

REFLEXOS DO USO DA TERRA NA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO TABOÃO, GUARULHOS (SP)

REFLECTIONS OF LAND USE ON WATER QUALITY IN THE TABOÃO STREAM WATERSHED, GUARULHOS (SP)

Maria Aparecida da Silva

Discente do Mestrado em Análise Geoambiental da Universidade Guarulhos – UnG
E-mail: arima.maria989@gmail.com

Reinaldo Romero Vargas

Docente do Mestrado em Análise Geoambiental da Universidade Guarulhos – UnG
E-mail: rvargas@prof.ung.br

Antonio Roberto Saad

Docente do Mestrado em Análise Geoambiental da Universidade Guarulhos – UnG
E-mail: asaad@prof.ung.br

Edna Ferreira Rossini

Docente do Mestrado em Análise Geoambiental da Universidade Guarulhos – UnG
E-mail: edna.ferreira@prof.ung.br

William de Queiroz

Técnico do Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Guarulhos – UnG
E-mail: wqueiroz@ung.br

RESUMO

A expansão urbana na grande maioria das cidades brasileiras tem ocorrido sem o devido planejamento territorial, e isto tem consequentemente afetado a qualidade de suas águas superficiais. O presente trabalho tem como objetivo avaliar os reflexos do uso e ocupação da terra na qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Córrego Taboão - Guarulhos, Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Para avaliar os reflexos desta ocupação territorial na qualidade da água, as amostras foram coletadas bimestralmente no período de um ano, sendo avaliados os parâmetros físico-químico e microbiológico, Índice de Qualidade de Água (IQA), e mapa de uso e ocupação da terra. Os valores do Índice de Qualidade de Água (IQA) do Córrego Taboão apresentaram fortes indícios de degradação mesmo para o ponto mais preservado localizado na cabeceira da bacia, com IQA Regular, decorrente do avanço da urbanização na área. Os demais pontos apresentaram resultados de IQA Péssimo, devido à intensa urbanização, que contribui com a descarga de materiais orgânico e inorgânico, através de lixo e esgoto doméstico, além da presença de indústrias e empresas transportadoras. A coleta e tratamento de esgoto, associado com a orientação e fiscalização do descarte de resíduos sólidos são práticas a serem adotadas pelo poder público visando à recuperação dos recursos hídricos e aumento da disponibilidade hídrica.

Palavras-chave: Degradação Ambiental. Eutrofização. Águas Urbanas. Poluição das Águas.

ABSTRACT

The urban expansion in most Brazilian cities has occurred without proper territorial planning, and has consequently affected the superficial water quality. The present work aims to evaluate the effects of land use on the water quality of the Taboão stream Watershed located in Guarulhos at São Paulo Metropolitan Region. In order to evaluate the effects of this territorial occupation on water quality, the samples were collected bimonthly in a period of one year, being evaluated the physical-chemical and microbiological parameters, Water Quality Index (WQI) and land use map. The WQI values of the Taboão stream presented strong evidence of degradation even to the most preserved point located at the one of the highest point of the watershed, with Regular WQI, due to the urbanization advance in the area. The other points presented Very Bad classification, due to the intense urbanization, which contributes to the discharge of organic and inorganic materials, through solid waste and sewage, in addition to the presence of industries and transport companies. The collection and treatment of sewage associated with the guidance and inspection of solid waste disposal are practices to be adopted by the public authorities aiming at the recovery of water resources and increase of water availability.

Keywords: Environmental degradation. Eutrophication. Urban Waters. Water pollution.

INTRODUÇÃO

A associação do crescimento acelerado da urbanização e a falta de planejamento urbano são um dos principais fatores responsáveis pela degradação ambiental de muitos municípios brasileiros. Como consequência desse crescimento desordenado, verifica-se a contaminação dos rios, córregos e suas várzeas, que se tornam receptores dos esgotos produzidos tanto pela via doméstica quanto via industrial, além da destruição das matas ciliares para a ocupação de habitações, na maioria das vezes ilegais, assim como pela impermeabilização do solo através de implantação de ruas e avenidas (ESTEVES, 2016; GALLI e ABE, 2010).

Em função dos problemas já citados, foram tomadas medidas de controle e melhorias na qualidade das águas, como a Política Nacional de Recursos Hídricos em 1997, que estabelece a Bacia hidrográfica como unidade territorial e a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH), visando à gestão e o uso eficaz de suas águas (TELLES, 2013).

Ao ser estabelecido como unidade territorial, a Bacia hidrográfica tornou-se um importante instrumento para estudos, planejamento, gestão e gerenciamento dos recursos hídricos, pois esse espaço geográfico possibilita um perfeito estudo das interações entre as características físicas com as várias formas de usos da terra (TELLES, 2013; LIBÂNIO, 2004; BRASIL, 1997; MUÑOZ, 1997).

A qualidade da água está associada tanto com áreas de matas ciliares preservadas quanto em regiões sem a presença dessas unidades (LIBÂNIO, 2004). Esta qualidade da água é produto de fenômenos naturais e de ações antrópicas, estando relacionada ao uso e ocupação da terra ao longo da bacia hidrográfica (MORAIS, 2012). Esta influência foi destacada por Pereira Silva et al. (2011), quando foi observada que a qualidade das águas do Rio Corumbataí, localizado no estado de São Paulo, estava diretamente associada com a presença ou ausência de mata, constatando que locais com atividades antrópicas, a qualidade da água era bem inferior.

A interferência do ser humano é uma das maiores causas de alterações da qualidade da água, seja ela realizada de forma

concentrada, como no caso da geração de efluentes domésticos ou industriais, ou de forma dispersa, como no caso da poluição com defensivos e insumos agrícolas, contribuindo para a incorporação de compostos orgânicos e inorgânicos nos cursos de água, alterando diretamente sua qualidade (GALLI e ABE, 2010). Portanto, a água pode ser utilizada como um geoindicador sobre a qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica (TUCCI, 2008).

Através das análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas, é possível avaliar a qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica. Para análise da qualidade da água são utilizados vários indicadores, como o Índice de Qualidade de Água (IQA) que é um dos índices mais utilizados no Brasil para avaliar a qualidade da água de um corpo hídrico, sendo desenvolvido pela National Sanitation Foundation, dos Estados Unidos, em 1970, e posteriormente adaptado pela Companhia Ambiental do estado de São Paulo (CETESB, 2012). Trata-se de um índice composto de nove parâmetros, e que é particularmente sensível à contaminação por esgotos domésticos, o que justifica sua utilização vista ser a principal fonte de comprometimento da qualidade das águas brasileiras.

