquirivu-Guaçu, afluente do Rio Tietê, onde se encontra inserida a microbacia do Córrego Capão da Sombra objeto desta pesquisa, conforme apresenta a Figura 9.

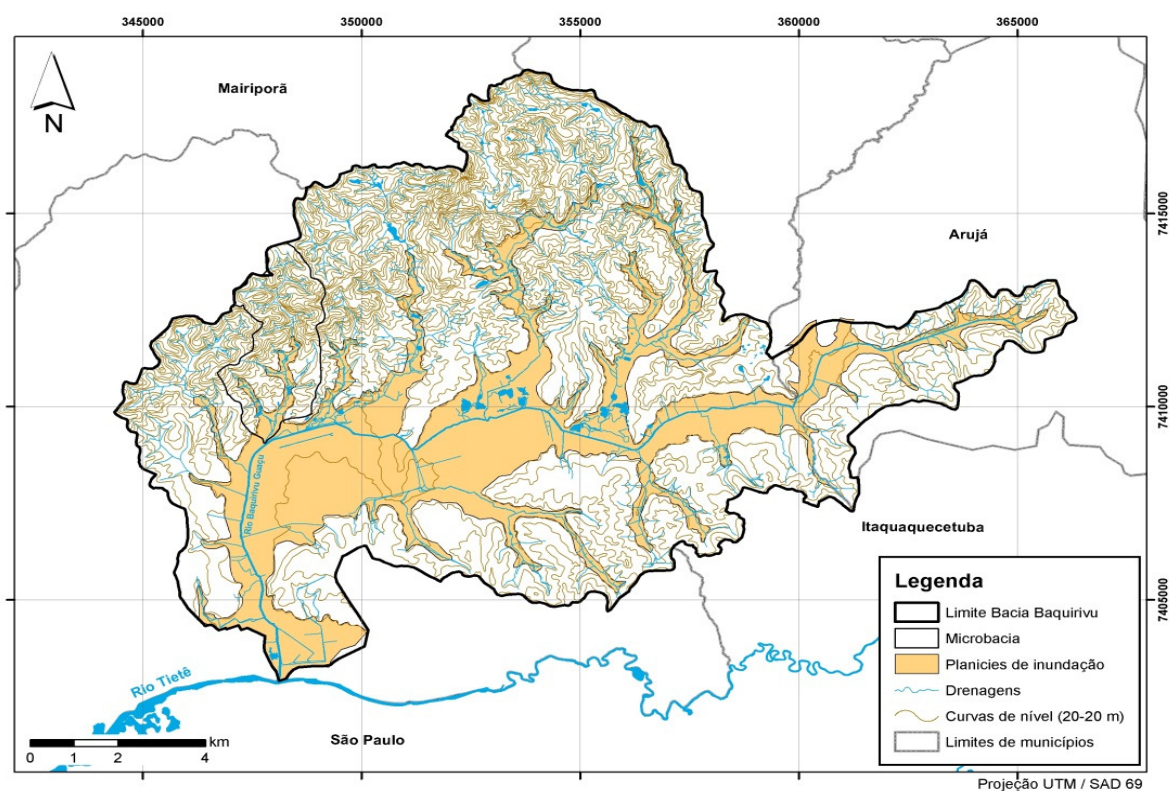


Figura 9. Bacia Baquirivu-Guaçu, com destaque da bacia do Capão da Sombra.

Fonte: Campus (2011)

4.1.1 A bacia hidrográfica

A Bacia do rio Baquirivu-Guaçu, tem seus principais afluentes na margem direita, onde se situa o Capão da Sombra, que nascem num relevo de morros e montanhas, em área de rochas cristalinas, sendo os canais encaixados e fortemente condicionados por estruturas tectônicas, formando um padrão de drenagem dendrítico a subparalelo, de alta densidade.

Quando atingem a região da bacia sedimentar onde o relevo é formado principalmente por colinas e planícies, mudam para uma densidade de drenagem baixa, em vales mais amplos, por vezes com canais meandrantos nas planícies fluviais (CAMPOS, 2011).

Segundo o autor acima referido (CAMPOS, op.cit.) a microbacia Capão da Sombra possui uma área de 7,6 km² com um comprimento total de 5.260 m e largura máxima de 2.400m. Suas nascentes encontram-se em altas altitudes, em área do Parque Estadual da Cantareira, e atingem a planície do Baquirivu com uma declividade geral da ordem de 5,3 %. A bacia possui alta densidade de drenagem, com 1,96 km/km².

4.1.2 Aspectos climáticos

Segundo Oliveira et al., (2009), o clima da região é caracterizado como sub-tropical úmido, com chuvas médias anuais de 1470 mm, temperatura média anual entre 17°C a 19°C, sendo a média do mês mais frio de 15°C e nos meses de verão varia entre 23°C e 24°C. Os ventos dominantes são de sudeste - noroeste. Como característica básica, o clima apresenta um inverno seco e um verão chuvoso, com influência da umidade oceânica e frentes frias antárticas.

Segundo Köppen o clima pode ser classificado como Cwb temperado quente (C), com época seca coincidente com o inverno (w) e temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C (b).

Tendo em vista que a bacia se desenvolve ao norte em área da Serra da Cantareira e a sul atinge a várzea do Baquirivu, podem ser consideradas diferenças climáticas em sua área. De fato, segundo Coutinho, Sato e Oliveira (2003 apud Oliveira et al, 2009) podem ser consideradas duas sub-unidades climáticas:

- área do conjunto da Serra da Cantareira, correspondente ao “Clima Tropical Úmido Serrano da Cantareira”, com altitudes mais elevadas, variando de 800 a 1400 metros, com uma significativa presença de Mata Atlântica e altos teores de umidade, e
- área com altitudes que variam entre 700 e 800 m, predominantemente, colinas e planícies, correspondente à unidade climática “Clima Tropical Úmido de Altitude de Planalto Paulista”, coincidente com a várzea do Baquirivu

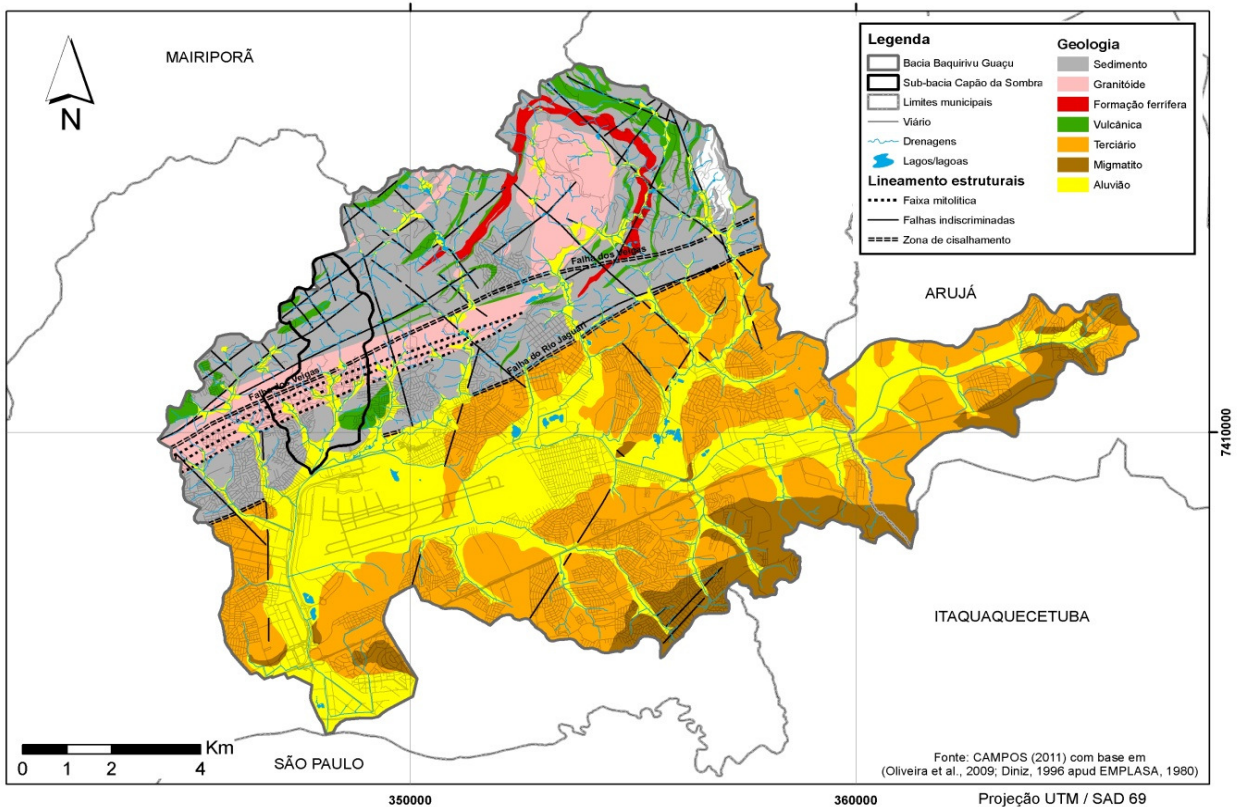
Além disso, a área mais intensamente urbanizada ao sul da bacia deve alterar o clima local, produzindo o fenômeno conhecido como ilha de calor, ainda mais pela proximidade

do aeroporto, ponto de mais elevada temperatura aparente de superfície mapeada por Oliveira et al (2008).

4.1.3 Aspectos geológicos

O território de Guarulhos é constituído por três conjuntos geológicos: os terrenos do embasamento cristalino do pré-cambriano, os terrenos sedimentares do Cenozóico, do período Terciário, e os sedimentos aluvionares do Quaternário.

O mapa da Figura 10, extraído de Campos (2011) mostra a geologia da Bacia do Baquirivu, onde o recorte da bacia do Capão da Sombra mostra que seus terrenos são



praticamente todos cristalinos, com rochas metassedimentares e metavulcânicas, com corpo granitóide ao meio. Os metassedimentos predominam e, dentre estes, os filitos.

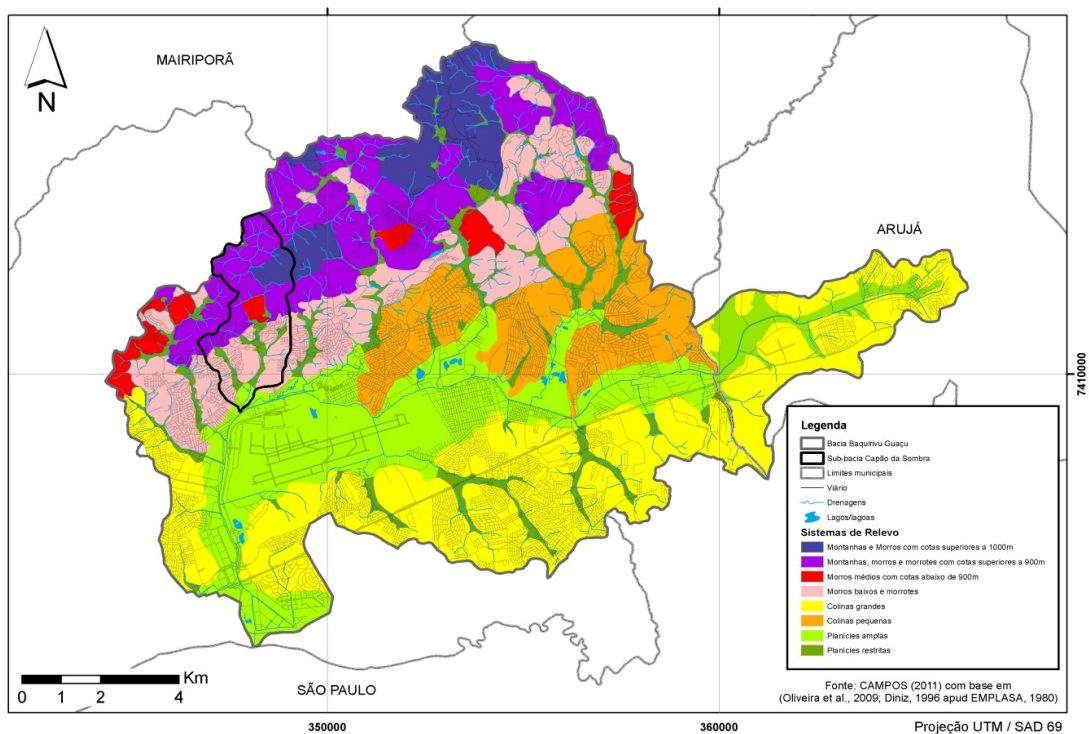
Figura 10. Mapa geológico da Bacia do Baquirivu – Guaçu com destaque para a Bacia do capão da Sombra. Fonte: Campos (2011).

4.1.4 Aspectos geomorfológicos

Segundo Campos (2011), a Bacia do Baquirivu Guaçu está inserida na Província do Planalto Atlântico, Subzona do Planalto Paulistano, tendo suas vertentes da margem direita, onde situa a Bacia do Capão da Sombra, as maiores altitudes, até 1200m, e também altas declividades.

Como a Bacia do Capão da Sombra se desenvolve no sentido norte – sul, seu relevo é composto por várias unidades como podem ser vistas no mapa da Figura 11. De norte para sul, ou seja, das maiores altitudes, de cerca de 1000 m, ocorrem montanhas, morros e morrotes até o córrego atingir a planície aluvionar, nas cotas mais baixas de 760 m. Não são reconhecidas colinas nessa bacia, embora ocorram na bacia do Baquirivu Guaçu, constituindo relevo intermediário entre morrotes e planícies.

Como já foi exposto, os relevos acentuados da maior parte da Bacia do Capão da Sombra correspondem às rochas cristalinas, pouco permeáveis, apresentando um padrão de



drenagem dendrítico, com canais encaixados e com forte tendência à concentração, com altas energias de escoamento até a planície aluvionar, onde o vale se amplia e apresenta menor energia de escoamento.

Figura 11. Mapa geomorfológico da Bacia do Baquirivu – Guaçu com destaque para a Bacia do Capão da Sombra. Fonte: Campos (2011).

4.1.5 Aspectos pedológicos

Os solos predominantes na vertente norte da Bacia do Baquirivu, conforme o Mapa Pedológico da Figura 12 são os Latossolos, variedade Vermelho-Amarelo e os Cambissolos. Tais solos são relativamente rasos e, em geral, argilosos. Nos fundos dos vales predominam os Gleissolos orgânicos e argilosos que podem ocorrer de forma expressiva nas várzeas.

Segundo Campos (2011), embora os solos sejam frequentemente rasos, com menos de um metro de espessura, o manto de alteração da rocha é muito profundo com dezenas de metros.

As associações entre os componentes naturais, geologia, relevo e solos são muito evidentes. As rochas cristalinas e as grandes feições estruturais ocorrem em associação a relevos mais acidentados tais como montanhas e morros, com cobertura pedológica argilosa e rasa.

