

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

OSMAR PEREIRA DA SILVA JUNIOR

**Avaliação da qualidade da água da bacia hidrográfica do Córrego
das Marrecas - SP**

Ilha Solteira
2018

OSMAR PEREIRA DA SILVA JUNIOR

Avaliação da qualidade da água da bacia hidrográfica do Córrego das Marrecas - SP

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais.

Sérgio Luís de Carvalho
Orientador

Juliana Heloisa Pinê Américo Pinheiro
Coorientadora

Ilha Solteira
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S586a Silva Júnior, Osmar Pereira da.
Avaliação da qualidade da água da bacia hidrográfica do Córrego das Marrecas - SP / Osmar Pereira da Silva Júnior. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2018
92 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, 2018

Orientador: Sérgio Luís de Carvalho
Coorientadora: Juliana Heloisa Pinê Américo Pinheiro
Inclui bibliografia

1. Atividades antrópicas. 2. Efluente. 3. Degradação.

Raiane da Silva Santos
Raiane da Silva Santos

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

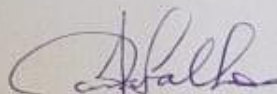
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Avaliação da qualidade da água da bacia hidrográfica do Córrego das Marrecas-SP

AUTOR: OSMAR PEREIRA DA SILVA JUNIOR

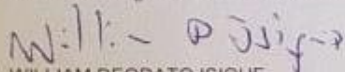
ORIENTADOR: SERGIO LUIS DE CARVALHO

COORIENTADORA: JULIANA HELOISA PINE AMERICO PINHEIRO

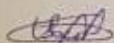
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ENGENHARIA CIVIL,
área: RECURSOS HIDRICOS E TECNOLOGIAS AMBIENTAIS pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. SERGIO LUIS DE CARVALHO
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. WILLIAM DEODATO ISIQUE
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. VITOR MATHEUS BACANI
Câmpus Universitário de Três Lagoas / Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS

Ilha Solteira, 26 de outubro de 2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado à vida, saúde e sabedoria.

Aos meus pais Osmar e Maria pela educação, incentivo e companheirismo nos momentos difíceis.

A minha avó Maria por todo amor, carinho e por ser meu exemplo de superação e vontade de viver.

A minha namorada Bruna pelo companheirismo nas horas de estudo.

A meu orientador, professor Dr. Sérgio Luís de Carvalho e minha co-orientadora professora Dra. Juliana Heloisa Pinê Américo Pinheiro pela dedicação e confiança.

Aos professores Tsunao Matsumoto e Mauro Tashima pela oportunidade e confiança. Aos funcionários do DEC, em especial José Carlos e Juliana.

Ao professor Willian Deodato Isique que abriu as portas da pesquisa, e mais que um simples professor, é um amigo sábio para todas as horas que com paciência e maestria compartilha o que o homem tem de mais valioso, o conhecimento.

Aos meus professores da graduação por todo o incentivo, em especial os professores Silvio, Wendel, Alexandre Teixeira, Alexandre Simões, Bruno e Renan.

A prefeitura municipal de Ilha Solteira em especial a diretora do Departamento de Água Patrícia, por emprestar alguns equipamentos necessários para o desenvolvimento dessa pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“Faça o teu melhor, na condição que você tem, enquanto você não tem condições melhores, para fazer melhor ainda”.

Mário Sergio Cortella

RESUMO

As atividades antrópicas como agricultura, mineração, urbanização e industrialização produzem resíduos que de maneira direta ou indireta acabam chegando até os corpos hídricos, gerando mudanças na qualidade da água dos rios, córregos e lagos. Para quantificar a poluição dessas águas utiliza-se o índice de qualidade da água “IQA” que por meio de análises físicas, químicas e biológicas classifica a qualidade da água como ótima, boa, aceitável, ruim ou péssima. Este trabalho tem como objetivo diagnosticar a influência de atividades antrópicas na qualidade da água da bacia hidrográfica do Córrego das Marrecas – SP, utilizando o Índice de Qualidade da Água – (IQA). Foram analisados cinco pontos ao longo do Córrego das Marrecas – SP durante o período de abril/2017 a março/2018. Em cada ponto de amostragem foi mensurada mensalmente a concentração de oxigênio dissolvido (OD), temperatura, pH, turbidez, sólidos totais (ST), coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total e fósforo total conforme os métodos para análises de águas potáveis e residuárias – Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. Foi realizada uma análise descritiva para avaliação dos resultados de média, desvio padrão, valores máximos e mínimos dos parâmetros de qualidade da água monitorados durante o período chuvoso e seco nos cinco pontos de amostragem do Córrego das Marrecas- SP. O cálculo do IQA foi feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros (pH, turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido, fósforo, nitrogênio, sólidos totais, coliformes termotolerantes e demanda bioquímica de oxigênio), com a utilização da Planilha Eletrônica Excel. Durante o período de amostragem, a qualidade da água do Córrego das Marrecas – SP variou de “péssima” a “boa”. O Ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas) e o Ponto 3 (lançamento do efluente tratado da ETE), apresentaram IQA médio “ruim”, os Pontos 2 (montante do lançamento da ETE) e 4 (jusante do lançamento da ETE) , apresentaram IQA médio dentro da faixa “aceitável” e o Ponto 5 (foz do Córrego das Marrecas), apresentou IQA médio “boa”. Os resultados do IQA demonstram que não existe nenhum tipo de preservação da nascente e do curso do Córrego das Marrecas, pois a poluição que é introduzida por ações antrópicas no ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas) e 3 (lançamento do efluente tratado da ETE) afeta diretamente a qualidade da água deste córrego.

Palavras-chave: Atividades antrópicas. Efluente. Degradação.

ABSTRACT

Anthropogenic activities such as agriculture, mining, urbanization and industrialization produce waste that directly or indirectly reaches the water bodies, generating changes in the water quality of these rivers, streams and lakes. To quantify the pollution of these waters, the water quality index "IQA" is used that, through physical, chemical and biological analysis, classifies water quality as optimal, good, acceptable, bad or bad. This work aims to diagnose the influence of anthropic activities on the water quality of the Stream of Marrecas - SP water basin, using the Water Quality Index - (IQA). Five points were analyzed along the Stream of Marrecas - SP during the period from April / 2017 to March / 2018. At each sampling point, the concentration of dissolved oxygen (OD), temperature, pH, turbidity, total solids (ST), thermotolerant coliforms, biochemical oxygen demand (BOD), total nitrogen and total phosphorus were measured according to the methods for analysis of drinking water and wastewater - Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. A descriptive analysis was performed to evaluate the results of mean, standard deviation, maximum and minimum values of water quality parameters monitored during the rainy and dry period at the five sampling points of Stream of Marrecas - SP. The calculation of the IQA was done by means of the weighted output of the nine parameters (pH, turbidity, temperature, dissolved oxygen, phosphorus, nitrogen, total solids, thermotolerant coliforms and biochemical oxygen demand) using Excel Spreadsheet. During the sampling period, the water quality of Stream of Marrecas - SP ranged from "very bad" to "good". Point 1 (source of the Stream of Marrecas) and Point 3 (release of the treated Effluent from the ETE), presented a mean "bad" EQA, Points 2 (ETE launch amount) and 4 (downstream of the ETE launch), presented mean IQA within the "acceptable" range and Point 5 (Stream of Marrecas mouth), presented mean "good IQA". The results of the IQA show that there is no type of preservation of the source and the course of the Stream of Marrecas, since the pollution that is introduced by anthropic actions in point 1 (source of the Stream of Marrecas) and 3 (release of the treated effluent from the ETE) directly affects the water quality of this stream.

Keywords: Anthropogenic activities. Effluent. Degradation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Atividades que causam poluição das águas em uma bacia hidrográfica.....	20
Figura 2	- Alterações provocadas por atividades antrópicas em bacias hidrográficas.....	22
Figura 3	- Impactos ecológicos decorrentes do desmatamento de mata ciliar.....	24
Figura 4	- Principais zonas de autodepuração.....	26
Figura 5	- Curvas de variação dos parâmetros do IQA.....	29
Figura 6	- Classificação da qualidade da água em função do IQA.....	31
Figura 7	- Localização do Córrego das Marrecas - SP.....	40
Figura 8	- Uso e ocupação do solo predominante na bacia hidrográfica do Córrego das Marrecas – SP próximo ao município de Dracena – SP.....	41
Figura 9	- Uso e ocupação do solo predominante na bacia hidrográfica do Córrego das Marrecas – SP.....	41
Figura 10	- Uso e ocupação do solo predominante na bacia hidrográfica do Córrego das Marrecas – SP próximo ao município de Panorama - SP.....	42
Figura 11	- Estação de tratamento de esgoto (ETE) do município de Dracena – SP.....	42
Figura 12	- Pontos de amostragem na bacia hidrográfica do Córrego das Marrecas – SP.....	43
Figura 13	- Nascente do Córrego das Marrecas (P1), município de Dracena – SP, 2017.....	45
Figura 14	- Montante do lançamento do efluente tratado da ETE (P2), município de Dracena – SP, 2017.....	45
Figura 15	- Lançamento do efluente tratado da ETE (P3), município de Dracena – SP, 2017.....	46
Figura 16	- Jusante do lançamento do efluente tratado da ETE (P4), município de Dracena – SP, 2017.....	46
Figura 17	- Foz do Córrego das Marrecas (P5), município de Panorama –	47

	SP, 2017.....	
Figura 18	- Variação da concentração do parâmetro temperatura (°C) durante o período de abril/2017 a março/2018 para os pontos de amostragem no Córrego das Marrecas – SP.....	51
Figura 19	- Gráfico Box-Plot da variável temperatura (°C) para os pontos de amostragem, no período de abril/2017 a março/2018, localizados no Córrego das Marrecas – SP.....	52
Figura 20	- Variação da concentração do parâmetro oxigênio dissolvido (OD) durante o período de abril/2017 a março/2018 para os pontos de amostragem no Córrego das Marrecas – SP.....	53
Figura 21	- Gráfico Box-Plot da variável oxigênio dissolvido (OD) para os pontos de amostragem, no período de abril/2017 a março/2018, localizados no Córrego das Marrecas – SP.....	54
Figura 22	- Variação da concentração do parâmetro sólidos totais (ST) durante o período de abril/2017 a março/2018 para os pontos de amostragem no Córrego das Marrecas – SP.....	55
Figura 23	- Gráfico Box-Plot da variável sólidos totais (ST) para os pontos de amostragem, no período de abril/2017 a março/2018, localizados no Córrego das Marrecas – SP.....	56
Figura 24	- Variação da concentração do parâmetro pH durante o período de abril/2017 a março/2018 para os pontos de amostragem no Córrego das Marrecas – SP.....	57
Figura 25	- Gráfico Box-Plot da variável pH para os pontos de amostragem, no período de abril/2017 a março/2018, localizados no Córrego das Marrecas – SP.....	58
Figura 26	- Variação da concentração do parâmetro turbidez durante o período de abril/2017 a março/2018 para os pontos de amostragem no Córrego das Marrecas – SP.....	59
Figura 27	- Gráfico Box-Plot da variável turbidez para os pontos de amostragem, no período de abril/2017 a março/2018, localizados no Córrego das Marrecas – SP.....	60
Figura 28	- Variação da concentração do parâmetro coliformes termotolerantes durante o período de abril/2017 a março/2018	62

	para os pontos de amostragem no Córrego das Marrecas – SP..	
Figura 29	- Gráfico Box-Plot da variável coliformes termotolerantes para os pontos de amostragem, no período de abril/2017 a março/2018, localizados no Córrego das Marrecas – SP.....	62
Figura 30	- Variação da concentração do parâmetro nitrogênio total durante o período de abril/2017 a março/2018 para os pontos de amostragem no Córrego das Marrecas – SP.....	64
Figura 31	- Gráfico Box-Plot da variável nitrogênio total para os pontos de amostragem, no período de abril/2017 a março/2018, localizados no Córrego das Marrecas – SP.....	65
Figura 32	- Variação da concentração do parâmetro fósforo total durante o período de abril/2017 a março/2018 para os pontos de amostragem no Córrego das Marrecas – SP.....	66
Figura 33	- Gráfico Box-Plot da variável fósforo total para os pontos de amostragem, no período de abril/2017 a março/2018, localizados no Córrego das Marrecas – SP.....	67
Figura 34	- Variação da concentração do parâmetro demanda bioquímica de oxigênio (DBO) durante o período de abril/2017 a março/2018 para os pontos de amostragem no Córrego das Marrecas – SP.....	68
Figura 35	- Gráfico Box-Plot da variável demanda bioquímica de oxigênio (OD) para os pontos de amostragem, no período de abril/2017 a março/2018, localizados no Córrego das Marrecas – SP.....	70
Figura 36	- Comparação do IQA no ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas) no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas – SP.....	74
Figura 37	- Comparação do IQA no ponto 2 (montante do lançamento do efluente tratado da ETE) no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas – SP.....	76
Figura 38	- Comparação do IQA no ponto 3 (lançamento do efluente tratado da ETE) no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas – SP.....	78
Figura 39	- Comparação do IQA no ponto 4 (jusante do lançamento do	79

efluente tratado da ETE) no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas – SP.....

Figura 40 - Comparação do IQA no ponto 5 (foz do Córrego das Marrecas) no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas – SP.....

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Principais impactos ambientais de origem natural e antrópica.....	19
Tabela 2	- Descrição dos pontos de amostragem do Córrego das Marrecas – SP e suas respectivas coordenadas geográficas.....	44
Tabela 3	- Síntese das metodologias e equipamentos utilizados nas análises de qualidade da água.....	48
Tabela 4	- Estatísticas descritivas dos parâmetros utilizados para determinar o índice de qualidade da água no Córrego das Marrecas – SP durante o período de abril/2017 a março/2018.....	49
Tabela 5	- Precipitação total, valor mínimo e máximo em (mm) ocorrido no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas – SP.....	50
Tabela 6	- Índice de qualidade da água (IQA) para os cinco pontos analisados entre abril/2017 a março/2018.....	71
Tabela 7	- Resultados das análises laboratoriais do ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas – SP), no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas – SP.....	72
Tabela 8	- Resultados das análises laboratoriais do ponto 2 (montante do lançamento do efluente tratado da ETE), no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas – SP.....	75
Tabela 9	- Resultados das análises laboratoriais do ponto 3 (lançamento do efluente tratado da ETE), no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas – SP.....	76
Tabela 10	- Resultados das análises laboratoriais do ponto 4 (jusante do lançamento do efluente tratado da ETE), no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas – SP.....	78
Tabela 11	- Resultados das análises laboratoriais do ponto 5 (foz do Córrego das Marrecas - SP), no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas – SP.....	80

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.2	JUSTIFICATIVA.....	16
1.3	OBJETIVO.....	16
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1	BACIA HIDROGRÁFICA.....	17
2.2	DEGRADAÇÃO E POLUIÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	18
2.3	MATA CILIAR.....	23
2.4	AUTODEPURAÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS.....	24
2.5	QUALIDADE DA ÁGUA.....	26
2.6	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	27
2.7	PARÂMETROS UTILIZADOS PARA ANÁLISE DA ÁGUA.....	32
2.7.1	Parâmetros físicos.....	32
2.7.2	Parâmetros químicos.....	35
2.7.3	Parâmetros biológicos.....	39
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	39
3.2	PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	43
3.3	PROCEDIMENTOS DE COLETA DAS AMOSTRAS E MÉTODOS DE ANÁLISES.....	47
3.4	ANÁLISE DE DADOS.....	48
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	49
4.1	PARÂMETROS ANALISADOS.....	51
4.1.1	Temperatura.....	51
4.1.2	Oxigênio dissolvido.....	53
4.1.3	Sólidos totais.....	55

4.1.4	Potencial hidrogeniônico – pH.....	57
4.1.5	Turbidez.....	59
4.1.6	Coliformes termotolerantes.....	61
4.1.7	Nitrogênio total.....	63
4.1.8	Fósforo total.....	65
4.1.9	Demanda bioquímica de oxigênio (DBO).....	68
4.2	RESULTADOS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA OS PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	71
5	CONCLUSÃO.....	81
	REFERÊNCIAS.....	83

1 INTRODUÇÃO

Considerando erroneamente o pressuposto que sempre irá existir água de qualidade desejável e sua capacidade de autodepuração é ilimitada, o homem vem degradando irremediavelmente os corpos hídricos. Com isso cabe ao próprio homem a busca persistente da melhoria de qualidade de vida das pessoas, evitando a poluição e contaminação dos corpos d'água, e a disseminação de inúmeras doenças (FONSECA; SALVADOR, 2005).

De todos os recursos naturais que o homem dispõe o mais importante é a água, visto que, é o elemento vital à sua sobrevivência. Mota (1997) diz que o homem necessita de água em suas múltiplas atividades, resultando assim, na utilização cada vez maior dos recursos hídricos.

Os recursos naturais pertencentes às bacias hidrográficas são de extrema importância à sociedade, pois é através da utilização destes recursos que a humanidade se beneficia para sua sobrevivência. Porém, os ecossistemas aquáticos continentais são extremamente vulneráveis aos impactos provocados pelas atividades humanas (SIOLI, 1986).

O uso inadequado dos solos, o desmatamento irracional e o uso indiscriminado de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos vêm provocando inúmeros problemas ambientais, principalmente em áreas de nascentes e comunidades ribeirinhas, alterando a qualidade e quantidade de água drenada pela bacia hidrográfica (POLETO, 2003). As relações entre uso do solo e as águas estão claramente demonstradas, sendo que o desmatamento, principalmente para o uso agrícola ou urbano, tem sido associado à diminuição da qualidade da água (TUCCI, 2000; OMETO *et al.*, 2000; GERGEL *et al.*, 2002; SANTOS, 2004; SNYDER *et al.*, 2005).

Isso ocorre, em parte, porque a agricultura é uma atividade que utiliza grande quantidade de água e contribui com fontes difusas de poluentes (RIBEIRO, 2009). A agricultura e a pecuária tem uma necessidade em comum, o espaço físico. Isto faz do desmatamento a primeira consequência prejudicial ao ambiente. Com isto o solo desnudo fica exposto à lixiviação superficial (que leva consigo a deposição orgânica de vegetais e sua microfauna associada) e à lixiviação profunda (que promove uma lavagem dos nutrientes nas camadas subsequentes); tais processos conduzem o material para áreas mais baixas, que em geral convergem para rios e lagos

(CARVALHO; SCHLITTLER; TORNISIELO, 2000). A necessidade de água requerida pela agricultura e pecuária conduz ao desenvolvimento destas atividades próximo a rios e lagos.

Outro problema comum de se encontrar em bacias hidrográficas são os lançamentos de efluentes domésticos provenientes de estações de tratamento de esgoto, esses efluentes possuem grande concentração de matéria orgânica que é a causadora do principal problema de poluição das águas: o consumo do oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica (VON SPERLING, 1996). Os efluentes também possuem valores elevados de concentrações de nutrientes principalmente nitrogênio e fósforo, em média apresentam uma concentração de 50 mg.L^{-1} de nitrogênio e $8,1 \text{ mg.L}^{-1}$ de fósforo (VON SPERLING, 2005).

Como consequências os efluentes domésticos causam alterações químicas e ecológicas no sistema aquático, conduzindo ao desequilíbrio da fauna e flora dos corpos de água, resultando em prejuízos econômicos à região, que vão desde a diminuição de captura na pesca até o aumento do custo de aquisição e tratamento da água para consumo (CARVALHO; SCHLITTLER; TORNISIELO, 2000).

A urbanização também provoca grande impermeabilização do solo, de acordo com Tucci (2003), o impacto sobre a qualidade da água é resultado dos seguintes fatores: (a) poluição existente no ar que se precipita junto com a água; (b) lavagem das superfícies urbanas contaminadas com diferentes componentes orgânicos e metais; (c) resíduos sólidos representados por sedimentos erodidos pelo aumento da vazão (velocidade do escoamento) e lixo urbano depositado ou transportado para a drenagem; (d) esgoto cloacal que não é coletado e escoado através da drenagem.

A carga de contaminação dos três primeiros itens pode ser superior à carga resultante do esgoto cloacal sem tratamento. Deve-se considerar que 90% da carga do escoamento pluvial ocorre na fase inicial da precipitação nos primeiros 25 mm (TUCCI, 2003).

É conhecido que o tratamento de 1000 m^3 de água em regiões pouco ou nada impactadas tem um custo de US\$ 2,00 enquanto que para a água degradada de regiões antropizadas o custo é de US\$ 8,00 (TUNDISI; BARBOSA, 1995; CARVALHO; SCHLITTLER; TORNISIELO, 2000). Como a disponibilidade de água depende do grau de contaminação desta, a oferta total só poderá ser estimada se

existirem redes de monitoramento confiáveis, que gerem dados sobre variáveis de interesse no setor qualitativo (BUSS *et al.*, 2003).

Uma forma de avaliar e monitorar os efeitos das atividades antrópicas da bacia hidrográfica sobre a qualidade da água é por meio de índices de qualidade de água (IQA), que se baseiam principalmente em fatores físicos, químicos e biológicos. Dessa forma, a avaliação e o monitoramento da água são fundamentais para acompanhar o comportamento dos parâmetros físico-químicos, além de fornecer subsídios para avaliar as condições do manancial e contribuir com informações para tomada de decisões no gerenciamento dos recursos hídricos (FIGUEIRÊDO, 2008).

1.1 JUSTIFICATIVA

Este trabalho se fez necessário para avaliar a qualidade da água do Córrego das Marrecas, uma vez que este Córrego tem a nascente do seu rio principal dentro do perímetro urbano da cidade de Dracena – SP, podendo assim haver uma influência negativa da urbanização na qualidade da água da nascente deste córrego. O Córrego das Marrecas também recebe o lançamento de efluentes proveniente da estação de tratamento de esgoto da cidade de Dracena – SP.