Nos anos de 2014 a 2016, a região Sudeste do Brasil passou por uma crise em relação ao abastecimento de água, crise esta que ainda persiste na região nordeste do país. Fatores climáticos alteraram o regime de chuvas na região que impactaram diretamente na oferta de água; no entanto, a demanda continuou crescente para a população de aproximadamente 20 milhões de habitantes na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) que possui 39 municípios. Um destes municípios é Guarulhos, segunda cidade com maior

população do Estado de São Paulo e a 12ª mais populosa do país e devido sua localização, tornou-se um centro estratégico de distribuição e logística para a economia não só da Região do Alto Tietê, como também de São Paulo e do País.

O crescimento urbano desordenado do município de Guarulhos, associado à falta de saneamento básico, acarretam um cenário preocupante quanto à qualidade de suas águas, tanto para abastecimento público, quanto para condições de saúde pública (IBGE, 2008; SAAD et al., 2013; ROSSI, 2011). Este crescente processo de urbanização no município de Guarulhos, ocorreu principalmente na região sul, caracterizada pela baixa declividade e facilidade de acesso as principais vias, como a Rodovia Presidente Dutra e o Aeroporto Internacional de Guarulhos. No entanto, esta expansão vem ocorrendo na região norte do município, uma região rica em mananciais (ANDRADE et al., 2008; PMG, 2008; VARGAS et al., 2016).

O desenvolvimento desta pesquisa tem como ênfase, a investigação do uso e ocupação da terra na Bacia Hidrográfica do Córrego Taboão e seus reflexos na qualidade de suas águas.

METODOLOGIA

Localização e características da área de estudo

A área de estudo, a Bacia Hidrográfica do Córrego do Taboão (BHCT) apresentada na Figura 1, é um dos contribuintes da Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu, principal bacia do Município de Guarulhos.

Com uma área de 3,5 km² está localizado a centro-oeste do município, limitando-se ao norte com os bairros da Invernada e Cabuçu de Cima; a oeste com os bairros Morros e Bela Vista; a sul com Vila

Barros; e a leste com a área do Aeroporto Governador Franco Montoro (Aeroporto Internacional de Guarulhos).



Figura 1 - Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Córrego Taboão no município de Guarulhos (SP) (Fonte: Lab. Geoprocessamento UNG).

Figure 1 - Geographic location of the Taboão Stream Watershed in the municipality of Guarulhos (SP) (Source: UNG Geoprocessing Lab).

Uso e ocupação da terra

De acordo com a CETESB (2012), o mapa de uso e ocupação da terra foi elaborado a partir de um conjunto de dados já existentes do Projeto Bases Geoambiental de Guarulhos, com a delimitação da bacia, drenagens, sistema viário, vegetação, ocupações urbanas, na qual foi realizada a atualização destas áreas de acordo com os padrões estabelecidos com a sobreposição de imagem de Satélite Plêiades do ano de 2015. O processo de classificação foi feito com a formação de um banco de dados, processado em ambiente de

geoprocessamento, através de ferramentas como ArcGIS, aliadas as informações retiradas *in loco* e registros fotográficos nas visitas em campo.

Na primeira metade do século XX, a região das várzeas do Taboão tinham como atividades as práticas agrícolas e avicultura, tendo seu crescimento urbano, em direção ao norte do município (IBGE, 2006; VARGAS et al., 2016). Com a implantação da Rodovia Presidente Dutra, na década de 50, essas áreas de várzeas foram tomadas por indústrias e,

consequentemente, por núcleos habitacionais (IBGE, 2006).

De acordo com a Prefeitura Municipal de Guarulhos (2008), fatores como a proximidade com o Aeroporto Internacional Governador André Franco Montoro e os perímetros industriais, contribuíram para o crescimento populacional na área do Taboão, ainda que de forma fragmentada, apresentando assentamentos precários (favelas, loteamentos irregulares). Esse crescimento demográfico foi mais intenso entre 1991 e 2000, cerca de 5% a 10%, apresentando grande parte de sua área já urbanizada.

Delineamento Experimental (Coleta e Análises da Água)

Para avaliar a qualidade das águas do Córrego Taboão foram selecionados quatro pontos de coletas, sendo considerados suficientes para avaliar os diversos usos da terra e seus reflexos na qualidade do corpo d'água, incluindo áreas mais preservadas, descargas de fontes de poluição, tanto pontuais como difusas. As coordenadas geográficas, altitudes e características dos pontos de coleta das amostras de água estão descritas a seguir.

O ponto P1 (7409505,78S e 345521,33W) de altitude 788 m apresenta no seu entorno uma área com vegetação mais preservada; no entanto, a presença de material úrbico em grande quantidade a montante do ponto é um indicativo da ação antrópica e condicionante para alterar a qualidade da água. O ponto P2 (7408534,00S e 345834,71W) de altitude 752 m está localizado em uma área com a presença de indústrias (galpões e indústrias químicas), solo exposto e com algumas ocupações ordenadas e principalmente desordenadas. O ponto P3 (7408283,01S e

345986,07W) de altitude 752 m está localizado em uma área com predominância de ocupações regulares consolidadas e ocupações irregulares. O ponto P4 (7407766,15S e 347024,24W) está localizado no exutório da BHCT, recebe a influência de todas as ocupações ao longo da bacia e no seu entorno existem principalmente a presença de galpões, em especial transportadoras, devido à proximidade do Aeroporto Internacional de Guarulhos. Este ponto fica próximo ao seu deságue no rio Baquirivu-Guaçu, um dos principais rios de Guarulhos e afluente do rio Tietê.

O tipo de coleta empregada foi o da amostragem simples, onde em um ponto específico do córrego, a uma profundidade de 15 a 30 cm da superfície, retira-se a amostra, para a análise laboratorial. Foi adotado método baseado no roteiro da Agência Nacional de Águas (ANA) para coleta e preservação das amostras, de forma a não comprometer a integridade dos resultados (GRAÇA, 2007).

As amostras foram coletadas sempre no período da manhã, para evitar possíveis alterações nas análises físico-químicas e microbiológicas, devido ao aumento da temperatura do corpo hídrico pela radiação solar, sendo realizadas de forma sazonal, totalizando seis amostras, compreendidas entre setembro de 2015 a agosto de 2016.