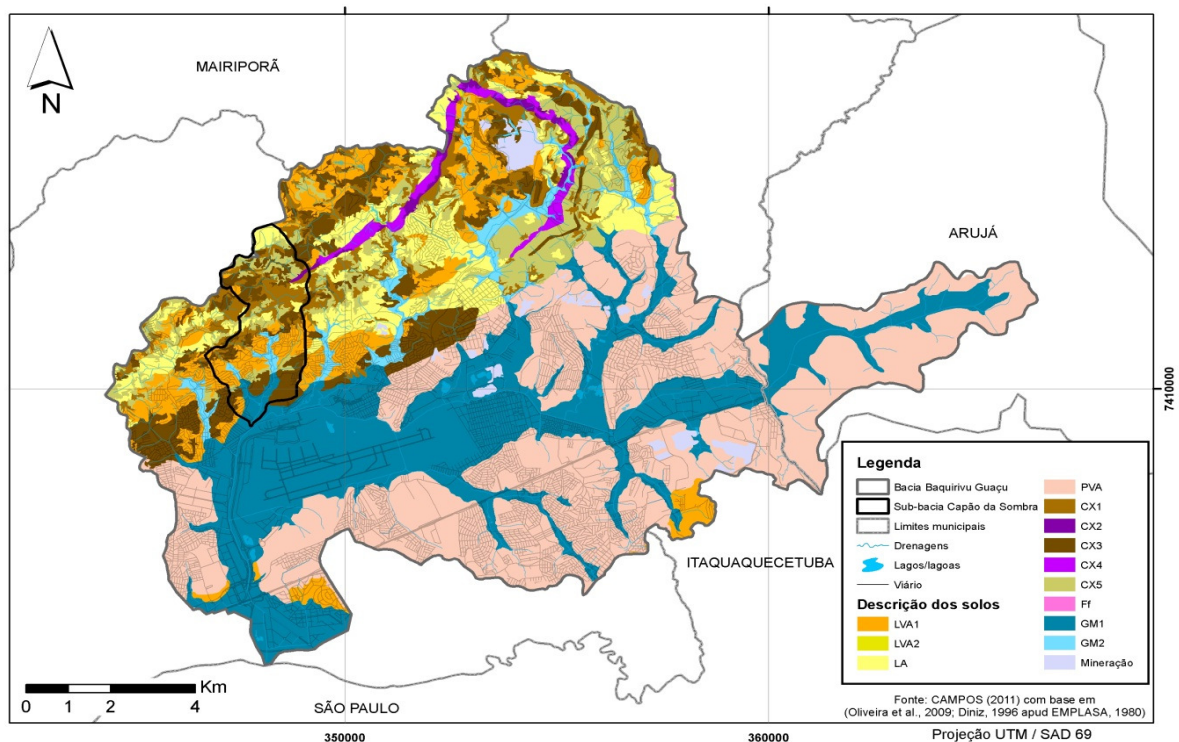


Figura 12. Mapa pedológico segundo Campos (2011, com base em ROSSI et al., 2008)

4.2 Uso do solo e ocupação urbana

A bacia do Córrego Capão da Sombra está localizada nos bairros Invernada, Bananal e Taboão, abrangendo parcialmente os loteamentos Parque Primavera, Vila União, Jardim São Domingos, Jardim Santa Edwiges e Jardim Santa Lídia.

O bairro Invernada é contíguo ao limite leste do Parque Estadual da Cantareira. Como principais vias, a Estrada do Elenco, que liga o bairro Parque Petrópolis no Bananal ao bairro Taboão, passando pela favela Sta. Edwirges e a estrada Zircônio, cortando o Parque Primavera.

A parte norte da bacia está situada no Parque Estadual da Cantareira e na Serra da Cantareira. Na parte sul concentra-se a área, em processo de conurbação da periferia da cidade de Guarulhos.

O mapa da Figura 13 apresenta o uso e ocupação do solo da bacia com base em interpretação das fotos ortorretificadas de 2008 da Prefeitura Municipal de Guarulhos.

No site do Google Earth acessado em 6/09/12, que apresenta imagem de 2010, verificou-se uma pequena variação na área de mata ao norte da bacia nas proximidades do pé da serra, por ocupação no período entre 2008 e 2010, modificando a categoria de baixa para média densidade de ocupação urbana no período considerado, conforme a imagem apresentada na figura 14.

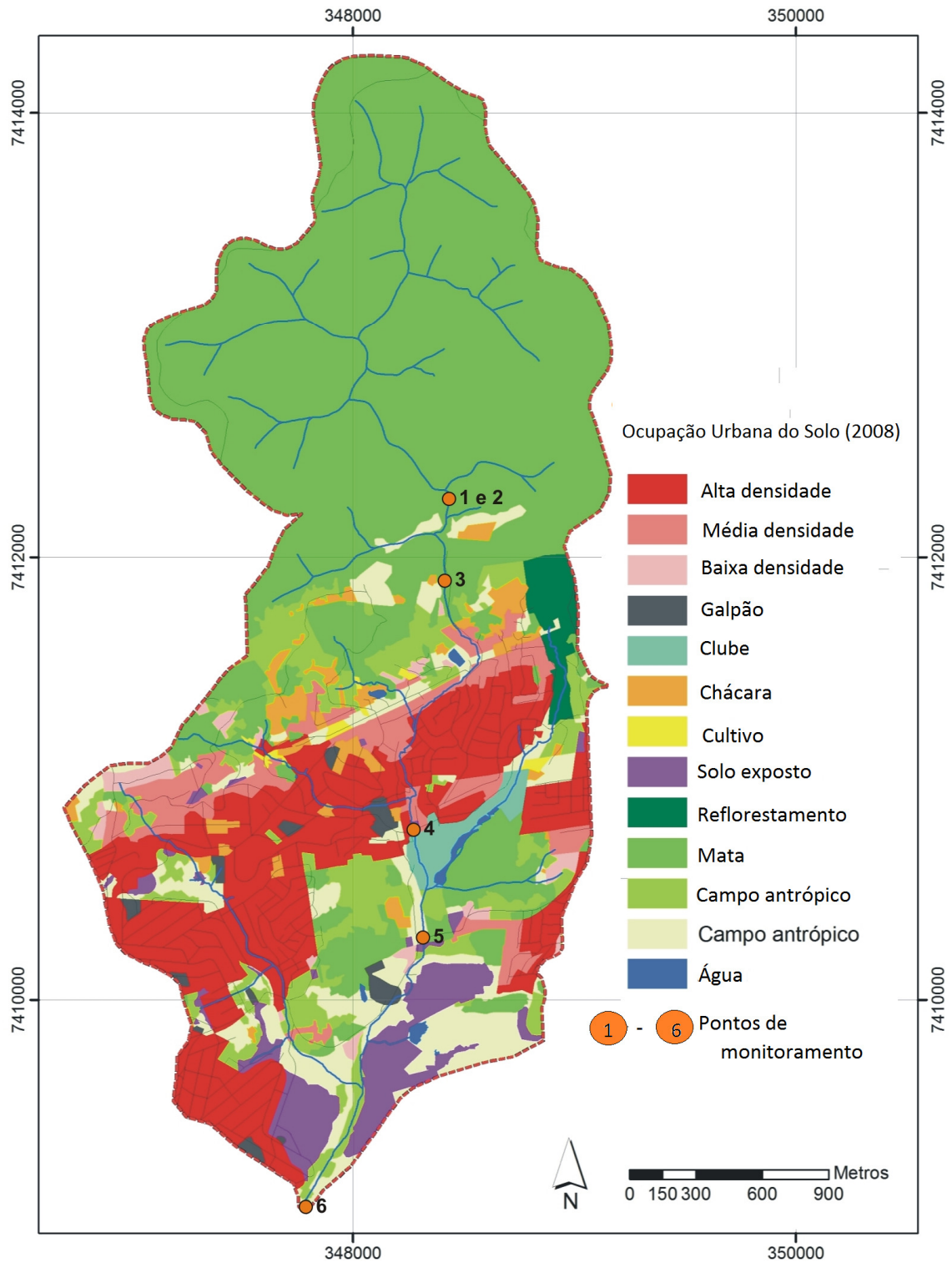


Figura 13. Mapa do uso do solo em 2008

Fonte: OLIVEIRA, 2009



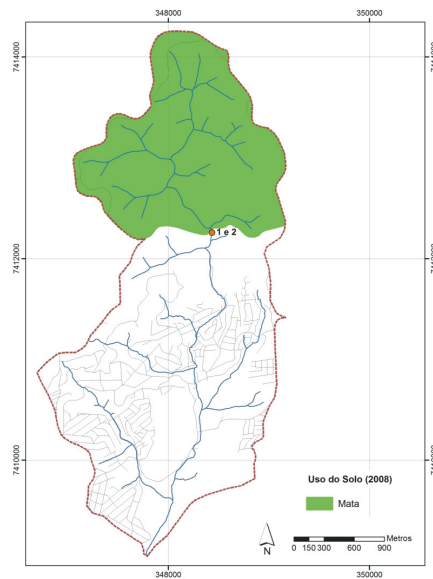
Imagem Google Earth – acesso 06-09-12 – área norte da Microbacia Capão da Sombra

Figura 14. Bacia Capão da Sombra. Área em destaque é a que apresentou alterações relevantes entre 2008 – 2013. Fonte: Google earth

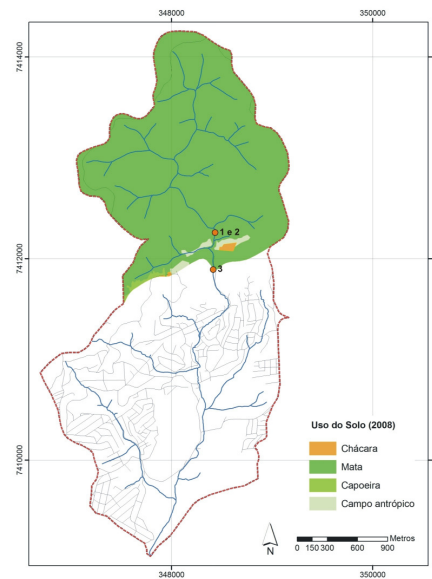
Tendo em vista que esta área correspondente à região do ponto 4 foi a única em que se observou alterações, e que são de pequenas dimensões, correspondente a um aumento da densidade de baixa para média na classe de uso urbano do solo, considerou-se o mapa de 2008 como aceitável para as comparações em foco.

4.2.1 Uso do solo das sub-bacias dos pontos de monitoramento

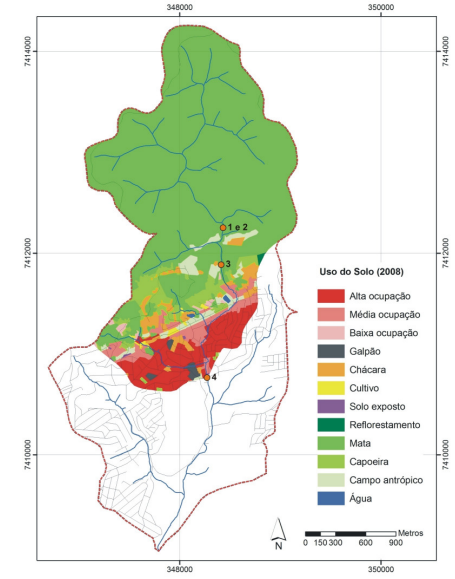
Os mapas representados na prancha 2 apresentam o uso do solo em cada área correspondente aos pontos de monitoramento. O gráfico de pizza representado na mesma prancha apresenta a distribuição dessas classes em hectares.



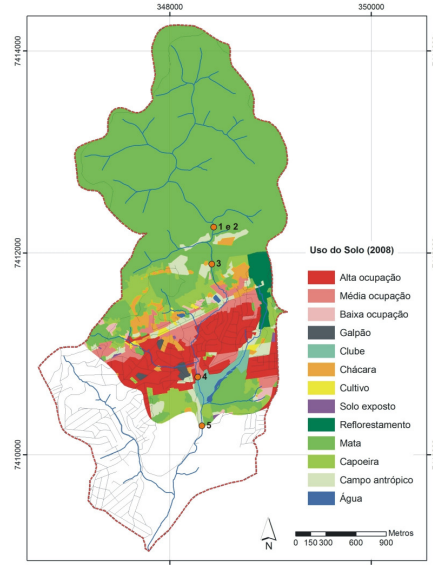
Uso do solo da sub-bacia dos pontos 1 e 2



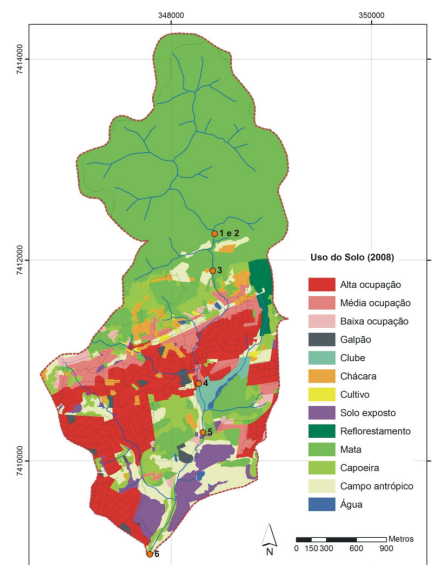
Uso do solo da sub-bacia do ponto 3



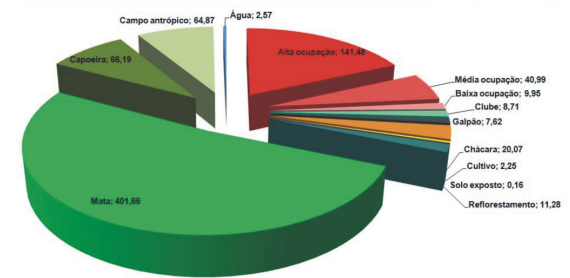
Uso do solo da sub-bacia do ponto 4



Uso do solo da sub-bacia do ponto 5



Uso do solo da sub-bacia do ponto 6



Área de cada classe de uso do solo (2008) em hectares

	MESTRADO EM ANÁLISE GEOAMBIENTAL		Prancha
	Tema: Uso do solo e contaminação por esgoto do córrego Capão da Sombra, Guarulhos, SP.		2
DESENHO: Uso do solo da sub-bacia correspondente a cada ponto de monitoramento	ALUNO: Afonso Aparecido Porto	ORIENTADOR: Prof. Dr. Antonio Manoel S. Oliveira	

A Tabela 3 apresenta os valores em porcentagem das diferentes classes de uso e ocupação da sub-bacia referente a cada ponto de monitoramento.

Tabela 3. Áreas de uso do solo nas sub-bacias relativas aos pontos de monitoramento.

CATEGORIAS	P ₁₋₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆
Mata	100	97,70	75,00	65,18	51,64
Capoeira	-	0,60	4,89	6,90	8,51
Campo antrópico	-	1,30	2,95	4,06	8,34
Água	-	-	0,13	0,30	0,33
Ocupação urbana de alta densidade	-	-	9,00	11,17	18,19
Ocupação urbana de media densidade	-	-	4,15	4,64	5,27
Ocupação urbana de baixa densidade	-	-	0,50	0,67	1,28
Galpão	-	-	0,53	0,44	0,98
Chácara	-	0,4	3,03	2,73	2,58
Cultivo	-	-	0,34	0,38	0,29
Reflorestamento	-	-	0,11	1,90	1,45
Solo exposto	-	-	0,08	0,16	0,02
Clube	-	-	-	1,47	1,12

Para efeito de correlação com as medidas do monitoramento, tendo em vista a relação destas medidas com a contaminação das águas do córrego com o esgoto doméstico, foram determinadas as somatórias das classes urbanas de ocupação.

Tendo em vista que as áreas de galpão e chácara são reduzidas, as classes produtoras de esgoto corresponderam às urbanas e, dentre estas, as de alta, baixa e média densidade, como pode ser visto na tabela 4.

Tabela 4. Classes de uso urbano do solo consideradas áreas potencialmente produtoras de esgoto (APEs) em cada área da bacia referente aos pontos de monitoramento (área em %).

Classes	Área (%)				
	P ₁₋₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆
Ocupação urbana de alta densidade	-	-	9,00	11,17	18,19
Ocupação urbana de media densidade	-	-	4,15	4,64	5,27
Ocupação urbana de baixa densidade	-	-	0,50	0,67	1,28
Galpão	-	-	0,53	0,44	0,98
Chácara	-	-	3,03	2,73	2,58
Cultivo	-	-	0,34	0,38	0,29
Total	-	-	17,55	20,03	27,61

4.3 Monitoramento da contaminação

O monitoramento realizado no ciclo de um ano, de setembro de 2011 a agosto de 2012, permitiu a obtenção dos resultados que são a seguir apresentados e analisados. Estes resultados da análise dos parâmetros indicadores foram correlacionados à distribuição das classes de uso do solo urbano referentes ao ano de 2008, atualizadas pela análise de imagem do Google Earth de 2010, acessadas em 6 de setembro de 2012.

4.3.1 Análise dos parâmetros circunstanciais

Neste item são analisados os parâmetros circunstanciais, ou seja, aqueles que caracterizam o meio ambiente sem revelar diretamente a presença da contaminação.

4.3.1.1 Temperatura

Tabela 5 apresenta as medidas de temperatura nos pontos de monitoramento.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
SET	14	15	18	20	21	22
OUT	17	17	16	18	18	18
NOV	18	18	18	20	21	22
DEZ	18	18	18	19	19	21
JAN	19	19	20	21	22	22
FEV	21	21	21	23	23	24
MAR	19	19	20	24	25	26
ABR	19	18	19	20	21	24
MAI	19	16	16	18	19	20
JUN	19	17	17	18	18	18
JUL	17	16	16	16	18	18
AG	18	16	17	19	20	21

Como se pode observar pela tabela 5 não houve variação relevante nas medidas de temperatura que leve a inferir qualquer relação com os parâmetros indicadores analisados. Outro fator importante que pode explicar o equilíbrio dessas medidas de temperatura é a ausência de indústrias na área pesquisada.