Portanto, através de análises físicas, químicas e biológicas poderá ser verificado se a urbanização e o lançamento de efluentes estão afetando a qualidade da água da bacia hidrográfica do Córrego das Marrecas.

1.2 OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo diagnosticar a influência de atividades antrópicas na qualidade da água do Córrego das Marrecas – SP, com base na análise das condições físicas, químicas e biológicas da água, utilizando-se o Índice de Qualidade da Água – (IQA).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BACIA HIDROGRÁFICA

Diversas definições de bacia hidrográfica foram formuladas ao longo do tempo, entretanto as definições que envolvem as subdivisões da bacia hidrográfica (sub-bacia e microbacia) apresentam abordagens diferentes tocando fatores que vão do físico ao ecológico (TEODORO *et al.*, 2007).

Dessa forma as definições propostas para bacia hidrográfica assemelham-se ao conceito dado por Barrella *et al.* (2001), sendo definido como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático.

As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocarem no oceano (BARRELLA *et al.*, 2001).

De acordo com Silveira (2001), a bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. A bacia hidrográfica compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório (SILVEIRA, 2001). A bacia hidrográfica é um sistema geomorfológico aberto, que recebe matéria e energia através de agentes climáticos e perde através do deflúvio (RODRIGUES JUNIOR, 2008).

A bacia hidrográfica, como sistema aberto, pode ser descrita em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão e desta forma uma bacia, quando não perturbada por ações antrópicas, encontra-se em equilíbrio dinâmico (LIMA; ZAKIA, 2000). Desta forma caso venha a ocorrer qualquer

modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou uma modificação na forma do sistema, ocorrerá uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico (LIMA; ZAKIA, 2000).

Os termos sub-bacia e microbacia hidrográfica também estão incorporados na literatura técnico-científica, todavia, não apresentam a mesma convergência conceitual apresentada para bacia hidrográfica conforme comentado (TEODORO *et al.*, 2007). As sub-bacias são áreas de drenagem dos tributários do curso d'água principal. Para definir sua área os autores utilizam-se de diferentes unidades de medida.

Para Faustino (1996), as sub-bacias possuem áreas maiores que 100 km² e menores que 700 km², já para Martins *et al.*, (2005), são áreas entre 20.000 ha e 30.000 ha (200 km² a 300 km²). Para Santana (2003), bacias podem ser desmembradas em um número qualquer de sub-bacias, dependendo do ponto de saída considerado ao longo do seu eixo-tronco ou canal coletor. Dentro dessas subdivisões da bacia, aparece também na literatura o termo microbacia.

Para Santana (2003), o termo microbacia, embora difundido em nível nacional, constitui uma denominação empírica, sugerindo o autor a sua substituição por sub-bacia hidrográfica. Já para Faustino (1996), a microbacia possui toda sua área com drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia, várias microbacias formam uma sub-bacia, sendo a área de uma microbacia inferior a 100 km².

Cecílio e Reis (2006) definem a microbacia como uma sub-bacia hidrográfica de área reduzida, não havendo consenso de qual seria a área máxima (máximo varia entre 10 a 20.000 ha ou 0,1 km² a 200 km²).

2.2 DEGRADAÇÃO E POLUIÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Existe uma permanente e inexorável degradação ambiental no Brasil, resultante de décadas de má administração na área ambiental, e o avanço permanente de urbanização e de infraestrutura que alteram os ambientes naturais e contribuem para um crescimento dos problemas de poluição e contaminação (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2016).

Foram nesses contextos que se desenvolveram os principais centros urbanos do mundo ocidental moderno. Por necessidades óbvias, esses centros

urbanos, com suas demandas e produção de resíduos, instalaram-se próximos aos rios e lagos, exercendo grande pressão sobre esses sistemas, carregando desde a sua origem um grande passivo ambiental (SILVA; AZEVEDO; MATOS, 2006). Em consequência, sob certas condições ambientais, as ocupações urbanas podem se tornar importantes fontes de poluição dos recursos hídricos (GÖBEL *et al.*, 2007; CHALMERS *et al.*, 2007).

As explorações das áreas de várzeas caracterizam-se pela captação de água para abastecimento urbano e industrial, pela urbanização, pela industrialização, pelas atividades agropecuárias, pelo lazer e pela extração mineral.

A intensificação do uso da terra tem gerado inundações, poluição das águas, modificação da geometria dos rios que, seguramente promoverá mudança no uso da bacia (AGOSTINI, 2001). A Tabela 1 mostra os principais impactos ambientais causados pela natureza e pela ação do homem.

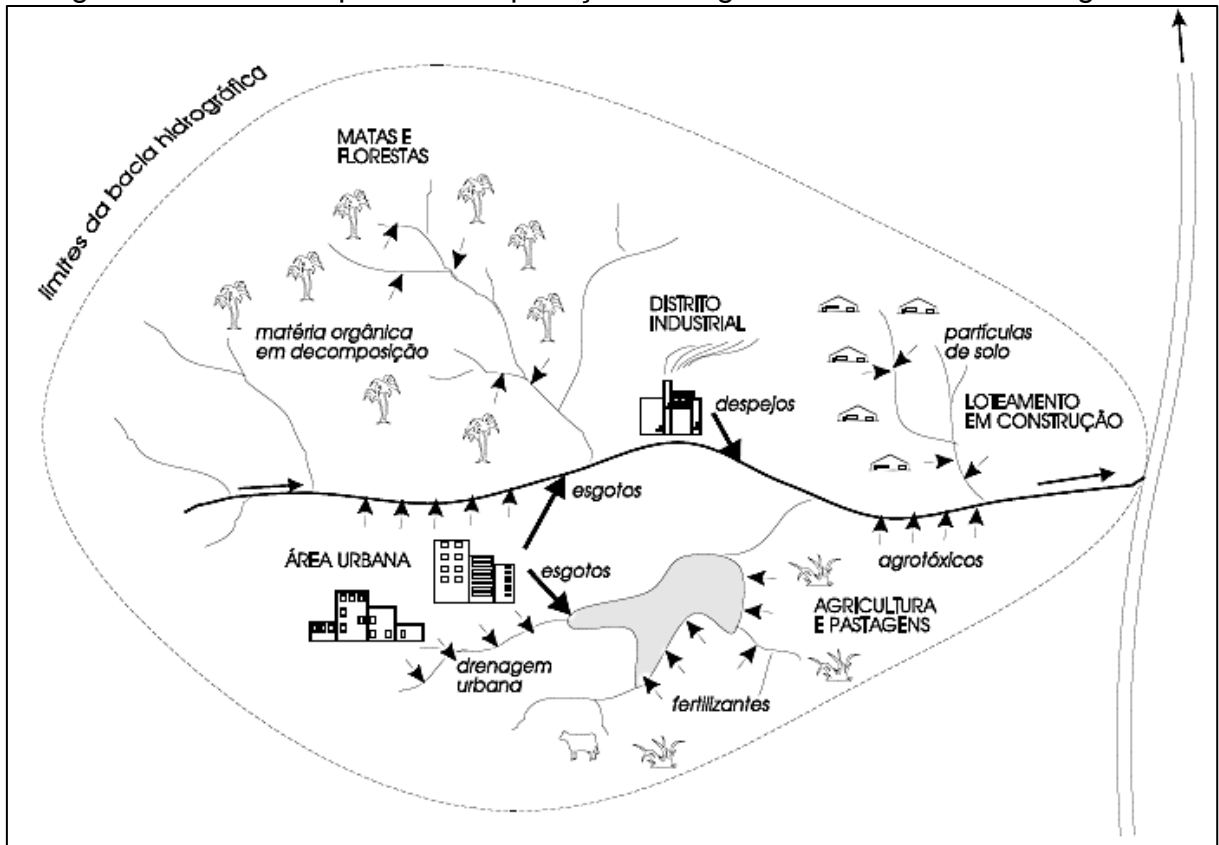
Tabela 1: Principais impactos ambientais de origem natural e antrópica

Impactos Ambientais	
Impactos Naturais	Impactos Antrópicos
Erupções vulcânicas	Diminuição da matéria orgânica
Terremotos	Compactação
Inundações	Impermeabilização
Tornados	Salinização
Furacões	Desabamento de terra
Maremotos	Contaminação
	Desmatamento de matas ciliares
	Crescimento demográfico
	Queimadas
	Irrigação
	Mineração
	Erosão
	Desertificação

Fonte: Comissão das Comunidades Europeias, Bruxelas, 2006

Com relação à água, muitas são as atividades que causam a sua poluição (Figura 1) e podem ser entendidas como alterações das características físicas, químicas ou biológicas das águas naturais decorrentes de atividades humanas (BENETTI; BIDONE, 2005).

Figura1. Atividades que causam poluição das águas em uma bacia hidrográfica



Fonte: Von Spelling (1996)

Bassoi (2005), afirma que a poluição natural das águas que ocorre com o arraste, pelas águas das chuvas, de partículas orgânicas e inorgânicas do solo, resíduos de animais silvestres, folhas e galhos de árvores e vegetação em decomposição, também pelas características do solo, por onde percolam as águas subterrâneas que abastecem os corpos de água superficial, dificilmente altera as características das águas de forma a torná-las impróprias para o abastecimento humano.

Por outro lado, a poluição antrópica que ocorre por meio do lançamento de esgotos domésticos, industriais ou de áreas agrícolas tem características qualitativas e quantitativas bastante diversificadas, dependendo da natureza do processo

industrial. Seus efluentes podem conter elevadas concentrações de matéria orgânica, sólidos em suspensão, metais pesados, compostos tóxicos, microrganismos patogênicos, substâncias teratogênicas, mutagênicas, cancerígenas (BASSOI, 2005).

Outro fator que agrava a degradação de bacias hidrográficas e principalmente os corpos hídricos é a falta de preservação de matas ciliares, pois em períodos chuvosos grandes quantidades de solos, matéria orgânica e insumos agrícolas são carregados para o leito dos cursos d'água, contribuindo para o aumento da concentração de sólidos, nutrientes e da descarga sólida total (MACHADO; STIPP, 2003).

Sem a preservação adequada das matas ciliares, este processo torna-se acelerado, pois vários autores têm demonstrado a eficiência das matas ciliares em reter nutrientes, herbicidas e sedimentos, decorrentes do processo de erosão (LIMA; ZAKIA, 2000), evitando que os mesmos cheguem ao leito do manancial.

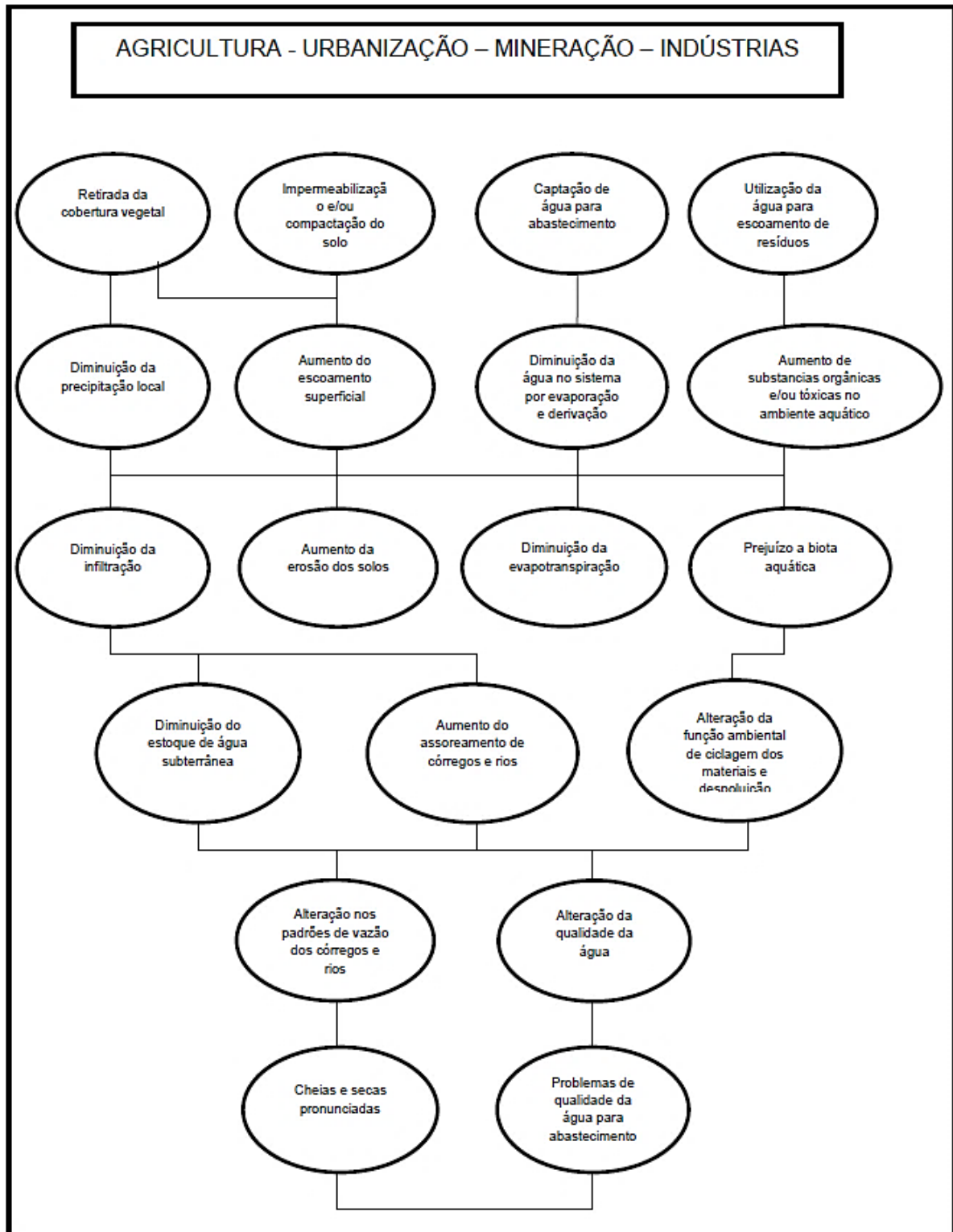
Com o aumento excessivo da concentração de sólidos e da descarga sólida dos mananciais, pode ocorrer com o tempo, o assoreamento que reduz a disponibilidade hídrica além de deteriorar a qualidade da água, a fauna e a flora (CARVALHO *et al.*, 2000).

O aumento da concentração de nutrientes na água pode resultar em eutrofização, que segundo Tundisi (2003), é o resultado do enriquecimento com nutrientes, principalmente o fósforo e o nitrogênio, que são despejados de forma dissolvida ou particulada em lagos, represas e rios e são transformados em partículas orgânicas, matéria viva vegetal, pelo metabolismo das plantas.

Todo este conjunto de problemas, que resulta da intensificação das atividades humanas, produção de alimentos, produção de energia, resulta em um impacto econômico certamente de grandes proporções ainda não mensurado adequadamente, mas certamente muito significativo (TUNDISI *et al.*, 2015).

Pires e Santos (1995), esquematizaram e montaram uma cadeia de alterações geradas em decorrência de atividades antropogênicas, que causam alterações nos recursos hídricos. Este esquema é apresentado no organograma da Figura 2.

Figura 2. Alterações provocadas por atividades antrópicas em bacias hidrográficas



Fonte: Adaptado de Pires e Santos (1995)

2.3 MATA CILIAR

Mata ciliar (vegetação ou mata de várzea) é a formação vegetal localizada nas margens dos córregos, lagos, represas e nascentes. Está situada, em geral, em "área de preservação permanente", com diversas funções ambientais, devendo respeitar uma extensão específica de acordo com a largura do rio, lago, represa ou nascente (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, 2018).

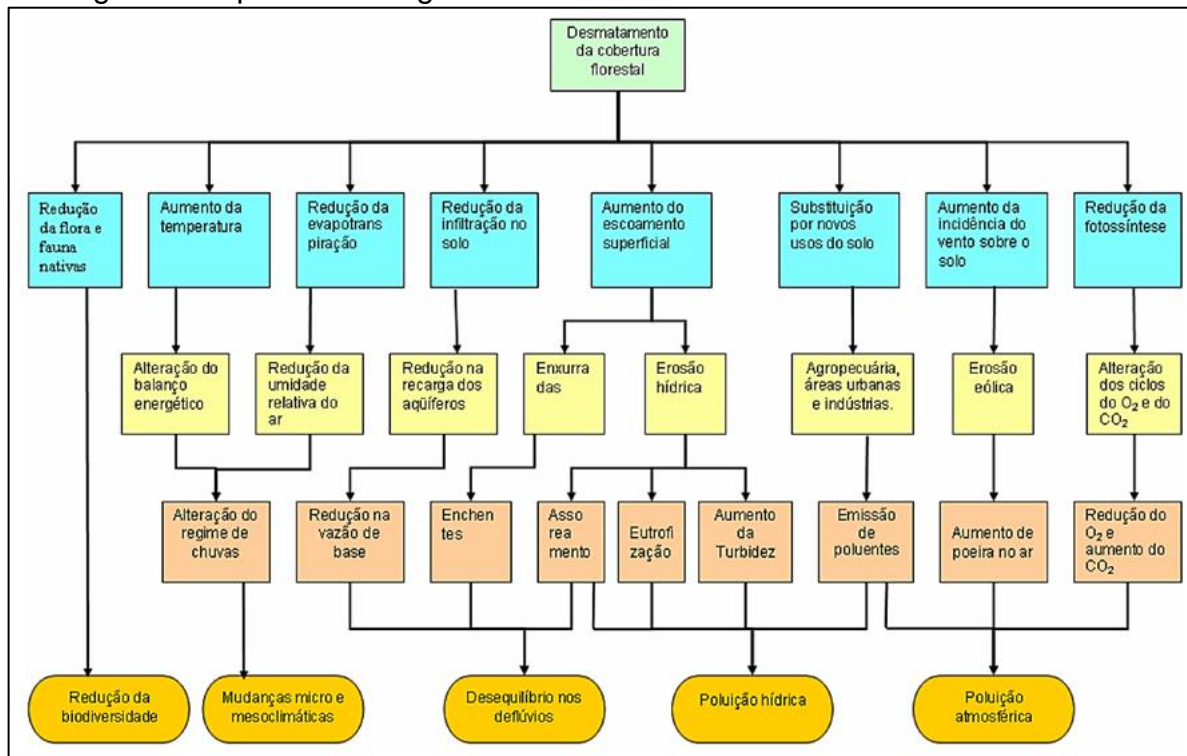
Segundo Valente e Gomes (2005) a vegetação ciliar é uma faixa de proteção de curso de água que tem como funções, servir de habitat para vários componentes da fauna silvestre, diminuir a temperatura da água, dentre outros.

Segundo Lima (1986), a cobertura florestal tem papel fundamental na hidrologia no solo, melhorando os processos de infiltração, percolação e armazenamento da água, além de diminuir o escoamento superficial, que pode causar erosão e arrastar nutrientes e sedimentos para os cursos d'água.

A vegetação ciliar, em uma bacia, reduz em 38% a concentração de nitrogênio; em 94%, o fosfato e 42% o fósforo dissolvido que chegam ao curso d'água (EMMETT *et al.*, 1994). A degradação das matas ciliares e sua substituição por atividades agropecuárias e expansão urbana vêm causando alterações na qualidade das águas e afetando o abastecimento público (GROSSI, 2006).

Os impactos decorrentes da degradação da vegetação podem ser facilmente identificados por meio: da alteração na qualidade da água, evidenciada no aumento da turbidez, da eutrofização e do assoreamento dos corpos d'água; na alteração do deflúvio, com enchentes nos períodos de chuva e redução da vazão de base quando das estiagens; e na poluição hídrica, em função da substituição da floresta por atividades agropastoris, urbanas e industriais (BRAGA, 2005), conforme Figura 3.

Figura 3. Impactos ecológicos decorrentes do desmatamento de mata ciliar



Fonte: Adaptado de Braga (1999).

Para uma gestão adequada dos recursos hídricos, o primeiro passo é o monitoramento da qualidade da água, a fim de caracterizar aspectos físico-químicos que permitem diagnosticar as mudanças ocasionadas por ações antrópicas ou naturais, no uso e na ocupação da terra (QUEIROZ *et al.*, 2010). O monitoramento, em uma microbacia hidrográfica, da qualidade da água segundo os parâmetros físico-químicos é fundamental, para que, a partir das informações levantadas, seja possível um melhor entendimento das verdadeiras influências de cada processo de degradação (MAGALHÃES Jr, 2000).

2.4 AUTODEPURAÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS

Segundo Molina (2006), mesmo em estado de poluição, os mananciais ainda lutam pela sua sobrevivência por meio de mecanismos de autodepuração. Corredeiras, meandros, quedas d'água entre outras características fazem com que o manancial tenda a recuperar a qualidade de suas águas.

O fenômeno de autodepuração está vinculado ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, por mecanismos naturais, após alterações induzidas

pelos despejos de efluentes. Com isso a autodepuração pode ser entendida como um fenômeno de sucessão ecológica a uma sequência sistemática de substituições de uma comunidade por outra, até que uma comunidade estável se estabeleça em equilíbrio com as condições locais (RODRIGUES JUNIOR, 2008). Dentre alguns fatores que influenciam na autodepuração pode-se destacar:

- Agitação da massa d'água;
- Presença de seres clorofilados;
- Transferência das águas (existência de afluentes);
- Profundidade da lâmina d'água.

O equilíbrio é reconstituído, porém em condições diferentes das anteriores. Deve-se lembrar que uma água pode ser considerada depurada, sob um certo ponto de vista, mesmo que não esteja purificada em termos higiênicos, ainda apresentando organismos patogênicos (VON SPERLING, 1996). Mas se o volume de esgoto lançado for além da capacidade de autodepuração pelo manancial, o mesmo não se recupera e atinge um estágio de degradação tal que não permite a vida de seres aeróbios (peixes e outros), causa doenças ao homem e tem seus usos prejudicados.