Em campo foram analisados o potencial hidrogeniônico (pH) (pHmetro portátil Digimed DM-2), oxigênio dissolvido (OD) (oxímetro Digimed DM-4), turbidez (TU) (turbidímetro Quimis Q 279P), condutividade elétrica (CE) e temperatura (T) (condutivímetro Digimed DM-3 acoplado com termômetro digital). No laboratório, as análises de fósforo total (PT), sólidos totais (ST) e *Escherichia coli* (*E.coli*) foram realizadas segundo *Standard Methods for*

examinations of Water and Wastewater (APHA, 2012).

Para a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), foram utilizados analisadores eletrônicos de DBO via método manométrico (VELP, 2017).

Os resultados das análises obtidas em campo e no laboratório foram avaliados mediante comparação com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2012) para corpos hídricos de água doce de classe 3, conforme limites especificados na figura 3. De acordo com Decreto Estadual nº 10.755 (CONAMA, 2005) o enquadramento dos corpos d'água receptores na classificação prevista no Decreto Estadual nº 8.468, de 08 de setembro de 1976, o Rio Baquirivu Guaçu e todos os seus afluentes, até a confluência com o Rio Tietê, no Município de Guarulhos foram enquadrados na classe 3. O córrego Taboão, é um afluente do Rio

Baquirivu-Guaçu e se enquadra nesta classe de corpo hídrico (BRASIL, 2005).

Os dados obtidos foram analisados pelos métodos de estatística descritiva na forma de média, desvio padrão, análise gráfica com histogramas e box-plot.

Índice da Qualidade da Água Modificado - IQA_M

Aos dados de qualidade de água foi aplicado o Índice de Qualidade da Água modificado (IQA_M)¹⁹ em relação ao cálculo do utilizado pela CETESB. Para a composição do cálculo do Índice de Qualidade das Águas Modificado (IQA_M), ilustrado na equação 1, são considerados os seguintes valores de contribuição para os atributos: pH (13%), OD (20%), DBO (15%), PT (15%), E. coli (17%), TU (10%) e ST (10%), totalizando 7 parâmetros (n = 7).

$$IQA_M = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

Onde:

IQA_M: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

q_i: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida e,

w_i: peso correspondente ao i-ésimo

Os critérios de classificação da qualidade da água analisado para as águas da BHCT através do IQA_M foram os mesmos utilizados pela CETESB (2012), sendo o valor do IQA um número que varia de 0 e 100, apresentando as seguintes categorias: Ótima (79 < IQA ≤ 100); Boa (51 < IQA ≤ 79); Regular

(36 < IQA ≤ 51); Ruim (19 < IQA ≤ 36) e, Péssima (IQA ≤ 19).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Bacia Hidrográfica Córrego Taboão (BHRG), apresenta características de uma bacia hidrográfica urbano industrial, como pode ser observado a partir do mapa de uso e ocupação da terra (Figura 2). As áreas caracterizadas por galpões (indústrias, depósitos, transportadoras), equipamentos públicos (escolas, cemitério, prédios públicos), ocupações regulares (residencial consolidado e condomínios) e irregulares (residencial não consolidado), representam 71% da área total.

As áreas com vegetação arbustiva, cobertura arbórea, chácaras e sítios localizadas majoritariamente na porção norte da bacia hidrográfica, representam apenas 29% da área total da bacia. As temperaturas médias das águas do córrego Taboão para os quatro pontos amostrados variaram entre 15,3°C e 18,0°C nos meses de inverno, e para o período de verão variaram entre 24,3°C e 25,1°C.

Estes resultados confirmaram o esperado para a região, temperaturas mais amenas no inverno e mais elevadas no verão, conforme observado em diversos estudos realizados na região que demonstraram temperaturas variando entre 17°C e 19°C nos meses mais frios e entre 23°C e 24°C nos meses mais quentes (BRANCO et al., 2008; CETESB, 2012; ZUFFO et al., 2013; TEIXEIRA, 2014).

A elevação da temperatura das águas está associada à quantidade de materiais em suspensão provenientes de diferentes fontes, a falta de vegetação e a profundidade dos corpos hídricos (ZUFFO, et al., 2013; TEIXEIRA, 2014).

Os pontos P2 a P4, caracterizados pela urbanização no seu entorno, conseqüentemente ausência de vegetação, maior quantidade de material em suspensão e maior turbidez, apresentaram durante todo o período estudado,

temperaturas superiores ao ponto P1, que, por sua vez, caracteriza-se pela presença de vegetação em seu entorno (Figura 2 e Figura 3).

