

ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO TANQUE GRANDE, GUARULHOS (SP): ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS ZONAS RURAL E URBANA

Antonio Roberto SAAD¹; Reinaldo Romero VARGAS¹; João Carlos LOPES¹; Regina de Oliveira Moraes ARRUDA¹; William de QUEIROZ¹

(1) Programa de Pós-Graduação em Análise Geoambiental. Universidade Guarulhos / UnG.Praça Tereza Cristina, 229 – Centro. CEP 07023-070. Guarulhos, SP. Endereços Eletrônicos: assad@prof.ung.br; rvargas@prof.ung.br; jclopes@prof.ung.br; rarruda@prof.ung.br; wqguarulhos@gmail.com.

Introdução

Características geoambientais da área de estudo
Eutrofização e Índice de Estado Trófico (IET)
Aspectos microbiológicos
Legislação

Metodologia

Pontos de coleta e análise das amostras
Resultados e Discussão
Considerações Finais
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO - O Índice de Estado Trófico – IET, no sentido utilizado pela CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, tem sido um dos principais parâmetros para averiguar as condições de degradação ambiental de ambientes lóticos e lênticos. Quando se analisa um corpo aquoso para suas múltiplas funções, tais como abastecimento público, irrigação, lazer, dessedentação animal, dentre outras, é comum associar as análises de trofia, por meio do fósforo total e clorofila-a, com as de microrganismos patogênicos. Com base nessas premissas, elegeu-se a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tanque Grande, localizado no município de Guarulhos (SP), para analisar seu Índice de Estado Trófico, em função desse curso d'água ser utilizado para diversos fins, sendo o de abastecimento público o principal deles. Além desse fato, essa bacia contempla áreas rural e urbana do município de Guarulhos, contendo diferentes classes de uso da terra. As análises de fósforo total, efetuadas ao longo de doze meses em sete pontos previamente selecionados, mostraram condições oligotróficas na zona rural, enquanto que na zona urbana predominaram estágios de mesotrofia a hipereutrofia. Paralelamente, as análises de microrganismos patogênicos evidenciaram a presença, nos pontos urbanos amostrados, de *Escherichia coli* em quantidades superiores aos limites máximos permitidos, o que a princípio condena o seu uso para várias das alternativas possíveis, em função da legislação estadual. Detectou-se, também, que a baixa qualidade ambiental urbana é decorrente do fato da inexistência de Estação de Tratamento de Esgotos – ETE.

Palavras-chave: Índice de Estado Trófico, Uso da terra, Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tanque Grande, Município de Guarulhos, Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

ABSTRACT - A.R.Saad, R.R.Vargas, J.C.Lopes. R.de O.M.Arruda e W. de Queiroz. *Trophic State Index of Ribeirão Tanque Grande Hydrographic Basin, Guarulhos (SP): comparative analysis between rural and urban areas.* The Trophic State Index (TSI), in the sense used by Environmental Company of the State of São Paulo (CETESB), has been one of the key parameters to determine the conditions of environmental degradation of lotic and lentic environments. When analyzing a watery body to its multiple functions, such as public water supply, irrigation, recreation, watering animals, among others, is common to associate the trophic analyzes through the total phosphorus and chlorophyll-a, with pathogenic microorganisms. Based on these assumptions, the Ribeirão do Tanque Grande hydrographic basin was elected, located in the municipality of Guarulhos (SP), to analyze its Trofic Stage Index, due to this stream be used for various purposes, being the public water supply the main one. Besides this fact, this hydrographic basin includes rural and urban areas of the municipality of Guarulhos, containing different classes of land use. The analyzes of total phosphorus performed over twelve months in seven points previously selected showed oligotrophic conditions in rural areas, while, in urban areas, the predominated mesotrophic to hipereutrophic stages. In parallel, analysis of pathogenic microorganisms showed the presence, in urban points sampled, of *Escherichia coli* in quantities exceeding the maximum allowable limits, which, in turn, condemns its use for various possible alternatives, depending on state law. It also turned out that poor urban environmental quality is due to the fact of lack of Sewage Treatment Station (STS).

Keywords: Trophic State Index, Land use, Ribeirão Tanque Grande Hydrographic Basin, Municipality of Guarulhos, Metropolitan area of São Paulo.

INTRODUÇÃO

Historicamente, a bacia hidrográfica tem sido adotada como uma unidade territorial preferencial para os estudos, planejamento, gestão e gerenciamento dos recursos hídricos, pois possibilita uma perfeita interação entre as características de seus meios físico e biótico com as várias formas de usos da terra, assim como dos recursos naturais, dos quais os hídricos se destacam (Machado & Torres, 2012).

A crescente demanda para todos os usos da água (pesca, irrigação, geração de energia elétrica, abastecimentos público e industrial, e lazer) possibilitou, nas últimas décadas, a elaboração de políticas e legislações específicas, ao mesmo tempo em que consagraram a bacia hidrográfica como unidade de planejamento. Esse é o caso, por exemplo, da Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (Lei das Águas), que estabeleceu a bacia hidrográfica como sendo a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SNGRH (Machado & Torres, 2012). Dessa forma, percebe-se que o conceito de bacia hidrográfica se amplia e se consolida como unidade preferencial de estudo.

Nas últimas décadas, o Brasil teve um desenvolvimento socioeconômico significativo, com expressivo crescimento demográfico o que conduziu à formação de regiões metropolitanas. Nessas megalópoles, as expansões urbana e industrial implicaram num aumento da demanda por recursos hídricos. Como consequência, originaram-se diferentes tipos de

impactos ambientais, tais como os da poluição resultante do lançamento de efluentes (industriais e/ou domésticos) *in natura* nos corpos d'água (Tucci, 2008, 2010).

Mota (1988) chama a atenção para o fato de que nas propostas de gestão dos recursos hídricos deve ser dispensada importância especial ao uso da terra, com o objetivo de impedir, previamente, a deteriorização da saúde ambiental de um corpo de água. Como se pode depreender, a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental de uma bacia hidrográfica torna-se um fato relevante, pois ao se analisar as modificações na sua paisagem natural, verifica-se uma relação íntima entre elas e o processo histórico de uso e ocupação da terra (Tucci, 2005; Galli & Abe, 2010).