4.3.1.2 pH

A Tabela 6 apresenta as medidas de Ph nos pontos de monitoramento

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Set	6	6	6	6	7	7
Out	7	7	7	7	7	7
Nov	6	6	6	7	7	7
Dez	6	6	6	7	7	7
Jan	6	6	6	6	7	7
Fev	6	6	6	7	7	7
Mar	6	6	6	6	6	6
Abr	5	7	6	7	7	7
Mai	6	6	7	7	6	7
Jun	5	7	6	7	7	7
Jul	5	6	6	7	7	7
Ago	6	6	6	7	7	7

Como se pode observar pela tabela 6 há um comportamento distinto entre dois grupos de pontos de monitoramento, P1, P2, P3 e P4, P5 P6, revelando que há, ainda que pequena, uma diferença do pH entre os dois grupos em que o primeiro apresenta índice com tendência para acidez e de neutralidade para o segundo grupo. O que pode explicar essa diferença é o fato do primeiro grupo se localizar em área de mata, pois segundo Sperling (1998), em alguns ambientes o pH pode ser baixo por influências naturais em decorrência da presença de ácidos húmicos provenientes de decomposição da vegetação e ainda segundo Yabe e Guimenez (2002) a alcalinidade aumenta devido à assimilação fotossintética, mas diminui como resultado da decomposição bacteriana da biota. No caso do segundo grupo formado pelos pontos 4, 5 e 6 que se localiza em área da bacia ocupada apresentou pH neutro.

Ainda segundo Ricklefs (2009), a maioria das águas naturais contem ácidos fracos, tais como o ácido carbônico (H_2CO_3) e vários ácidos orgânicos, e tendem a possuir valores de pH próximos ao neutro. Algumas águas naturais são de algum modo básicas, ou alcalinas

(pH > 7), possuindo um excesso de OH⁻ em relação ao H⁺. A variação normal de pH nas águas naturais está entre 6 e 9.

4.3.1.3 Turbidez

A Tabela 7 apresenta as medidas de turbidez nos pontos de monitoramento

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Set	0	20	60	60	80	100
Out	0	60	60	80	100	100
Nov	0	20	20	60	80	80
Dez	0	20	20	60	60	60
Jan	0	40	40	60	60	60
Fev	0	20	20	20	40	40
Mar	0	10	20	60	70	100
Abr	0	10	10	80	90	100
Mai	0	10	20	50	50	80
Jun	0	10	10	50	80	100
Jul	0	40	40	100	100	100
Ago	0	0	0	40	100	100

Como se pode observar pela tabela 7 o índice de turbidez aumenta nos pontos de monitoramento no sentido de montante a jusante, revelando o aumento de partículas sólidas suspensas no curso d'água em relação ao uso e ocupação do solo que é crescente a partir do ponto 4, pois segundo Jordão e Pessoa (1995) este fato se relaciona com a concentração de sólidos em suspensão.

Esta constatação, também se explica pelo fato do uso e ocupação do solo a partir do ponto 4 se caracterizar como categoria de alta densidade de ocupação e de com Richter e Netto (2000), a turbidez pode ser causada por uma variedade de materiais incluindo o esgoto doméstico e Piveli e Kato (2005), também afirmam que o esgoto doméstico provoca elevação na turbidez das águas.

4.3.2 Análise dos parâmetros indicadores de contaminação

Neste item são analisados os parâmetros indicadores da presença da contaminação nas águas do córrego Capão da Sombra.

A análise das medidas obtidas durante o monitoramento foi realizada para cada parâmetro e a seguir apresentada.

4.3.2.1 *Clostridium perfringens*

A Tabela 8 apresenta as medidas (NMP) de *Clostridium perfringens* nos pontos de monitoramento.

Tabela 8. Medidas de *Clostridium perfringens* (NMP) setembro de 2011 a agosto 2012

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Set	2	2	2	12	17	33
Out	2	2	2	60	110	170
Nov	2	2	2	170	220	≥1600
Dez	2	2	2	2	4	220
Jan	2	2	2	4	4	2
Fev	2	2	2	70	110	140
Mar	2	2	2	≥1600	≥1600	≥1600
Abr	2	2	2	900	≥1600	≥1600
Mai	2	2	2	900	≥1600	≥1600
Jun	2	2	2	240	≥1600	≥1600
Jul	2	2	2	900	≥1600	≥1600
Ago	2	2	2	170	300	80

A análise do gráfico da Figura 15 mostra comportamento diverso para os pontos P1, P2 e P3 em relação ao comportamento dos pontos P4, P5 e P6, revelando a notável influência do uso do solo.

Verifica-se ainda que, na maior parte dos meses, os valores de P4 são inferiores aos de P5 e estes ao de P6, mostrando que, de montante para jusante há um aumento cada vez maior de contaminação da bacia, conforme a distribuição das classes de uso do solo. Verifica-se também que foram obtidos valores mais baixos em P4, P5 e P6 nos meses de dezembro e janeiro. Entretanto, como esse fato não se repetiu com os demais

microorganismos é provável que tenha havido algum erro no procedimento de laboratório para a análise de *Clostridium perfringens*.

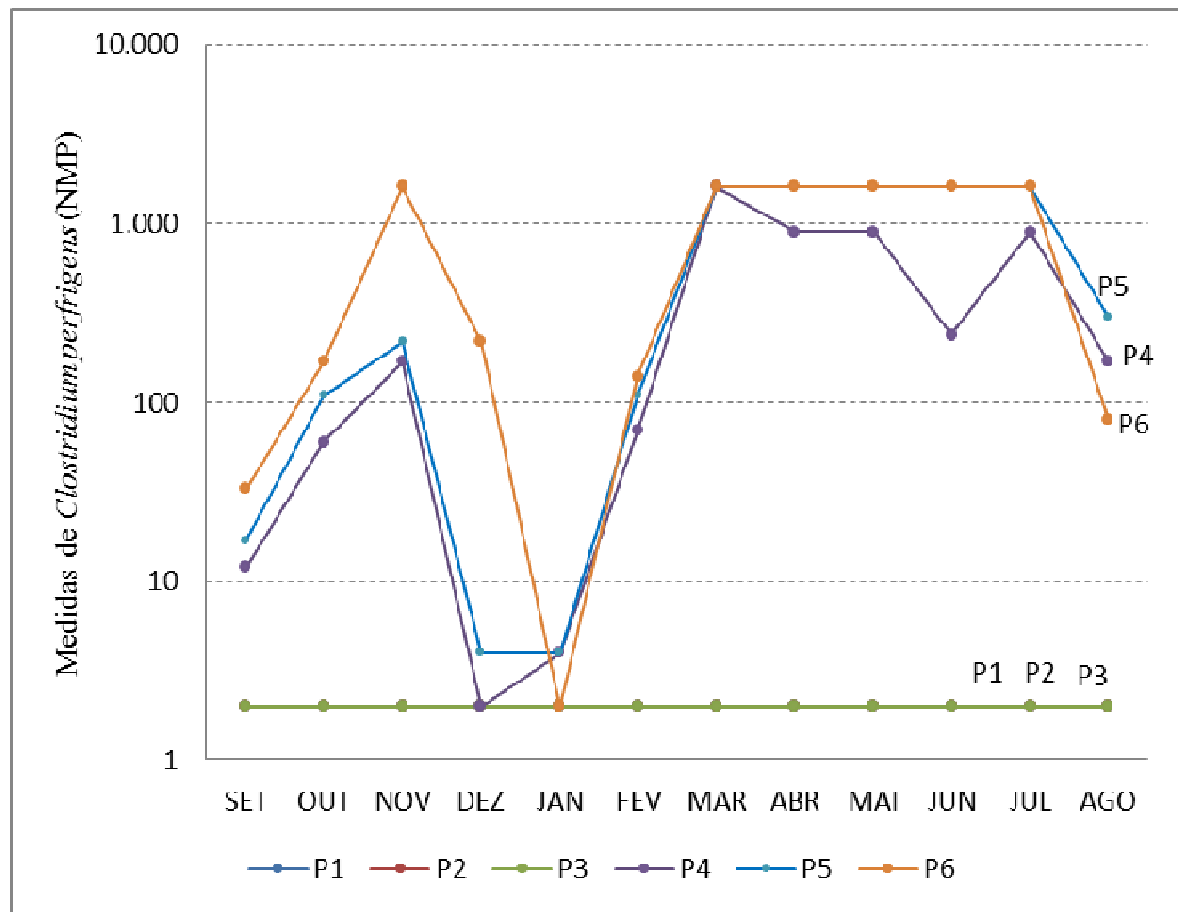


Figura 15. Número mais Provável (NMP) de *Clostridium perfringens* em cada ponto de monitoramento setembro 2011 a agosto 2012

4.3.2.2 Correlação do *Clostridium perfringens* com o uso e ocupação urbana do solo

Os baixos valores de *Clostridium perfringens* confirmam pontos de sub-bacias não afetadas por ocupação urbana enquanto que, ao contrário, os altos valores só ocorrem nos pontos em que as sub-bacias correspondentes apresentam essa ocupação. Este quadro é coerente com a presença de esgoto doméstico que é a principal fonte de contaminação pelo *Clostridium perfringens*, graficamente demonstrado nos nas figuras 16, 17, 18 e 19 que correlaciona estes valores com a porcentagem de ocupação urbana da bacia no mês de setembro e dezembro de 2011 e março e junho de 2012.

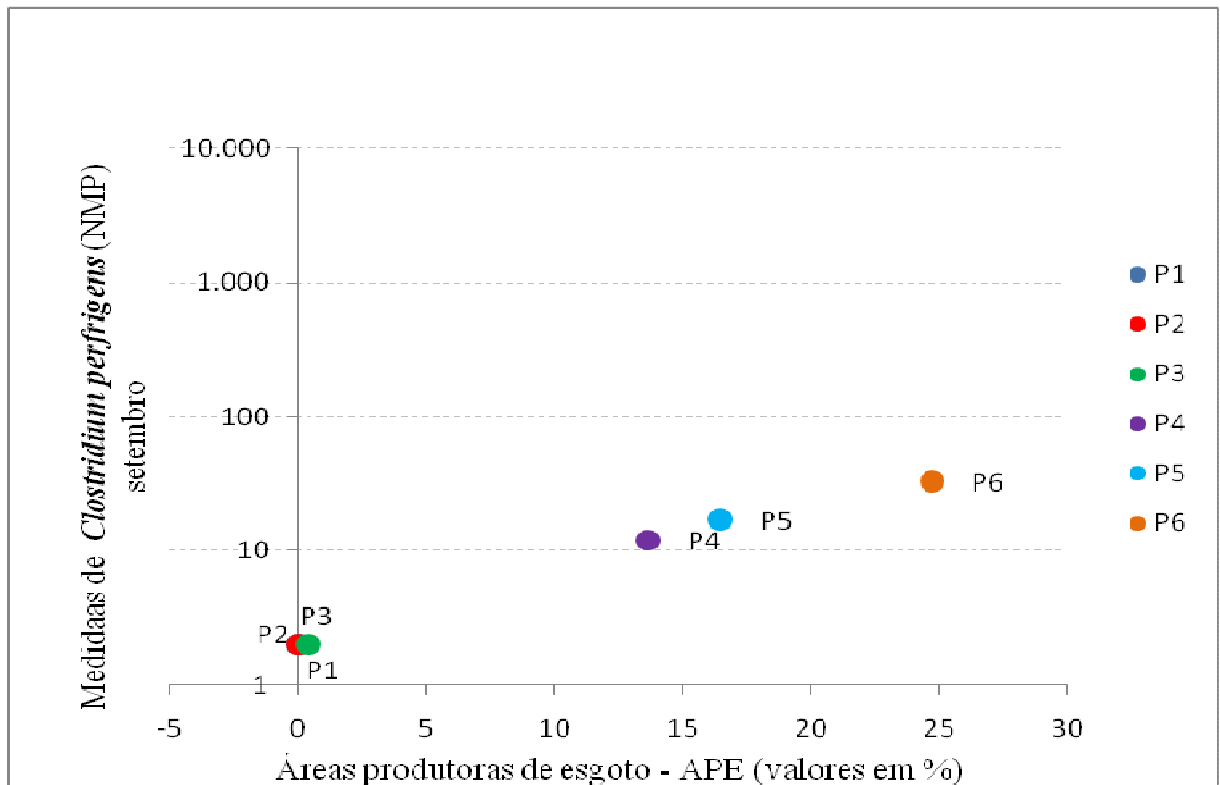


Figura 16. Correlação de medidas (NMP) de *Clostridium perfringens* com as classes de ocupação urbana do solo potencialmente produtoras de esgoto referente ao mês de setembro de 2011

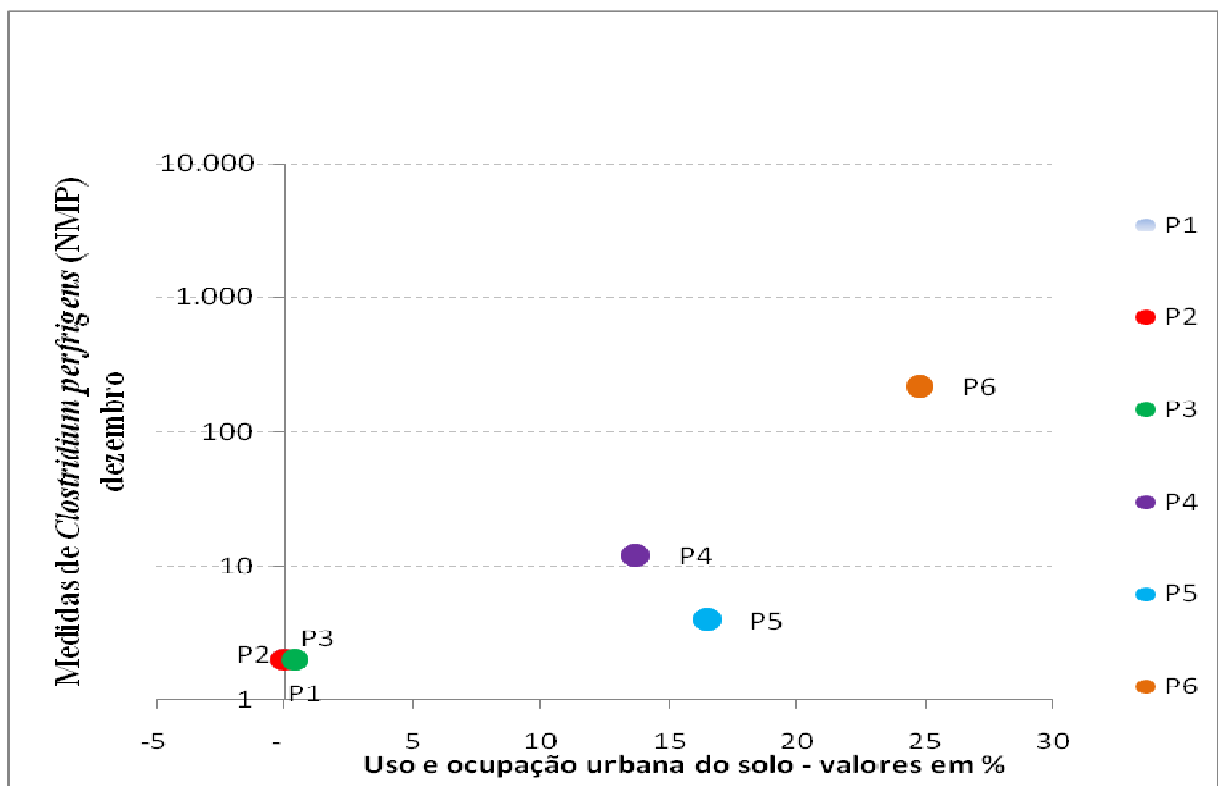


Figura 17. Correlação de medidas (NMP) de *Clostridium perfringens* com as classes de ocupação urbana do solo potencialmente produtoras de esgoto referente ao mês de dezembro de 2011