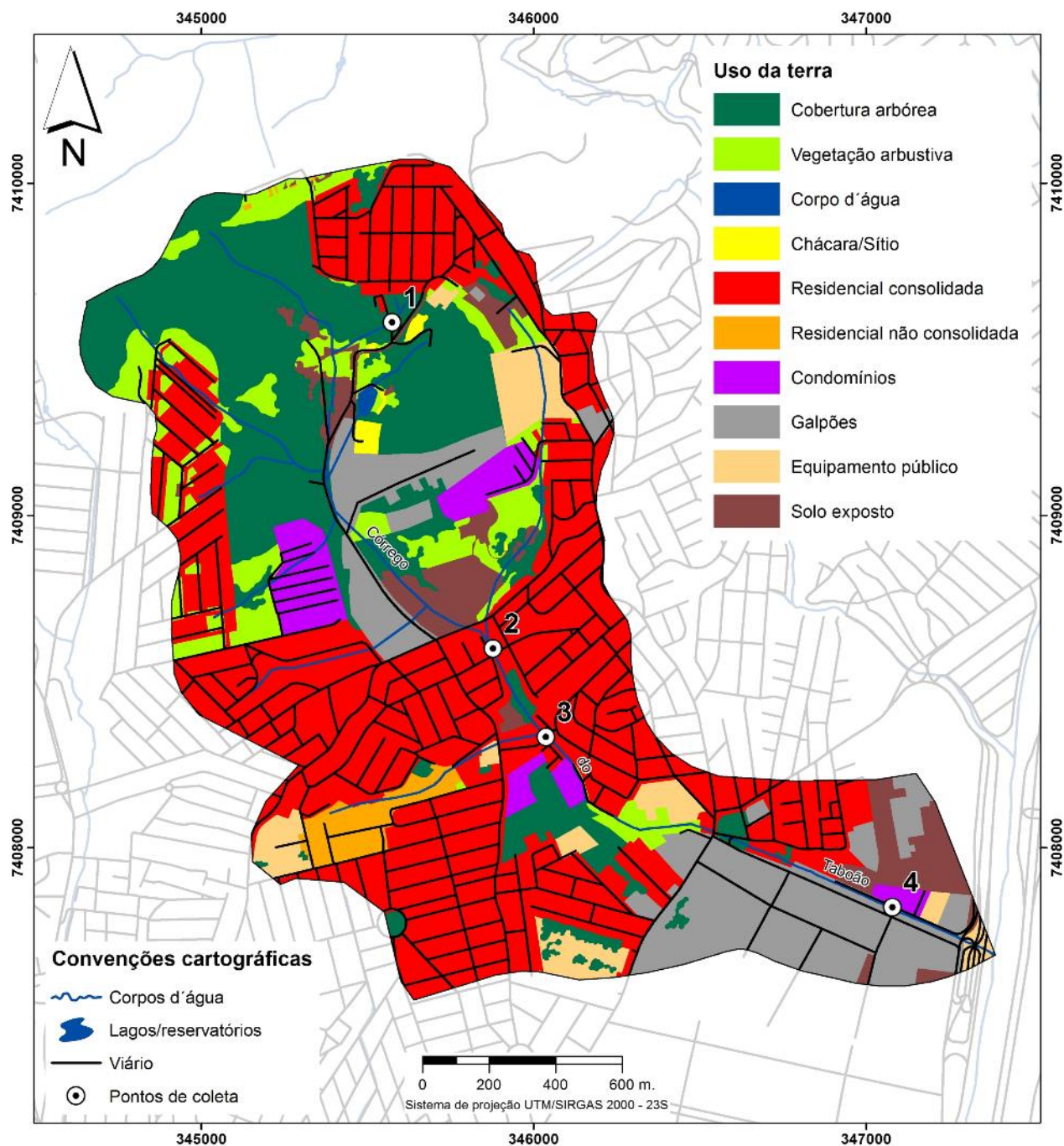


Figura 2 - Mapa de Uso e Ocupação da terra com os pontos de coleta de amostras na Bacia Hidrográfica do Taboão. (Fonte: Laboratório de Geoprocessamento UnG).

Figure 2 - Map of land use and occupation with sampling points in the Taboão Watershed. (Source: UnG Geoprocessing Laboratory).

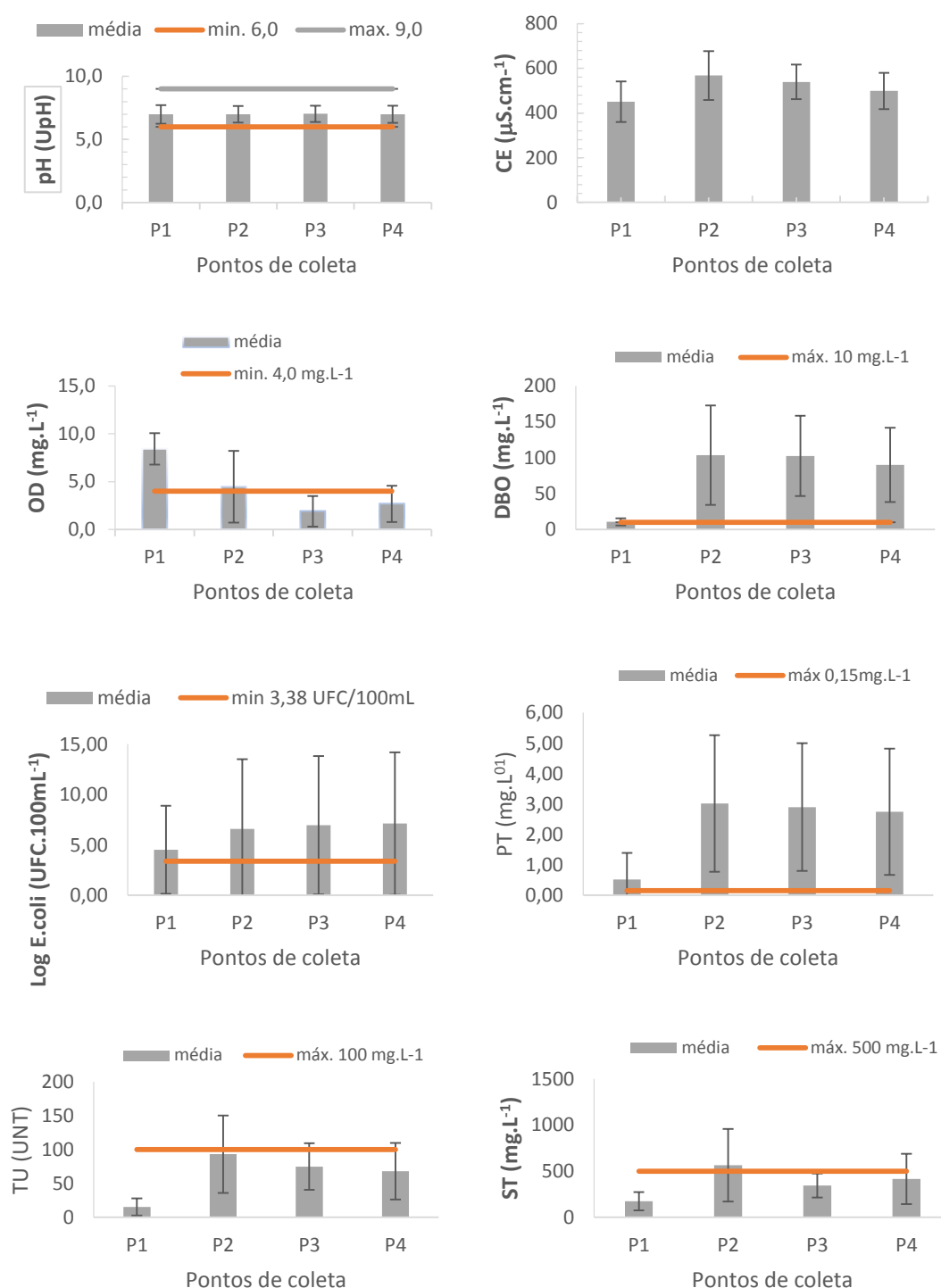


Figura 3 - Valores médios e desvio padrão dos parâmetros pH (potencial Hidrogeniônico), CE (condutividade elétrica), OD (oxigênio dissolvido), DBO (demanda bioquímica de oxigênio), E. coli (Escherichia coli), PT (Fósforo Total), TU (turbidez) e ST (Sólidos Totais), das águas da Bacia Hidrográfica do Córrego Taboão no período de Setembro de 2015 a Agosto de 2016, e limites mínimos e máximos de padrão CONAMA 357/05 para classe 3.