Características geoambientais da área de estudo

Guarulhos encontra-se inserido em duas grandes bacias hidrográficas: a do Alto Tietê e a do Paraíba dos Sul, sendo que a primeira ocupa 81% do município, com uma área de 259 km². Nela, verificam-se quatro bacias hidrográficas, das quais a do Baquirivu Guaçu, com área aproximada de 149 km² (46,6% do território municipal), é a maior delas (Tabela 1). Esta, por sua vez, é constituída por vários contribuintes, sendo que as localizadas em sua margem direita têm suas cabeceiras originadas em áreas de relevos mais dissecados e declivosos, com canais fluviais em padrão dentrítico (Figura 1), de acordo com Andrade et al. (2008).

Tabela 1. Principais bacias hidrográficas encontradas no município de Guarulhos.

Bacias Hidrográficas	Área aproximada	% aproximada	
Alto Tietê	Baquirivu Guaçu	149 km ²	46,6
	Cabuçu de Cima	49 km ²	15,3
	Central	33 km ²	10,3
	Tietê	28 km ²	8,7
Paraíba do Sul	Jaguari	61 km ²	19,1

Fonte: Modificado de Andrade et.al. (2008).

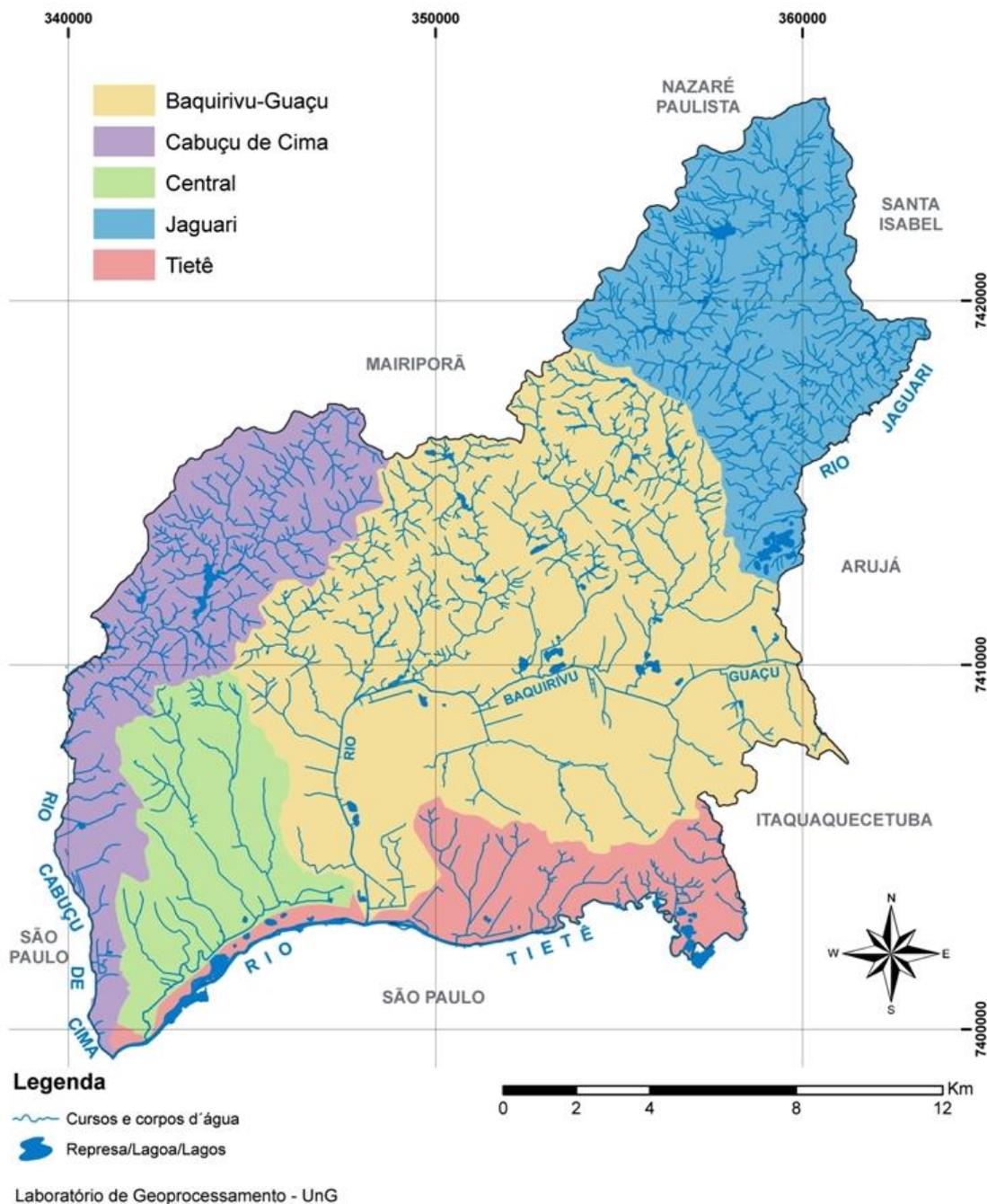


Figura 1. Mapa das Bacias Hidrográficas de Guarulhos (Andrade et al., 2008)

O Ribeirão Tanque Grande, objeto da presente análise geambiental, faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu Guaçu e localiza-se em sua margem direita (Campos, 2011). Segundo o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, Econômico e Social do município de Guarulhos – PDMG (2004), o município contempla zonas urbana e rural, sendo que nessa última encontram-se as áreas

de proteção ambiental. Na área de estudo, tem-se exatamente essa situação: a zona rural contém a Área de Proteção Ambiental Cabuçu – Tanque Grande – APA municipal criada pela lei nº 6.798 de 2010; no terço inferior da bacia, verifica-se a zona urbana que ocupa aproximadamente 27% da área da bacia (Figura 2).