Assim, existem limites para o corpo ou curso d'água receptor. Uma autodepuração pode ser atingida ou não, dependendo dos seguintes fatores:

- Quantidade de poluentes;
- Natureza dos poluentes;
- Despejo esporádico ou permanente de efluentes;
- Temperatura;
- Quantidade de oxigênio dissolvido na água;
- Massa aquática receptora e sua capacidade de diluir os diferentes materiais que afetam o ambiente aquático.

O processo de autodepuração se desenvolve ao longo do tempo e da direção longitudinal do curso d'água, e segundo Braga *et al.*, (2002), os estágios de sucessão ecológica presentes nesse processo são fisicamente identificados por trechos, como apresentado na Figura 4. Braga *et al.*, (2002) define esses trechos como zonas de autodepuração e os divide em:

- **Zona de águas limpas** - localizada em região à montante do lançamento do efluente (caso não exista poluição anterior) e também após a zona de recuperação.

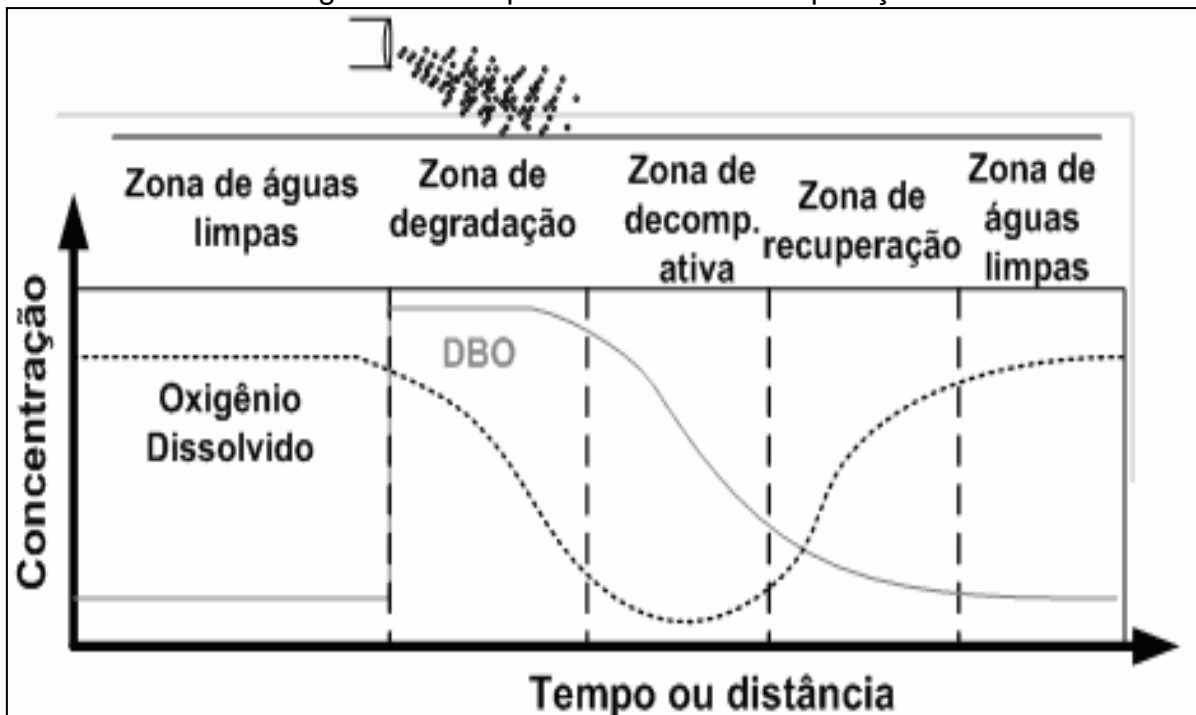
Essa região é caracterizada pela elevada concentração de oxigênio dissolvido e vida aquática superior;

- **Zona de degradação** - localizada à jusante do ponto de lançamento, sendo caracterizada por uma diminuição inicial na concentração de oxigênio dissolvido e presença de organismos mais resistentes;

- **Zona de decomposição ativa** - região onde a concentração de oxigênio dissolvido atinge o valor mínimo e a vida aquática é predominada por bactérias e fungos (anaeróbicos);

- **Zona de recuperação** - região onde se inicia a etapa de restabelecimento do equilíbrio anterior à poluição, com presença de vida aquática superior.

Figura 4. Principais zonas de autodepuração



Fonte: Adaptado de Braga *et al.*, (2002)

2.5 QUALIDADE DA ÁGUA

Segundo Poletto (2003), o desenvolvimento das civilizações às margens dos corpos d'água, deu origem ao problema da poluição das águas. Assim, rios e lagos são progressivamente transformados de fontes de abastecimento a veículo natural de escoamento de dejetos.

Toda poluição causada pelo homem de maneira direta ou indireta acaba chegando aos ambientes aquáticos, sejam transportadas pelo ar, por carreamento de solo ou lançadas diretamente em corpos hídricos.

Desta forma, a poluição do ambiente aquático, provocada pelo homem, de uma forma direta ou indireta, através da introdução de substâncias inorgânicas ou orgânicas, produz efeitos deletérios tais como: I) prejuízo aos seres vivos, II) perigo a saúde humana, III) efeitos negativos às atividades aquáticas (pesca, lazer, etc.) e IV) prejuízo a qualidade da água com respeito ao uso na agricultura, indústria e outras atividades econômicas (MEYBECK; HELMER, 1992).

Para Branco (1991), a expressão “qualidade da água” não se refere a um grau de pureza absoluto ou mesmo próximo do absoluto, mas sim a um padrão tão próximo quanto possível do “natural”, isto é, tal como se encontra nas nascentes, antes do contato com o homem. Além disso, há um grau de pureza desejável, o qual depende do seu uso, que inclui abastecimento, irrigação, industrial, pesca, entre outros.

De acordo com Meybeck e Helmer (1992) a qualidade do ambiente aquático pode ser determinada através de medidas quantitativas, como determinações físicas e químicas (na água, no material particulado e nos organismos) e/ou testes bioquímico-biológicos (medidas de DBO_5 , testes de toxicidade), ou através de medidas quantitativas e qualitativas, tais como índices bióticos, aspectos visuais, inventário de espécies, odor.

Em decorrência das múltiplas atividades humanas, crescentes exponencialmente, mais rios no mundo estão sendo impactados, inclusive aqueles que ficam longe das áreas industriais, por meio do transporte atmosférico de contaminantes (CUELBAS, 2007).

2.6 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Não há um indicador de qualidade de água único e padronizável para qualquer sistema hídrico (BONNET; FERREIRA; LOBO, 2008). Uma forma de avaliar objetivamente essas variações é a combinação de parâmetros de diferentes dimensões, em índices que os reflitam conjuntamente em uma distribuição amostral no espaço e no tempo (TOLEDO; NICOLELLA, 2002). Trata-se dos índices de

qualidade da água, IQAs, que vêm sendo largamente usados em monitoramento há algum tempo (DINIUS, 1987; CUDE, 2001).

Para avaliação da qualidade das águas dos rios são realizadas análises físico-químicas e microbiológicas. Os Índices de Qualidade de Águas (IQA) apresentam a vantagem de reunir a determinação de vários parâmetros, com diferentes unidades de medida, em um único número, o que facilita a interpretação do público não técnico.

O Índice de Qualidade de Água (IQA) foi criado pela National Sanitation Foundation com o objetivo de desenvolver um indicador que, por meio de resultados de análise de características físicas, químicas e biológicas, pudesse fornecer um balizador de qualidade das águas de um corpo hídrico (LIBÂNIO, 2005).

Embora o IQA tenha sido elaborado para condições regionais do hemisfério norte, no Brasil ele tem sido aplicado como índice geral de qualidade das águas em corpos de água (CETESB, 1988; SANTOS, 1993; CARVALHO; SCHLITTER; TORNISIELO, 2000).

O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros selecionados: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez (CETESB, 2017). Segundo CETESB (2017), a equação utilizada para a determinação do índice de Qualidade da Água é a Equação 1.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \dots\dots\dots(EQUAÇÃO 1)$$

onde:

IQA: índice de Qualidade da Água, valor entre 0 e 100;

qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade" na Figura 4, em função de sua concentração ou medida

W_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que a somatória de W_i deve ser 1, conforme CETESB (2017) dispõe na Equação 2:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad \dots\dots\dots(\text{EQUAÇÃO 2})$$

onde:

n : número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

A esses parâmetros foram atribuídos os seguintes pesos, de acordo com a sua importância relativa no cálculo do IQA: Oxigênio Dissolvido (0,17), coliformes termotolerantes (0,15), pH (0,12), Demanda Bioquímica de Oxigênio (0,10), fósforo total (0,10), temperatura da água (0,10), nitrato (0,10), turbidez (0,08) e sólidos totais (0,08).

Para cada parâmetro foram traçadas curvas médias da variação da qualidade da água apresentadas na Figura 5 em virtude das suas respectivas concentrações.

Figura 5. Curvas de variação dos parâmetros do IQA (continua)

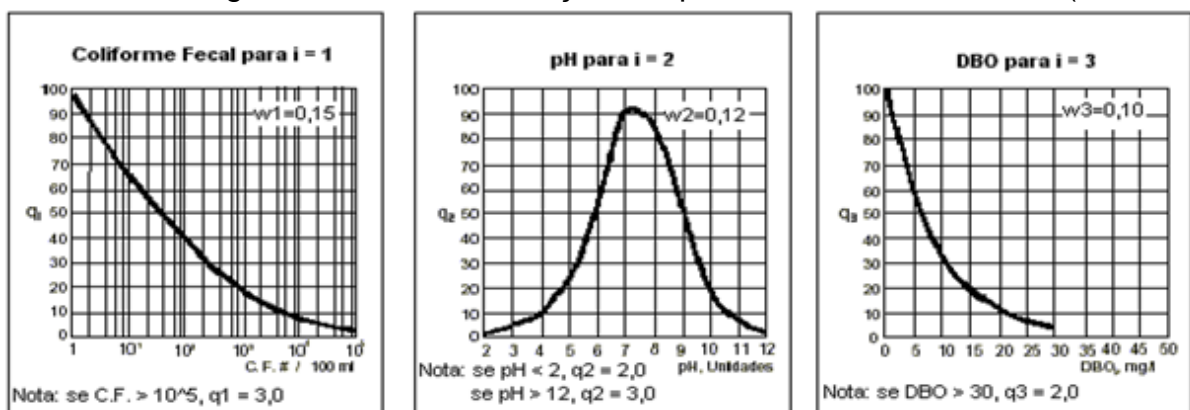
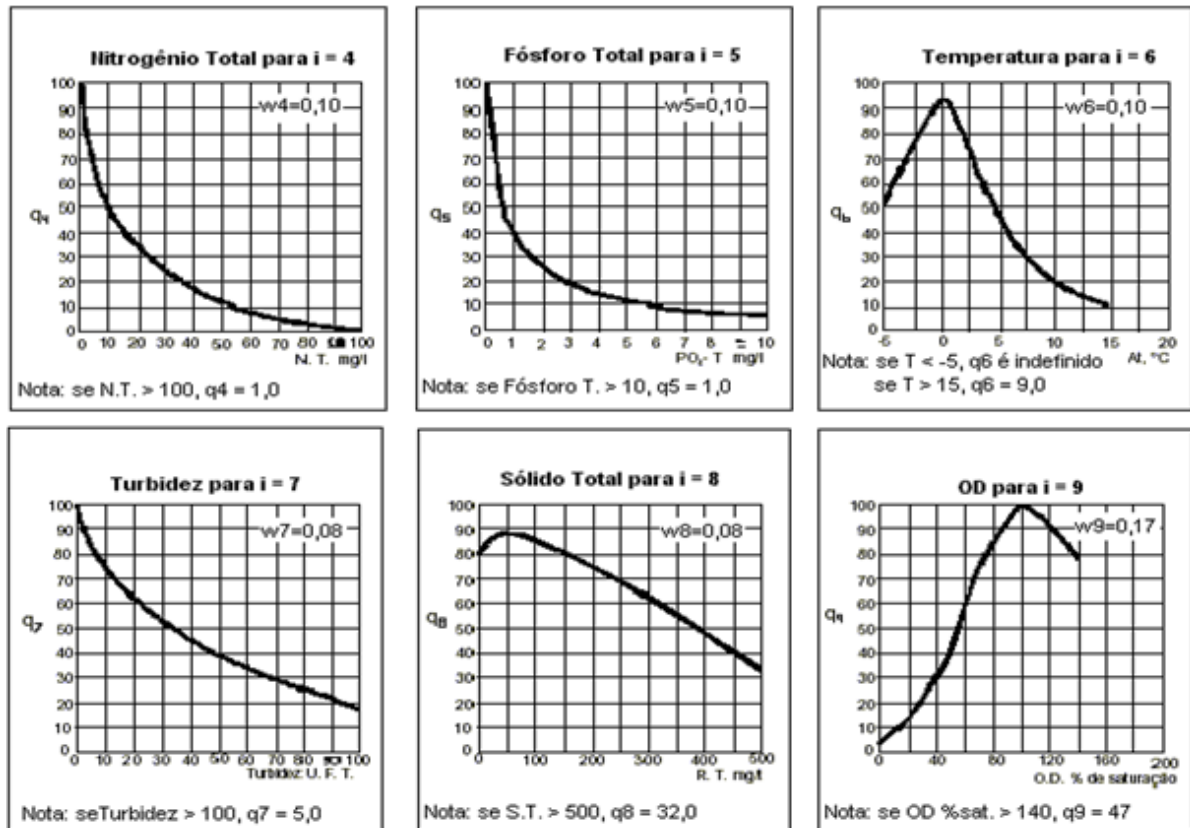


Figura 5. Curvas de variação dos parâmetros do IQA (conclusão)



Fonte: CETESB (2017)

A partir do cálculo do IQA, definem-se os níveis de qualidade do corpo d'água (ótima, boa, aceitável, ruim ou péssima) relacionando um intervalo de variação do IQA (0 – 100) e uma cor de referência, como visto na Figura 6 (REIS, 2007).

No cálculo original do IQA-NSF, considera-se o nitrogênio nitrato no cálculo, no entanto, a CETESB realizou uma adaptação desse índice para o nitrogênio total no estado de São Paulo, uma vez que nesse caso os rios se mostram comprometidos por esgotos domésticos, que são ricos em outras formas de nitrogênio, como nitrogênio orgânico e o amoniacal (PERNAMBUCO, 2005).

Figura 6. Classificação da Qualidade da Água em função do IQA

GRADUAÇÃO	QUALIDADE
79 < IQA ≤ 100	Qualidade ótima
51 < IQA ≤ 79	Qualidade boa
36 < IQA ≤ 51	Qualidade aceitável
19 < IQA ≤ 36	Qualidade ruim
IQA ≤ 19	Qualidade péssima

Fonte: CETESB (2002)

- Ótima (80 a 100): são águas encontradas em rios que se mantêm em condições naturais, não recebem despejos de efluentes não sofrem processos de degradação, excelente para manutenção da biota aquática, abastecimento público e produção de alimentos (MOLINA, 2006).

- Boa (52 a 79): são águas encontradas em rios que se mantêm em condições naturais, embora possam receber em alguns pontos, pequenas ações de degradação, mas que não comprometem a qualidade para a manutenção da biota aquática, abastecimento público e produção de alimentos (MOLINA, 2006).

- Aceitável (37 a 51): são águas encontradas em rios que sofrem grandes interferências e degradação, mas ainda podem ser utilizadas tanto para abastecimento público após tratamentos físico-químicos e biológicos, como para a manutenção da biota aquática e produção de alimentos (MOLINA, 2006).

- Ruim (20 a 36): são águas encontradas em rios que sofrem grandes interferências e degradação, comprometendo a qualidade, servindo a mesma apenas para navegação e geração de energia (MOLINA, 2006).

- Péssima (0 a 19): são águas encontradas em rios que sofrem graves interferências e degradação, comprometendo a qualidade, servindo apenas para navegação e geração de energia (MOLINA, 2006).

2.7 PARÂMETROS UTILIZADOS PARA ANÁLISE DA ÁGUA

Segundo Von Sperling (1996), os diversos componentes presentes na água e que alteram o seu grau de pureza, podem ser retratados de uma maneira ampla, e simplificados em termos das suas características físicas, químicas e biológicas. Estas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água.

As principais características da água podem ser expressas como:

- **Características físicas:** As impurezas físicas estão associadas, em sua maior parte, aos sólidos presentes na água. Estes sólidos podem ser de suspensão, coloidais ou dissolvidos, dependendo do seu tamanho.
- **Características químicas:** As características químicas da água podem ser interpretadas através de uma das duas classificações: matéria orgânica ou inorgânica.
- **Características biológicas:** Os seres presentes na água podem ser vivos ou mortos. Dentre os seres vivos, têm-se os pertencentes aos reinos animal, vegetal e protistas.

2.7.1 Parâmetros físicos

As principais características físicas da água são: cor, turbidez, sabor, odor e temperatura. Segundo Oliveira (1976), essas características físicas exercem certa influência no consumidor leigo, pois dentro de determinados limites não tem relação com inconvenientes de ordem sanitária, as características físicas utilizadas para determinar o IQA (índice de qualidade de água) são:

- **Temperatura (°C)**

Elevações da temperatura aumentam a taxa das reações físicas, químicas e biológicas (na faixa usual de temperatura), diminuem a solubilidade de gases (ex: oxigênio dissolvido) e também aumentam a taxa de transferência de gases (o que pode gerar mau cheiro, no caso da libertação de gases com odores desagradáveis) (VON SPERLING, 2005).

A temperatura da água tem reflexos sobre a vida aquática, a transferência de calor pode ser por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo), ou ainda pode ter origem em despejos industriais. É utilizada na caracterização de corpos d'água e águas residuárias brutas (VON SPERLING, 1996). Segundo Sewell (1978), o acréscimo de temperatura pode provocar alterações físicas, como na densidade, na viscosidade, na pressão do vapor e no oxigênio dissolvido. Tem efeitos químicos, acelerando reações químicas e bioquímicas; e efeitos biológicos, podendo se tornar letal a organismos adaptados a determinadas condições físicas.

Para Silva *et al.*, (2008) a temperatura desempenha um importante papel no controle de espécies aquáticas, podendo ser considerada uma das características mais importantes do meio aquático.

Seu valor pode variar entre 0°C e 30°C. Contudo, devido aos insignificantes efeitos à saúde e extrema dificuldade de alteração na temperatura da água para abastecimento de maiores populações, os padrões de potabilidade brasileiro e da Organização Mundial da Saúde - OMS não estabelecem temperatura máxima para água de consumo (LIBÂNIO, 2010).

Contudo a Resolução Conama 397 de 3 de Abril de 2008 complementa a Resolução Conama 357 de 17 de Março de 2005 sobre o parâmetro temperatura, que estabelece que a temperatura deve ser inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura, desde que não comprometa os usos previstos para o corpo d'água (CONAMA, 2008).

• **Sólidos Totais (mg.L⁻¹)**

O resíduo total é a matéria que permanece após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água durante um determinado tempo e temperatura. O comportamento dos sólidos totais é semelhante ao da turbidez, variável com a qual se relaciona. Os valores refletem a condição local, com aumento em locais de maior poluição (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003).

O excesso de sólidos na água pode afetar a comunidade aquática, podendo alterar as condições de luminosidade da água interferindo no metabolismo dos organismos autotróficos submersos, por dificultar a realização da fotossíntese, consequentemente prejudicando também os demais organismos heterotróficos

dependentes do oxigênio dissolvido produzido na fotossíntese para respiração (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013).

Quando os resíduos sólidos se depositam nos leitos dos corpos d'água podem causar seu assoreamento, que gera problemas para a navegação e pode aumentar o risco de enchentes. Além disso, podem causar danos à vida aquática, pois ao se depositarem no leito eles destroem os organismos que vivem nos sedimentos e servem de alimento para outros organismos, além de danificar os locais de desova de peixes (ANA, 2018).

• **Turbidez (UT)**

A turbidez é a interferência à passagem da luz através da água, causada por partículas insolúveis de solo, matéria orgânica, microorganismos e outros materiais, que desviam e/ou absorvem os raios luminosos que penetram na água. As partículas que constituem a turbidez, além de diminuir a claridade e reduzir a transmissão da luz na água, podem provocar o sabor e o odor na mesma, uma vez que “transportam matéria orgânica absorvida” (RODRIGUES JUNIOR, 2008).

O tamanho das partículas responsáveis pela turbidez varia muito, desde grosseiras a coloides, de acordo com o nível de agitação do corpo hídrico. A presença destas partículas provoca a dispersão e a absorção da luz, deixando a água com aparência turva, podendo prejudicar a fotossíntese das algas e plantas aquáticas submersas. Partículas em suspensão localizadas próximo à superfície podem absorver calor adicional da luz solar, aumentando a temperatura da camada superficial da água (SCHLLEMER *et al.*, 2008).

A turbidez tem como origem natural as partículas de rocha, argila, silte, algas e outros microrganismos, como origem antropogênica pode-se citar os despejos industriais, domésticos, microrganismos e erosão. A utilização mais frequente desse parâmetro é na caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas e o controle da operação das estações de tratamento de água, sua unidade é UT (unidade de turbidez) (VON SPERLING, 2005).

2.7.2 Parâmetros químicos

Para Oliveira (1976), as características químicas das águas são provenientes de substâncias dissolvidas, geralmente avaliáveis por meios analíticos, e são de grande importância, tendo em vista suas consequências sobre os organismos dos consumidores, ou sob o aspecto higiênico, bem como sob o aspecto econômico. Estes são os parâmetros químicos utilizados para determinar o índice de qualidade de água:

• Potencial Hidrogeniônico – pH

O pH afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas. A Resolução CONAMA 357/05 estabelece que para a proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6 e 9. Alterações nos valores de pH também podem aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos, tais como os metais pesados.