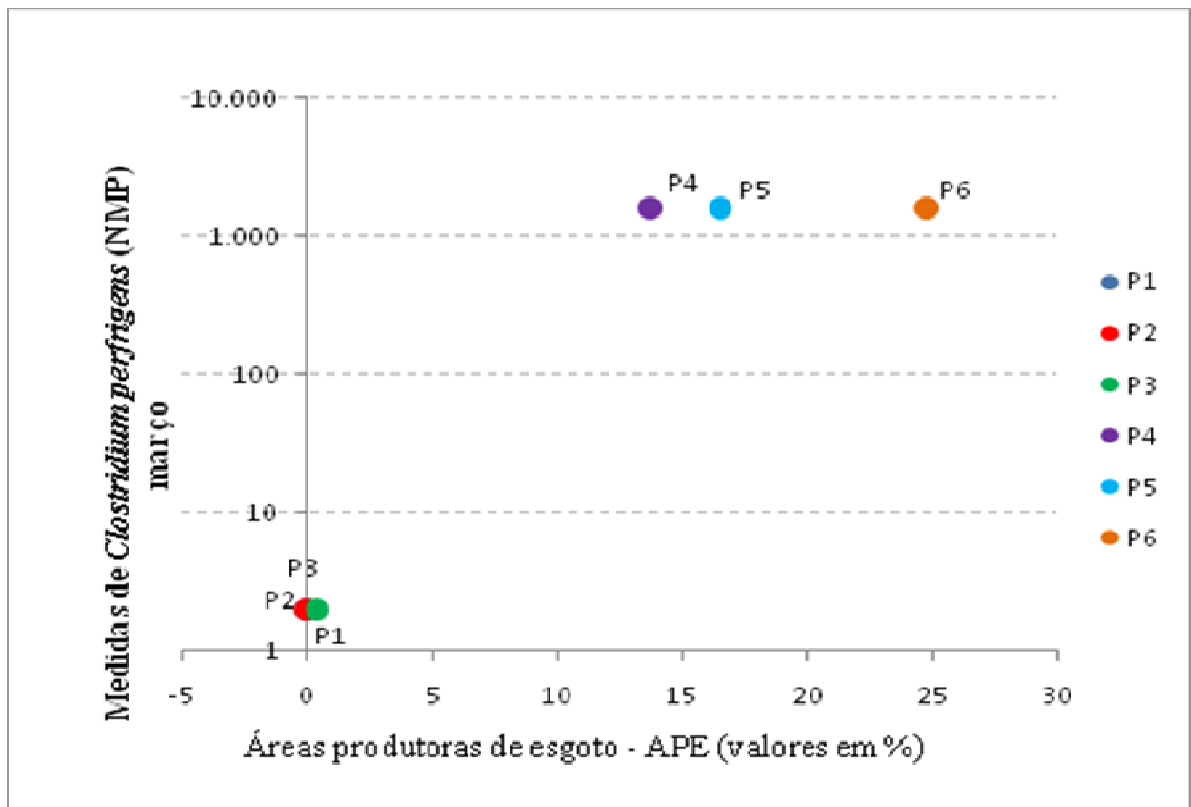


Figura 18. Correlação de medidas (NMP) de *Clostridium perfringens* com as classes de ocupação urbana do solo potencialmente produtoras de esgoto referente ao mês de março de 2012

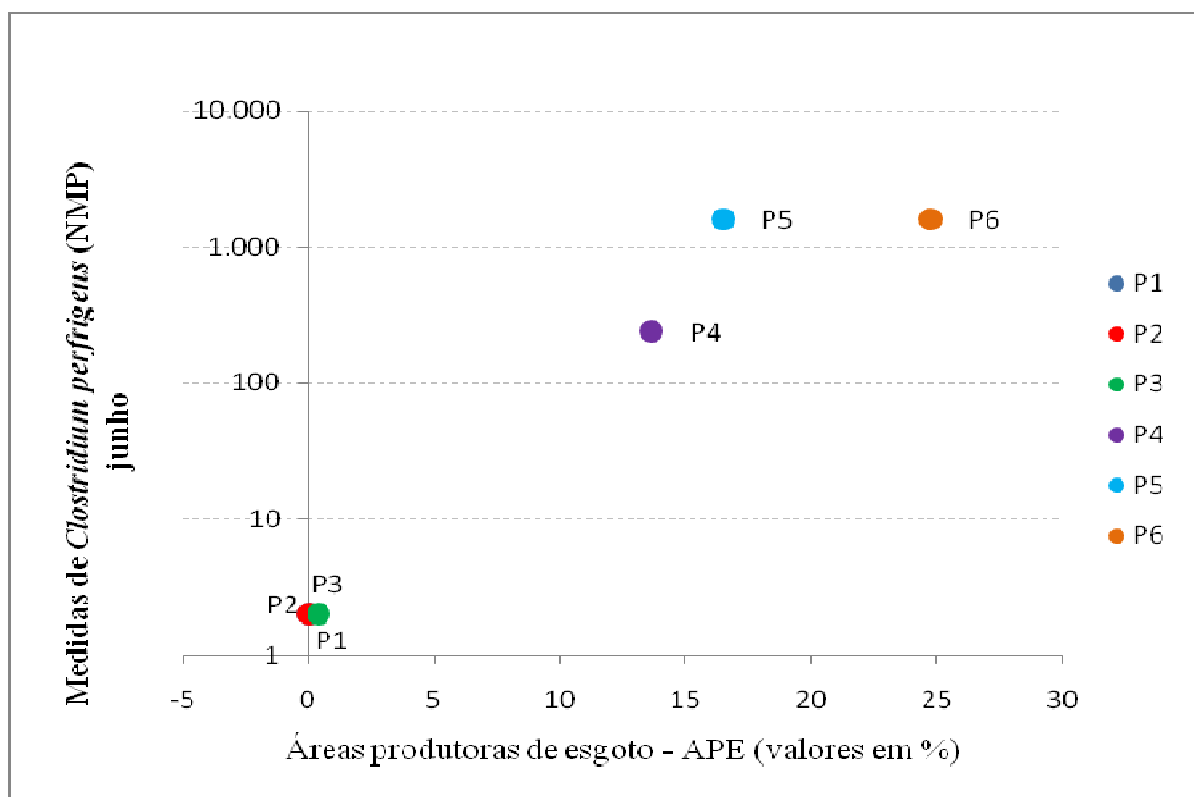


Figura 19. Correlação de medidas (NMP) de *Clostridium perfringens* com as classes de ocupação urbana do solo Potencialmente produtoras de esgoto referente ao mês de junho de 2012

4.3.2.3 *Escherichia coli*

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos nos pontos de monitoramento para a *Scherichia colli*. Dessa Tabela algumas medidas foram descartadas. A de março no P4 foi descartada por discrepância extrema com as medidas de P5 e P6. As de abril foram descartadas devido a problema de procedimento laboratorial relativo ao desligamento involuntário da energia da fase de banho-maria do meio.

Tabela 9. Medidas de *Escherichia coli* (NMP) setembro de 2011 a agosto 2012

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Set	4	4	23	≥1600	≥1600	≥1600
Out	2	2	2	170	≥1600	≥1600
Nov	2	2	2	170	≥1600	≥1600
Dez	2	2	11	≥1600	≥1600	≥1600
Jan	2	2	11	350	≥1600	≥1600
Fev	2	2	4	≥1600	≥1600	≥1600
Mar	2	2	2	7*	≥1600	≥1600
Abr*	2	2	2	6	14	17
Mai	2	4	2	110	500	900
Jun	2	2	4	34	500	900
Jul	2	2	2	26	350	350
Ago	2	2	20	130	50	220

*Medidas descartadas devido a problema laboratorial

A análise do gráfico da Figura 20 elaborado com os valores dessa tabela, mostra que há dois conjuntos de comportamento das medidas conforme os pontos de monitoramento.

O conjunto P1, P2 e P3 apresentam as menores medidas, em geral, inferiores a 10 NMP, com certa tendência a valores maiores em P3. Este comportamento é coerente com o fato de P1 e P2 situarem-se em área de mata, respectivamente, nascente e córrego de águas

que provem do Parque Estadual da Cantareira, e P3, estar à jusante de empreendimento recreativo.

O conjunto P4, P5 e P6 apresenta as medidas mais elevadas, em geral superiores a 10 NMP chegando a atingir o limite da escala que é de 1600 NMP. Em geral observa-se pequena tendência de valores crescentes de P4 a P5 e P6. Esta constatação se deu pelo fato do uso e ocupação do solo nestes pontos apresentar categoria de alta densidade de ocupação e de acordo com Branco (2003), a presença de coliformes fecais na água indica, sempre, a presença de esgotos.

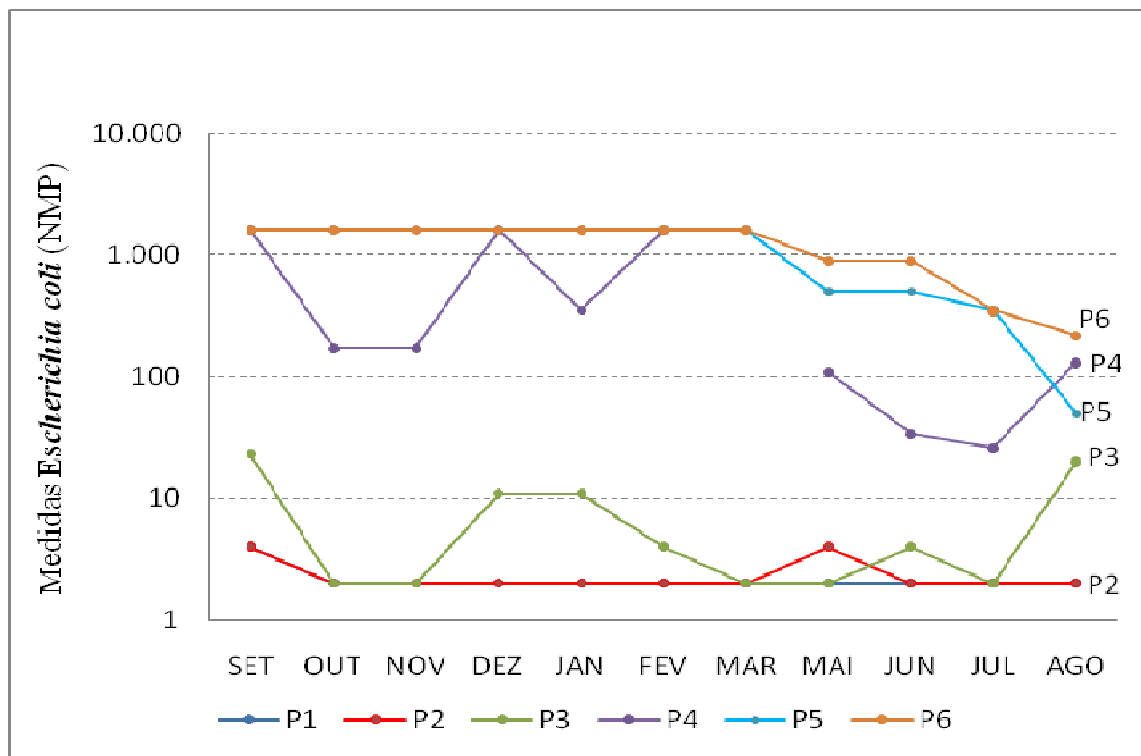


Figura 20. Número mais Provável (NMP) de *Escherichia coli* em cada ponto de monitoramento de setembro 2011 a agosto 2012

4.3.2.4 Correlação do *Escherichia coli* com o uso e ocupação urbana do solo

O comportamento dos dois conjuntos em relação à ocupação urbana fica mais evidente nos gráficos das figuras 21, 22, 23 e 24 onde se verifica valores bem maiores de P4, P5 e P6 do que nos pontos P1, P2 e P3 evidenciando, assim, a influência do uso do solo e a contaminação por *Escherichia coli*, presente no esgoto doméstico.

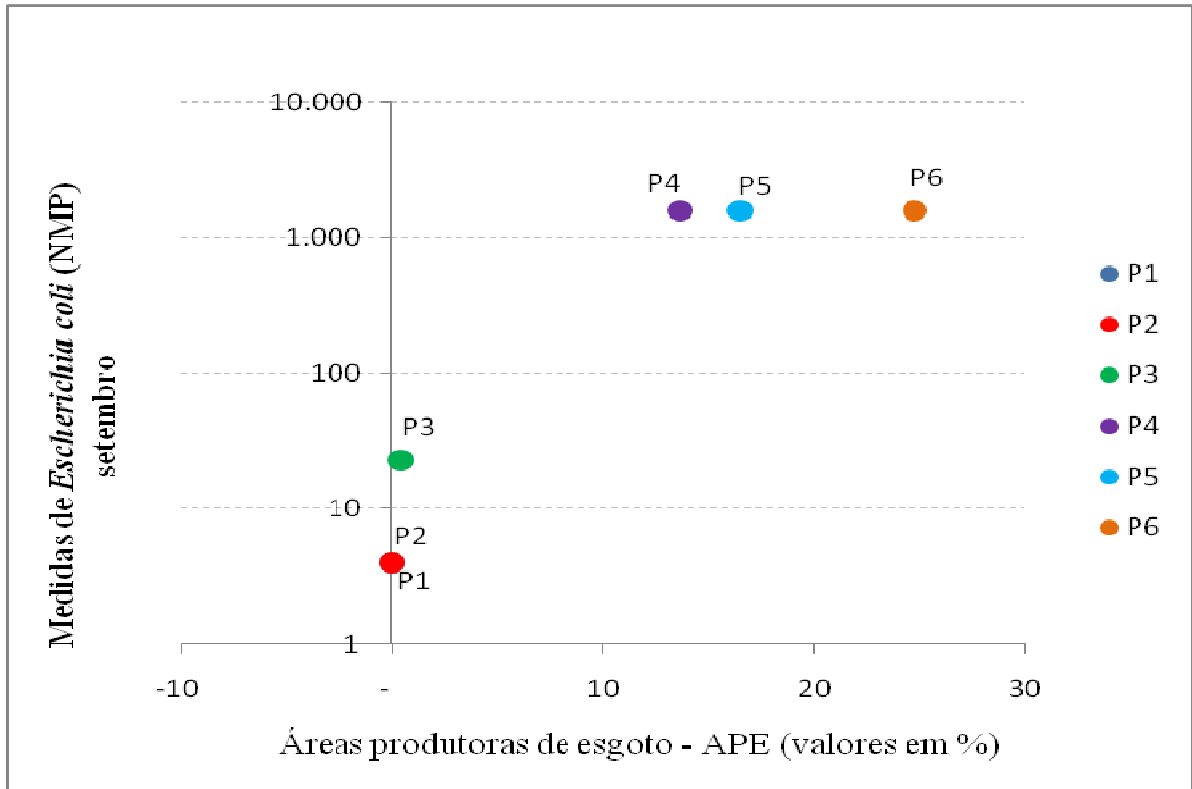


Figura 21. Correlação de medidas (NMP) de *Escherichia coli* com as classes de ocupação urbana do solo potencialmente produtoras de esgoto referente ao mês de setembro de 2011