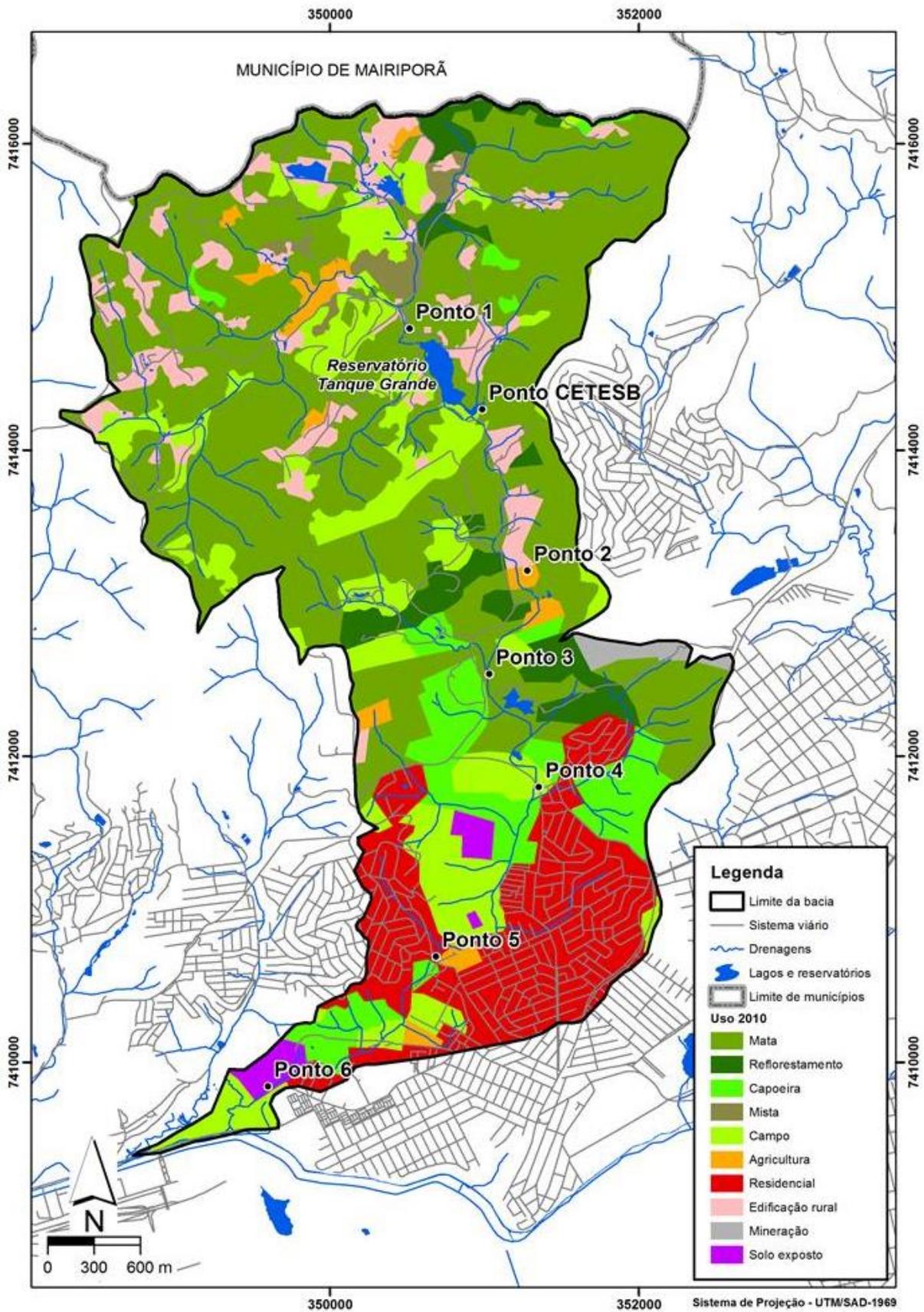


Figura 2. Mapa do uso da terra com respectivos pontos de coleta (atualizado de Oliveira et al., 2009).

Conforme pode ser observado na Figura 3, as classes de uso da terra predominantes na zona rural (11,35 km²) são as matas, os campos

e as edificações rurais; na zona urbana (4,30 km²) têm-se as classes residenciais, campo e capoeira (Figura 4).

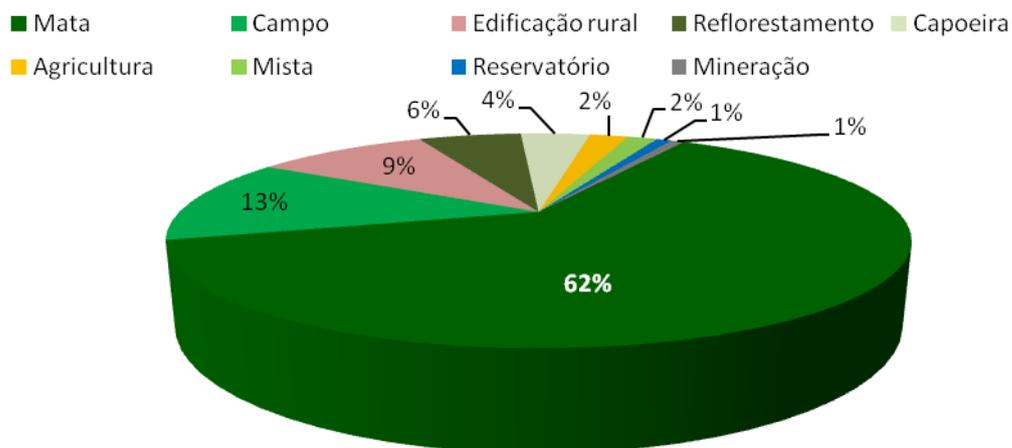


Figura 3. Composição do uso da terra na zona rural da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tanque Grande

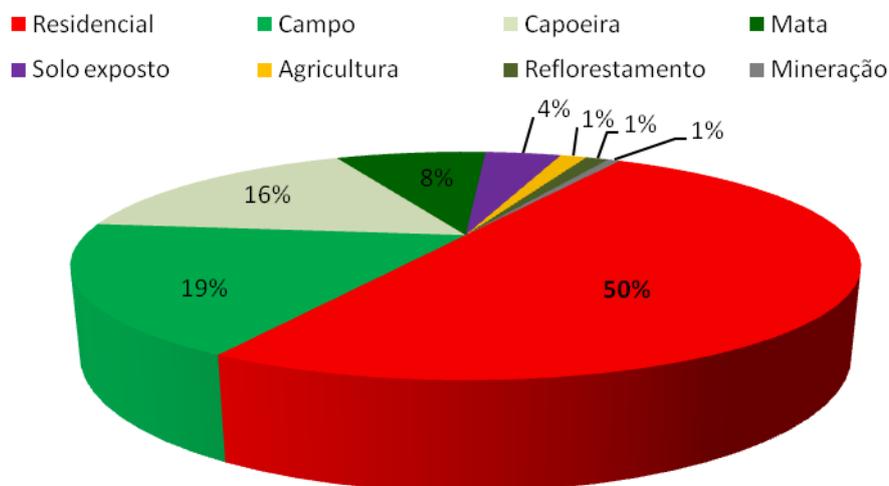


Figura 4. Composição do uso da terra na zona urbana da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tanque Grande