Segundo Maier (1987) uma pequena diminuição no pH pode estar associado ao aumento no teor de matéria orgânica que leva a consequente queda na quantidade de oxigênio dissolvido disponível no corpo d'água.

De acordo com Esteves (1998) o pH influencia os ecossistemas aquáticos naturais devido a seus efeitos na fisiologia de diversas espécies. Para que se conserve a vida aquática, o pH ideal deve variar entre 6 e 9.

• Oxigênio Dissolvido – OD (mg.L^{-1})

O oxigênio dissolvido é vital para a preservação da vida aquática, já que vários organismos precisam de oxigênio para respirar. As águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, pois o mesmo é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica (ANA, 2018).

Por outro lado as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido mais elevadas, geralmente superiores a 5 mg.L^{-1} , exceto se houverem condições naturais que causem baixos valores deste parâmetro (ANA, 2018).

As águas eutrofizadas (ricas em nutrientes) podem apresentar concentrações de oxigênio superiores a 10 mg.L^{-1} , situação conhecida como supersaturação. Isto

ocorre principalmente em lagos e represas em que o excessivo crescimento das algas faz com que durante o dia, devido à fotossíntese, os valores de oxigênio fiquem mais elevados. Por outro lado, durante a noite não ocorre à fotossíntese, e a respiração dos organismos faz com que as concentrações de oxigênio diminuam bastante, podendo causar mortandades de peixes (ANA, 2018).

Além da fotossíntese, o oxigênio também é introduzido nas águas através de processos físicos, que dependem das características hidráulicas dos corpos d'água (ex: velocidade da água). Em síntese, o oxigênio dissolvido é consumido por bactérias durante o processo metabólico de conversão da matéria orgânica em compostos simples e inertes, como água e gás carbônico (CO₂). Com isso, as bactérias crescem e se multiplicam e, conseqüentemente, mais oxigênio dissolvido é consumido enquanto houver matéria orgânica proveniente das fontes de poluição (RODRIGUES JUNIOR, 2008).

• Nitrogênio Total (mg.L⁻¹)

Para Nuvolari (2003) o reservatório natural de nitrogênio é o ar atmosférico, mistura de gases na qual o N aparece na proporção de 78,08% em volume. Nos corpos d'água naturais, tratando-se de águas que recebem esgotos, podem ocorrer quantidades variáveis de compostos orgânicos, amônia e nitritos.

Em geral, a presença destes compostos denuncia a existência de poluição recente, uma vez que essas substâncias são oxidadas rapidamente na água, graças principalmente à presença de bactérias nitrificantes (CUELBAS, 2007). Por essa razão, constituem um importante índice da presença de despejos orgânicos recentes.

Pelo fato dos compostos de nitrogênio ser nutrientes nos processos biológicos, seu lançamento em grandes quantidades nos corpos d'água, junto com outros nutrientes tais como o fósforo, causa um crescimento excessivo das algas, processo conhecido como eutrofização, o que pode prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática (ANA, 2018).

A eutrofização das águas significa seu enriquecimento por nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, levando ao crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, com conseqüente desequilíbrio do

ecossistema aquático e progressiva degeneração da qualidade da água dos corpos lânticos (FIGUEIRÊDO *et al.*, 2007).

As fontes de nitrogênio para os corpos d'água são variadas, sendo uma das principais o lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais. Em áreas agrícolas, o escoamento da água das chuvas em solos que receberam fertilizantes também é uma fonte de nitrogênio, assim como a drenagem de águas pluviais em áreas urbanas (ANA, 2018). Também ocorre a fixação biológica do nitrogênio atmosférico pelas algas e bactérias. Além disso, outros processos, tais como a deposição atmosférica pelas águas das chuvas também causam aporte de nitrogênio aos corpos d'água.

• **Fósforo total (mg.L⁻¹)**

Segundo Metcalf & Eddy (1991) o fósforo é um importante elemento para o crescimento de algas e outros organismos no meio aquático. Do mesmo modo que o nitrogênio, o fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos e seu excesso pode causar a eutrofização das águas.

O excesso de nutrientes, especificamente, o nitrogênio e o fósforo, são os principais responsáveis pela proliferação de algas, que pode resultar no processo de eutrofização dos corpos d'água (BARROS, 2008).

Von Sperling (1996) enfoca o processo de eutrofização principalmente em lagos e represas, mas salienta que ele pode ocorrer também em rios, embora seja menos frequente devido as condições ambientais serem mais desfavoráveis para o crescimento de algas e outras plantas, como turbidez e velocidades elevadas das águas.

Entre as fontes de fósforo destacam-se os esgotos domésticos, pela presença dos detergentes superfosfatados e da própria matéria fecal. A drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas também é uma fonte significativa de fósforo para os corpos d'água. Entre os efluentes industriais destacam-se os das indústrias de fertilizantes, alimentícias, laticínios, frigoríficos e abatedouros (ANA, 2018).

Segundo Carvalho *et al.*, (2000) a poluição natural desses nutrientes em corpos hídricos pode ter um aumento através da ação do homem deixando solos sem cobertura vegetal ocorrendo o fenômeno da lixiviação, que é o carreamento do solo que contem nutrientes para os corpos hídricos.

A alteração do uso da terra é capaz de proporcionar a degradação e compactação do solo, acentuando o escoamento superficial, condição que leva à intensificação dos processos erosivos, especialmente em áreas vulneráveis, retirando nutrientes do solo e conduzindo-os para dentro dos corpos hídricos (CABRAL, 2006).

• Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO (mg.L^{-1})

Segundo Caiado *et al.*, (1999), a Demanda Bioquímica de Oxigênio é definida como a quantidade de oxigênio requerida para a estabilização da matéria orgânica e oxidação de materiais inorgânicos, tais como sulfetos e ferro-ferroso presentes em uma amostra de água.

A DBO é determinada em laboratório, observando-se o oxigênio consumido em amostras do líquido, durante 5 dias, à temperatura de 20 °C. É um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água (VON SPERLING, 1996).

Valores altos de DBO, num corpo d'água são provocados geralmente pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente esgotos domésticos. Quando a carga dos esgotos lançados excede a capacidade de autodepuração do corpo de água, o rio fica sem oxigênio, provocando problemas estéticos e liberação de odor e impedindo a existência de peixes e outros seres aquáticos (CETESB, 1988).

Segundo Campos (2000), os esgotos sanitários apresentam na faixa de 200 a 600 mg.L^{-1} , geralmente. Isso significa que, ao se lançar um litro de esgoto em um rio, ocorrerá uma "retirada" de cerca de 200 a 600 mg de oxigênio em função da respiração dos microorganismos que decompõem os componentes biodegradáveis desse esgoto.

Cada pessoa ocasiona, por dia, uma demanda de 40 a 60 g de DBO no receptor dos esgotos da cidade, ou seja, grosseiramente pode-se afirmar que cada pessoa é responsável pela demanda de 40 a 60 g por dia de oxigênio do rio, lago ou oceano onde é feito o lançamento de seus esgotos (RODRIGUES JUNIOR, 2008).

2.7.3 Parâmetros biológicos

Segundo Von Sperling (1996), os micro-organismos desempenham diversas funções de fundamental importância, principalmente as relacionadas com a transformação da matéria dentro dos ciclos biogeoquímicos. Sendo que o aspecto de maior relevância em termos da qualidade biológica da água é que os microorganismos são os maiores responsáveis pela transmissão e proliferação de doenças de origem hídrica (RODRIGUES JUNIOR, 2008).

A determinação da potencialidade de uma água transmitir doenças pode ser efetuada de forma indireta, através dos organismos indicadores de contaminação fecal, pertencentes principalmente ao grupo de coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*). As bactérias coliformes termotolerantes ocorrem no trato intestinal de animais de sangue quente e são indicadores de poluição por esgotos domésticos (ANA, 2018).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica em estudo está localizada na região oeste do estado de São Paulo, esta bacia hidrográfica tem aproximadamente 646,19 km² de área e um perímetro de 108,86 km (Figura 7).

Os municípios que fazem parte dessa bacia hidrográfica são: Dracena, Tupi Paulista, Ouro Verde, Santa Mercedes, Panorama, Nova Guataporanga e Paulicéia. O principal córrego dessa bacia hidrográfica é o Córrego das Marrecas com aproximadamente 45 km de extensão. Este córrego tem sua nascente no perímetro urbano do município de Dracena e sua foz no município de Panorama.

Esta região tem um clima tropical, chove muito mais no verão que no inverno, a temperatura média na região é de 22,1 °C e a pluviosidade média anual é de 1204 mm (CLIMA-DRACENA, 2018). Janeiro é o mês mais quente do ano com uma temperatura média de 24,9 °C, a temperatura média em Junho, é de 18,0 °C, o mês mais seco é Agosto com 29 mm (CLIMA-DRACENA, 2018).

Figura 7. Localização do Córrego das Marrecas-SP



Fonte: Google Maps (2018)

Esta bacia hidrográfica é um grande exemplo de ambiente com alto índice de área antropizada, pois possui uma grande variedade de usos e ocupações da terra, como diversas lavouras temporárias, hortas, cana de açúcar, eucalipto, seringueira e área urbana, como também há de se notar que grande parte da mata ciliar do curso principal e de seus afluentes se encontra em estágio avançado de degradação (Figura 8, 9 e 10).

Figura 8. Uso e ocupação do solo predominante na bacia hidrográfica do Córrego das Marrecas – SP próximo ao município de Dracena – SP, 2018.



Fonte: Google Maps (2018)

Figura 9. Uso e ocupação do solo predominante na bacia hidrográfica do Córrego das Marrecas – SP, 2018.



Fonte: Google Maps (2018)

Figura 10. Uso e ocupação do solo predominante na bacia hidrográfica do Córrego das Marrecas – SP próximo ao município de Panorama – SP, 2018.



Fonte: Google Maps (2018)

Além desses fatores, existe a estação de tratamento de esgoto do município de Dracena – SP chamada ETE Mirassol nas coordenadas $21^{\circ}29'52,4''S$ e $51^{\circ}33'19,9''W$ (Figura 11).

Figura 11- Estação de Tratamento de Esgoto do município de Dracena- SP



Nota: 1) Lagoa Anaeróbia; 2) Lagoa Facultativa; 3) Lagoa Facultativa

Fonte: Google Maps (2018)

A ETE Mirassol com três lagoas, uma anaeróbia e duas facultativas atendem cerca de 45% do município de Dracena-SP, sendo localizada no Bairro Mirassol. O

início de operações se deu em 22 de outubro de 1977. O volume de esgoto tratado é de 1.827.718 metros cúbicos ao ano.

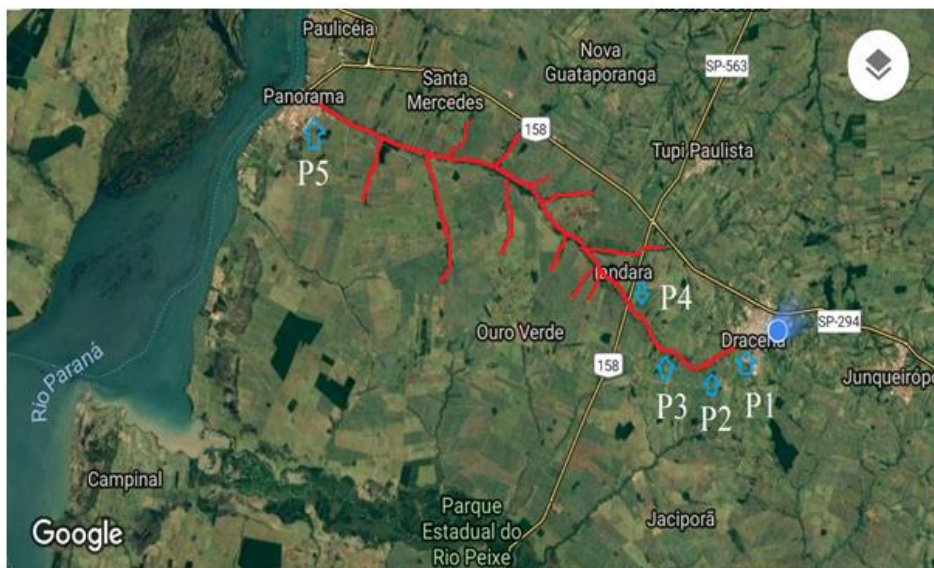
A lagoa anaeróbia (lagoa 1 da Figura 11) tem 4,5 metros de altura e 115 metros de comprimento e 50 metros de largura. A primeira lagoa facultativa (lagoa 2 da Figura 11) tem 1,5 metro de altura e formato não retangular com volume de 18.470 metros cúbicos. A segunda lagoa facultativa (lagoa 3 da Figura 11) tem 1,5 metro de altura e formato não retangular com volume de 43.690 metros cúbicos.

A ETE trata 43% do esgoto sanitário do município de Dracena, esgoto esse gerado por aproximadamente 22.000 pessoas, sendo a vazão de entrada na ETE de $30 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ de esgoto. Os outros 57% do esgoto são encaminhados para outra estação de tratamento de esgoto também localizada no município de Dracena - SP.

3.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM

Os pontos de amostragem foram determinados estrategicamente para que houvesse um real conhecimento da influência antropogênica ao longo de toda a bacia hidrográfica, para que isso ocorresse foram adotados 5 pontos de coleta (Figura 12) divididos em toda a extensão do principal córrego da bacia. As coordenadas geográficas dos pontos de coleta estão na Tabela 2.

Figura 12. Pontos de amostragem na bacia hidrográfica do Córrego das Marrecas - SP



Fonte: Google Maps (2018)

Tabela 2. Descrição dos pontos de amostragem do Córrego das Marrecas - SP e suas respectivas coordenadas geográficas

Pontos de amostragem	Distância do próximo ponto (km)	Característica dos pontos de amostragem	Coordenadas geográficas		
			Latitude	Longitude	Altitude (m)
Nascente do Córrego das Marrecas (P1)	P1 = 0	Urbano	S 21°29'27,7"	W 51°32'18,1"	410,8
Montante do lançamento de efluente tratado da ETE (P2)	P1 a P2 = 3	Rural	S 21°29'52,4"	W 51°33'19,9"	382,12
Lançamento do efluente tratado da ETE (P3)	P2 a P3 = 2	Rural	S 21°30'11,8"	W 51°33'53,4"	368,18
Jusante da ETE (P4)	P3 a P4 = 7,5	Rural	S 21°29'19,5"	W 51°36'46,2"	328,08
Foz do Córrego das Marrecas (P5)	P4 a P5 = 33	Urbano	S 21°21'04,2"	W 51°51'05,0"	276

Fonte: Próprio autor.

A coleta das amostras iniciou-se no mês de Abril de 2017 e terminou no mês de Março de 2018, nos seguintes pontos:

P1 (nascente do Córrego das Marrecas) situa-se no perímetro urbano da cidade de Dracena – SP e em períodos chuvosos é comum ter enchentes, pois a água drenada converte para esse ponto. Esta nascente foi canalizada por uma galeria até a área rural do município de Dracena – SP. Por essa galeria também passa a canalização que leva o esgoto até a estação de tratamento do município como apresentado na Figura 13.

Figura 13. Nascente do Córrego das Marrecas (P1), município de Dracena - SP, 2017



Fonte: Próprio autor.

O ponto P2 está localizado a montante do lançamento do efluente tratado da estação de tratamento de esgoto (ETE) do município de Dracena. Este ponto foi escolhido para determinar a qualidade da água antes do lançamento do efluente da ETE, para posteriormente avaliar as modificações causadas na qualidade da água pelo lançamento do efluente. O ponto 2 é mostrado na Figura 14.

Figura 14. Montante do lançamento do efluente tratado da estação de tratamento de esgoto (P2), município de Dracena – SP, 2017



Fonte: Próprio autor.

O ponto de amostragem P3 (lançamento do efluente tratado da ETE) (Figura 15) caracteriza-se pela frequente presença de resíduos sólidos e entulho em suas margens, como também no próprio corpo d'água.

Figura 15- Lançamento do efluente tratado da estação de tratamento de esgoto (P3), município de Dracena - SP, 2017



Fonte: Próprio autor.

O ponto de coleta P4 está localizado à jusante do lançamento de efluente tratado da ETE de Dracena- SP (Figura 16). Neste ponto encontram-se afloramentos de águas. Este local sofre interferência do assoreamento, pois em seu entorno há pouca mata ciliar e grande quantidade de bovinos, que ao se deslocarem para o Córrego das Marrecas para sua dessedentação, provocam valas que canalizam água da chuva provocando erosões e consequentemente assoreamento do córrego, uma vez que o solo carregado pela erosão se deposita no leito do rio/córrego pelas pastagens.

Figura 16- Jusante do lançamento do efluente tratado da estação de tratamento de esgoto (P4), município de Dracena - SP, 2017



Fonte: Próprio autor.

No P5 (Figura 17), o Córrego das Marrecas – SP deságua no Rio Paraná, cujo local é frequentemente utilizado para atividades pesqueiras e de recreação.

Figura 17- Foz do Córrego das Marrecas (P5), município de Panorama - SP, 2017



Fonte: Próprio autor

3.3 PROCEDIMENTOS DE COLETA DAS AMOSTRAS E MÉTODOS DE ANÁLISES.

Em cada ponto de amostragem do Córrego das Marrecas foram coletados 1L de água superficial, sendo armazenados em frascos âmbar previamente lavados e secos à temperatura ambiente. As amostras foram transportadas em caixas térmicas contendo gelo para serem analisadas no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

Uma vez no laboratório, as amostras foram preparadas de acordo com a metodologia de análise de cada parâmetro do Índice de Qualidade da Água (Tabela 3). As análises dos parâmetros físicos, químicos e biológico das amostras foram realizadas conforme os Métodos para análises de águas potáveis e residuárias – Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA; AWWA; WEF, 1998), nas dependências do Laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Civil da UNESP – campus Ilha Solteira – SP.

Para o parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), as amostras foram levadas para serem analisadas no Laboratório de Saneamento do Centro Universitário de Adamantina (Unifai).

Tabela 3. Síntese das metodologias e equipamentos utilizados nas análises de qualidade da água

PARÂMETROS	UNIDADE DE MEDIDA	MÉTODOS	EQUIPAMENTOS
Turbidez	NTU	Nefelométrico	Turbidímetro
Temperatura	°C	Eletrométrico	Sonda multiparamétrica
pH	-	Eletrométrico	Phmetro
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	PhosVer 3 Test'N Tube com Digestão por Ácido Persulfato	Digestor/ Espectrofotômetro
Nitrogênio Total	mg.L ⁻¹	Digestão por Persulfato Test'N Tube	Digestor/ Espectrofotômetro
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	mg.L ⁻¹	Respirométrico/ Manométrico - OXITOP - Incubado a 20°C, 5 dias	Sensores/Garrafas/ Incubadora de DBO
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg.L ⁻¹	Eletrométrico	Sonda multiparamétrica/ Oxímetro
Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	Gravimétrico	Mufa/Banho Maria/ Estufa
Coliformes Termotolerantes (E. Coli)	NMP/100ml da amostra	Placa para Contagem de E.coli 3M Petrifilm	Estufa de cultura

Fonte: APHA; AWWA; WEF, 1998.

3.4 ANÁLISE DE DADOS

A partir dos resultados obtidos das análises físico-químicas e biológicas foi aplicada estatística descritiva básica e realizada uma análise comparativa com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 para águas doces classe 2.

Foram também elaborados os gráficos do tipo boxplot para representar a distribuição de cada parâmetro, uma ferramenta visual prática onde se pode observar a mediana, os valores máximos e mínimos.

O cálculo do IQA foi feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros (pH, turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido, fósforo, nitrogênio, sólidos totais, coliformes termotolerantes e demanda bioquímica de oxigênio), com a utilização da Planilha Eletrônica Excel disponibilizada por Editora UFMG (2017).

Os dados mensais referentes à precipitação pluviométrica foram obtidos junto a Estação Meteorológica da Unesp de Dracena – SP.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados obtidos durante o desenvolvimento deste estudo serão apresentados e discutidos neste capítulo, a fim de se caracterizar e avaliar a qualidade da água na bacia hidrográfica do Córrego das Marrecas – SP.

Para tanto, foi aplicada a estatística básica (Tabela 4) e analisadas as oscilações de cada parâmetro e verificadas as hipóteses de atendimento aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 para um rio de água doce classe 2. Em seguida foi aplicado o Índice de Qualidade da Água - IQA da CETESB a fim de se obter uma classificação quanto à qualidade do corpo hídrico monitorado e poder correlacioná-la com possíveis causas de poluição.