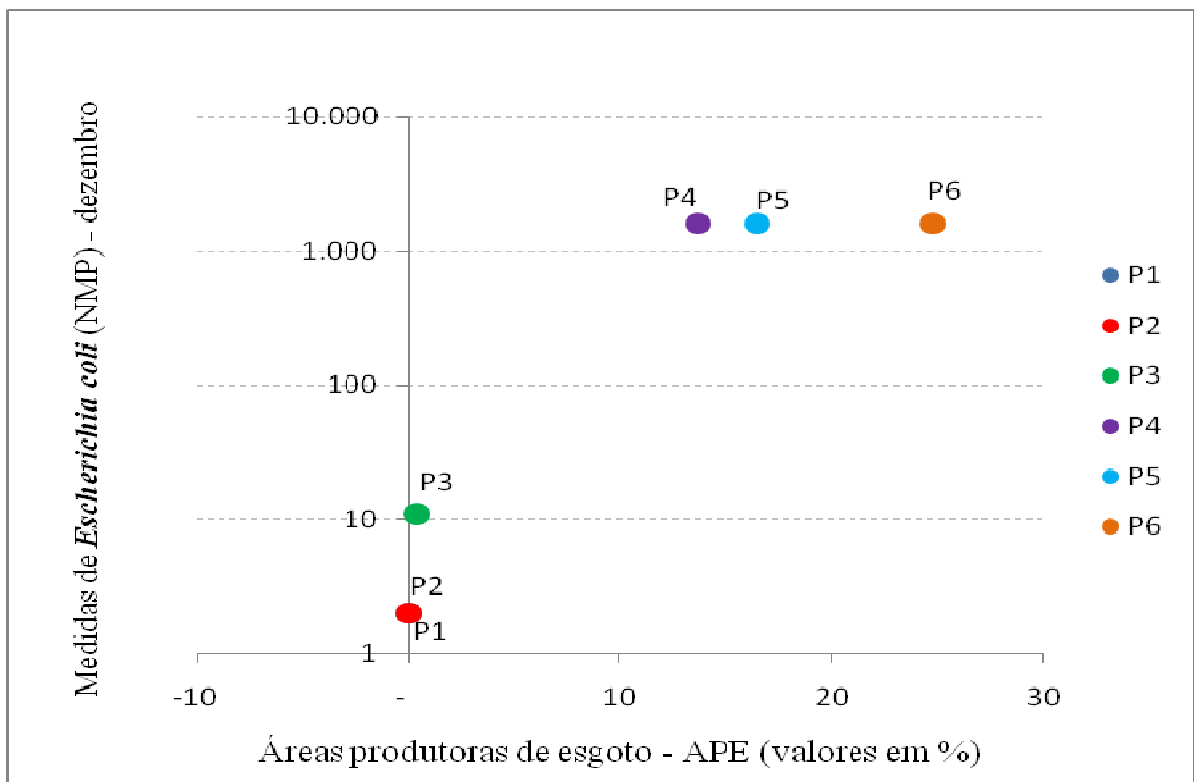


Figura 22. Correlação de medidas (NMP) de *Escherichia coli* com as classes de ocupação urbana do solo potencialmente produtoras de esgoto referente ao mês de dezembro de 2011

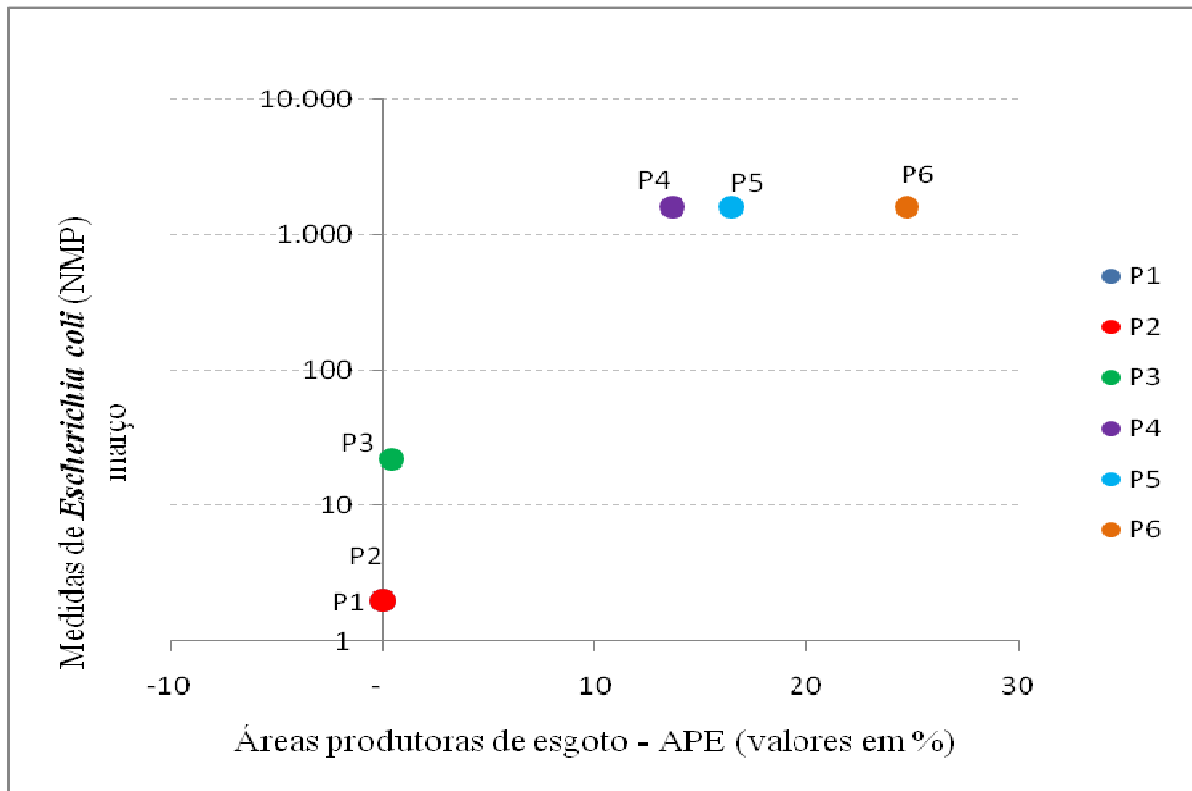


Figura 23. Correlação de medidas (NMP) de *Escherichia coli* com as classes de ocupação urbana do solo potencialmente produtoras de esgoto referente ao mês de março de 2012

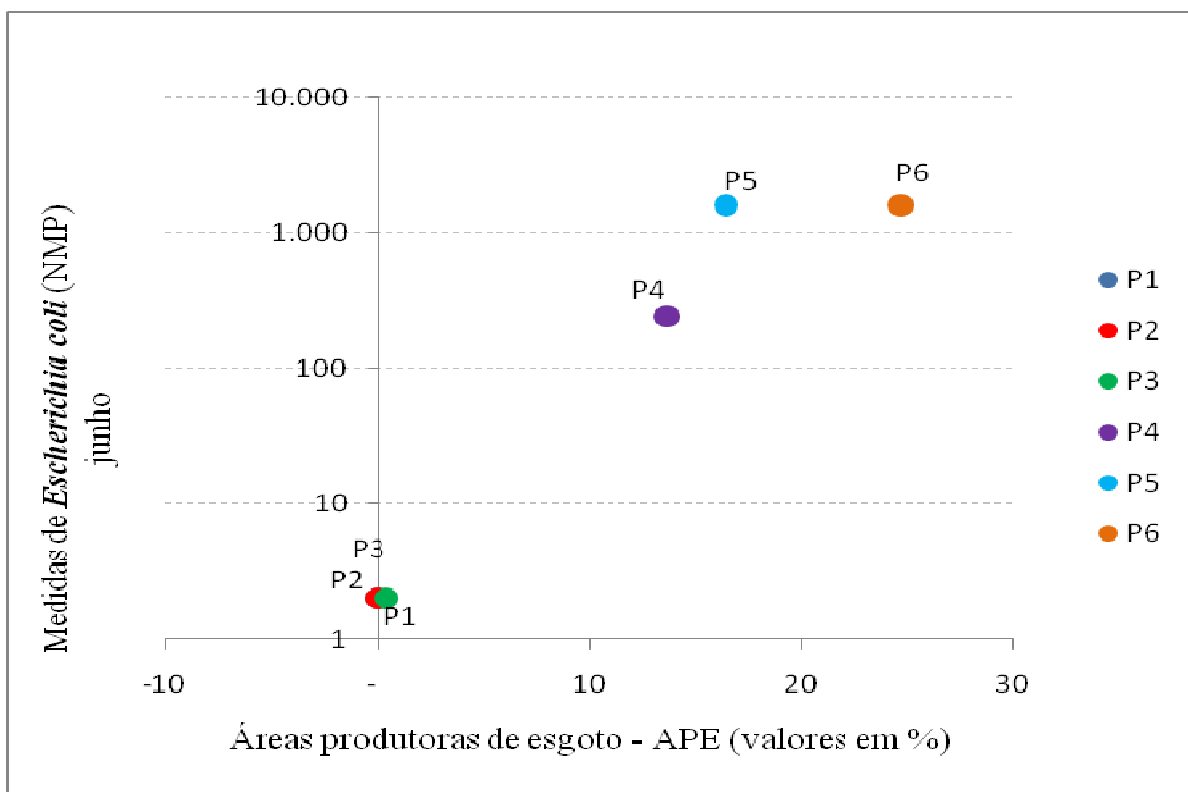


Figura 24. Correlação de medidas (NMP) de *Escherichia coli* com as classes de ocupação urbana do solo potencialmente produtoras de esgoto referente ao mês de junho de 2012

4.3.2.5 *Streptococcus sp*Tabela 10 Medidas de *Streptococcus sp* (NMP) setembro de 2011 a agosto 2012.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Set	2	2	7	170	≥1600	≥1600
Out	2	2	13	80	≥1600	≥1600
Nov	2	2	17	≥1600	≥1600	≥1600
Dez	2	2	8	≥1600	≥1600	≥1600
Jan	2	2	17	≥1600	≥1600	≥1600
Fev	2	2	13	≥1600	≥1600	≥1600
Mar	2	2	7	≥1600	≥1600	≥1600
Abr	2	11	13	≥1600	≥1600	≥1600
Mai	2	22	22	≥1600	350	≥1600
Jun	2	2	17	≥1600	350	≥1600
Jul	2	8	2	900	≥1600	≥1600
Ago	2	2	34	≥1600	≥1600	≥1600

A análise do gráfico da figura 25 elaborado a partir das medidas dessa Tabela mostra um comportamento diverso para os pontos P1, P2 e P3 em relação ao comportamento dos pontos P4, P5 e P6.

O conjunto P1, P2 e P3 apresenta menores medidas, em geral, inferiores a 50 NMP, com tendência de valores maiores para P3. Este comportamento é coerente ao fato de P1 e P2 situarem em área de mata, respectivamente, nascente e córrego de água que provém do Parque Estadual da Cantareira e P3 estar à jusante de empreendimento recreativo.

O conjunto P4, P5 e P6 apresenta as medidas mais elevadas, em geral superiores a 1000 NMP chegando a atingir o limite da análise que é de 1600 NMP.

A análise do gráfico mostra que P6 teve um comportamento constante durante o ciclo de um ano.

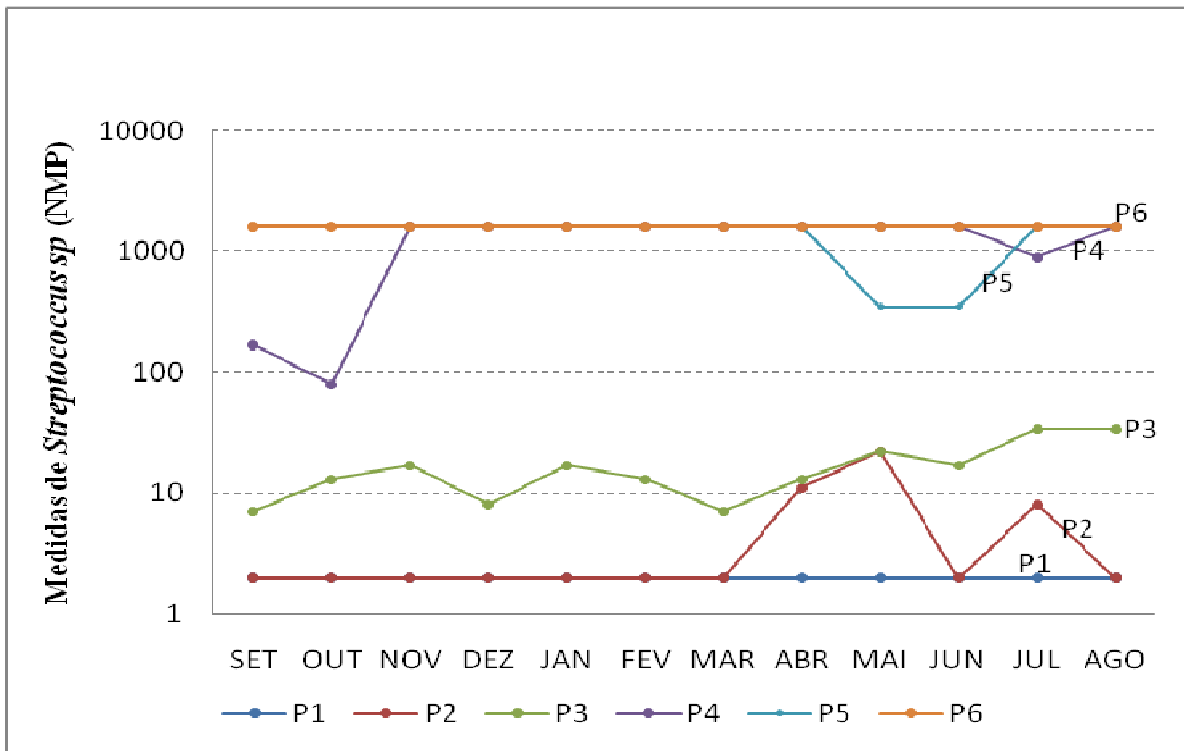


Figura 25. Número mais Provável (NMP) de *Streptococcus sp* em cada ponto de monitoramento de setembro 2011 a agosto 2012

4.3.2.6 Correlação do *Streptococcus sp* com o uso e ocupação urbana do solo

A análise dos gráficos das figuras 26, 27, 28 e 29 que representa a correlação com o uso urbano do solo nos meses de setembro e dezembro de 2011 e março e junho de 2012 revela comportamento diverso para os pontos P1, P2 e P3, em relação aos pontos P4, P5 e P6, revelando a influência da presença do esgoto. Os baixos valores de *Streptococcus sp* destacaram os pontos não afetados ou pouco afetados pela ocupação urbana, enquanto que os altos valores ocorreram nos pontos em que a bacia apresenta ocupação urbana. Este fato é coerente com a presença de esgoto doméstico que representa a principal fonte de contaminação pelo *Streptococcus sp*.