No que se refere ao meio físico, na Bacia do Ribeirão do Tanque Grande valem as seguintes considerações, de acordo com Oliveira et al. (2009), sumarizadas no Quadro 1:

1. A área da bacia em avaliação é de 16,0 km²;
2. O desnível é de 730 – 1120m;
3. A declividade do rio principal é de 5,8%;
4. O comprimento do talvegue do rio principal é de 6.153m;
5. Nessa bacia destacam-se três compartimentos geomorfológicos

predominantes: as planícies aluvionares constituídas de sedimentos quaternários na porção sul; as colinas formadas por sedimentos terciários, na parte central; e os morros e montanhas constituídas por rochas metamórficas e ígneas pré-cambrianas na parte norte;

6. De um modo geral, possui uma rica rede de drenagem, coincidentes com as rochas cristalinas, caracterizada por um padrão de drenagem dentrítico, com canais encaixados,

fortemente condicionados por estruturas tectônicas, com altas energias de escoamento, propiciando maiores condições de escoamento

superficial. Na área sedimentar verifica-se padrão de drenagem subparalelo, com vales mais amplo e menor energia de escoamento.

Quadro 1. Características do meio físico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tanque Grande.

ZONA	CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO	
	Formas de Relevo	Tipos Litológicos
RURAL	• Montanhas e morros com cotas superiores a 1000m	• Predomínio de rochas metamórficas (filitos; formação ferrífera); ígneas (granitos); sedimentos aluvionares.
	• Morros altos com cotas superiores a 900m	
	• Morrotes	
	• Planícies fluviais restritas	
URBANA	• Morros baixos	Metassedimentos (filitos).
	• Morrotes	Sedimentos clásticos (arenitos grossos a finos; argilitos); sedimentos aluvionares.
	• Colinas pequenas	
	• Planícies fluviais amplas e restritas	

Fonte: Oliveira et al. (2009).

Com relação aos aspectos climáticos, a região é caracterizada como sub-tropical úmido, com chuvas médias anuais de 1.470mm, temperatura média anual entre 17°C a 19°C; a média do mês mais frio é de 15°C, enquanto que nos meses de verão varia entre 23°C e 24°C (Oliveira et al., 2009). Ainda, de acordo com esses autores, os ventos dominantes são de

sudeste-noroeste. Como característica marcante, no que se refere à pluviosidade, o clima apresenta um inverno seco e um verão chuvoso, com influência da unidade oceânica e frente frias antárticas. A Tabela 2 ilustra os dados pluviométricos do município de Guarulhos ao longo dos anos de 2011 e 2012.

Tabela 2. Índices Pluviométricos de Janeiro de 2011 à Outubro de 2012 (mensalmente).

MÊS	2011			2012		
	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)			PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)		
	TOTAL	MAX	DIAS	TOTAL	MAX	DIAS
JAN	491,1	101,4	24	285,0	36,8	23
FEV	285,4	74,1	15	241,2	48,2	17
MAR	226,9	108,9	17	151,8	47,8	11
ABR	137,7	31,0	11	109,8	24,2	13
MAI	25,2	17,0	07	66,0	29,9	08
JUN	63,4	27,2	04	208,9	38,4	11
JUL	04,5	04,0	03	69,1	28,1	07
AGO	40,8	19,2	11	00,7	00,6	02
SET	06,6	05,2	03	19,9	07,1	05
OUT	149,2	32,9	12	111,2	19,8	11
NOV	104,4	31,3	09			
DEZ	157,1	65,1	14			

Fonte: Estação Agroclimatológica nº83075. Estação Universidade Guarulhos – UnG / Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

Eutrofização e índice de estado trófico (IET)

O processo de eutrofização é um problema mundial que atinge lagos, represas, rios e águas costeiras de todo o planeta (Pinto-Coelho et al., 2005). Em razão da eutrofização, muitos reservatórios e lagos no mundo já perderam sua

capacidade de abastecimento, de manutenção da vida aquática e de recreação. Vários trabalhos apontam para a gravidade do problema, como por exemplo, Sakamoto (1966); Brylinsky & Mann (1973); Dillon & Rigler (1974); Vollenweider (1976); Canfield

& Bachmann (1981); Prairie et al. (1989); Dodson, et al. (2000); Masson et al. (2000).

Entretanto, além de causar desequilíbrios significativos como o superpovoamento de algas microscópicas, a eutrofização pode ser benéfica, uma vez que é capaz de aumentar a produtividade primária, tornando o sistema ideal para a presença de consumidores, como zooplânctons, moluscos, crustáceos e peixes (Pádua, 2000).

Os danos à saúde humana e o aumento exagerado dos custos do tratamento da água são algumas das consequências econômicas mais severas e problemáticas da eutrofização. Segundo Esteves (2011), dentre os principais efeitos da eutrofização na água, citam-se a produção de macrofitas aquáticas, aflorações de algas, inclusive cianobactérias, produção de toxinas na água, variação da concentração de oxigênio dissolvido na água, emissão de odores para a atmosfera, mortalidade de peixes, mudanças na biodiversidade aquática, modificações na qualidade e quantidade de peixes, e contaminação da água destinada ao abastecimento público. A eutrofização dos

corpos d'água provoca ainda o entupimento dos sistemas de filtragem e deficiência nas etapas de decantação e floculação das estações de tratamento de água, confere gosto e odor às águas de abastecimento público, reduz o fluxo de entrada de água em usinas hidroelétricas, inviabiliza a navegação e impede o uso para recreação.