Figure 3 - Mean values and standard deviation of the parameters pH (Hydrogenionic potential), EC (electrical conductivity), DO (dissolved oxygen), BOD (biochemical oxygen demand), E. coli (Escherichia coli), TP (Total Phosphorus), TU (turbidity) and TS (Total Solids) of the waters of the Taboão Stream Watershed from September 2015 to August 2016, and minimum and maximum limits of CONAMA 357/05 for class 3.

Os valores de pH (Figura 3) nas amostras analisadas para os quatro pontos de coleta variaram entre 6 e 8 e apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05, de 6 a 9 upH. Os valores de pH nos córregos e rios do Brasil são bastante amplos, com tendência a alcalinidade devido à presença de carbonatos e bicarbonatos presentes no meio físico. As oscilações de pH ocorrem devido ao descarte de despejos domésticos e industriais, associação compatível com a área de estudo (BRANCO et al., 2008; MOURA et al., 2010).

O ponto P1 apresentou valores médios para os parâmetros *E.coli* e fósforo total acima dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 para corpo hídrico classe 3, além do parâmetro DBO no limite máximo. Em análise de pareto para os parâmetros analisados, o microbiológico representou 50% na redução da qualidade da água, seguido pelo PT e DBO, com 20% cada. No ponto P1, nascente perenizada do Córrego Taboão, esperava-se que os resultados microbiológicos apresentassem concentrações em compatibilidade com a legislação em vigor por se tratar de uma região mais preservada e com cobertura vegetal. No entanto, os valores apresentaram-se elevados, com contaminação fecal, devido provavelmente à grande quantidade de lixo descartado à montante, na beira da via pública, com materiais das mais diversas fontes.

Outro parâmetro que corrobora para a contaminação das águas no ponto P1, oriundas de atividades antrópicas é a medida da condutividade elétrica (MOURA et al., 2010). Cada região apresenta a condutividade elétrica da água característica, dependendo

principalmente dos tipos de rochas pelo qual ela permeia (TONG; CHEN, 2002).

No entanto, acredita-se que as altas concentrações de íons (entre 370 e 560 $\mu\text{S.cm}^{-1}$) podem estar também, relacionadas às características do tipo de rocha da bacia, mas principalmente ao carreamento de produtos utilizados pelos setores agrícolas, residenciais e industriais, pois, conforme o corpo hídrico sofre influência das ações antrópicas, a condutividade tende a aumentar (SARDINHA et al., 2008; FIA et al., 2017).

Além disso, medidas realizadas em bacias hidrográficas próximas a área de estudo e com características de solo similares, apresentaram valores de condutividade de 50 a 190 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ para áreas mais preservadas (ANDRADE et al., 2008; SAAD et al., 2015).

Os valores de OD no ponto P1 variaram entre 6,0 e 8,0 mg.L^{-1} , portanto, dentro dos limites estabelecidos pela resolução Conama nº 357 (nunca inferior a 4,0 mg.L^{-1}). Esta mesma situação não foi observada para os demais pontos. Os pontos P2 e P4 apresentam alguns valores acima do estabelecido pela legislação, no entanto, apresentam valores de oxigênio dissolvido muito abaixo do permitido pela legislação, sendo 0,6 mg.L^{-1} para P2 e 0,8 mg.L^{-1} para P4. No ponto P3 todos os valores de oxigênio dissolvido estiveram abaixo do permitido pela legislação com variação entre 0,5 e 3,9 mg.L^{-1} .

Entre os pontos P1 e P2, há predominância de indústrias, presença de pesqueiro e criação de porcos (familiar), além de ocupações urbanas consolidadas, que contribuem para as elevadas concentrações de matéria orgânica, pois estas atividades são fontes altamente poluidoras (SARDINHA et al., 2008). Os pontos P2 a P4 sofrem influência

direta destes tipos de atividades evidenciada na alteração da grande maioria dos parâmetros analisados (Figura 3).

As baixas concentrações de OD presentes em quase todo o Córrego Taboão, corroboram com os resultados de elevados valores de DBO (Figura 3), uma vez que a queda nas concentrações de OD, registradas no presente trabalho, está diretamente relacionada com a decomposição de matéria orgânica oriundas das atividades antrópicas existentes entre o ponto P1 e P2 e aos efluentes domésticos que, provavelmente, aumenta nos pontos P3 e P4 em função do aumento populacional observado nesses pontos.

Elevados teores de contaminação fecal, evidenciados através das análises de *E.coli* (Figura 3) foram observados ao longo dos pontos P2 a P4. Apesar destes microrganismos não serem considerados patogênicos, sua detecção na amostra é um indicador da existência potencial de agentes patogênicos que transmitem a esquistossomose e leptospirose (TEIXEIRA et al., 2014).

Este tipo de contaminação pode estar relacionado com problemas na estrutura das canalizações de esgoto das residências ou ainda ao contato direto com fezes humanas ou de animais provenientes do escoamento superficial, onde, essas águas, ricas em matéria orgânica, oferecem um ambiente adequado para o desenvolvimento de *E. coli* elevando o número dessas bactérias em razão destas utilizarem este material orgânico como fonte de alimento (COLAÇO et al., 2015).

Em regiões de grande adensamento populacional, como é o caso dos pontos P3 e P4, os efluentes provenientes das residências e estabelecimentos comerciais são os principais responsáveis pelo aumento das concentrações

de coliformes e nutrientes nos rios e córregos e, conseqüentemente, da contaminação das águas que, além de causar desequilíbrio nos ecossistemas aquáticos, podem gerar sérios problemas de saúde pública (SPERLING, 2005).

A Bacia Hidrográfica do Córrego Taboão sofre com processos de inundações, principalmente nos períodos de chuva. A presença dessas águas contaminadas leva a uma série de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifoide, cólera, salmonelose, shigelose, poliomielite, hepatite A, verminoses, amebíase e giardíase que têm sido responsáveis por vários surtos epidêmicos, representando causa de elevada taxa de mortalidade em indivíduos com baixa resistência imunológica (PORTO et al., 2011). Além dessas doenças, ainda são muito comuns às doenças respiratórias crônicas, como asma, bronquite, gripes, resfriados e pneumonia.