Tabela 4. Estatísticas descritivas dos parâmetros utilizados para determinar o índice de qualidade da água no Córrego das Marrecas- SP durante o período de abril/2017 a março/2018 (continua)

Parâmetro	Ponto	Período Seco (Abril a Setembro)				Período Chuvoso (Outubro a Março)			
		Valor mínimo	Valor máximo	Média	Desvio padrão	Valor mínimo	Valor máximo	Média	Desvio padrão
pH	1	6,92	7,69	7,37	0,28	6,5	7,67	7,25	0,44
	2	6,75	7,8	7,55	0,4	7,2	8	7,48	0,28
	3	6,79	7,62	7,25	0,32	6,9	7,46	7,25	0,21
	4	6,18	7,65	7,29	0,55	7,05	7,83	7,29	0,29
	5	6,78	7,53	7,25	0,29	7	7,48	7,25	0,2
Coliformes (NPM)	1	8,00E+03	6,10E+04	3,32E+04	2,35E+04	3,20E+03	3,80E+05	9,03E+04	1,52E+05
	2	1,00E+03	5,10E+03	2,78E+03	1,85E+03	4,00E+02	3,30E+03	1,82E+03	1,15E+03
	3	1,30E+04	2,30E+05	7,85E+04	7,65E+04	4,00E+04	5,70E+05	1,86E+05	2,11E+05
	4	4,00E+02	4,50E+03	1,63E+03	1,51E+03	2,00E+02	1,50E+03	7,00E+02	5,25E+02
	5	2,00E+02	6,20E+03	1,52E+03	2,33E+03	2,00E+02	1,10E+03	6,33E+02	3,33E+02
DBO (mg.L ⁻¹)	1	27	78	50,17	21,53	28	43	35,17	5,53
	2	16	20	18	1,67	11	29	21,33	6,38
	3	66	96	83,33	10,88	62	92	76,83	11,67
	4	10	23	17,5	5,68	12	21	17,33	3,2
	5	11	19	16,17	2,93	11	21	15,17	4,17
Nitrogênio (mg.L ⁻¹)	1	4	12	7,5	2,74	1	9	5,17	2,93
	2	1	3	1,83	0,98	1	3	2	0,89
	3	11	21	16,17	3,76	12	26	18,33	4,89
	4	2	9	5	3,29	2	7	3,67	1,97
	5	1	4	2,5	1,05	1	4	2	1,1
Fósforo (mg.L ⁻¹)	1	0,51	3,1	1,21	0,98	0,25	3,22	1,62	1,17
	2	0,23	1,11	0,53	0,31	0,24	1,21	0,65	0,39
	3	3,72	8,5	5,77	1,77	5,2	7,1	6,4	0,83
	4	0,3	2,58	1,39	0,89	0,28	1,84	0,97	0,52
	5	0,29	0,82	0,48	0,21	0,2	0,88	0,54	0,28
Temperatura (°C)	1	20,89	23,15	21,74	0,94	22,19	23,7	23,15	54
	2	21	23,88	22,38	1,05	23,24	25,6	24,55	0,84
	3	21,52	24,94	23,21	1,27	23,65	26,27	25,08	0,86
	4	21,49	24,53	22,95	1,1	24,31	26,02	25,19	0,77
	5	23,74	25,45	24,41	0,78	25,7	26,93	26,48	0,47

Tabela 4. Estatísticas descritivas dos parâmetros utilizados para determinar o índice de qualidade da água no Córrego das Marrecas- SP durante o período de abril/2017 a março/2018 (conclusão)

Parâmetro	Ponto	Período Seco (Abril a Setembro)				Período Chuvoso (Outubro a Março)			
		Valor mínimo	Valor máximo	Média	Desvio padrão	Valor mínimo	Valor máximo	Média	Desvio padrão
Turbidez (NTU)	1	13,1	50	25,52	14,96	13,1	32	23,85	6,52
	2	10	55	21,8	16,53	14	31	22	7,13
	3	57	123	76,5	25,67	57	71	63,33	5,32
	4	12	40	21,62	9,92	11	21	14,5	4,04
	5	13	19	15,83	2,48	12	22	16	4,05
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	1	213	452	318	84,65	292	548	427,17	90,59
	2	202	424	276,83	84,78	308	510	421,677	72,81
	3	270	652	425,07	134,80	410	714	588,83	107,3
	4	148	311	232,33	54,45	271	584	394,5	108,09
	5	169	327	223,67	56,69	168	438	288,67	101,14
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	1	3,93	4,87	4,25	0,33	4,63	5,03	4,84	0,15
	2	4,53	6,18	5,59	0,69	5,42	6,62	6,12	0,47
	3	1,98	2,61	2,22	0,26	2,13	3,03	2,74	0,39
	4	4,27	5,32	4,91	0,36	4,65	6,63	5,39	0,73
	5	5,03	6,91	5,97	0,87	6,73	7,83	7,12	0,39

Nota: P1 (nascente do Córrego das Marrecas); P2 (montante do lançamento do efluente tratado da ETE); P3 (lançamento do efluente tratado da ETE); P4 (jusante do lançamento do efluente da ETE); P5 (foz do Córrego das Marrecas)

Fonte: Próprio autor.

Os índices pluviométricos mensais encontram-se na Tabela 5. A precipitação média durante a estação chuvosa entre os meses de outubro/17 a março/18 foi de 172,52 mm, enquanto na estação seca foi 75,7 mm, entre abril e setembro de 2017.

Tabela 5. Precipitação total, valor mínimo e máximo em (mm) ocorrida no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas – SP

PERÍODO	MESES	PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL (mm)	VALOR MÍNIMO (mm)	VALOR MÁXIMO (mm)	MÉDIA (mm)
Período Seco	Abril	163,9	0	64,3	75,7
	Maio	106,9	0	30,7	
	Junho	58,9	0	32	
	Julho	0	0	0	
	Agosto	113,8	0	59,2	
	Setembro	10,7	0	8,9	
Período Chuvoso	Outubro	189,3	0	60,2	172,52
	Novembro	217,5	0	56,6	
	Dezembro	210,7	0	38,1	
	Janeiro	117,9	0	48,5	
	Fevereiro	186,6	0	43,6	
	Março	113,1	0	36	
Somatório da Precipitação (mm)		1489,3	-	-	-

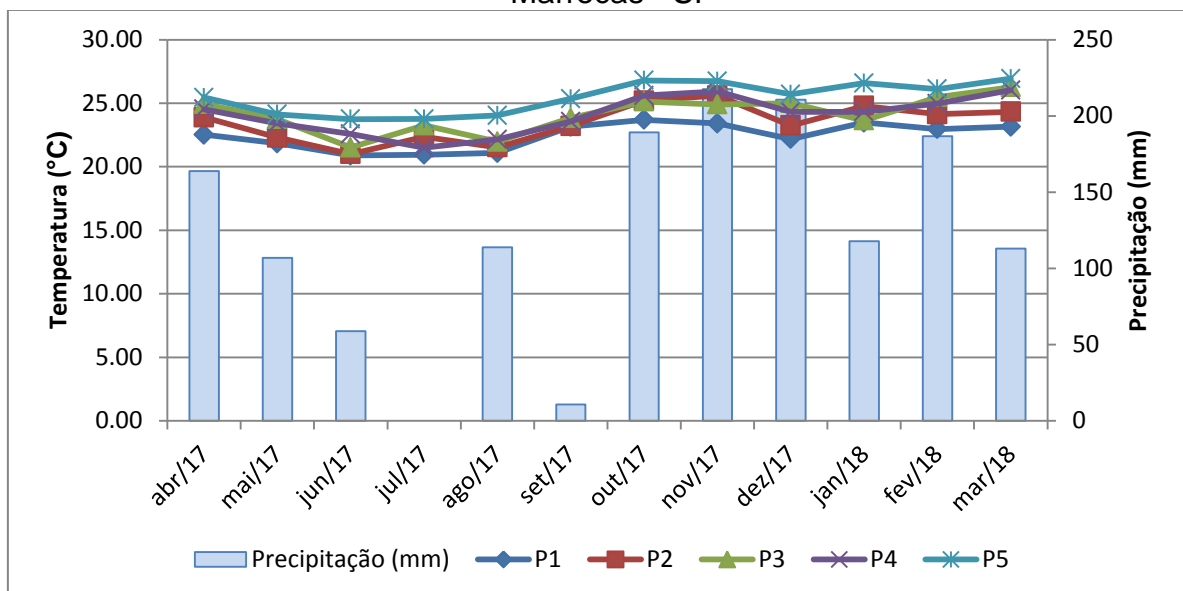
Fonte: Próprio autor.

4.1 PARÂMETROS ANALISADOS

4.1.1 Temperatura

A temperatura é um dos parâmetros mais importantes a ser considerado, já que esta variável pode influenciar significativamente parâmetros como pH e oxigênio dissolvido (OD) (Manoel, 2013). A Figura 18 apresenta os valores do parâmetro temperatura para o período de amostragem compreendido entre abril de 2017 a março de 2018.

Figura 18. Variação da concentração do parâmetro temperatura (°C) durante o período de abril/2017 a março/2018 para os pontos de amostragem no Córrego das Marrecas - SP



Fonte: Próprio autor

No período em que foi avaliada, a temperatura da água variou entre os valores de 20,89°C a 25,45°C durante o período seco, enquanto que, no período chuvoso, variou de 22,19°C a 26,93°C. Esses dados expressam variação de acordo com a temperatura do ar, com os menores valores na estiagem, e os maiores valores no período chuvoso.

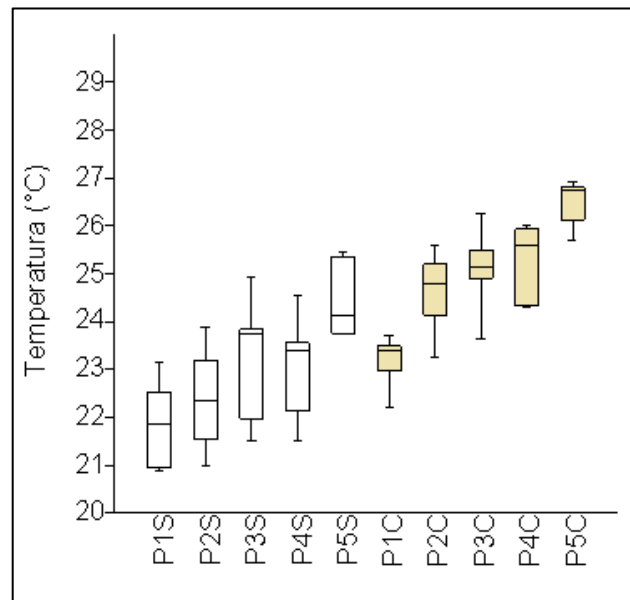
A temperatura tem grande importância como parâmetro de qualidade, pois as elevações da temperatura aumentam as taxas das reações químicas e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases e aumentam a taxa de transferência dos mesmos, o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis (VON SPERLING, 2005).

A Resolução CONAMA nº 357/05 estabelece para a temperatura em Rios de classe II, o valor limite de 40°C, portanto os valores encontrados para o parâmetro temperatura no córrego das Marrecas estão dentro do estabelecido na legislação (BRASIL, 2005).

Na Figura 19 são observadas as variações do parâmetro temperatura, com os valores mínimos registrados no período de estiagem e máximos durante o período chuvoso.

Ao longo da apresentação dos gráficos Box-Plot dos nove parâmetros a letra “S” representa o período de estiagem e a letra “C” representa o período chuvoso.

Figura 19. Gráficos Box-Plot da variável Temperatura para os pontos de amostragem, no período de abril/2017 a março/2018, localizados no Córrego das Marrecas – SP



Fonte: Próprio autor.

De maneira geral a temperatura da água da bacia hidrográfica do Córrego das Marrecas apresentou valores baixos quando comparados com outros corpos d'água. Barros e Souza (2012) ao realizar um monitoramento da água da sub-bacia hidrográfica do Córrego André, localizado na cidade Mirassol D'Oeste – MT, encontraram variação de temperatura de 27°C a 30°C no período seco, enquanto que, no período chuvoso, variou de 29,3 a 30°C.

Primavesi *et al.* (2000) também observaram que a temperatura da água no período de chuvas coincide com o período de dias mais quentes.

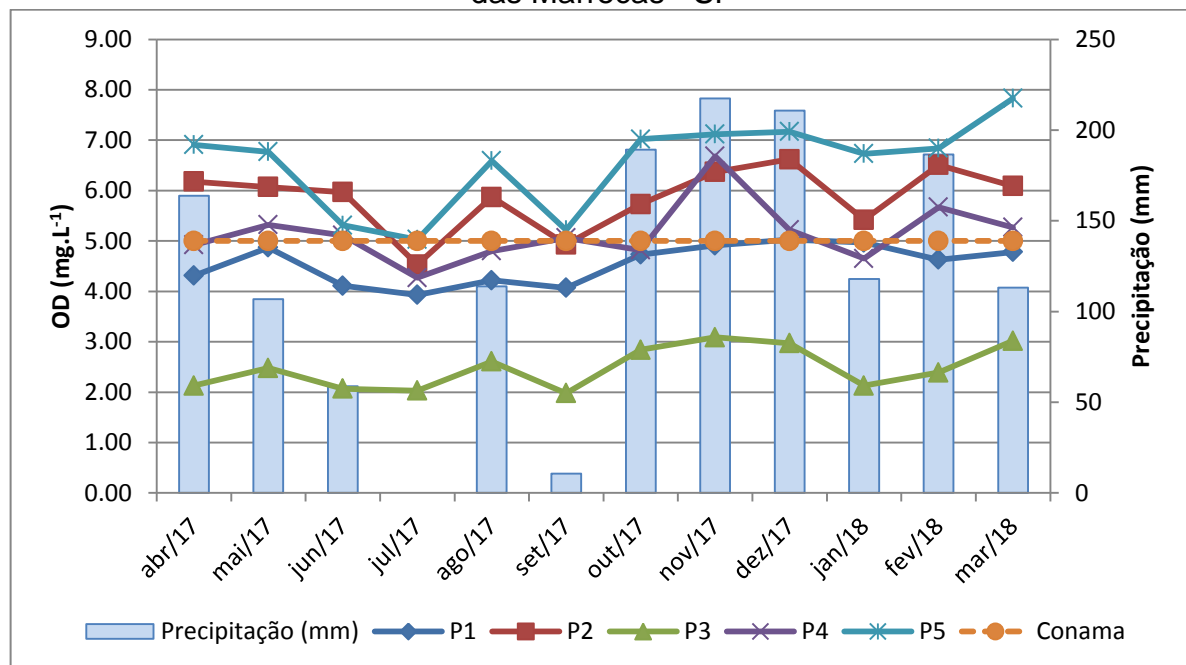
Manoel (2013) realizou um estudo na microbacia do Córrego Caçula, no município de Ilha Solteira - SP e verificou que os valores de temperatura da água variaram entre 19°C a 25°C no período seco, enquanto que, no período chuvoso, foi de 20°C a 29°C.

4.1.2 Oxigênio dissolvido

Um dos aspectos mais importantes ao se analisar a qualidade da água é a sua quantidade de oxigênio dissolvido. Assim, quanto maior a carga de matéria orgânica, maior o número de microorganismos decompositores e, conseqüentemente, maior consumo de oxigênio (SANCHES FILHO *et al.*, 2009).

Dependendo da capacidade de autodepuração do manancial, o teor de oxigênio dissolvido pode alcançar valores baixos. A variação temporal dos valores do oxigênio dissolvido pode ser visto na Figura 20.

Figura 20. Variação da concentração do parâmetro oxigênio dissolvido (OD) durante o período de abril/2017 a março/2018 para os pontos de amostragem no Córrego das Marrecas - SP



Fonte: Próprio autor.

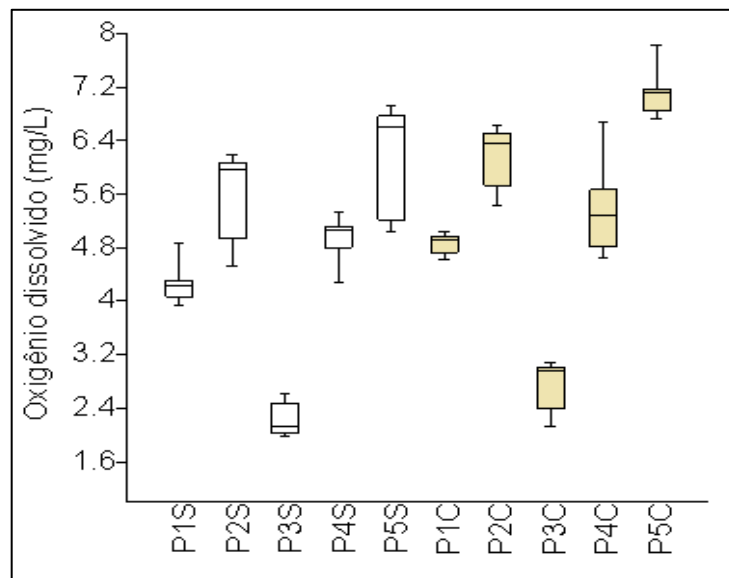
Para corpos hídricos de classe 2, como é o caso do Córrego das Marrecas, a concentração de oxigênio dissolvido, em qualquer amostra de água, não deve ser inferior a 5 mg.L⁻¹, de acordo com a resolução Conama 357/05.

Foi possível observar que o P3 (lançamento do efluente da ETE) todas as amostras apresentaram concentração de OD inferior a 5 mg.L⁻¹. Este fato pode estar associado possivelmente a baixa eficiência da ETE na remoção de matéria orgânica. O excesso de matéria orgânica causa uma diminuição da concentração de oxigênio dissolvido (CETESB, 2018).

Com relação aos valores mínimo e máximo de OD, foi registrado no Ponto 3 (lançamento do efluente da ETE) no período de estiagem o valor mínimo de 1,98 mg.L⁻¹ em setembro/2017 e no Ponto 5, máximo de 6,91 mg.L⁻¹ em abril/2017. No período chuvoso o valor mínimo foi de 2,13 mg.L⁻¹, para o Ponto 3 em janeiro/2018, e máximo de 7,83 mg.L⁻¹ para o Ponto 5 em março/2018.

Diante do exposto, foi possível observar uma diferença nos valores entre o período chuvoso e o seco, porém os menores valores médios ocorreram durante o período seco. As concentrações médias de OD na massa líquida nas áreas estudadas variaram de 2,22 a 5,97 mg.L⁻¹, no período seco, e de 2,74 a 7,12 mg.L⁻¹, no período chuvoso (Figura 21).

Figura 21. Gráficos Box-Plot da variável Oxigênio Dissolvido (OD) para os pontos de amostragem, no período de abril/2017 a março/2018, localizados no Córrego das Marrecas – SP



Fonte: Próprio autor.

Em geral quando a temperatura da água é mais alta, o OD presente é menor, devido à menor solubilidade (FIORUCCI; BENEDITO FILHO, 2005).

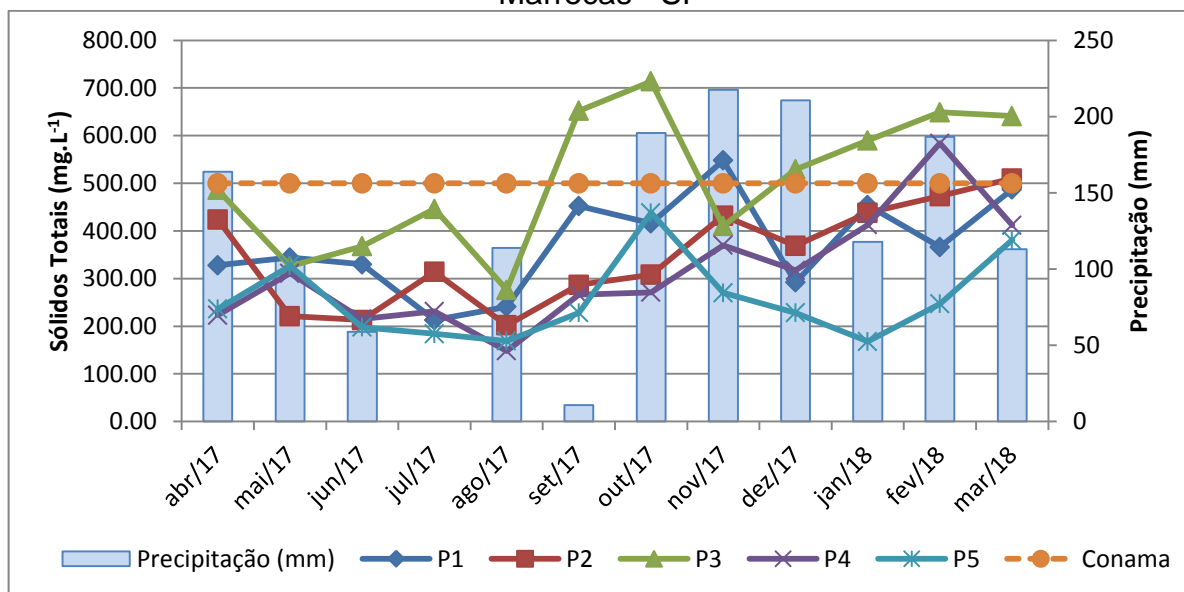
Estudos realizados por Américo, Previato e Carvalho (2013) no Rio São José dos Dourados, Ilha Solteira - SP, encontraram valores de oxigênio dissolvido variando entre 5,48 mg.L⁻¹ e 8,45 mg.L⁻¹, além disso, verificou-se que as menores concentrações de oxigênio dissolvido ocorreram na época das chuvas, fato semelhante ao que ocorreu no presente estudo.

Manoel (2013) observou uma diferença nos valores entre o período chuvoso e o seco, no córrego Caçula localizado no município de Ilha Solteira – SP. Porém os menores valores médios ocorreram no período chuvoso, as concentrações de OD na massa líquida nas áreas estudadas variaram de 0 a 11,85 mg.L⁻¹, no período chuvoso, e de 3 a 12,78 mg.L⁻¹, no período seco, fato contrário ao que aconteceu nesta pesquisa.

4.1.3 Sólidos totais (ST)

A variação dos valores para o parâmetro sólidos totais no Córrego das Marrecas – SP durante o período de abril/2017 a março/2018 para os pontos de amostragem estão apresentados na Figura 22. A Resolução CONAMA 357/05 estabelece para corpos d'água de classe 2 o valor máximo de 500 mg.L⁻¹ de sólidos totais (ST).

Figura 22. – Variação da concentração do parâmetro sólidos totais (ST) durante o período de abril/2017 a março/2018 para os pontos de amostragem no Córrego das Marrecas - SP



Fonte: Próprio autor.