O IET – Índice do Estado Trófico tem por finalidade classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia a partir da avaliação da qualidade da água de um determinado corpo hídrico quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou aumento da infestação de macrófitas aquáticas, conforme pode ser visto no Quadro 2 (Cetesb, 2009). O cálculo do IET (PT) – Índice do Estado Trófico para o fósforo total em ambientes lóticos, condição na qual se enquadra o Ribeirão Tanque Grande, baseia-se na seguinte equação para rios:

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2)) - 20$$

Onde o fósforo total (PT) é expresso em $\mu\text{g.L}^{-1}$.

Quadro 2. Classificação do Estado Trófico – Rios.

categorias (Estado Trófico)	Valores de IET	Características
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$	Corpos de água limpos, produtividade muito baixa e concentrações de nutrientes insignificantes. Não prejudicam os usos da água.
Oligotrófico	$47 < \text{IET} \leq 52$	Corpos de água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$	Corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, em níveis aceitáveis na maioria dos casos.
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$	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 interferência nos seus múltiplos usos.
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$	Corpos de 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.
Hipereutrófico	$\text{IET} > 67$	Corpos d'água afetados significativamente por elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento dos usos, associado a episódios de florações de algas e mortalidades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: CETESB (2009).

Aspectos microbiológicos

A caracterização microbiológica de qualidade das águas tem importância preponderante para o saneamento básico, assim como as variáveis físicas e químicas, tanto para a avaliação do desempenho dos sistemas de tratamento de esgotos, interpretação dos processos de autodepuração dos cursos d'água e identificação de fontes poluidoras com características biológicas, uma vez que nesses processos os microrganismos são os responsáveis pela conversão da matéria orgânica em matéria inorgânica, quanto na obtenção da eficiência dos sistemas de tratamento de água e na verificação da integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede), cuja presença de coliformes pode indicar contaminação fecal e potencial de contaminação por agentes patogênicos.

Pode-se, desta forma, afirmar que a função fundamental das variáveis microbiológicas é a determinação da potencialidade de uma água transmitir doenças, através dos seus diversos usos (potabilidade, balneabilidade, esporte, lazer, irrigação, etc.), o que pode ser obtida de forma indireta usando-se organismos indicadores de contaminação fecal, principalmente aqueles pertencentes ao grupo coliformes (Von Sperling, 2005). O grupo dos coliformes termotolerantes compreende o gênero *Escherichia* e, em menor grau, espécies de *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. O ensaio para determinação da concentração dos coliformes termotolerantes presentes no meio analisado é realizado à elevada temperatura, pois, pretende-se nessa condição eliminar a presença das bactérias não fecais mantendo-se nas amostras analisadas somente as bactérias coliformes termotolerantes, as quais se reproduzem ativamente a 44,5 °C e são capazes de fermentar carboidratos.

A bactéria *Escherichia coli* tem destacada importância no grupo dos coliformes termotolerantes. Esse microrganismo está presente nos esgotos brutos, nos efluentes líquidos tratados e nas águas naturais contaminadas por dejetos humanos, atividades agropecuárias e animais. O emprego da bactéria *Escherichia coli* como indicador mostra-se extremamente interessante, pois, o resultado analítico obtido corresponde à contaminação

exclusivamente fecal, o que não prevalece com as determinações de coliformes totais e de coliformes termotolerantes.

Legislação

Segundo Decreto nº 10.755 de 22 de novembro de 1977 (Brasil, 1977) que dispõe sobre o enquadramento dos corpos d'água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976 têm-se os seguintes enquadramentos para a área de estudo (Figura 2):

- Reservatório do Tanque Grande e todos os seus afluentes até a barragem no Município de Guarulhos – classe 1;
- Rio Baquirivu Guaçu e todos os seus afluentes, com exceção do Reservatório do Tanque Grande e seus afluentes, até a confluência com o Rio Tietê, no Município de Guarulhos – classe 3.

Segundo Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005), o teor de fósforo total para ambiente lótico é 0,1 mg.L⁻¹ para corpos d'água classe 1 e, 0,15 mg.L⁻¹ para classe 3.

No que se refere aos aspectos microbiológicos, a legislação brasileira aplica a concentração de coliformes fecais como padrão para qualidade microbiológica de águas superficiais destinada ao abastecimento público, recreação, irrigação e piscicultura, e as concentrações de coliformes totais e de *Escherichia coli* como padrões de potabilidade, conforme Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005).

Na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tanque Grande, do ponto de vista de zoneamento municipal, encontram-se zonas rurais e urbanas, que evidenciam diferentes formas de uso da terra, as quais podem representar focos alteradores da qualidade da água dos cursos fluviais (Von Sperling, 2005). Esta bacia foi selecionada para investigação do estado trófico de suas águas em função do uso e ocupação da terra, pelas seguintes razões:

- Abranger em seu curso fluvial tanto áreas rurais como urbanas, portadoras de diferentes atividades antrópicas;
- Abrigar o Reservatório Tanque Grande, em sua porção montante, cujas águas são utilizadas para abastecimento público de parte da população guarulhense;
- Possuir um ponto de monitoramento da qualidade da água bruta do Reservatório

Tanque Grande desde 1983, cuja responsabilidade é da CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo;

- Inserir-se, parcialmente, na Área de Proteção Ambiental – APA Cabuçu Tanque Grande;
- Contemplar bairros em sua zona urbana que, por não disporem de Estação de Tratamento de Esgoto – ETE têm suas águas

residuais lançadas diretamente em seus tributários.

Adota-se como premissa, que o nível de eutrofização estaria associado ao uso da terra, em cada um dos tributários que compõem a bacia hidrográfica pesquisada. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar e diagnosticar, num ciclo anual, o estágio de eutrofização em que se encontram as águas superficiais do Ribeirão Tanque Grande.

METODOLOGIA

Pontos de coleta e análise das amostras

Durante um ano foi monitorado um total de seis pontos, conforme ilustrado na Figura 2, acrescentando-se a estes, o ponto de monitoramento da CETESB, localizado no corpo terminal do reservatório.