A eutrofização dos ambientes aquáticos é causada pelo aporte excessivo de nutrientes, predominantemente nitrogênio e fósforo, provenientes de esgotos de origem urbana e rural, efluentes industriais e escoamentos superficiais urbanos (SANTI et al., 2012; CUNHA, et al., 2013; ESTEVES, 2016).

Os teores de fósforo total nas águas do Córrego Taboão para os pontos P2 a P4 (Figura 3), encontram-se muito acima do limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05, para classe 3, que é de $0,15 \text{ mg.L}^{-1}$ para ambientes lóticos. Situação similar também foi encontrada em outras áreas da Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu - Guaçu, no município de Guarulhos, que encontraram valores elevados de fósforo total em áreas mais urbanizadas, sem a presença de esgotamento sanitária nas áreas estudadas (ANDRADE et al, 2008; IBGE, 2008; SAAD et al., 2015).

A área urbana consolidada, entre os pontos P2 e P4, apresentam maior impermeabilização do solo, e durante os períodos de intensas chuvas, observam-se menores valores de fósforo devido ao efeito da diluição das águas.

Com relação aos parâmetros turbidez e sólidos totais, que estão associados devido à presença de material particulado na água, o ponto P2 apresentou os valores mais elevados (Figura 3). O desnível da região à montante, com áreas de maiores altitudes entre o ponto P1 e P2, faz com que as águas carreguem materiais particulados devido à presença de aluvião, ou seja, solo formado através de depósitos de sedimentos, associados às planícies deltaicas

(ANDRADE et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2009). Além disso, o aporte de esgoto *in natura* ao corpo hídrico também corrobora para o aumento no teor destes parâmetros (MOURA et al., 2010).

A elevação dos teores de turbidez e sólidos totais para os pontos P2 a P4 se devem ao arraste de resíduos sólidos das áreas urbanizadas e de partículas de solo das áreas expostas da bacia (ANDRADE et al., 2008; ZUFFO et al., 2013; VARGAS et al., 2017; BU et al., 2014; LIBÂNIO et al., 2005).

Com base no cálculo do IQA, as águas próximas da nascente do córrego Taboão, ponto P1, pode ser classificada como de qualidade Regular (Figura 4).

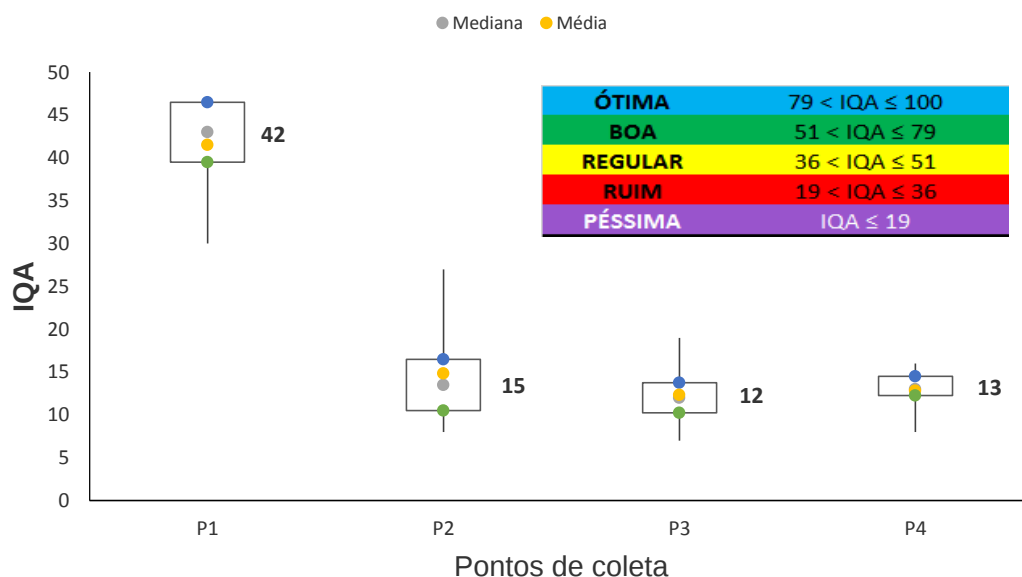


Figura 4 - Box plot do Índice de Qualidade da Água (IQA) no período de setembro de 2015 a agosto de 2016 nos pontos de coleta do córrego Taboão

Figure 4 - Box plot of the Water Quality Index (WQI) from September 2015 to August 2016 at the collection points of the Taboão stream.

Este resultado está relacionado com a intensa degradação que a cabeceira da bacia hidrográfica vem sofrendo devido aos impactos gerados pela ocupação urbana associada ao depósito de lixo em locais inadequados. Esta

qualidade regular do corpo hídrico, por ser próxima a nascente, pode ser considerada com qualidade inferior às demais nascentes do compartimento norte do município de Guarulhos, onde foram encontradas qualidades

de água Boa e Ótima nas nascentes (ANDRADE et al, 2008; OLIVEIRA et a., 2009; PIASENTIN, 2009; SANTI et al., 2012; CUNHA, et al., 2013; SAAD et al., 2015).

Os demais pontos de coleta ao longo da Bacia do Córrego Taboão tiveram suas águas classificadas como qualidade péssima. Tal resultado negativo é reflexo da influência das concentrações de poluentes que contribuíram para o decréscimo da qualidade das águas analisadas, confirmadas através das análises de DBO, OD e *E.coli*. (PIASENTIN et al., 2009; SAAD et al., 2007; SOUZA; GASTALDINI, 2014; BATISTA; GASTMANS, 2015).

Estudos em bacias hidrográficas com diferentes níveis de urbanização obtiveram resultados similares e atribuíram como principal causa da alteração na qualidade da água o lançamento de esgoto doméstico diretamente nos corpos hídricos (SAAD et al., 2007; SOUZA; GASTALDINI, 2014; BATISTA; GASTMANS, 2015; ABREU; CUNHA, 2017; TRINDADE et al., 2017).