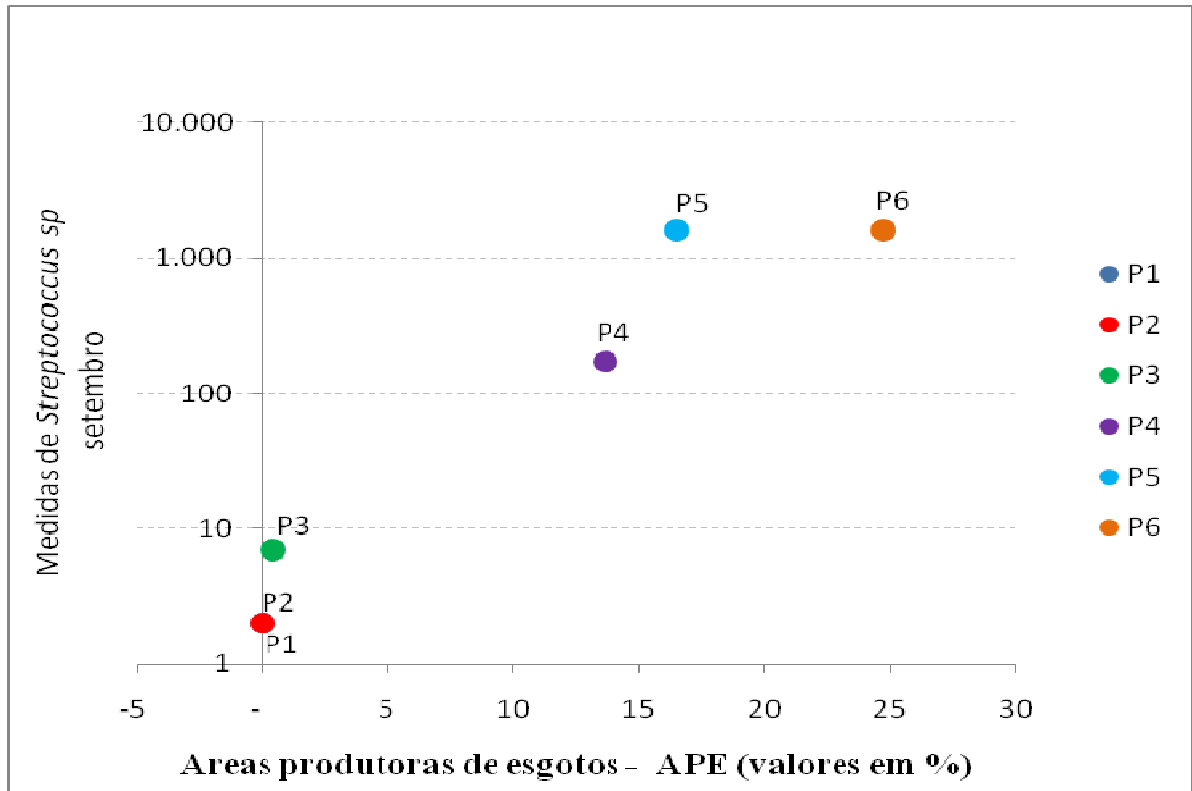


Figura 26. Correlação de medidas (NMP) de *Streptococcus Sp* com as classes de ocupação urbana do solo potencialmente produtoras de esgoto referente ao mês de setembro de 2011

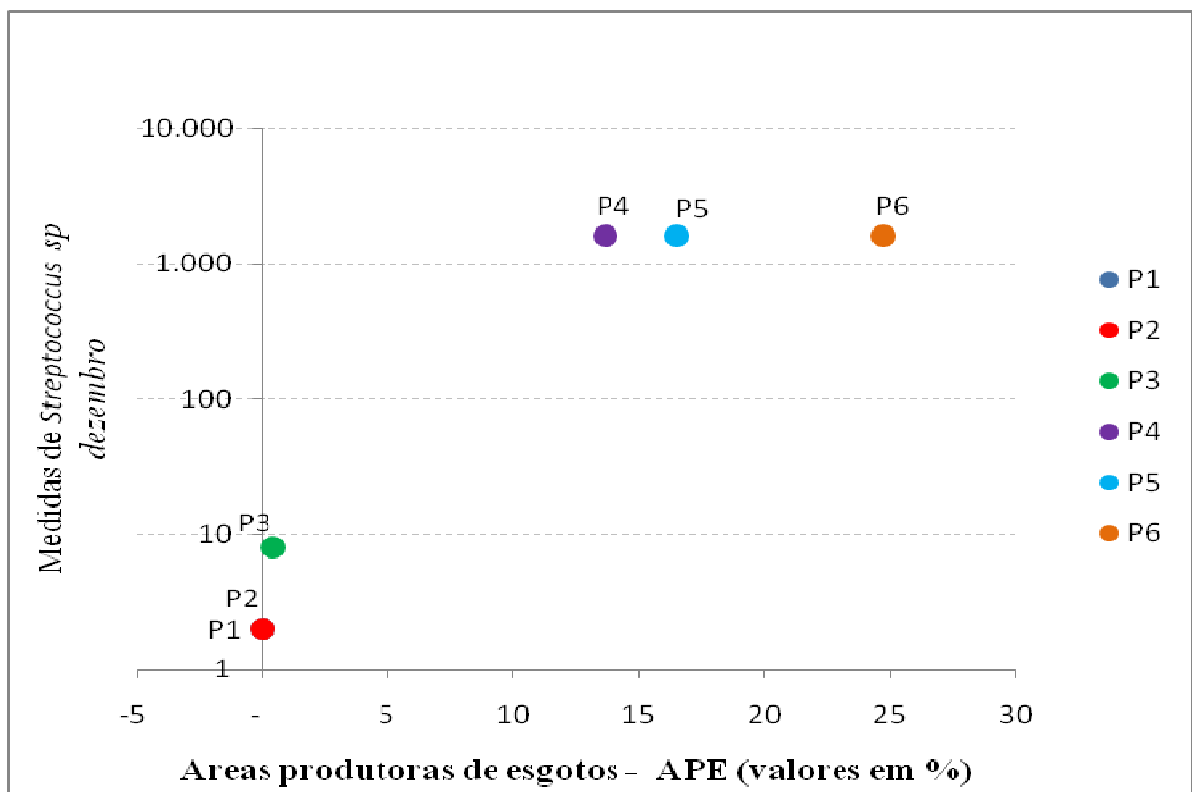


Figura 27. Correlação de medidas (NMP) de *Streptococcus Sp* com as classes de ocupação urbana do solo potencialmente produtoras de esgoto referente ao mês de dezembro de 2011

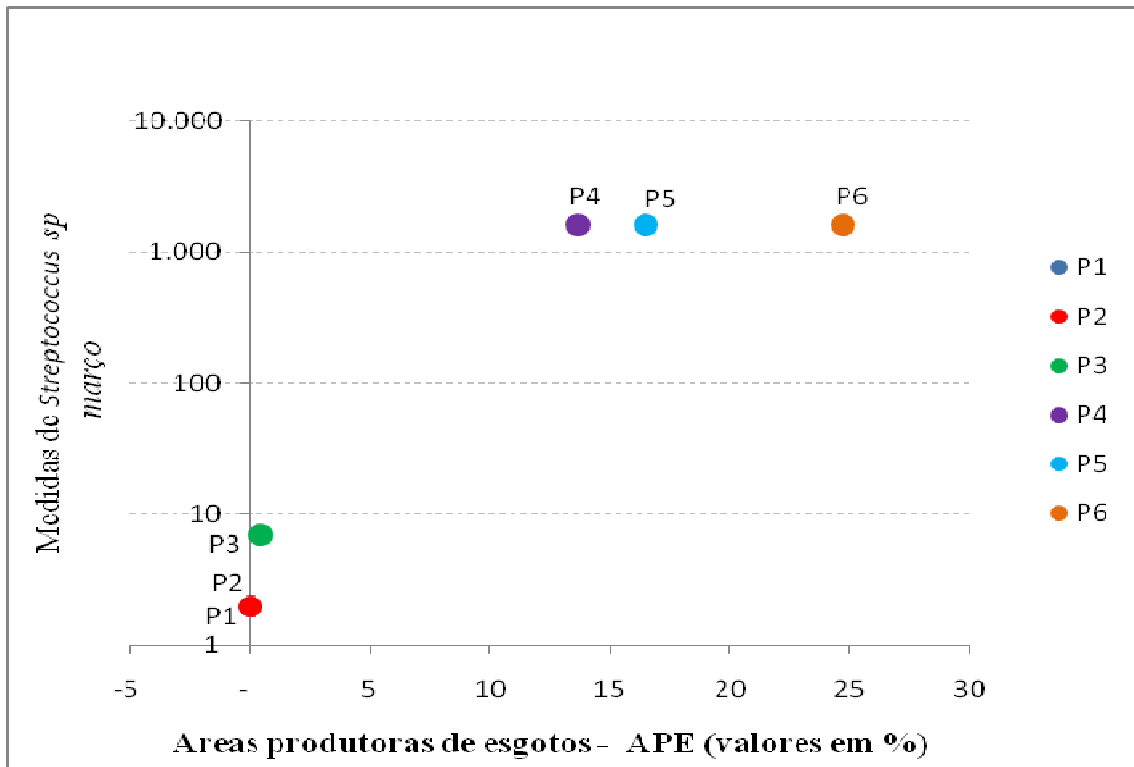


Figura 28. Correlação de medidas (NMP) de *Streptococcus Sp* com as classes de ocupação urbana do solo potencialmente produtoras de esgoto referente ao mês de março de 2012

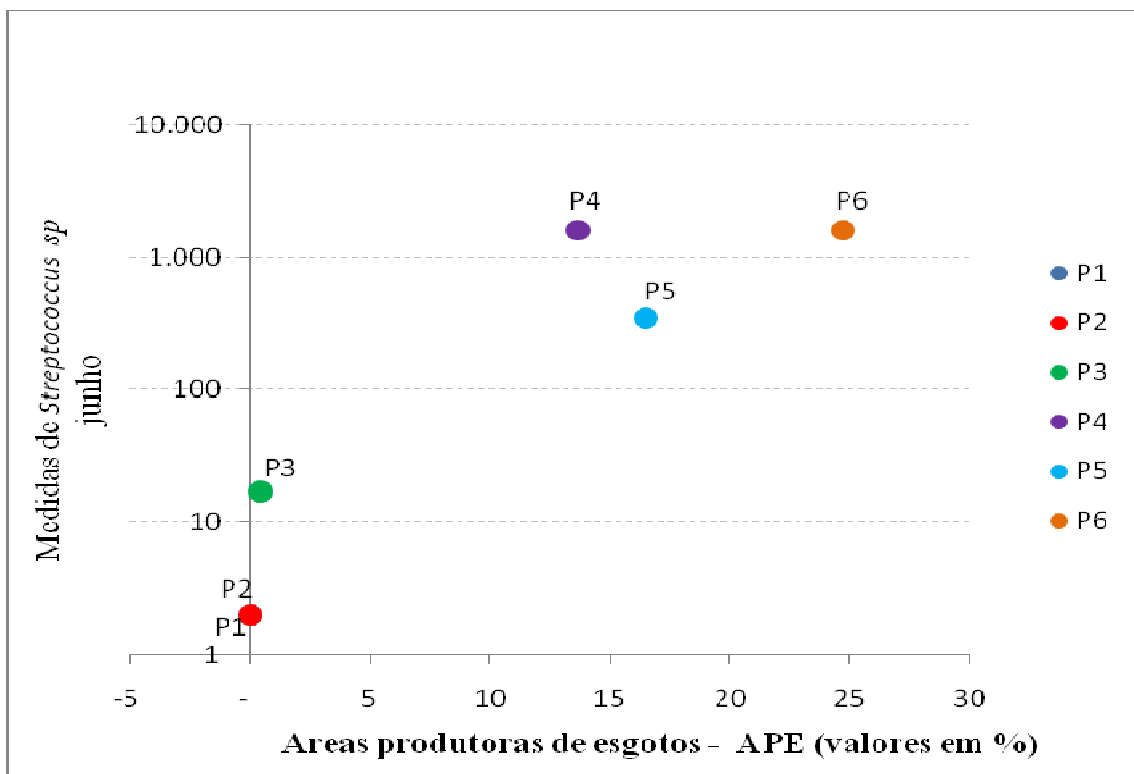


Figura 29. Correlação de medidas (NMP) de *Streptococcus Sp* com as classes de ocupação urbana do solo potencialmente produtoras de esgoto referente ao mês de junho de 2012

4.3.2.7 Fósforo total

A Tabela 11 apresenta as medidas (mg/L) de Fósforo total nos pontos de monitoramento e o gráfico correspondente à Figura 30 mostra comportamento diverso para os pontos P1, P2 e P3 em relação ao comportamento P4, P5 e P6.

Tabela 11. Medidas de Fósforo total (mg/L) setembro de 2011 a agosto 2012

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Set	0,010	0,014	0,018	2,260	2,950	5,560
Out	0,008	0,023	0,024	1,200	1,180	1,860
Nov	0,007	0,008	0,010	1,900	1,730	3,000
Dez	0,006	0,007	0,007	0,289	0,426	0,470
Jan	0,021	0,014	0,016	0,282	0,373	0,485
Fev	0,007	0,027	0,027	0,238	0,252	0,374
Mar	0,005	0,005	0,006	0,272	0,351	0,663
Abr*						
Mai	0,005	0,013	0,015	0,477	1,620	1,330
Jun	0,005	0,005	0,005	0,906	1,1	1,71
Jul	0,010	0,018	0,016	0,477	0,697	0,737
Ago	0,005	0,005	0,005	0,906	1,1	1,71

*Medidas descartadas devido a perda de reagente no material de coleta

O conjunto P1, P2 e P3 apresenta as menores medidas, em geral inferiores a 0,1 mg/L com a tendência de menor valor para P1. Este comportamento está coerente com o fato desses pontos se situarem em área de mata, respectivamente nascente, córrego a montante e córrego a jusante do empreendimento recreativo, não recebendo carga de esgoto significativa.

O conjunto P4, P5 e P6 apresenta as maiores medidas, em geral superiores a 0,5 mg/L mostrando influência do uso urbano do solo. Segundo Piveli e Kato (2005), o Fósforo aparece em águas naturais devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários.

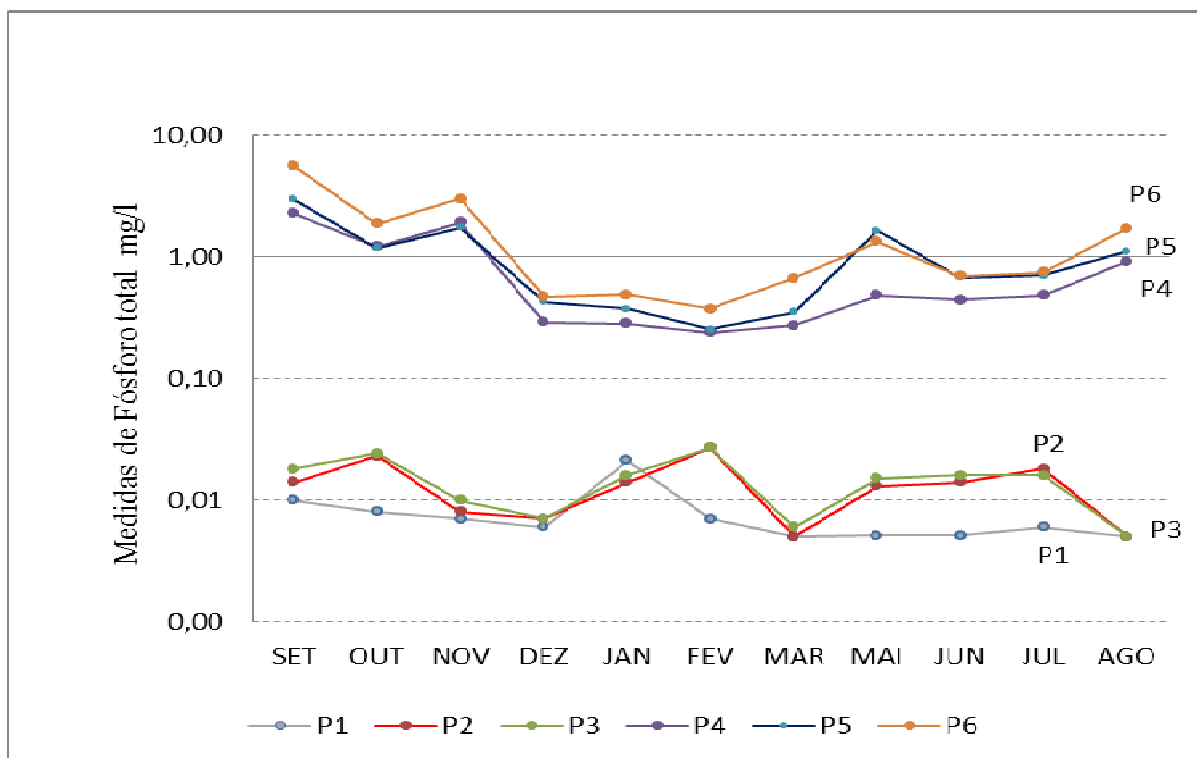


Figura 30. Quantidade de Fósforo total (mg/L) em cada ponto de monitoramento de setembro 2011 a agosto 2012

4.3.2.8 Correlação do Fósforo com o uso e ocupação urbana do solo

A análise dos gráficos das figuras 31, 32, 33 e 34 que correlaciona a medida com o uso do solo nos meses de setembro e dezembro de 2011 e março e junho de 2012 confirma o comportamento diverso para os pontos P1, P2 e P3 em relação ao conjunto P4, P5 e P6 revelando a influência desse uso.

Valores maiores apresentados no conjunto P4, P5 e P3 revelam a presença do Fósforo no esgoto doméstico, contido nos detergentes superfosfatados, empregados nas atividades de limpeza doméstica que constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas, onde o Fósforo está contido.