Os pontos de amostragem e suas coordenadas UTM encontram-se descritos a seguir:

- Ponto 1: Montante do Reservatório Tanque Grande (350450,25 E; 7414757,58 N);
- Ponto CETESB: Ponto de captação do Reservatório Tanque Grande (350927,58 E; 7414227,77 N);
- Ponto 2: Zona Rural – Agrícola (351210,62 E; 7413193,66 N);
- Ponto 3: Zona Rural - Mata Nativa (351015,48 E; 7412525,40 N);
- Ponto 4: Zona Urbana - Jardim Vila Rica (351306,76 E; 7411741,47 N);

- Ponto 5: Zona Urbana – Parque Santos Dumont (350637,29 E; 7410647,28 N);

- Ponto 6: Zona Urbana - Bairro São João (349626,95 E; 7409860,88 N).

As coletas foram realizadas mensalmente para os pontos 1 a 6, totalizando um período de doze meses (agosto/2011 a julho/2012) para as análises de fósforo total (PT). As análises microbiológicas foram realizadas nos pontos 4 e 6, nos meses de outubro de 2011 e janeiro / abril / julho de 2012. As amostras de fósforo total (PT) e de *Escherichia coli* foram coletadas e preservadas de acordo com procedimento descrito no manual da CETESB (2003), e analisadas seguindo metodologias estabelecidas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th Ed. Method* (APHA, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das análises de fósforo total calcularam-se os valores do Índice de Estado Trófico para o fósforo total (IET PT) destes corpos hídricos, conforme pode ser observado na Figura 5. Cabe destacar que o ponto da CETESB encontra-se entre os pontos 1 e 2 analisados neste trabalho. O valor médio de IET considerado pela CETESB, para o ano de 2011/2012, foi 50. Os aspectos microbiológicos da água também foram analisados para os pontos 4 e 6, durante quatro meses do ano, conforme apresentado na Tabela 3.

A análise e interpretação dos dados anuais obtidos para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tanque Grande, ao longo dos seis pontos de

amostragens, em conjunto com o ponto de monitoramento da CETESB, devem ser realizadas à luz da classificação do corpo aquoso principal e relacioná-las com os usos previstos pela legislação pertinente.

De acordo com o Decreto nº 10.755 de 22 de Novembro de 1977, têm-se:

1. Os pontos 1 e o da CETESB localizam-se na zona rural e são enquadrados como classe 1;
2. Os pontos 2 e 3 localizam-se na zona rural e são enquadrados como classe 3, e
3. Os pontos 4, 5 e 6 localizam-se na zona urbana e são enquadrados como classe 3.

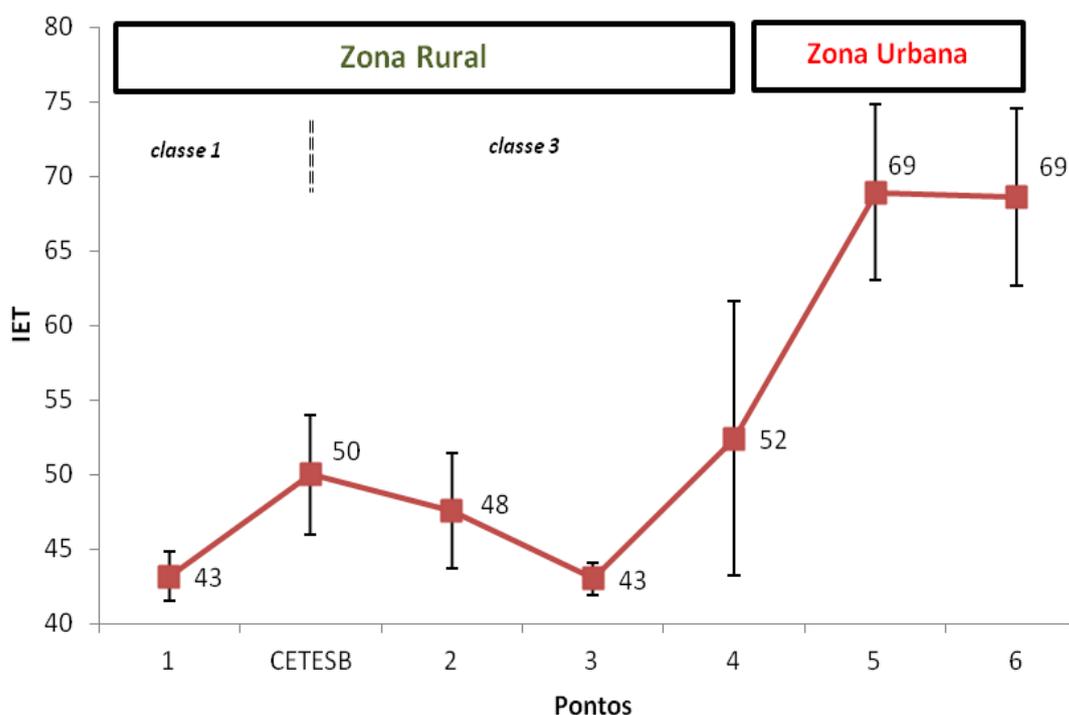


Figura 5. Valores médios do IET ao longo do trecho analisado do Ribeirão Tanque Grande.

Tabela 3: Valores microbiológicos (*E. coli*) obtidos ao longo dos meses analisados (NMP/100mL)

MÊS	OUT (2011)	JAN (2012)	ABR (2012)	JUL (2012)
Ponto 4	>16.000	>16.000	>16.000	>5.400
Ponto 6	>16.000	>16.000	>16.000	>16.000

Quando se analisa o gráfico exibido na Figura 5, observa-se que a partir do ponto 1 (montante do Reservatório Tanque Grande) até o ponto 6 (exutório, próximo ao Rio Baquirivu Guaçu), há um aumento das condições da eutrofização, isto é, passa-se do estágio ultraoligotrófico a hipereutrófico, conforme classificação do IET (Cetesb, 2009), expressa no Quadro 3. O ponto de inversão é o de número 4, exatamente na passagem da zona rural para a urbana. Nele verificam-se condições de mesotrofia, associada à presença de *E. coli*. A degradação do corpo aquoso é evidenciada em direção aos pontos 5 e 6, como acima mencionado, corroborada pela presença de *E. coli*.