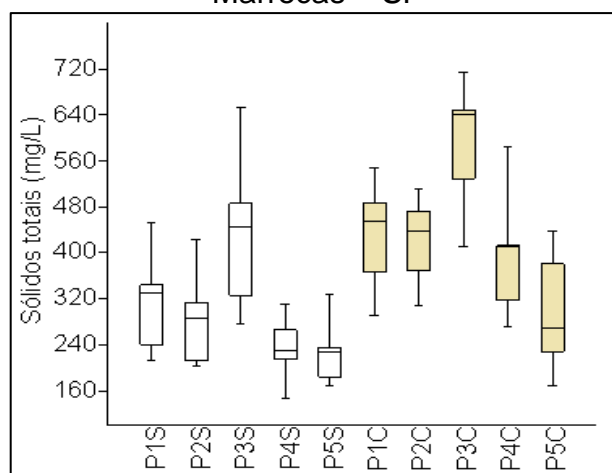
No P3 (lançamento do efluente tratado da ETE), 50% das amostras analisadas apresentaram valores acima do padrão estabelecido pela Resolução Conama 357/05. Nos demais pontos, apenas o P5 (foz do Córrego das Marrecas) foi o que apresentou os valores dentro do padrão permitido pela Resolução Conama 357/05.

Durante o período da seca os valores de sólidos totais sofreram variação nos pontos amostrais, de 148 mg.L⁻¹ no ponto 4 (montante do lançamento de efluente) a 652 mg.L⁻¹ no ponto 3 (lançamento de efluente) e no período chuvoso variaram de 168 mg.L⁻¹ no ponto 5 (foz do Córrego das Marrecas) a 714 mg.L⁻¹ no ponto 3. As altas concentrações de ST podem estar relacionadas à entrada de sólidos na água de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos) (BRASIL, 2014).

Ao longo das margens do Córrego das Marrecas não há preservação da mata ciliar como visto nas Figuras 8, 9 e 10, este pode ser um dos prováveis fatores que contribuem para a ocorrência de sólidos na água, pois de acordo com (LIMA; ZAKIA, 2000), a preservação adequada das matas ciliares, têm demonstrado eficiência em reter nutrientes, herbicidas e sedimentos, decorrentes do processo de erosão evitando que os mesmos cheguem ao leito do manancial.

Considerando os meses avaliados, as concentrações médias de ST na massa líquida nas áreas estudadas variaram de 223,67 a 425,67 mg.L⁻¹, no período seco, e de 288,7 a 588,83 mg.L⁻¹, no período chuvoso.

Figura 23. Gráficos Box-Plot da variável Sólidos Totais (ST) para os pontos de amostragem, no período de abril/2017 a março/2018, localizados no Córrego das Marrecas – SP



Fonte: Próprio autor.

Manoel (2013) verificou que durante o período da seca os valores de sólidos totais sofreram variação nos pontos amostrais, de 56 a 340 mg.L⁻¹ e no período chuvoso variaram de 80 a 1570 mg.L⁻¹ no Córrego Caçula, no município de Ilha Solteira – SP.

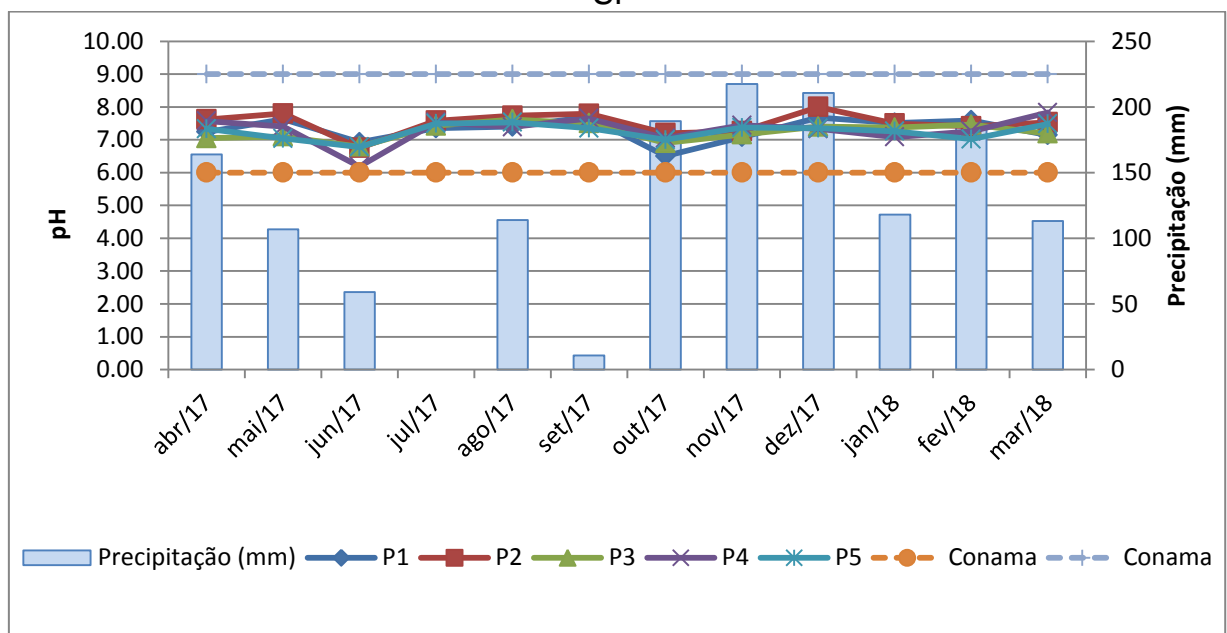
Estudos realizados por Barros e Souza (2012) no Córrego André, encontraram altos valores de sólidos totais registrados no período chuvoso, associado principalmente ao escoamento superficial devido ao uso do solo.

Bernardi (2018) em estudo realizado no Ribeirão Can-Can – SP determinou o menor valor de sólidos totais de 6 mg.L⁻¹, em setembro/2017 e o maior 292 mg.L⁻¹ em julho/2017. Segundo a autora, o valor de 292 mg.L⁻¹ foi um valor atípico quando comparado com os demais valores apresentados em sua pesquisa.

4.1.4 Potencial hidrogeniônico - pH

Os valores do pH nos pontos de coleta estão demonstrados na Figura 24. De acordo com a Resolução CONAMA 357/05 as águas doces de classe 2 devem possuir um valor de pH entre 6 e 9. Todos os pontos se enquadraram no padrão estabelecido.

Figura 24. - Variação da concentração do parâmetro pH durante o período de abril/2017 a março/2018 para os pontos de amostragem no Córrego das Marrecas - SP



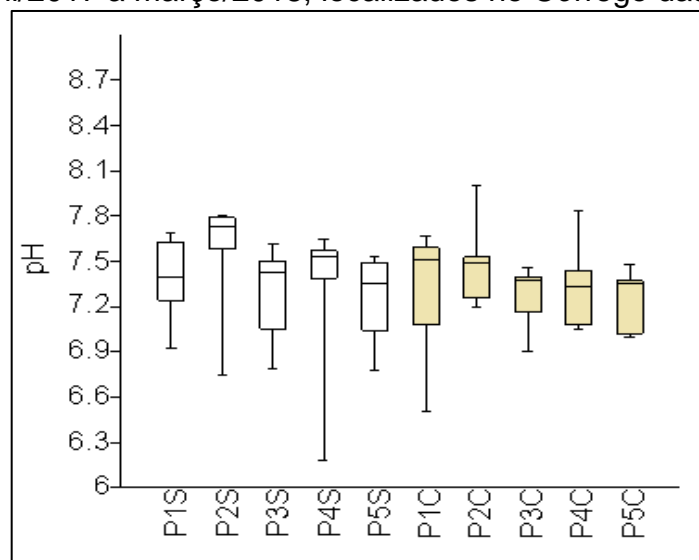
Fonte: Próprio autor.

Com relação aos valores mínimos e máximos de pH (Figura 25), foi registrado no Ponto 4 (jusante do lançamento do efluente tratado da ETE) no período de estiagem o valor mínimo de pH 6,18 em junho/2017 e no Ponto 2 (montante do lançamento do efluente tratado da ETE), máximo de pH 7,8 em maio/2017. No período chuvoso o valor mínimo de pH 6,5, no Ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas) em outubro/2017, e máximo de pH 8 no Ponto 2 (montante do lançamento do efluente tratado da ETE) em dezembro/2017.

As menores concentrações de pH podem estar relacionadas a eutrofização causada pelo lançamento de esgoto que resulta em explosão biológica de macrófitas e grandes plantas aquáticas (SIQUEIRA *et al.*, 2011; RIVAS *et al.*, 2009).

Estas plantas, como também as algas que se proliferam com a grande quantidade de despejo de matéria orgânica, são formadoras de grande quantidade de biomassa e quando se decompõem, contribuem para o déficit de oxigênio dissolvido e formação de gás sulfídrico, sendo este prejudicial à vida e sendo um dos responsáveis pelo baixo pH da água (SIQUEIRA *et al.* 2011; RIVAS *et al.* 2009).

Figura 25. Gráficos Box-Plot da variável pH para os pontos de amostragem, no período de abril/2017 a março/2018, localizados no Córrego das Marrecas – SP



Fonte: Próprio autor.

Matsumoto e Silveira (2007) encontraram pH de 7,5 para amostra superficial no Ribeirão Can-can no mês de junho/2007.

Os valores máximos do presente estudo assemelham-se ao encontrados por Teixeira (1993) onde encontrou valores variando entre 4,1 a 7,0 no Ribeirão do

Feijão e Santos (1993) quando encontrou valores de pH de até 7,1, mas um mínimo de 4,2, nos Córregos da Água Fria e da Água Quente.

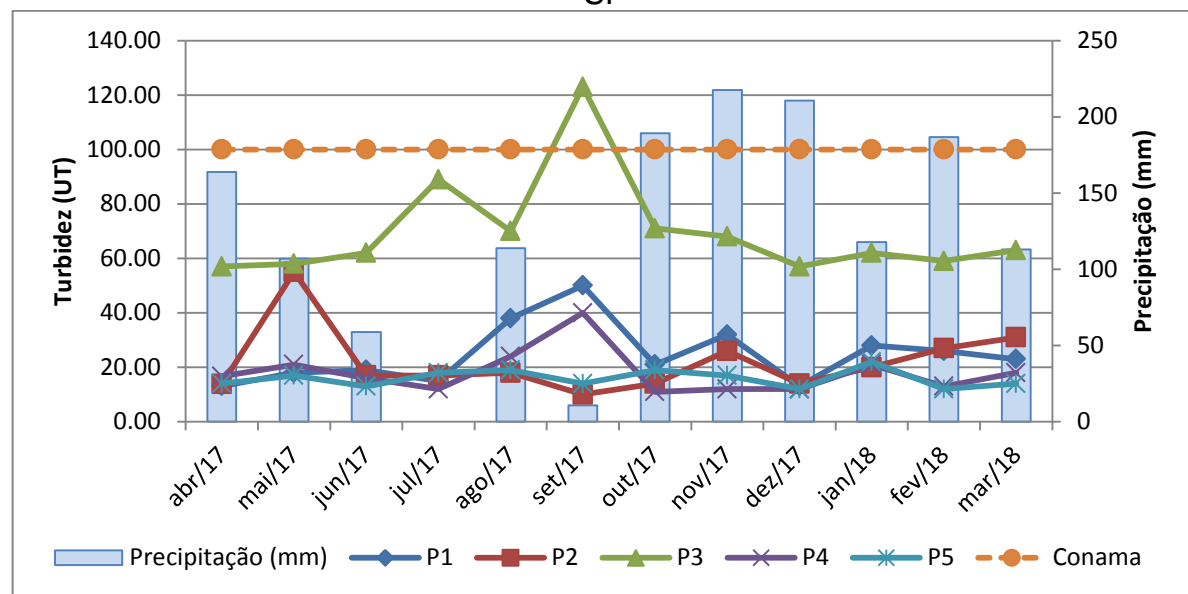
4.1.5 Turbidez

A variação dos valores de turbidez nos pontos analisados estão apresentados na Figura 26. A Resolução CONAMA 357/05 estabelece para corpos d'água de classe 2 o valor máximo de 100 NTU.

Apenas no ponto 3 (lançamento do efluente tratado da ETE), no mês de setembro/2017, este parâmetro chegou a 123 NTU, este fato está associado ao valor da concentração de sólidos totais que foi de 652 mg.L^{-1} para o mesmo mês neste mesmo ponto.

Uma alta concentração de sólidos presentes na água aumenta a turbidez da mesma (RODRIGUES JUNIOR, 2008).

Figura 26. - Variação da concentração do parâmetro turbidez durante o período de abril/2017 a março/2018 para os pontos de amostragem no Córrego das Marrecas - SP



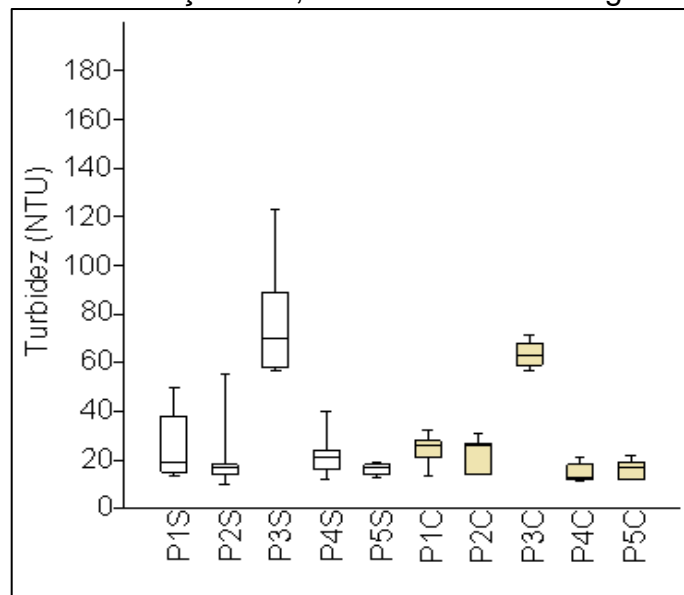
Fonte: Próprio autor.

Na Figura 27 pode ser observada a variação sazonal ao longo do período de coletas. No período de estiagem, os valores da turbidez, no Ponto 2 (montante do lançamento do efluente tratado da ETE) apresentou o valor mínimo de 10 NTU, no

mês de setembro/2017 e no Ponto 3 (lançamento do efluente tratado da ETE) valor máximo de 123 NTU em setembro/2017.

No período chuvoso o menor valor registrado para o parâmetro turbidez foi de 11 NTU para o Ponto 4 (jusante do lançamento do efluente tratado da ETE) no mês de outubro/2017 e maior valor do parâmetro turbidez foi registrado no Ponto 3 (lançamento do efluente tratado da ETE), no mês de outubro/2017, com 71 NTU.

Figura 27. Gráficos Box-Plot da variável turbidez para os pontos de amostragem, no período de abril/2017 a março/2018, localizados no Córrego das Marrecas – SP



Fonte: Próprio autor.

Vasco (2011) verificou os valores máximos de turbidez entre 157 e 179 NTU, na sub-bacia do rio Poxim (região metropolitana da Grande Aracaju).

Manoel (2013) verificou no período de estiagem, no Córrego Caçula, localizado no município de Ilha Solteira – SP, o valor mínimo para o parâmetro turbidez de 3,45 NTU, no mês de maio/2012, e valor máximo de 40,1 NTU em setembro/2012. Durante o período chuvoso, o valor mínimo registrado para o parâmetro turbidez foi de 8,8 NTU, em novembro/2012 e o valor máximo para o parâmetro foi verificado no mês de janeiro, com 691 NTU, este último valor foi muito superior ao valor máximo encontrado no Córrego das Marrecas – SP.

4.1.6 Coliformes termotolerantes

A Resolução Conama 357/05 estabelece que não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Os resultados de coliformes termotolerantes são de grande importância, pois refletem a descarga de dejetos de animais de sangue quente nos corpos hídricos, sugerindo a poluição por esgoto doméstico ou dejetos de animais (Manoel, 2013).

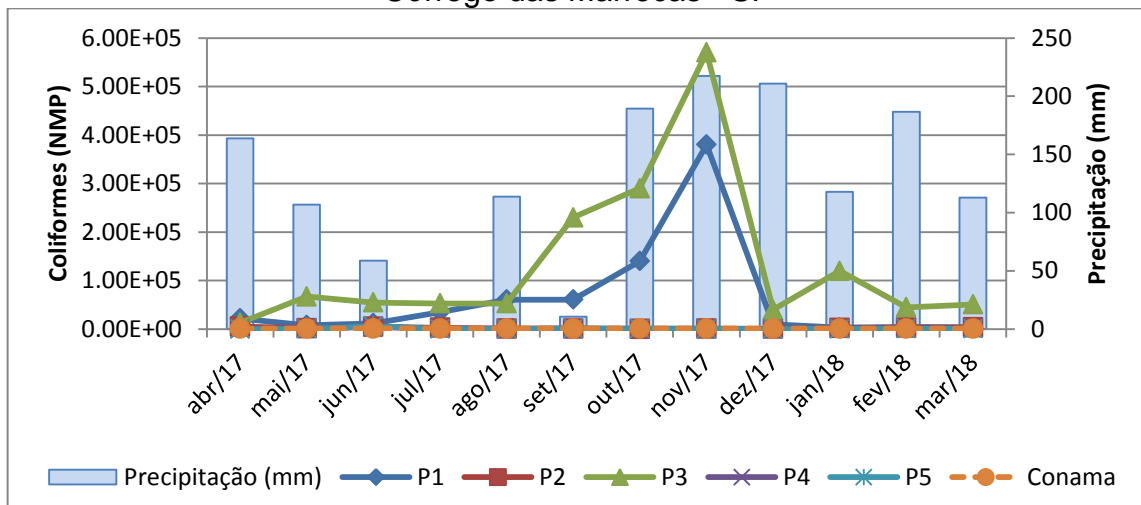
As Figuras 28 e 29 mostram que a menor contaminação biológica das amostras de água foi notada no Ponto 5 (foz do Córrego das Marrecas), no período chuvoso, onde os valores variaram entre $2E+2$ a $1,1E+3$ NMP (número mais provável)/ 100 mL^{-1} , com média de $6,33E+2$ NMP/ 100 mL^{-1} , certamente o volume de água existente nesse ponto está associado ao período chuvoso que provocou a diluição das concentrações de coliformes.

Os maiores valores encontrados para a contaminação biológica do Córrego das Marrecas foi no ponto 3 (lançamento do efluente tratado da ETE), no período chuvoso com valores que variaram de $4E+4$ a $5,7E+5$ NMP/ 100 mL^{-1} com média de $1,86E+5$ NMP/ 100 mL^{-1} .

Estes valores podem estar associados ao lançamento de efluente que ocorre neste ponto, ao contrário do que ocorreu no ponto 5 (foz do Córrego das Marrecas) quando as chuvas diluíram as concentrações deste parâmetro, neste ponto as chuvas auxiliaram no aumento das concentrações.

Segundo Silva Filho (2007), enxurradas provocadas por chuva reduzem ou anulam temporariamente a eficiência das lagoas de tratamento de esgoto, influenciando diretamente na concentração de coliformes que é lançada no corpo receptor.

Figura 28. - Variação da concentração do parâmetro coliformes termotolerantes durante o período de abril/2017 a março/2018 para os pontos de amostragem no Córrego das Marrecas - SP

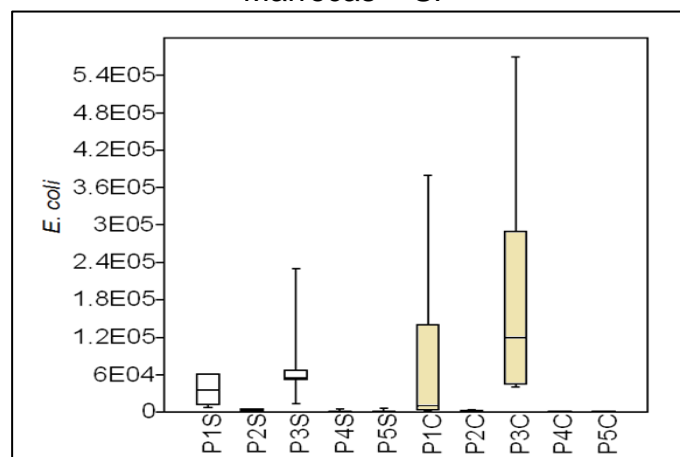


Fonte: Próprio autor.

A alta concentração média de coliformes encontrada no ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas) com valor de $3,8E+5$ NMP/100 mL⁻¹ pode ser atribuído ao fato desse ponto se encontrar em área urbanizada, evidenciando a introdução de material fecal devido enchentes e limpezas de ruas e casas.

Outro fator que pode estar influenciando a concentração de coliformes neste ponto, é fato de que a tubulação que transporta esgoto bruto para a ETE do município de Dracena – SP passa pela mesma galeria que canaliza a nascente deste córrego até o fim do perímetro urbano, podendo haver vazamento de esgoto que contribui para o aumento das concentrações de coliformes neste ponto.

Figura 29. Gráficos Box-Plot da variável coliformes termotolerantes para os pontos de amostragem, no período de abril/2017 a março/2018, localizados no Córrego das Marrecas – SP



Fonte: Próprio autor.

De maneira geral todos os pontos analisados apresentaram concentrações elevadas de coliformes, como foi mencionado anteriormente. Um dos fatores que pode explicar esses resultados segundo Lowrance *et al.* (1985), é que mata nativa pode atuar como filtro para o restabelecimento do equilíbrio biológico e melhorar a qualidade da água.

Milani (2007) em sua pesquisa no Ribeirão Baguaçu - SP encontrou concentrações de coliformes que variaram de $1E+3$ a $3,4E+4$ NMP/100 mL⁻¹. Manoel (2013) em seu estudo no Córrego Caçula encontrou uma variação de 0 a $8E+2$ NMP/100 mL⁻¹ para o período seco, já para o período chuvoso a variação foi de 0 a $1,6E+3$ NMP/100 mL⁻¹.