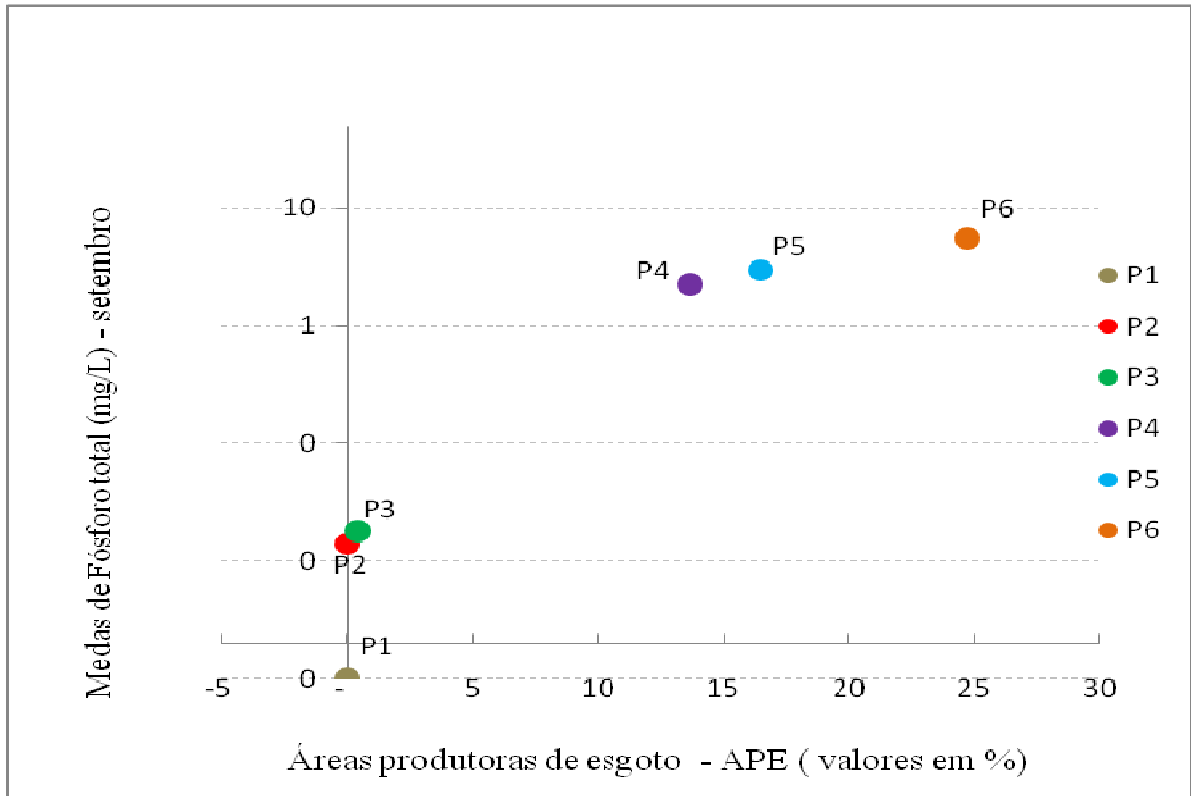


Figura 31. Correlação de medidas de Fósforo total (mg/L) com as classes de ocupação urbana do solo potencialmente produtoras de esgoto, referente ao mês de setembro de 2011

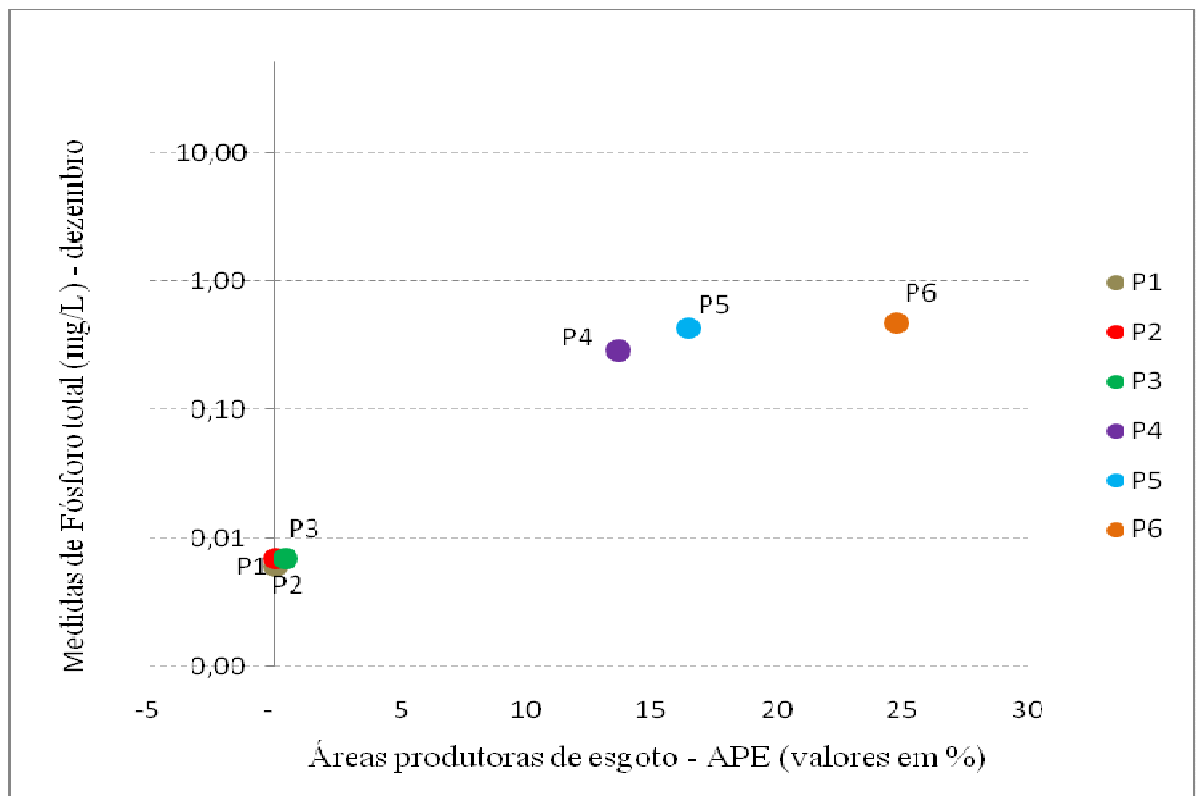


Figura 32. Correlação de medidas de Fósforo total (mg/L) com as classes de ocupação urbana do solo potencialmente produtoras de esgoto, referente ao mês de dezembro de 2011

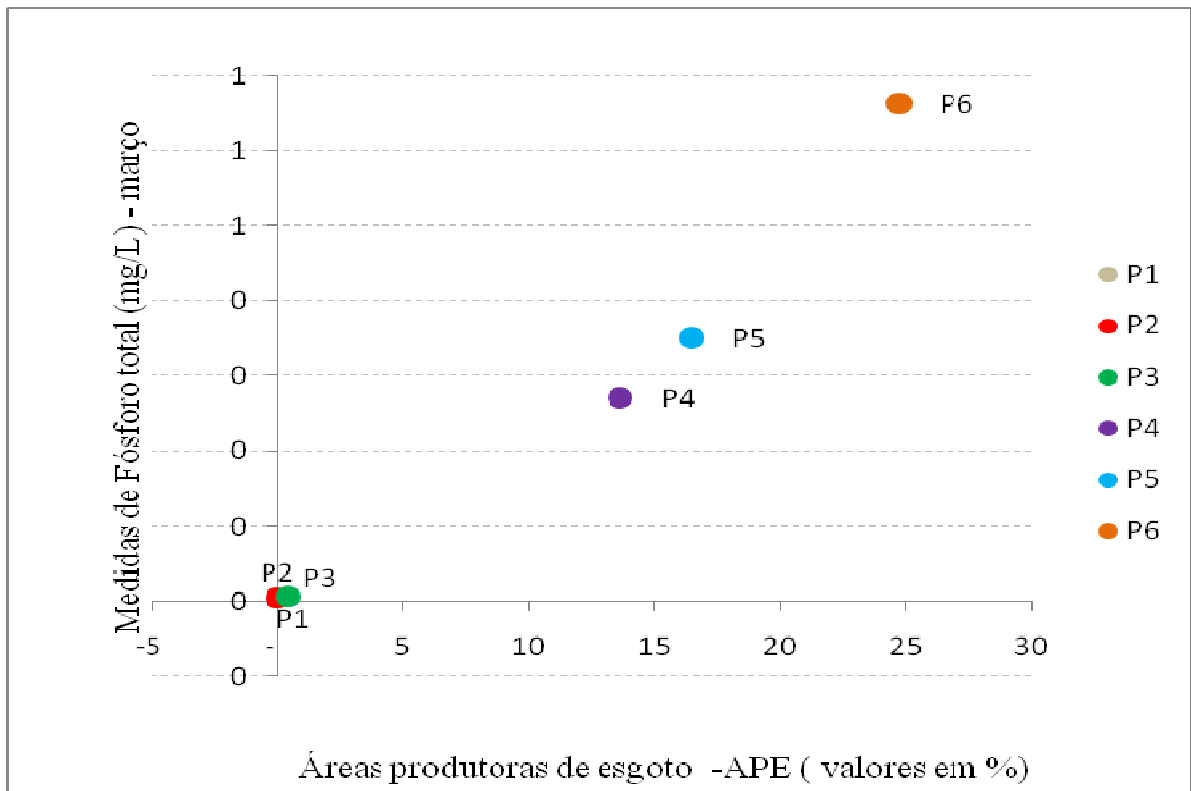


Figura 33. Correlação de medidas de Fósforo total (mg/L) com as classes de ocupação urbana do solo potencialmente produtoras de esgoto, referente ao mês de março de 2012

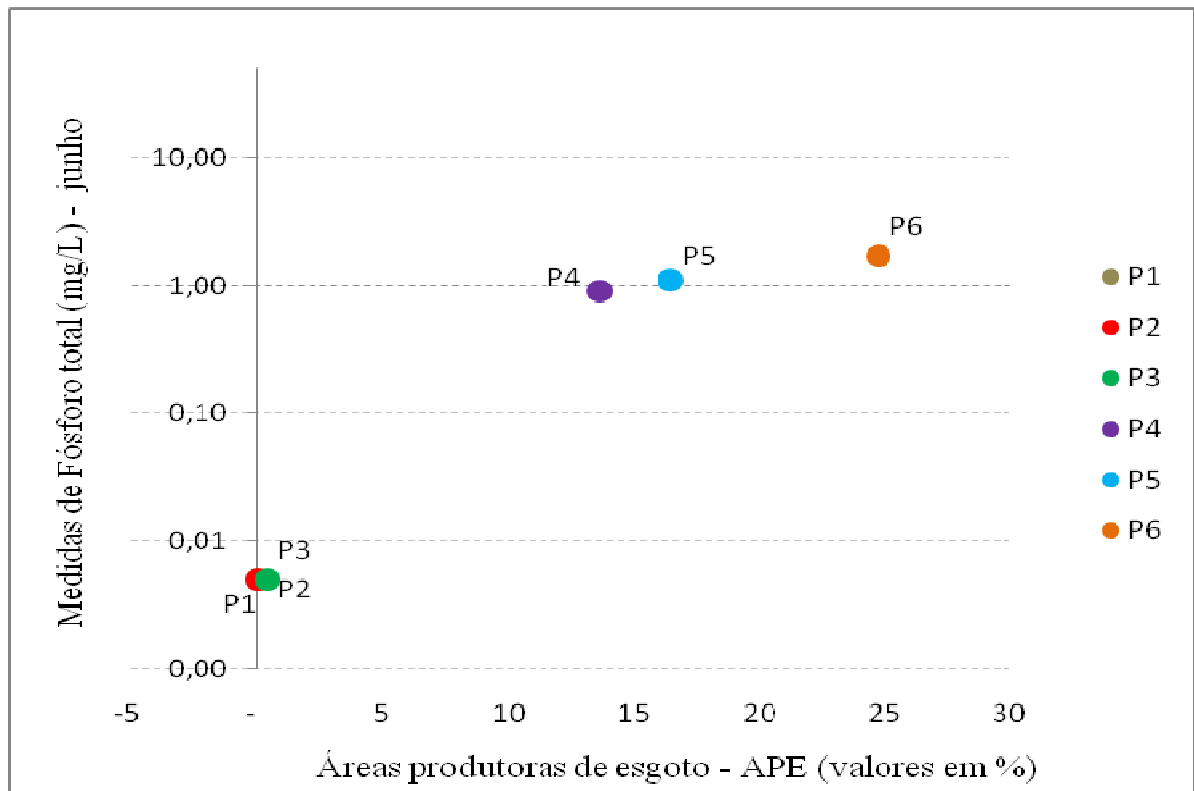


Figura 34. Correlação de medidas de Fósforo total (mg/L) com as classes de ocupação urbana do solo potencialmente produtoras de esgoto, referente ao mês de junho de 2012

4.4 Estado trófico do Córrego Capão da Sombra

As medidas do Fósforo Total nas águas dos pontos de monitoramento permitiram realizar o cálculo do índice de estado trófico ao longo do Córrego Capão da Sombra, no período de setembro de 2011 a agosto de 2012, exclusive o mês de abril, sem medida.

De acordo com os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia para rios e descritos na Tabela 2, constata-se que no Ponto 1, todos os meses, as medidas corresponderam ao estado ultraoligotrófico, com exceção do mês de janeiro em que o estado é oligotrófico, assinalado em verde na Tabela 13. Portanto, pode-se dizer que no Ponto 1, que monitora as águas de nascente, predomina o estado ultraoligotrófico.

	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	MAI	JUN	JUL	AGO
(mgP/m ³)	0,01	0,008	0,007	0,006	0,02	0,007	0,005	0,005	0,005	0,01	0,005
(µg/L)	10	8	7	6	21	7	5	5	5	10	5
IET F	45,90	44,74	44,05	43,25	49,75	44,05	42,30	42,30	42,30	45,90	42,30

No Ponto 2, as águas apresentaram variações do IET ao longo do ano reduzindo o número de meses com estado ultraoligotrófico, em relação às águas do Ponto 1, e apresentando estados oligotróficos (meses de setembro, outubro, janeiro, fevereiro, maio e julho) destacados em verde na tabela 14. Os baixos IETs dos Pontos 1 e 2 devem ser devidos ao fato de não haver ocupação na bacia, a montante, pois estão localizados no Parque Estadual da Cantareira. A diferença entre ambos deve ser devida ao fato do Ponto 1 ser em águas subterrâneas que afloram em nascente e a do Ponto 2 em águas superficiais do córrego.

	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	MAI	JUN	JUL	AGO
(mgP/m ³)	0,014	0,023	0,008	0,007	0,01	0,027	0,005	0,013	0,005	0,018	0,005
(µg/L)	14	23	8	7	14	27	5	13	5	18	5
IET F	47,65	50,23	44,74	44,05	47,65	51,06	42,30	47,26	42,30	48,95	42,30

No Ponto 3, as águas apresentaram, nos meses de setembro, outubro, janeiro, fevereiro, maio e julho, medidas que correspondem ao estado oligotrófico destacadas em verde na Tabela 15, enquanto que nos demais meses, as medidas apontaram um estado

ultraoligotrófico. Observa-se que as águas neste ponto comportam-se da mesma forma que no Ponto 2, inclusive com coincidência dos mesmos estados nos mesmos meses.

	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	MAI	JUN	JUL	AGO
(mgP/m ³)	0,018	0,024	0,01	0,007	0,02	0,027	0,006	0,015	0,005	0,016	0,005
(µg/L)	18	24	10	7	16	27	6	15	5	16	5
IET F	48,95	50,45	45,90	44,05	48,34	51,06	43,25	48,01	42,30	48,34	42,30

No Ponto 4, as águas apresentaram durante o período estudado um IET variável de supereutrófico a hipereutrófico e apenas um mês com IET eutrófico, conforme a Tabela 16, um comportamento totalmente diferente das águas dos 3 pontos anteriores, mostrando a influência do uso do solo.

	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	MAI	JUN	JUL	AGO
(mgP/m ³)	2,26	1,2	1,9	0,28	0,28	0,23	0,27	0,47	0,9	0,47	0,9
(µg/L)	2260	1200	1900	280	280	230	270	470	900	470	900
IET F	74,05	70,76	73,15	63,21	63,21	62,18	63,02	65,90	69,27	65,90	69,27

As águas do ponto 5, apresentaram comportamento semelhante às do Ponto 4, porém, com aumento dos meses com IET hipereutrófico. Coincidentemente o mês de fevereiro apresentou em ambos pontos o Índice mais baixo, eutrófico.