A razão dessas condições ambientais verificadas na área urbana deve-se muito provavelmente à falta de saneamento básico. Situação similar também foi encontrada em outras áreas da Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu Guaçu, como por exemplo, por Martinez (2012), em seu alto curso (município de Arujá), e por Porto (2013), no Córrego Capão de Sombra, no município de Guarulhos.

Dessa forma, a utilização da água do Ribeirão Tanque Grande, em seu trecho urbano – pontos 4,5 e 6 fica comprometida. Especula-se seu uso inadequado na irrigação das verduras e hortaliças vendidas em chácaras localizadas junto ao ponto 5 (Figura 6).

(A)



(B)



Figura 6. Zona Urbana – Parque Santos Dumont - ponto 5 (350637,29 E / 7410647,28 N). (A)-vista aérea, (B) Local de coleta.

Ressalta-se que na área urbana consolidada, referente aos pontos 5 e 6, tem-se a impermeabilização do solo, nos quais durante o período intenso de chuvas observam-se menores valores para o fósforo devido a diluição das águas. Ao contrário, os valores maiores de fósforo associam-se aos períodos de menor pluviosidade segundo análise de pluviosidade no período (Tabela 2). Para a zona rural, tal relação não pode ser observada, pois os valores de fósforo obtidos evidenciam um ambiente ecologicamente equilibrado, em que os pontos analisados poderiam perfeitamente serem enquadrados na classe 1.

Na zona rural, as condições ambientais do Reservatório Tanque Grande foram pesquisadas anteriormente por Ayres (2007), Oliveira (2008), Piasentin (2009) e Silva (2009). Os três primeiros autores são unânimes ao afirmarem que o maior problema desse reservatório é a

presença em quantidade indesejável de coliformes fecais, provenientes das criações de animais em sua bacia contribuinte, incluindo suas margens (Figura 7). Essas condições se agravam nas épocas das chuvas, em função das características geomorfológicas dessa porção da bacia. Em razão das condições de altas declividades, há um maior escoamento das águas em comparação com sua infiltração no solo.

Piasentin (2009) constatou, também, a presença de valores anômalos de fósforo em pontos localizados a montante do reservatório, nas épocas mais chuvosas. De acordo com a autora, este comportamento pode ser atribuído à intensificação das atividades nos pesqueiros durante o verão, pois a ração e a ceva utilizadas para os peixes contêm uma concentração relativamente alta de fósforo.



Figura 7. Pastagem de gado às margens do Reservatório Tanque Grande.

Com relação ao ponto 3, os valores obtidos surpreenderam positivamente. Nesse sentido, pode-se afirmar que, no período analisado, esse ponto satisfaz às condições exigidas para corpos aquosos inseridos na classe 1, apesar de estar contemplado na classe 3. Infere-se que as

razões para esse comportamento encontrado pode estar associado a um conjunto de fatores: processo de autodepuração, declividade menos acentuada, mata preservada e tributário com água extremamente limpa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com Braga (2003), no período Antropoceno, as cidades são as construções humanas que provocam os maiores impactos em nosso planeta. O uso urbano contribui, significativamente, para a descarga de agentes poluidores em nossos ambientes lênticos e/ou lóticos. Além disso, o avanço da urbanização em direção ao meio natural, quando efetuado de modo desordenado, tem causado a degradação progressiva das áreas de mananciais e florestas remanescentes.

Com efeito, ainda nas áreas urbanas, de nosso país, constata-se que 70 milhões de brasileiros sofrem com a falta de saneamento básico. Os setores de infraestrutura dos estados e municípios brasileiros têm um grande passivo em relação ao tratamento de esgotos. Em decorrência da falta de saneamento adequado, geram-se problemas ambientais, incluindo os de saúde pública (Confalonieri et al., 2010).

O município de Guarulhos não foge dessa realidade, em especial a Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu Guaçu, a maior em área do município (Martinez, 2012). No caso da Bacia

Hidrográfica do Ribeirão Tanque Grande, ao longo do perfil analisado, a sua área rural encontra-se, ainda, relativamente preservada, pela presença do Reservatório Tanque Grande e por se tratar de uma Área de Proteção Ambiental (pontos 1 e CETESB); os pontos 2 e 3 mantêm suas qualidades ambientais, em função, principalmente, da presença de mata preservada na porção intermediária desse corpo aquoso. No ambiente rural a análise do fósforo reforça que esta porção da bacia hidrográfica encontra-se em um ambiente ecologicamente equilibrado, tendo em vista que os valores encontrados evidenciam pequeno desvio padrão e situam-se abaixo do valor máximo permitido pelo CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005).

Ao se adentrar na zona urbana (pontos 4, 5 e 6), as condições ambientais começam a se alterar para estágios de eutrofização. Nos pontos 5 e 6, o IET alcança níveis de hipereutrofização, atribuídos à ausência de infraestrutura básica de saneamento. Nesse caso, reforça-se a necessidade da construção de, pelo menos, uma Estação de Tratamento de

Esgoto – ETE, no trecho final desse tributário, antes de sua confluência com o Rio Baquirivu Guaçu. É importante também que a mancha