CONCLUSÃO

A qualidade da água analisada na Bacia Hidrográfica do Córrego Taboão está diretamente relacionada às características de uso e ocupação da terra, assim como à disponibilidade de saneamento básico, influenciando na qualidade das águas e nas degradações ambientais presentes ao entorno da região. Desse modo, o esgoto doméstico, a presença de material úrbico e os efluentes industriais foram os determinantes na baixa qualidade de água determinadas nas análises.

O esgoto doméstico por apresentar elevadas concentrações de coliformes fecais e produtos químicos de limpeza, colaboraram para as elevadas concentrações de nutrientes e

microrganismos encontrados na Bacia Hidrográfica do Córrego Taboão.

Os valores do Índice de Qualidade de Água (IQA), para os pontos avaliados na Bacia Hidrográfica do Córrego Taboão, apresentaram fortes indícios de degradação mesmo para o ponto P1, referente à nascente, localizada na cabeceira da bacia que já sofre grandes impactos ambientais decorrentes do intenso avanço da urbanização na área. Para os demais pontos, P2 a P4, apresentaram classificação Péssimo, devido à intensa urbanização, que contribui com a descarga de material orgânico e inorgânico (lixo doméstico) além da presença de indústrias (efluentes industriais) ao longo de seu percurso.

A elaboração do mapa do uso e ocupação da terra da área estudada possibilitou caracterizar e determinar as classes da região e, avaliar as influências desses atributos sobre a qualidade da água, diante das fontes de nutrientes introduzidas por elas (classes) no ambiente aquático, que consequentemente demonstram indícios nos trechos de área urbana de classificação de corpo de água classe 4 e não 3, como foi outorgado anteriormente pela legislação. O conhecimento do uso e ocupação da terra em bacias hidrográficas fornece subsídios para o planejamento territorial e ambiental da área.

A coleta e tratamento de esgoto, associado com a orientação e fiscalização quanto ao descarte de resíduos sólidos, uma política de educação ambiental de conscientização da população são práticas urgentes a serem adotadas pelo poder público na região visando a recuperação dos recursos hídricos existentes no território urbanizado, aumentando assim uma futura disponibilidade

para captação de água passível para ser tratada para consumo humano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pela concessão de bolsa de estudos CAPES/PROSUP a Maria Aparecida da Silva.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras:** água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão, *et al.* – São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. Disponível em: <<http://laboratorios.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/47/2013/11/guia-nacional-coleta-2012.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

ABREU, C. H. M.; CUNHA, A. C. Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.22. n.1, p.45-56, 2017.

ANDRADE, M.R.M., OLIVEIRA A.M.S., QUEIROZ W., SATO S.E., BARROS E.J., BAGATTINI ,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. p. 200.

APHA-AWWA-WPCF; **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**, 21thed.; Washington, 2012.

BATISTA, L. V.; GASTMANS, D. Hidrogeoquímica e qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Jacaré-Pepira (SP), Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 42, n. 3, p. 297-311, 2015.

BRANCO JR A.C.; ANDRADE, C.; IZEQUE, F.N.; LAUER, R.; MOREIRA, W.T. Avaliação das Condições Sanitárias e ambientais da sub Bacia do Córrego Barbosa no Município de Marília/ SP. **Rev. Instituto Adolfo Luiz**, v. 67, n. 3, p. 183-189, 2008.

BRASIL. 1997. Constituição da República Federativa do Brasil. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, 1997. Disponível em:<<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em 21 mai. 2016.

BRASIL, 2005. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 de março de 2005.

BU, H.; WENG, W.; ZHANG, Y.; WAN, J.; Relationships between land use patterns and water quality in the Taizi river basin, China. **Ecological Indicators**, v. 41, p. 187-197, 2014.

COLAÇO, R; ZAMORRA, P. G. P; GOMES, E. G. Poluição por resíduos contendo compostos farmacologicamente ativos: aspectos ambientais, geração a partir dos esgotos domésticos e a situação do Brasil. **Rev Ciênc Farm Básica Apl.**, v. 35, n. 4, p. 539, 2015.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – Governo do Estado de São Paulo. **Índice da Qualidade da Água – IQA**. 2012. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/Ap%C3%AAndice-C-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>> Acesso em: 22 abr. 2016.

CUNHA, E. D. S; CUNHA, A. C; SILVEIRA JR, A. M.; FAUSTINO, S. M. M. Phytoplankton of two rivers in the eastern Amazon: characterization of biodiversity and new occurrences. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 2, p. 364-377, 2013.

ESTEVES, F. A . Fundamentos de Limnologia. 3. edição. Rio de Janeiro-RJ. Interciência, 2011. 826p.

FIA R.; TADEU H.C.; MENEZES, J.P.C; FIA, F.R..L; OLIVEIRA, L.F.C. Efeito da vegetação em sistemas alagados construídos para tratar águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 22, n. 2, p. 303-311, 2017.

FORAGE, J. A. P. **Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água e capacidade autodepurativa do rio Pomba**. Dissertação (Obtenção do Título de Magister Scientiae), - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2009.

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**, 165-178, 2010.

GRAÇA, B. **Condicionantes geoambientais no processo histórico da ocupação territorial do Município de Guarulhos, Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) - Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2007.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**, 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_imprensa.php?id_noticia=1691> Acesso em 19 jan. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Manuais Técnicos em Geociências, número 7. IBGE, 2006.

LIBÂNIO, P. A. C. **Implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e sua Interface com Aspectos de Qualidade de Água: Implicações da Regulação de Recursos Hídricos sobre o Setor de Saneamento e no Controle da Poluição Hídrica**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG, Minas Gerais, 2004.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; Nascimento, N. O. Avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 219-228, 2005.

MORAIS, E. B; TAUKE-TORNISCELO, S. M.; VENTORINI, S. E. Impacto de atividades Agropecuárias na Qualidade das Águas do Rio Cabeça, na Bacia do Rio Cabeça, na Bacia do

rio Corumbataí, SP. **Revista Holos Enviroment**, v. 12, n. 1, p. 45-57, 2012.

MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. A. A. Qualidade da água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama-distrito Federal. **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 97-103, 2010.

MUÑOZ, H. R. Razões para debater sobre as interfaces da gestão dos recursos hídricos no contestam da lei de águas de 1997. In: MUÑOZ, R. (Coord.). **Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos: Desafios da Lei de Águas em 1997**, 2. Ed., Brasília.