	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	MAI	JUN	JUL	AGO
(mgP/m ³)	2,95	1,18	1,73	0,42	0,37	0,25	0,35	1,67	1,1	0,69	1,1
(µg/L)	2950	1180	1730	420	373	250	350	1670	1100	690	1100
IET F	75,44	70,68	72,66	65,31	64,70	62,62	64,37	72,48	70,31	67,89	70,31

As águas do Ponto 6 apresentam uma intensificação da eutrofização, conforme mostra a Tabela 18. O número de meses com Índice hipereutrófico é maior e não há nenhum mês com IET eutrófico como no ponto anterior.

	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	MAI	JUN	JUL	AGO
(mgP/m ³)	5,56	1,86	3	0,47	0,48	0,37	0,66	1,33	1,71	0,73	1,71
(µg/L)	5560	1860	3000	470	480	370	660	1330	1710	730	1710
IET F	78,73	73,04	75,52	65,90	66,01	64,65	67,66	71,30	72,60	68,18	72,60

Em termos de médias, verifica-se o aumento do IET de montante para jusante, de ultraoligotrófico a hipereutrófico, conforme a Tabela 19.

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
IET F	44,25	46,22	46,6	67,26	68,79	70,56

Ultraoligotrófico
 Hipereutrófico

A Figura 35 apresenta estes resultados médios em forma de gráfico, mostrando a influencia do uso do solo urbano sem esgoto tratado ao longo da bacia.

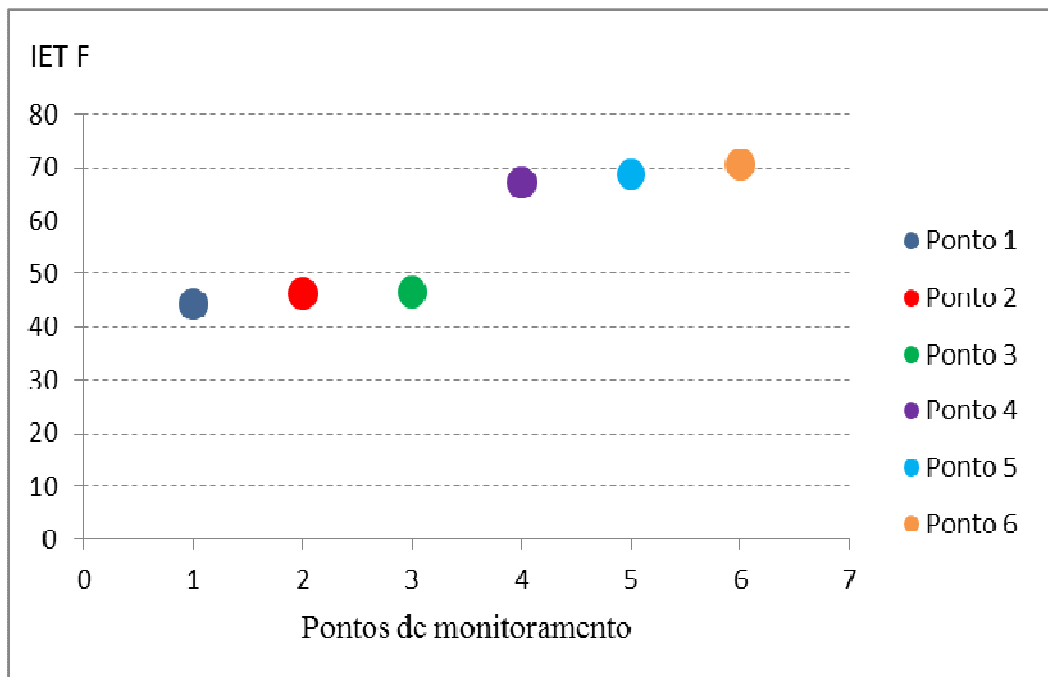


Figura 35. Distribuição do IET das águas dos Pontos de Monitoramento ao longo da bacia.

Este comportamento é semelhante aos dos demais parâmetros analisados, que revelam os dois conjuntos de pontos, que representam as sub-bacias com menos e com mais

áreas ocupadas, portanto com menor e maior quantidade de esgoto doméstico. Este comportamento é revelado pelo gráfico da Figura 36, que correlaciona a área potencialmente produtora de esgoto com os IETs calculados. A tabela 20 apresenta os valores de índice trófico e das APPS de cada ponto monitorado

Tabela 19. IET - Índices de Estado Trófico de cada sub-bacias representadas pelos pontos de 1 a 6 relacionados ao Uso e Ocupação do Solo						
	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5	PONTO 6
IET F	44,25	46,22	46,6	67,26	68,79	70,56
uso do solo				13,65	16,48	24,74

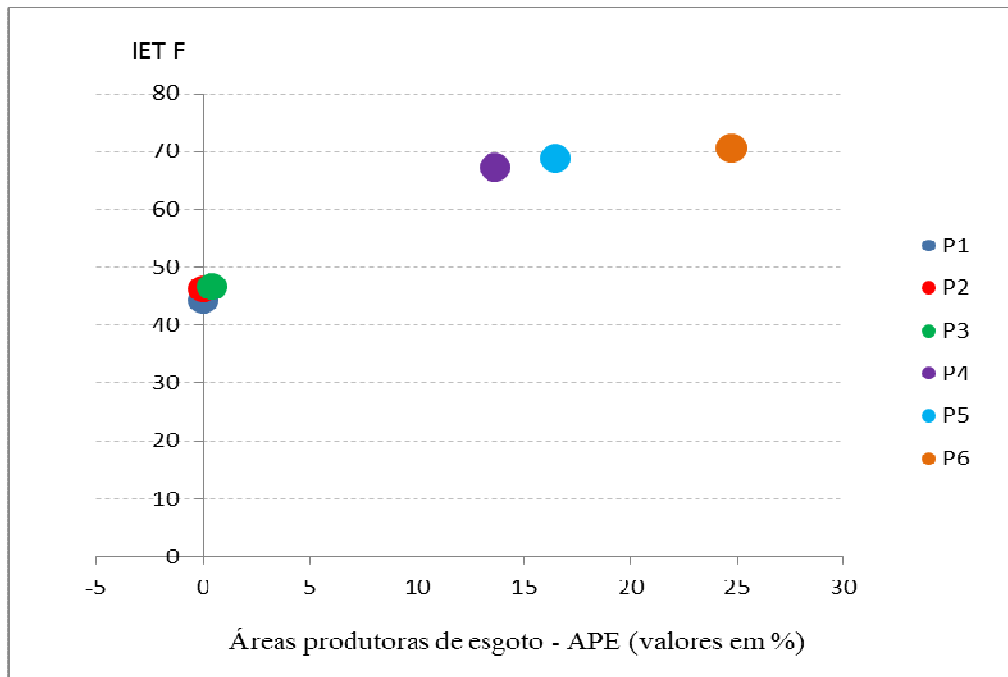


Figura 36 – Correlação dos valores de IET nos pontos de monitoramento e área potencialmente produtora de esgoto nas sub-bacias correspondentes.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos pela pesquisa mostram que os parâmetros utilizados para indicar a contaminação por esgoto doméstico, Fósforo e Microorganismos (*Clostridium Perfringens*, *Escherichia coli* e *Streptococcus sp*) se comportaram como indicadores eficientes.

Tais resultados apontam contaminação crescente de montante para jusante, na medida em que aumentam as áreas urbanas, consideradas potencialmente produtoras de esgoto (APEs).

Dentre os parâmetros analisados o Fósforo revelou um comportamento mais eficiente como indicador das APEs, tendo em vista que as medidas dos microrganismos não ultrapassaram o valor máximo de 1600 NMP, conforme o método laboratorial utilizado, impedindo a correlação acima desse valor. Além disso, o Fósforo permitiu também o cálculo do índice trófico das águas que apresentou comportamento semelhante ao dos parâmetros.

Entretanto, deve-se ponderar que o Fósforo parece não ser sensível a baixos valores de APEs como é o caso do ponto 3, a jusante de empreendimento de recreio, um clube local. Neste caso, o *Escherichia coli* se revelou mais sensível para distinguir as águas do Ponto 3 em relação as dos Pontos 1 e 2.

As análises permitiram constatar que há dois grupos distintos de qualidade de águas que se manifestam nas análises dos parâmetros nos pontos de monitoramento. As análises dos Pontos 1,2 e 3 mostram um estado ultraoligotrófico e as dos Pontos 4, 5 e 6, um estado hipereutrófico. Este comportamento é semelhante aos dos demais parâmetros analisados revelando a forte influência nos Pontos 4, 5 e 6 da presença de APEs crescentes nas sub-bacias monitoradas.

Esta pesquisa também possibilitou constatar o importante papel da mata no serviço ecossistêmico, revelando a boa qualidade da água do Córrego Capão da Sombra na área preservada, correspondente à Mata Atlântica.

Não se pode ignorar que a urbanização sem planejamento, na Região Metropolitana de São Paulo, vem causando intensos impactos no meio ambiente, provocando a degradação dos recursos hídricos, exigindo maiores investimentos em tratamento das águas poluídas, pois as águas cuja qualidade permanece preservada estão cada vez mais distantes dos grandes centros. Essa distância eleva os custos para a captação da água devido ao seu

transporte até o local de consumo, tornado cada vez mais oneroso o processo, seja de captação seja de tratamento.

Assim, esta pesquisa mostra que o córrego Capão da Sombra, como outros córregos da periferia norte de Guarulhos, vem sendo alcançados pela expansão urbana que, sem ocupação adequada, vem sofrendo a degradação das águas contaminadas pelo esgoto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 9648 Rio de Janeiro, 1986.

BAUMGARTEN, M. G. Z.; POZZA, S. A. Qualidade de Águas. Descrição de Parâmetros Químicos referidos na Legislação Ambiental. Rio Grande: Editora da FURG, 2001. BRAGA, Benedito *et al.* **Introdução a Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRAGA, B. et al. Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRANCO, S. M. Poluição: a morte de nossos rios, São Paulo: Editora Edgard Blucher 1983.

BRANCO, S.M. Água: origem, uso e preservação. 2 ed – São Paulo: Moderna, 2003.

BRASIL, Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) Divisão de Concessão de Recursos Hídricos. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. Sistemas de Codificação das Estações Hidrológicas, 1976.

CAMMAROTA M. C. Biotecnologia Ambiental. Notas de Aula - Universidade Federal do Rio de Janeiro: Escola de Química, 2011.

CAMPOS, D. C. INUNDAÇÕES: PROBLEMAS OU FENÔMENOS NATURAIS? A ocupação das várzeas dos principais rios no Alto Tietê e a reprodução deste modelo urbano na Bacia do Rio Baquirivu Guaçu, Guarulhos, 2011.

CETESB, Procedimentos para utilização de testes de toxicidade no controle de efluentes líquidos. São Paulo, 1991.

CETESB. Séries Manuais ATAS. Resíduos sólidos industriais, São Paulo, 1985.179p.

CETESB. Drenagem Urbana: manual de projeto. 3. ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.

CETESB. Relatório de qualidade das águas no estado de São Paulo 1995. São Paulo: Cetesb, 1996.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: 2006. São Paulo: Série Relatórios CETESB, 2007.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: 2006. São Paulo: Série Relatórios CETESB, 2008.

CORAUCCI, F.B. Tratamento de esgotos domésticos no solo pelo método do escoamento superficial. São Paulo, USP, 1991.

CUTOLO, S. A. Reúso de águas residuárias e saúde pública. São Paulo: Annablume; Fapesp, 2009.

DERISIO, J. C. Introdução ao controle de poluição ambiental. 3ª ed. São Paulo: Signus Editora, 2007.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2ª Ed., São Carlos, RiMa, 2005.

EATON, Andrew D; Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association.; American Water Works Association.; Water Environment Federation. Washington, D.C.: APHA-AWWA-WEF, 2005.

IBANEZ, R.: SAAE APOSTA NA CONCLUSÃO DE OBRAS AINDA EM 2012. GUARULHOSWEB, Sua cidade em tempo real, Guarulhos, 25/02/2012, [HTTP://WWW.GUARULHOSWEB.COM.BR/GWEBNOTICIA.PHP?NRNOTICIA](http://www.guarulhosweb.com.br/gwebnoticia.php?nrnoticia), acesso em 13/11,12012

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 4ª Edição. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

LAMPARELLI, M. C. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo : USP/ Departamento de Ecologia., 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

NASCIMENTO, M.S.F.; FERREIRA, O. M., Tratamento de Esgoto Urbano: Comparação de custos e Avaliação da Eficiência, Goiânia, Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental, 2007.

NUVOLARI, A. et al, Esgoto Sanitário. Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola. São Paulo, FATEC-SP, 2003.

NUVOLARI, A., et al. Esgoto Sanitário – Coleta, transporte, tratamento e Reuso Agrícola, São Paulo, Blucher, 2011.

OLIVEIRA, A. M.S. et al. Bases Geoambientais para um Sistema de Informações Ambientais do Município de Guarulhos. Projeto de Pesquisa. Processo FAPESP: 05/57965-1. Relatório Final - 2006 e 2009.

PEREIRA, R.S. Identificação e Caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPHUFGRS. V.1, n.1, p. 20-36. <http://www.abrh.org.br/informações/rerh.pdf>, 2004.

PIASSENTIN, A. M. Índice de Qualidade da água: IQA da bacia contribuinte do Reservatório Tanque Grande, município de Guarulhos, SP. / Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Centro de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Guarulhos. Guarulhos, 2009.

PIVELI, R P.; KATO, M. T. Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Fisico-Químicos. São Paulo: ABES, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 1992.

RIBEIRO, M. L. B., et. al, (org.), Observando o Tietê, São Paulo – SP, Fundação SOS Mata Atlântica, Núcleo União Pró-Tietê, s/d.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. Tratamento de Água – Tecnologia atualizada, 3ª reimpressão – São Paulo, Edgard Blucher LTDA, 2000.

RICKLES, R. E. A economia da Natureza, 5ª Ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2009.

ROQUE, O.C.C. Sistemas alternativos de tratamentos de esgotos aplicáveis as condições brasileiras – Tese (Doutorado em Saúde Pública). Rio de Janeiro, Fundação Oswaldo Cruz-FIOCRUZ, 1997.

SAITO, C. H. Temas relevantes para a problemática dos usos múltiplos de recursos hídricos. In: BRASIL, Ministério do Meio Ambiente /Diretoria de Educação Ambiental. Educação Ambiental: Curso básico a Distância. Brasília: 2001.

RICKLEFS, R. E.. A economia da natureza; Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009 .

SCHIAVETTI, A; CAMARGO, A.F.M, Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações, Ilheus, Ba: Editus, 2002.

SILVA I. R. et al. Uma Contribuição à Gestão Ambiental da Costa do Descobrimento (Litoral Sul do Estado da Bahia): Avaliação da Qualidade Recreacional das Praias, 2003.

SMA, 1998 in SEMINÁRIO Guarapiranga, 2006, Seminário Guarapiranga – solo sagrado, Parelheiros, 30, 31 de maio e 1º de junho 2006

SMEWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 21ª Ed

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (www.snis.gov.br). Água e Esgoto, 2006.

SPERLING, E.V. Qualidade da água em atividade de mineração. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W. V. Ed. Recuperação de Áreas Degradada. Viçosa: Viçosa, 1998.
THOMANN, R. V.; MUELLER, J. A. Principles of surface water quality modeling and control. Harper Internacional Edition, 1987.

TORTORA, G. J.; FUNDE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia, 8 ed., Porto Alegre, Artmed, 2005.

TUCCI, C.E.M. Hidrologia – Hidrologia – ciência e aplicação; Água subterrânea; Gestão dos recursos hídricos; Drenagem de águas subterrâneas; Drenagem urbana; O meio ambiente e os recursos hídricos, EDUSP, 1993.

TUNDISI, J. G. Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez. 2 ed. São Carlos: RiMa, 2003.

TUNDISI, J. G., Água no século XXI: Enfrentamento a Escassez. 2 ed. São Carlos: RiMa, 2005.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2 ed Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

WHATELY, M; DINIZ, L. T. Água e Esgoto na Grande São Paulo – Situação atual, nova lei de saneamento e programas governamentais propostos. São Paulo, Instituto Socioambiental, 2009.

YABE, M.J.S.; GIMENEZ, S.M.N. Caracterização físico-química da água da Bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; SHIBATA, O.; PIMENTA, J.A. (orgs) A Bacia do rio Tibagi. Londrina: Edição dos editores, 2002.