urbana não se desloque rumo norte, para preservar as condições ambientais satisfatórias verificadas na zona rural.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a pesquisadora Adriana Miola Piasentin pelas sugestões apresentadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA-AWWA-WPCF; **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**, 21st ed.; Washington, 2005.
2. ANDRADE, M. R. M.; OLIVEIRA, A.M.S.; QUEIROZ, W.; SATO, S.E.; BARROS, E.J.; BRAGATTINI, G.; ALEIXO, A.A. **Aspectos Fisiográficos da Paisagem Guarulhense**. In: OMAR, E. E. H. (org.). *Guarulhos tem História: questões sobre a história natural, social e cultural*. São Paulo: Ananda, 2008.
3. AYRES, F. M. **Diagnóstico da Qualidade da Água do Reservatório do Tanque Grande, Município de Guarulhos, Estado de São Paulo, no Período Compreendido entre 1990 e 2005**. 2007. 119 p. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental). Universidade Guarulhos.
4. BRAGA, R. **Planejamento Urbano e Recursos Hídricos**. In: BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. C. *Recursos Hídricos e Planejamento Urbano e Regional*. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal – IGCE-UNESP, 2003. p. 113-127.
5. BRASIL. **Decreto nº 10.755 de 22 de novembro de 1977**. Disponível em <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/Decreto%20n%C2%BA%2010.755%20de%2022%20de%20novembro%20de%201977.pdf>. Acessado em 25abr2013.
6. BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acessado em 25abr2013.
7. BRYLINSKY, M. & MANN, K. H. **An Analysis of Factors Governing Productivity in Lakes and Reservoirs**. *Limnology and Oceanography*, v.18, p. 1 – 14, 1973.
8. 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, SP**. 2011. 224 p. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) Universidade Guarulhos.
9. CANFIELD, D. E. & BACHIMANN, R. W. **Prediction of Total Phosphorus Concentrations, Chlorophyll-a and Secchi Depths in Natural and Artificial Lakes**. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, v.38, p.414 – 423, 1981.
10. CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Coleta e Preservação de Amostras de Água**. São Paulo: CETESB, 2003, 53p.
11. CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**, 2009. São Paulo: CETESB.
12. CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**, 2012. São Paulo: CETESB, 2012.
13. CONFALONIERI, U.; HELLER, L.; AZEVEDO, S. **Água e Saúde: aspectos globais e nacionais**. In: BICUDO, C.E.M.; TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTHUL, M.C.B. *Águas do Brasil: análises estratégicas*. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. p. 27-42.
14. DILLON, P. J. & RIGLER, F. H. **The Phosphorus-Chlorophyll Relationship in Lakes**. *Limnology and Oceanography*, v.19, p. 767 – 773, 1974.
15. DODSON, S. I.; ARNOTT, S. E.; COTTINGHAM, K. L. **The Relationship in Lake Communities Between Primary Productivity and Species Richness**. *Ecology*, v.81, p.2662 – 2679, 2000.
16. ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3^a ed. São Paulo: Interciência, 2011.
17. GALLI, C. C. & ABE, D.S. **Disponibilidade, Poluição e Eutrofização das Águas**. In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUEWSTUHL, M. C. B. (orgs.). *Águas do Brasil: análises estratégicas*, p.165-178, 2010.
18. MACHADO, P. J. O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à Hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
19. MARTINEZ, S. S. **Reflexos do Uso da Terra na Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu, Municípios de Arujá e Guarulhos (SP)**. 2012. 140 p. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade Guarulhos.
20. MASSON, S.; PINEL-ALLOUL, B.; SMITH, V. H. **Total Phosphorus-Chlorophyll a Size Fractions Relationships in Southern Quebec Lakes**. *Limnology and Oceanography*, v.45, p. 732 – 740, 2000.
21. MOTA, S. **Preservação de Recursos Hídricos**. Rio de Janeiro: ABES, 1988.
22. OLIVEIRA, A. M. S.; ANDRADE, M. R. M.; QUEIROZ, W.; SATO, S. **Bases Geoambientais para um Sistema de Informações Ambientais do Município de Guarulhos**. 2009. 179 p. Guarulhos: Universidade Guarulhos. 2009. (Relatório FAPESP, processo nº 05/57.965-1).
23. OLIVEIRA, R. C. M. **Flora Diatomácea do Reservatório de Tanque Grande, Município de Guarulhos – SP, como Indicadora da Qualidade de Água**. 2008. 130 p. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) - Universidade Guarulhos, Guarulhos.
24. PÁDUA, H. B. **Principais Variáveis Físicas e Químicas da Água na Aquicultura**. In: Workshop sobre qualidade de água na aquicultura, 2000. 28–30, ago, Pirassununga: CEPTA. p. 17-23.
25. PIASENTIN, A. M. **Índice de Qualidade da Água – IQA da Bacia Contribuinte do Reservatório Tanque Grande, Município de Guarulhos, SP**. 2009. 91p. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) - Universidade Guarulhos.
26. PINTO-COELHO, R. M.; BEZERRA-NETO, J. F.; MORAIS-JR.; C. A. **Effects of Eutrophication on Size and Biomass of Crustacean Zooplankton in a Tropical Reservoir**. *Brazilian Journal of Biology*, V.65, p.325 – 338, 2005.
27. PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO, ECONÔMICO E SOCIAL DO MUNICÍPIO DE GUARULHOS (PDMG). **Decreto lei nº 6.055**, aprovado pela Câmara Municipal de Guarulhos – 30/12/2004.

28. PORTO, A. A. **Uso do Solo e Contaminação por Esgoto do Córrego Capão da Sombra, Guarulhos, SP**. 2013. 85 p. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) Universidade Guarulhos.
29. PRAIRE, Y. T.; DUARTE, C. M.; KALF, J. Unifying Nutrient-Chlorophyll Relationships in Lakes. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v.46, p.1176 – 1182, 1989.
30. SAKAMOTO, M. Primary Production by Phytoplankton Community in some Japanese Lakes and its Dependence on Lake Depth. **Archiv für Hydrobiologie**, V.62, P. 1 – 28, 1966.
31. SILVA, C. **Análise Geoambiental do Delta do Assentamento do Reservatório Tanque Grande, Guarulhos, SP**. 2009. 118 p. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade Guarulhos.
32. TUCCI, C.E.M. **Programa Nacional de Águas Pluviais**; Brasília: Ministério das Cidades, 2005.
33. TUCCI, C.E.M. **Águas Urbanas**, Estudos Avançados 22 (63), 2008. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142008000200007&script=sci_arttext . Acessado em 17jun2013.
34. TUCCI, C. E. M. **Urbanização e Recursos Hídricos**. In: BICUDO, C.E.M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTHUL, M. C. B. *Águas do Brasil: análises estratégicas*. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. p.113-132.
35. UNEP - United Nations Environment Programme. **Lagos e Reservatórios – Qualidade da Água: O Impacto da Eutrofização**. Vol.3, 2001. Disponível em http://www.ufrb.edu.br/fadigas/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=13&Itemid=27 Acessado em 17jun2013.
36. VOLLENWEIDER, R. A. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. **Memorie dell’Istituto Italiano di Idrobiologia**, v.33, p.53 – 83, 1976.
37. VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

Manuscrito recebido em: 15 de julho de 2013

Revisado e Aceito em: 23 de outubro de 2013