OLIVEIRA, A. M. S.; ANDRADE, M.R.M.; SATO, S.E.; QUEIROZ, W. **Bases Geoambientais para um Sistema de Informações Ambientais do Município de Guarulhos**. Guarulhos: Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Guarulhos, 2009. 4v. Mapas. (Relatório FAPESP- Processo 05/57965-1).

PEREIRA-SILVA, E. F. L.; PIRES, J. S. R.; HARDT, E.; SANTOS, J. E.; FERREIRA, W. A. Avaliação da Qualidade da água em Microbacias Hidrográficas de uma Unidade de Conservação do Nordeste do Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n. 3, p. 371, 2011.

PIASENTIN, A. M. **Índice de qualidade da água (IQA) do reservatório Tanque Grande, Guarulhos (SP)**. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) - Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2009.

PIASENTIN, A. M.; SEMENSATTO JR, D. L.; SAAD, A. R.; MONTEIRO JR, A. J.; RACZKA, M. F. Índice de qualidade da água (IQA) do reservatório Tanque Grande, Guarulhos (SP):

análise sazonal e efeitos do Uso e ocupação do solo. **Geociências**, p. 305-317, 2009.

PMG – Prefeitura Municipal de Guarulhos. **Plano Diretor de Drenagem: Diretrizes, Orientações e Propostas**. Guarulhos (SP), 2008. Disponível em <http://servicos.guarulhos.sp.gov.br/destaques/coord_assunt_aerop/plano_diretor_drenagem.pdf>. Acesso em 15 de junho de 2016.

PORTO, M. A. L.; OLIVEIRA, A. M; FAI, A. E. C; STAMFORD, T. L. M. Coliformes em água de abastecimento de lojas fast-food da Região Metropolitana de Recife (PE, Brasil). **Ciência saúde coletiva**. v. 16, n. 5, 2653-2658, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232011000500035>>. Acesso em: 13 de mar. de 2017.

RIBEIRO, T. F. B. **Reflexos do Uso da terra na Avaliação da Poluição Hídrica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Lavras, Guarulhos – SP**. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) - Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2016.

RIBEIRO, T. B; ANDRADE, M. R. M; SATO, S. E.; SANTOS, M. T.; SAAD, A.R. Análise Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau, Guarulhos (SP), com Base no Mapa de Uso da terra e aspectos morfométricos. **Revista-UnG Geociências**, (Universidade Guarulhos-Guarulhos), v. 12, n. 1, p.49. 2013.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G; GIACOMO, S. G; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p.622, 2011.

SAAD, A. R.; SEMENSATTO-JUNIOR, D.L.; AYRES, F.M.; OLIVEIRA, P.E. Índice de Qualidade da Água – IQA do Reservatório do Tanque Grande, Município de Guarulhos, Estado de São Paulo, Brasil: 1990-2006. **Revista Geociências-UNG**, v. 6, n. 1, p. 118-133, 2007.

SAAD, A. R.; VARGAS, R.R.; LOPES J.C.; ARRUDA R.O.M.; QUEIROZ W. Índice de estado trófico da bacia hidrográfica do Ribeirão Tanque Grande, Guarulhos (SP): análise comparativa entre as zonas rural e urbana. **Revista Geociências (São Paulo)** v. 32, n. 4, p. 611-624, 2013.

SÃO PAULO. Decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977. **Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de sete, brp de 1976, e da providências correlatas.** Diário Oficial do Estado de São Paulo, 1977.

SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; MARTIN, T. N; PIRES, L.; FLORA, L. P. D.; BASSO, C.J. Análise de componentes principais de atributos químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1346-1357, 2012.

SARDINHA, D. S; CONCEIÇÃO, F. T.; SOUZA, A. D. G.; SILVEIRA, A.; JULIO, M. D.; GONÇALVES, J.C.S.I. Avaliação da Qualidade da Água e Autodepuração do Ribeirão do Meio, Leme (SP). **Engenharia Sanitária Ambiental** n13, p. 329-338, 2008.

SPERLING, M. V. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** Belo Horizonte: DESA/UFMG. 2005.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 263, 2014.

TEIXEIRA, J.C.; OLIVEIRA G.S.; VIALI A.M.; MUNIZ, S.S. Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009. **Engenharia Sanitária Ambiental**. v. 19, n.1, p.87-96, 2014.

TELLES, D.D. **Ciclo Ambiental da água:** da chuva a gestão. São Paulo: Ed.Blucher, 2013. 504p.

TERRA, V.R; PRATTE-SANTOS, R.; ALIPRANDI, R. B.; BARCELOS, F. F.; AZEVEDO JR, R. R.; BARBIÉRI, R. S. Avaliação microbiológica das águas superficiais do rio Jucu Braço Sul, ES, Brasil. **Natureza online**, n. 6, p.48, 2008. Disponível em: <http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/09_TerraVRetal_4852.pdf>. Acesso em: jan. 2017.

TONG, S. T. Y.; CHEN, W., J. Modeling the relationship between land use and surface water quality. **Journal of environmental management**, v. 66, n. 4, p. 377-393, 2002.

TRINDADE, A. L. C.; ALMEIDA, K. C. B.; BARBOSA, P. E.; OLIVEIRA, S. M. A. C.; Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 22, n. 1, p.13, 2017.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas: Desenvolvimento Urbano. Instituto de pesquisa Hidráulica- UFRGS. **Estudos Avançados** n.22, p.97, 2008.

VARGAS R.R., GONÇALVES J.J.S., DALMAS F.D., SAAD A.R., ARRUDA R.O.M., FERREIRA A.T.S. The contribution of the Guarulhos Municipality (São Paulo State) to the water quality of the Alto Tietê System. **Pesquisas em Geociências**, v.44, n.1, p.109-121, 2017.

VARGAS R. R.; SAAD A.R.; DALMAS F.B.; ROSA A.; ARRUDA R.O.M.; MESQUITA M.V.; ANDRADE M.R.M. Water Quality Assessment in the Córrego Taquara do Reino Hydrographic Basin, Guarulhos Municipality (São Paulo State - Brazil): Effects of Environmental Degradation. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 38, n. 2, p. 137-144, 2016.

VELP – VELP Científica. **BOD Analysis**. Disponível em: <http://www.velp.com/en/products/lines/2/family/31/bod_analysis>. Acesso em: jan. 2017.

ZUFFO, C. E; NASCIMENTO, G. F.; ABREU, F. A. M.; CAVALCANTE, I. N. Caracterização da Qualidade de Águas Superficiais em Rondônia. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 36, n. 2, p. 25-39, 2013.