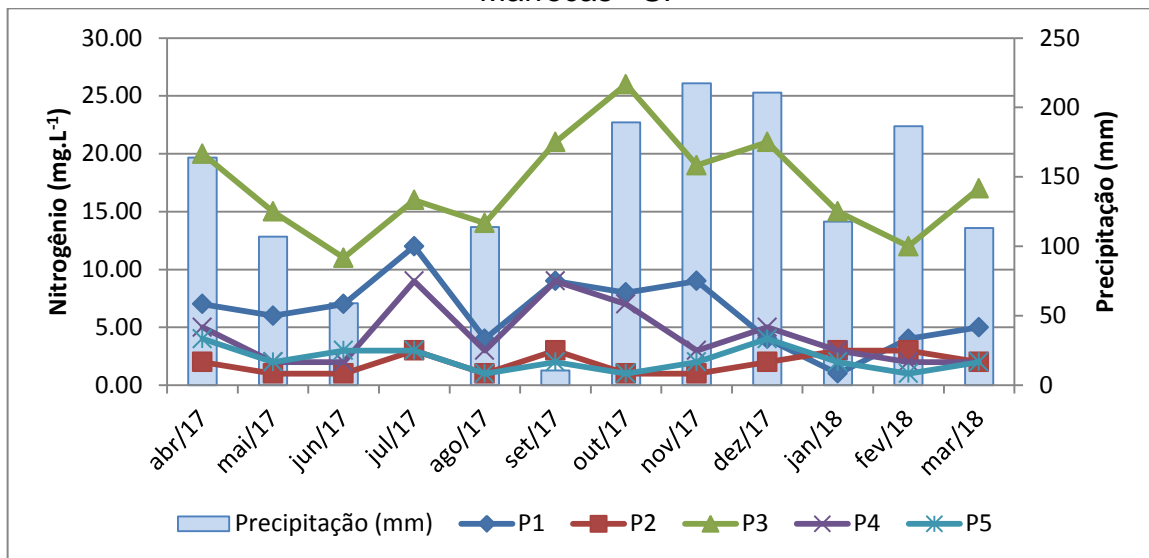
4.1.7 Nitrogênio Total

De acordo com a Resolução Conama 357/05 os limites estabelecidos para o nitrogênio depende do valor do pH da amostra, sendo de $3,7$ mg.L⁻¹ N, para $pH \leq 7,5$; $2,0$ mg.L⁻¹ N, para $7,5 < pH \leq 8,0$; $1,0$ mg.L⁻¹ N, para $8,0 < pH \leq 8,5$ e $0,5$ mg.L⁻¹ N, para $pH > 8,5$.

As concentrações de nitrogênio total ao longo da série analisada nos pontos de amostragem (Figura 30), apontam concentrações mínimas no período de estiagem de 1 mg.L⁻¹ para os pontos 2 (montante do lançamento de efluente) e 5 (foz do Córrego das Marrecas), e concentrações máximas no período de estiagem de 21 mg.L⁻¹ para o ponto 3 (lançamento do efluente tratado da ETE).

Para o período chuvoso a concentração do parâmetro nitrogênio total variou de 1 mg.L⁻¹ nos pontos 1 (nascente do Córrego das Marrecas), 2 (montante do lançamento de efluente) e 5 (foz do Córrego das Marrecas) a 26 mg.L⁻¹ no P3 (lançamento do efluente tratado da ETE).

Figura 30. - Variação da concentração do parâmetro nitrogênio total durante o período de abril/2017 a março/2018 para os pontos de amostragem no Córrego das Marrecas - SP



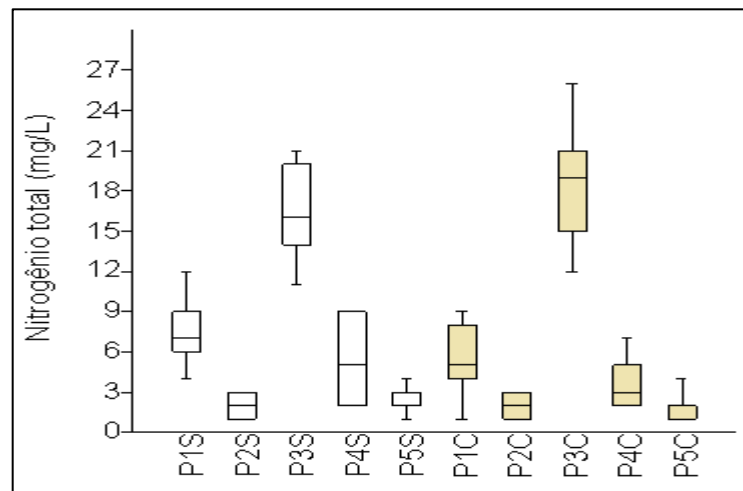
Fonte: Próprio autor.

Considerando os meses avaliados, as concentrações médias de nitrogênio total na massa líquida nas áreas estudadas variaram de 1,83 a 16,17 mg.L⁻¹, no período seco, e de 2 a 18,83 mg.L⁻¹, no período chuvoso (Figura 31).

O lançamento de efluente que ocorre no ponto 3 (lançamento do efluente tratado da ETE) contribui diretamente para o aumento significativo da concentração de nitrogênio neste ponto. Embora o efluente tenha passado por uma ETE, o sistema de tratamento feito por lagoas de estabilização na ETE do município de Dracena - SP não remove, de maneira suficiente, o nitrogênio presente no efluente.

Segundo Von Sperling (1996) para remoção de nitrogênio é necessário um tratamento terciário, a ETE do município de Dracena - SP é composta apenas de tratamento preliminar, primário e secundário.

Figura 31. Gráficos Box-Plot da variável nitrogênio total para os pontos de amostragem, no período de abril/2017 a março/2018, localizados no Córrego das Marrecas – SP



Fonte: Próprio autor.

Carneiro e Carvalho (2009) encontraram no Rio São Jose dos Dourados concentrações de nitrogênio total de até $0,25 \text{ mg.L}^{-1}$.

Manoel (2013) verificou no Córrego Caçula para o período seco uma variação de $0,3$ a $5,4 \text{ mg.L}^{-1}$, para a estação chuvosa a variação foi de $0,1$ a $10,9 \text{ mg.L}^{-1}$.

4.1.8 Fósforo Total

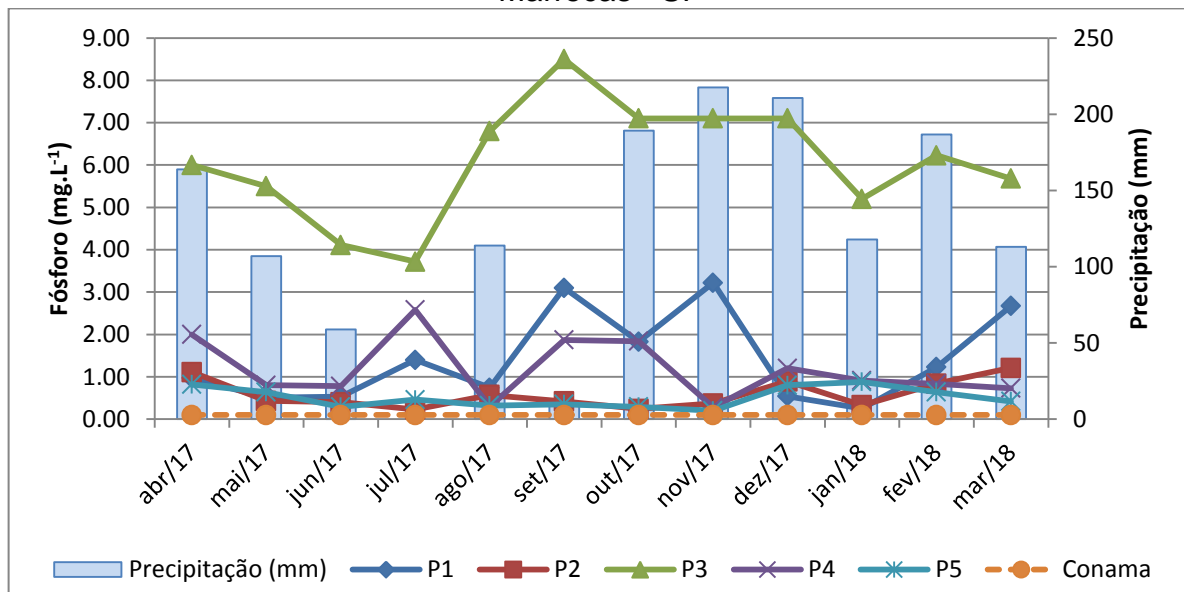
O fósforo total é considerado um dos melhores indicadores do conteúdo de nutrientes em qualquer ecossistema (SANTI *et al.* 2012), e sabe-se que o lançamento de elevadas concentrações de nutrientes (nitrogênio e fósforo) em cursos de água superficiais causa a diminuição dos níveis de oxigênio e o aumento da biomassa algal originada no corpo receptor decorrente do processo de eutrofização (CHERNICHARO, 2001).

A Resolução Conama 357/05 estabelece um valor limite de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ para o fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários) em rios de classe 2.

As concentrações de fósforo total ao longo da série analisada nos pontos de amostragem (Figura 32), apontam concentrações mínimas e máximas no período de seca, respectivamente, de $0,23 \text{ mg.L}^{-1}$ no P2 (montante do lançamento do efluente tratado da ETE) no mês de julho/2017 e $8,5 \text{ mg.L}^{-1}$ no P3 (lançamento do efluente tratado da ETE) no mês de setembro/2017.

Para o período chuvoso, a concentração mínima e máxima do parâmetro fósforo total variou, respectivamente, 0,20 mg.L⁻¹ no P5 (foz do Córrego das Marrecas) no mês de novembro/2017 e 7,10 mg.L⁻¹ no P3 (lançamento do efluente tratado da ETE) nos meses de novembro/2017 e dezembro/2017.

Figura 32. - Variação da concentração do parâmetro fósforo total durante o período de abril/2017 a março/2018 para os pontos de amostragem no Córrego das Marrecas - SP



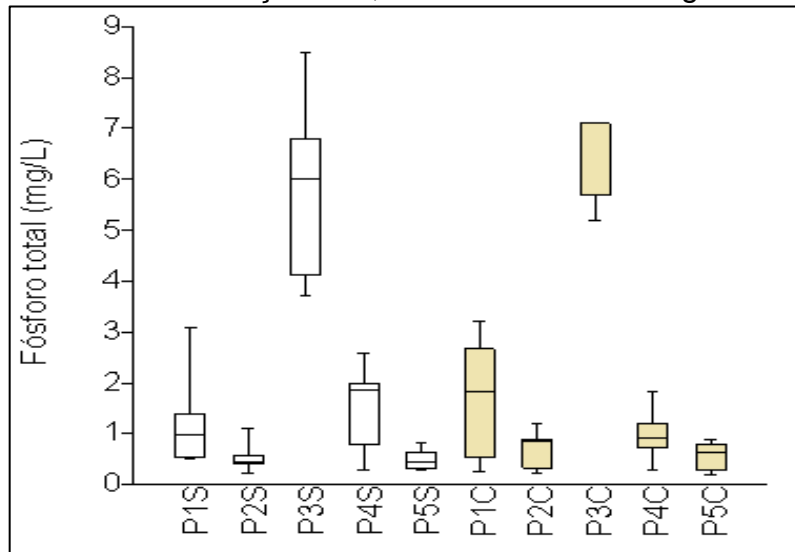
Fonte: Próprio autor.

Considerando os meses avaliados, as concentrações médias de fósforo total na massa líquida nas áreas estudadas variaram de 0,48 a 5,77 mg.L⁻¹, no período seco, e de 0,54 a 6,4 mg.L⁻¹, no período chuvoso (Figura 33).

A explicação para os valores de fósforo encontrados no Córrego das Marrecas está associada à afirmação de Freitas (2000), cuja águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais entre outras fontes antrópicas, como lançamento de efluentes provenientes de ETE, exatamente o que ocorre no córrego do presente estudo.

O Córrego das Marrecas tem a nascente no perímetro urbano do município de Dracena - SP, portanto está sujeito a poluição causada por escoamento superficial provocado pela impermeabilização do solo devido à concretagem de terrenos e pavimentos das ruas. Este escoamento superficial transporta todo tipo de resíduo que esteja presente nas ruas, como, por exemplo, fezes de animais que são uma grande fonte de fósforo.

Figura 33. Gráficos Box-Plot da variável fósforo total para os pontos de amostragem, no período de abril/2017 a março/2018, localizados no Córrego das Marrecas – SP



Fonte: Próprio autor.

Nos estudos realizados por Piasentin *et al.* (2009) no reservatório Tanque Grande localizado na Serra da Cantareira, em Guarulhos (SP), , assim como ocorrido na presente pesquisa no Córrego das Marrecas o fósforo juntamente com a DBO foram os parâmetros que mais permaneceram acima do limite legal em todo o período do monitoramento.

Estudos realizados por Manoel (2013) no Córrego Caçula apresentaram valores que variaram de 0,07 a 5 mg.L⁻¹ no período seco e 0,35 a 17,5 mg.L⁻¹ no período chuvoso. Fato semelhante ocorreu na presente pesquisa, em que os valores de fósforo foram maiores na estação chuvosa.

De acordo com Poleto (2003) na microbacia do Córrego do Ipê, as altas concentrações (1,6 a 11 mg.L⁻¹), de fósforo total, devem-se ao lançamento de detergentes diretamente no córrego, além do transporte de fertilizantes e adubos do solo sem conservação adequada.

Em águas naturais, que não foram submetidas a processos de poluição, a quantidade de fósforo total varia de 0,005 a 0,020 mg.L⁻¹ (EMBRAPA, 2002), os resultados das análises de fósforo no Córrego das Marrecas, caracterizou o córrego como um ambiente aquático contaminado e sujeito a processos de eutrofização.

4.1.9 Demanda bioquímica de oxigênio - DBO

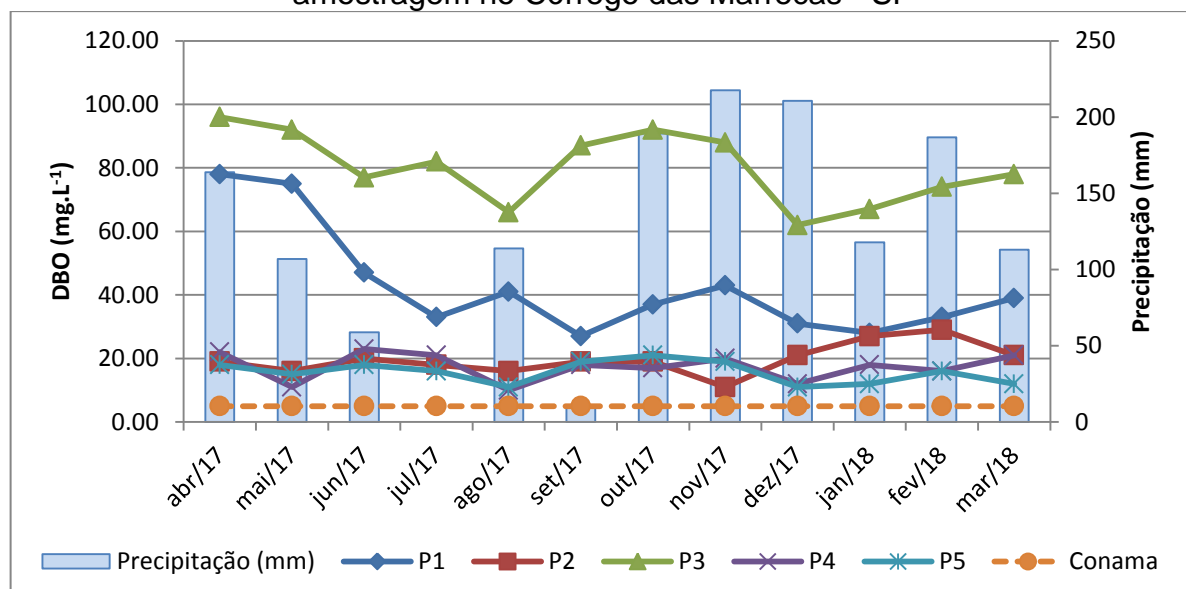
Segundo a Resolução Conama 357/05 a Demanda Bioquímica de Oxigênio em um corpo d'água classe 2 não deve ultrapassar a concentração de $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$ (BRASIL, 2005).

Os valores de DBO nos pontos estudados apresentaram oscilações entre mínimos e máximos na ordem de 10 mg.L^{-1} no ponto 4 (jusante do lançamento do efluente tratado da ETE) a 96 mg.L^{-1} no ponto 3 (lançamento do efluente tratado da ETE) na estiagem.

Na estação chuvosa a concentração mínima de DBO encontrada foi de 11 mg.L^{-1} nos pontos 2 (montante do lançamento do efluente tratado da ETE) e 5 (foz do Córrego das Marrecas) e concentração máxima de 92 mg.L^{-1} no ponto 3 (lançamento do efluente tratado da ETE) (Figura 34).

Os resultados para o parâmetro DBO ficaram acima do estabelecido na legislação, evidenciando que o Córrego das Marrecas recebe uma carga de matéria orgânica muito acima de sua capacidade de autodepuração.

Figura 34. - Variação da concentração do parâmetro demanda bioquímica de oxigênio (DBO) durante o período de abril/2017 a março/2018 para os pontos de amostragem no Córrego das Marrecas - SP



Fonte: Próprio autor.

Considerando os meses avaliados, as concentrações médias de DBO na massa líquida nas áreas estudadas variaram de $16,17$ a $83,33 \text{ mg.L}^{-1}$, no período

seco, e de 15,17 a 76,83 mg.L⁻¹, no período chuvoso. Isso ocorreu, provavelmente, devido à diluição dos efluentes lançados promovida pelo período chuvoso e a baixa vazão do córrego na seca. Esta observação está de acordo com Manoel (2013) cuja atividade autodepurativa é diminuída neste período.

Os resultados do parâmetro DBO chamam a atenção, pois em todo o período amostral ele esteve acima do estabelecido na legislação, especialmente no ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas) e ponto 3 (lançamento do efluente tratado da ETE) (Figura 35). O motivo de tais resultados no ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas) pode ser explicado pelo fato desse ponto estar localizado em área urbana, onde poderia estar ocorrendo lançamento de esgoto sem tratamento. A drenagem urbana que escoar para este ponto também pode estar contribuindo para o aumento da concentração de DBO, uma vez que este escoamento transporta lixo orgânico presente em ruas do perímetro urbano.

Como foi mencionado anteriormente, outro fator que poderia estar contribuindo para essa alta concentração de DBO no ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas) é o fato de que a tubulação que transporta esgoto bruto, passa pela mesma galeria que canaliza o Córrego das Marrecas até o fim do perímetro urbano podendo haver vazamentos que acabam contaminando o córrego.

Para o ponto 3 (lançamento do efluente tratado da ETE) os resultados elevados de DBO podem ser atribuídos, possivelmente, ao lançamento do efluente tratado da ETE do município de Dracena – SP. Como mencionado, a ETE em questão necessita de manutenção para que tenha uma melhor eficiência, pois, a última manutenção feita nesta ETE, segundo informações fornecidas por funcionários da Estação, foi realizada no ano de 2000.

Segundo España (1991) raramente a remoção do lodo se justifica antes de 15 a 20 anos ininterruptos de funcionamento, exceto nas lagoas anaeróbias, cuja limpeza é recomendada no período de 3 a 6 anos.

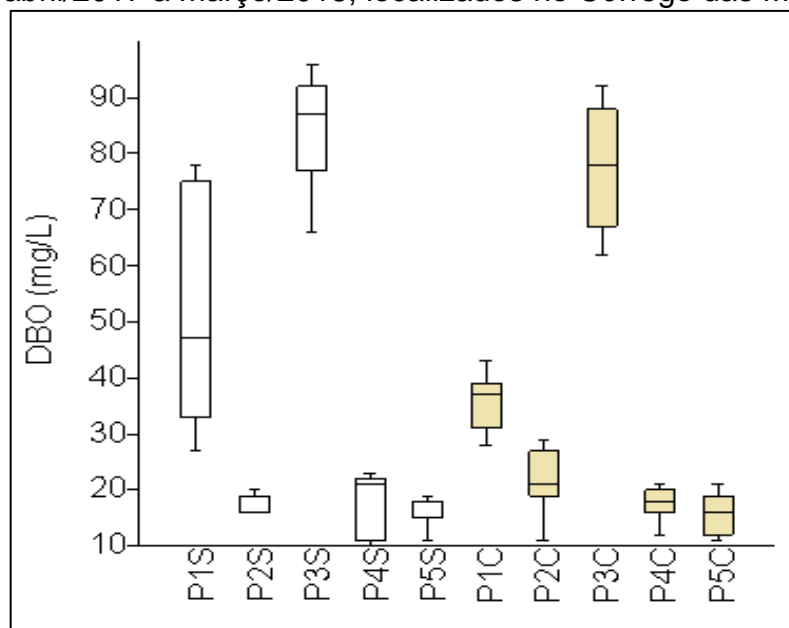
Von Sperling (1996) diz que devido ao volume relativamente pequeno da lagoa anaeróbia em relação à lagoa facultativa, e ao fato dela receber esgotos brutos, o acúmulo de lodo tem um maior impacto, fazendo com que haja necessidade de sua remoção no intervalo de alguns anos.

Ainda segundo Von Sperling (1996) a remoção da DBO, na lagoa anaeróbia é da ordem de 50 a 70%, apesar de insuficiente, representa uma grande contribuição, aliviando a carga para a lagoa facultativa, situada a jusante.

Como já apresentado, o sistema de tratamento de ETE do município de Dracena SP é composto por uma lagoa anaeróbia e duas facultativas, por meio das afirmações de España (1991) e Von Sperling (1996), verifica se que a lagoa anaeróbia da ETE do município de Dracena – SP pode estar assoreada devido a quantidade de lodo existente na mesma.

Desta maneira a lagoa anaeróbia pode não estar atingindo uma eficiência adequada, sobrecarregando as duas lagoas facultativas com uma carga excessiva de matéria orgânica, fazendo com que o sistema tenha uma baixa eficiência na remoção de DBO e conseqüentemente lançando uma quantidade maior de matéria orgânica no corpo receptor.

Figura 35. Gráficos Box-Plot da variável DBO para os pontos de amostragem, no período de abril/2017 a março/2018, localizados no Córrego das Marrecas – SP



Fonte: Próprio autor.

Valores elevados de DBO em águas superficiais também foram apresentados por Vasco (2011) na sub-bacia hidrográfica do Rio Poxim, em Sergipe, apresentando valores entre 12,5 a 17,8 mg.L⁻¹ no período chuvoso e 14,4 a 29,8 mg.L⁻¹ no período seco.

Marques *et al.* (2011) monitoraram a bacia hidrográfica do Rio São Francisco e, na altura do Rio Jacaré, município de Poço Redondo, os valores de DBO obtidos foram os mais altos, variando entre 4,90 e 110,00 mg.L⁻¹ com média de 35,33 mg.L⁻¹.

4.2 RESULTADOS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA OS PONTOS DE AMOSTRAGEM

A avaliação da qualidade da água através de índices de qualidade permitiu uma análise global da situação encontrada em no corpo hídrico. A partir de resultados obtidos na avaliação dos parâmetros físico-químicos e biológicos, foi determinado o Índice de Qualidade da Água (IQA), cujos resultados encontram-se na Tabela 6, que sintetiza os valores médios e os perfis mensais dos índices de qualidade da água durante o período de monitoramento.

Tabela 6 - Índice de Qualidade da água (IQA) para os cinco pontos analisados durante abril/2017 a março/2018

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA						
MESES DE COLETA	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5	PERÍODO
Abril	28	41	21	41	52	Seco
Maio	33	49	20	53	59	
Junho	30	46	19	40	46	
Julho	27	45	18	36	51	
Agosto	27	51	20	60	67	
Setembro	24	48	15	39	49	
Outubro	23	54	18	44	50	Chuva
Novembro	22	58	19	55	56	
Dezembro	34	46	21	54	63	
Janeiro	41	42	18	42	60	
Fevereiro	31	39	20	47	53	
Março	29	39	20	44	62	
Valor máximo	41	58	21	60	67	-
Valor mínimo	22	39	15	36	46	-
Média	29,08	46,5	19,08	46,25	55,67	-
Classificação da qualidade da água	Ótima	Boa	Aceitável	Ruim	Péssima	-

Fonte: Próprio autor.

Durante o período de amostragem, a qualidade da água variou de “péssima” a “boa”. O Ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas) e o Ponto 3 (lançamento do efluente tratado da ETE), apresentaram IQA médio “ruim”, os Pontos 2 (montante do lançamento da ETE) e 4 (jusante do lançamento da ETE), apresentaram IQA médio dentro da faixa “aceitável” e o Ponto 5 (foz do Córrego das Marrecas), apresentou IQA médio “boa”.

No período de estiagem a classificação do IQA das águas, variou de “péssima” a “boa”, apresentou no Ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas),

valor mínimo de 24 e máximo de 33, com média de 28,17 (qualidade ruim). No Ponto 2 (montante do lançamento da ETE), o IQA variou de 41 a 51, com média de 46,67 (qualidade aceitável), no Ponto 3 (lançamento do efluente tratado da ETE), o IQA variou de 15 a 21, com média de 18,83 (qualidade ruim).

No Ponto 4 (jusante do lançamento da ETE), apresentou valor do IQQA mínimo de 39 e máxima de 60, com média igual a 44,83 (qualidade aceitável). No Ponto 5 (foz do Córrego das Marrecas), o IQA variou de 46 a 67, com média de 54 (qualidade boa). O fósforo total, OD e pH no ponto 2 (montante do lançamento da ETE) foram os parâmetros que apresentaram pior qualidade.

Para o período das chuvas, a classificação do IQA das águas do Córrego das Marrecas no Ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas), apresentou uma qualidade aceitável somente em janeiro /2018, no Ponto 2 (montante do lançamento da ETE), variando de 39 a 58, com média de 46,33 (qualidade aceitável).

No Ponto 3 (lançamento do efluente tratado da ETE), manteve-se com a qualidade péssima em 50% das amostras durante os meses chuvosos. No Ponto 4 (jusante do lançamento da ETE), o IQA variou de 42 a 55, com média de 47,66 (qualidade aceitável) e no Ponto 5 (foz do Córrego das Marrecas), a qualidade da água variou de aceitável no mês de outubro a boa nos outros meses analisados no período chuvoso.

Os valores obtidos indicam respectivamente que as variáveis DBO, Fósforo Total, OD e coliformes termotolerantes foram as principais responsáveis pela diminuição da qualidade da água do Córrego das Marrecas. A Tabela 7 apresenta os resultados laboratoriais dos parâmetros do Índice de Qualidade da Água do ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas).

Tabela 7. Resultado das análises laboratoriais do ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas), no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas-SP (continua)

Meses de coleta	Turbidez (NT)	Temp. °C	Nitrogênio total (mg/L)	Fósforo total (mg/L)	Sólidos totais (mg/L)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Coliformes (NMP/100 mL ⁻¹)	pH
Abril	13,10	22,53	7,00	0,97	328,00	4,31	78,00	2,20E+04	7,24
Maio	18,00	21,85	6,00	0,51	344,00	4,87	75,00	8,00E+03	7,63
Junho	19,00	20,89	7,00	0,53	330,00	4,11	47,00	1,20E+04	6,92
Julho	15,00	20,95	12,00	1,40	213,00	3,93	33,00	3,50E+04	7,35

Tabela 7. Resultado das análises laboratoriais do ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas), no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas-SP (conclusão)

Meses de coleta	Turbidez (NT)	Temp. °C	Nitrogênio total (mg/L)	Fósforo total (mg/L)	Sólidos totais (mg/L)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Coliformes (NMP/100 mL ⁻¹)	pH
Agosto	38,00	21,09	4,00	0,74	241,00	4,22	41,00	6,10E+04	7,40
Setembro	50,00	23,15	9,00	3,10	452,00	4,07	27,00	6,10E+04	7,69
Outubro	21,00	23,70	8,00	1,83	416,00	4,73	37,00	1,40E+05	6,50
Novembro	32,00	23,10	9,00	3,22	548,00	4,91	43,00	3,80E+05	7,08
Dezembro	13,10	22,19	4,00	0,54	292,00	5,03	31,00	1,00E+04	7,67
Janeiro	28,00	23,48	1,00	0,25	454,00	4,97	28,00	3,20E+03	7,51
Fevereiro	26,00	22,97	4,00	1,23	366,00	4,63	33,00	4,60E+03	7,59
Março	23,00	23,15	5,00	2,67	487,00	4,78	39,00	3,80E+03	7,14

Fonte: Próprio autor.

Tomando como base a resolução Conama 357 de 2005 e os limites nela apresentados, verificamos que alguns parâmetros analisados no ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas) estão acima do permitido na legislação, como por exemplo o resultado do mês de novembro para o parâmetro sólidos totais que apresentou um valor de 548 mg.L⁻¹, quando o limite é de 500 mg.L⁻¹.

Outro dado preocupante desse ponto são os valores de coliformes termotolerantes, nitrogênio, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e oxigênio dissolvido, que em todas as análises registraram resultados acima do permitido pela legislação. Esses valores podem ser atribuídos à drenagem de água pluvial responsável pelo transporte de material orgânico (fezes de animais, resíduos sólidos e carcaças de animais em decomposição). Essa drenagem é feita pela mesma galeria por onde é canalizada a nascente deste córrego. Por essa galeria também passa a tubulação que coleta esgoto do município de Dracena - SP, isso indica que pode haver vazamentos nas tubulações.

Os resultados de coliformes, nitrogênio, fósforo, DBO e OD demonstram nitidamente a influência negativa da ação antrópica sobre este corpo hídrico. Os demais parâmetros analisados como turbidez, temperatura e pH estão de acordo com a Resolução Conama 357/05.

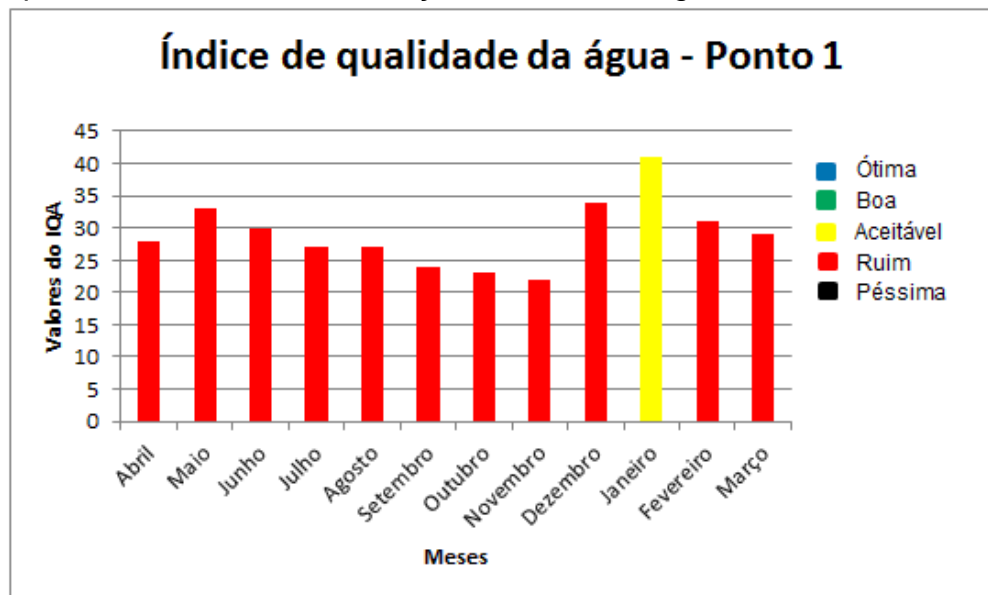
A correlação que existe entre os parâmetros turbidez, temperatura e pH pode ser exemplificada pela afirmação de Malheiros *et al.* (2012), os quais relatam que, o

material particulado que causa turbidez que chega aos corpos d'água por meio do escoamento superficial, pode influenciar na temperatura da água, pois, quando existe material particulado em elevada concentração, os mesmos retêm grande quantidade de calor, aumentando a temperatura da água.

O aumento da temperatura afeta o pH da água por meio da quebra das moléculas da água, produzindo mais hidrogênio, ocasionando a diminuição do pH (OZYASAR, 2018).

A Figura 36 apresenta de forma comparativa os valores do IQA do ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas) durante do período de amostragem. Esse ponto foi classificado como aceitável apenas no mês de janeiro/2018, nos demais meses analisados, foi classificado como ruim.

Figura 36. Comparação do IQA no ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas), no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas - SP



Fonte: Próprio autor.

A Tabela 8 apresenta os resultados laboratoriais dos parâmetros do Índice de Qualidade da Água do ponto 2 (montante do lançamento do efluente da ETE).

Tabela 8. Resultados das análises laboratoriais do ponto 2 (montante do lançamento do efluente da ETE), no período de abril/ 2017 a março/ 2018, no Córrego das Marrecas-SP

Meses de Coleta	Turbidez (NT)	Temp. °C	Nitrogênio total (mg/L)	Fósforo total (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Coliformes (NMP/100 mL ⁻¹)	pH
Abril	13,80	23,88	2,00	1,11	424,00	6,18	19,00	5,00E+03	7,62
Maio	55,00	22,30	1,00	0,43	221,00	6,07	16,00	1,70E+03	7,80
Junho	17,00	21,00	1,00	0,40	213,00	5,97	20,00	5,10E+03	6,75
Julho	17,00	22,35	3,00	0,23	314,00	4,53	18,00	2,70E+03	7,58
Agosto	18,00	21,53	1,00	0,57	202,00	5,87	16,00	1,20E+03	7,73
Setembro	10,00	23,20	3,00	0,42	287,00	4,93	19,00	1,00E+03	7,79
Outubro	14,00	25,20	1,00	0,24	308,00	5,73	19,00	4,00E+02	7,20
Novembro	26,00	25,60	1,00	0,37	432,00	6,37	11,00	1,20E+03	7,26
Dezembro	14,00	23,24	2,00	0,89	369,00	6,62	21,00	9,00E+02	8,00
Janeiro	20,00	24,78	3,00	0,33	438,00	5,42	27,00	2,30E+03	7,49
Fevereiro	27,00	24,14	3,00	0,84	473,00	6,51	29,00	2,80E+03	7,41
Março	31,00	24,32	2,00	1,21	510,00	6,09	21,00	3,30E+03	7,53

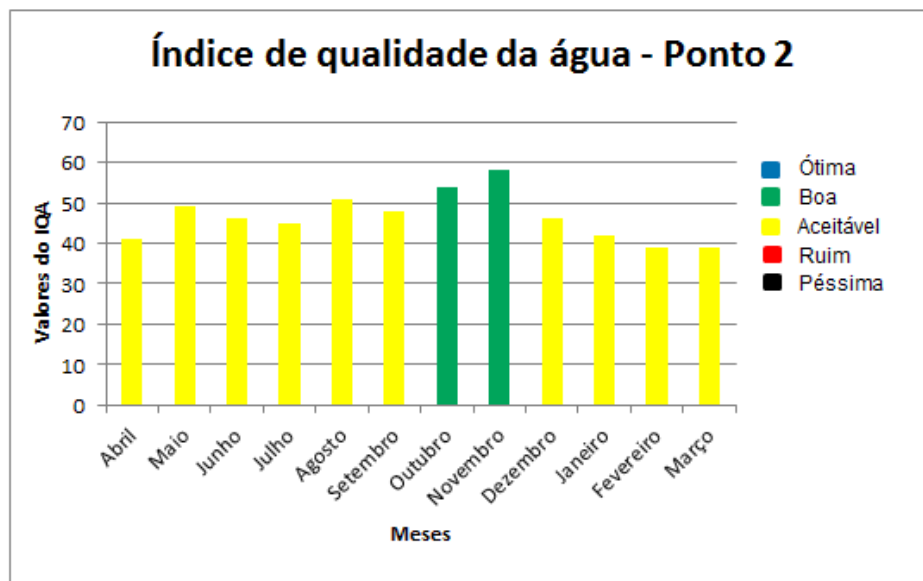
Fonte: Próprio autor.

No ponto 2 (montante do lançamento do efluente tratado da ETE) assim como no ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas) os resultados para os parâmetros fósforo e DBO estiveram acima do permitido na Resolução Conama 357/05. Isso pode ser atribuído ao fato desse ponto ser o fim da galeria por onde foi canalizada a nascente do córrego e início da área rural, ou seja, este ponto ainda recebe uma grande quantidade de carga orgânica que vem da drenagem urbana.

Para o parâmetro coliformes os resultados dos meses de setembro, outubro e dezembro estiveram dentro do permitido na Resolução Conama 357/05. Os resultados dos teores de nitrogênio para os meses de maio a novembro não atenderam os valores estabelecidos na Resolução Conama 357/05.

O ponto 2 (montante do lançamento do efluente tratado da ETE) apresentou uma classificação melhor de IQA em relação ao ponto 1 (nascente do Córrego das Marrecas). Isso pode ser atribuído ao fato desse ponto ter menos contato com a urbanização. A Figura 37 apresenta de forma comparativa os valores do IQA do ponto 2 (montante do lançamento do efluente tratado da ETE) durante do período de amostragem.

Figura 37. Comparação do IQA no ponto 2 (montante do lançamento do efluente tratado da ETE), no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas - SP



Fonte: Próprio autor.

A Tabela 9 apresenta os resultados laboratoriais dos parâmetros do Índice de Qualidade da Água do ponto 3 (lançamento do efluente da ETE).

Os resultados do ponto 3 apresentados na Tabela 9 evidenciam o quanto as atividades do homem alteram as condições qualitativas de um corpo hídrico, uma vez que nesse ponto ocorre o lançamento do efluente da ETE de Dracena - SP.

Entre os nove parâmetros analisados apenas dois não excedem os limites descritos na legislação em pelo menos uma amostra, temperatura e pH. Quanto ao oxigênio dissolvido todas as análises registraram um valor abaixo do limite estabelecido. O parâmetro turbidez ultrapassou o limite estabelecido no Conama 357/05 somente no mês de setembro com o valor de 123 UT.

Tabela 9. Resultados das análises laboratoriais do ponto 3 (lançamento do efluente da ETE), no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas-SP (continua)

Meses de Coleta	Turbidez (NT)	Temp. °C	Nitrogênio total (mg/L)	Fósforo total (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Coliformes (NMP/100 mL ⁻¹)	pH
Abril	57,00	24,94	20,00	6,00	486,00	2,13	96,00	1,30E+04	7,05
Maio	58,00	23,74	15,00	5,50	326,00	2,48	92,00	6,70E+04	7,10
Junho	62,00	21,52	11,00	4,11	368,00	2,07	77,00	5,50E+04	6,79

Tabela 9. Resultados das análises laboratoriais do ponto 3 (lançamento do efluente da ETE), no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas-SP (conclusão)

Meses de Coleta	Turbidez (NT)	Temp. °C	Nitrogênio total (mg/L)	Fósforo total (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Coliformes (NMP/100 mL ⁻¹)	pH
Julho	89,00	23,25	16,00	3,72	446,00	2,03	82,00	5,30E+04	7,43
Agosto	70,00	21,97	14,00	6,80	276,00	2,61	66,00	5,30E+04	7,62
Setembro	123,00	23,84	21,00	8,50	652,00	1,98	87,00	2,30E+05	7,50
Outubro	71,00	25,13	26,00	7,10	714,00	2,84	92,00	2,90E+05	6,90
Novembro	68,00	24,91	19,00	7,10	410,00	3,09	88,00	5,70E+05	7,16
Dezembro	57,00	25,00	21,00	7,10	529,00	2,97	62,00	4,00E+04	7,40
Janeiro	62,00	23,65	15,00	5,20	590,00	2,13	67,00	1,20E+05	7,37
Fevereiro	59,00	25,49	12,00	6,23	649,00	2,39	74,00	4,50E+04	7,46
Março	63,00	26,27	17,00	5,68	641,00	3,02	78,00	5,10E+04	7,19

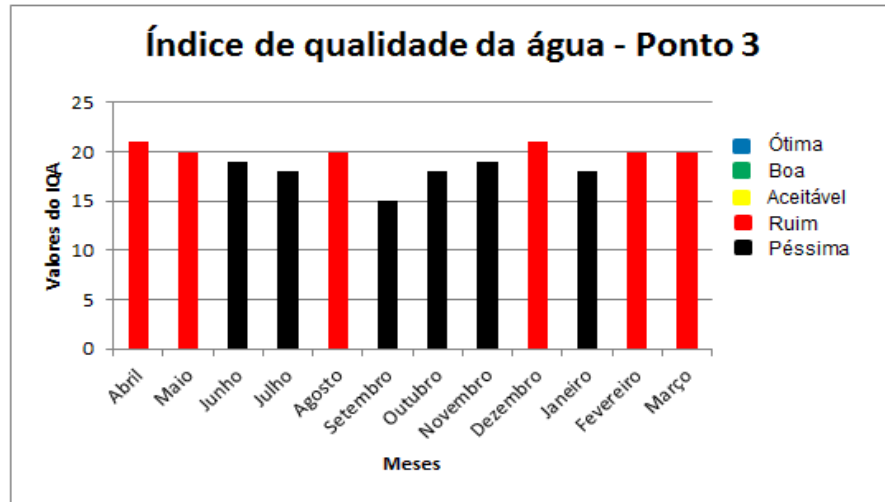
Fonte: Próprio autor.

Os valores das análises de sólidos totais em 50% das amostras ficaram acima do limite estabelecido que é de 500 mg.L⁻¹. Os parâmetros DBO, o nitrogênio, fósforo e coliformes, em todas as amostras, estiveram acima do limite estabelecido na Resolução Conama 357/05.

Os valores obtidos para o parâmetro DBO evidenciam que a estação de tratamento de esgoto não esteja atingindo uma eficiência aceitável. Essa estação é constituída por um sistema de lagoas que tem como função principal a remoção de matéria orgânica. Uma vez que essa matéria orgânica não é removida com eficiência na estação de tratamento de esgoto, seu despejo no córrego afeta, de maneira significativa, a quantidade de oxigênio dissolvido existente no corpo d'água e como consequência os organismos aquáticos.

O ponto 3 (lançamento do efluente tratado da ETE) obteve o pior resultado em relação ao IQA entre os pontos analisados, esse fato está associado ao lançamento de efluente que ocorre nesse ponto. A Figura 38 apresenta de forma comparativa os valores do IQA do ponto 3 (lançamento do efluente tratado da ETE) durante do período de amostragem.

Figura 38. Comparação do IQA no ponto 3 (lançamento do efluente tratado da ETE), no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas - SP



Fonte: Próprio autor.

A Tabela 10 apresenta os resultados laboratoriais dos parâmetros do IQA do ponto 4 (jusante do lançamento do efluente tratado da ETE). Dentre todos os parâmetros analisados para o ponto 4 (jusante do lançamento do efluente tratado da ETE) o fósforo e a DBO não atenderam a legislação. Já para o resultado do parâmetro coliformes, 50% das análises estiveram acima do permitido.

Tabela 10. Resultados das análises laboratoriais do ponto 4 (jusante da ETE), no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas-SP

Meses de Coleta	Turbidez (NT)	Temp. °C	Nitrogênio total (mg/L)	Fósforo total (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Coliformes (NMP/100 mL ⁻¹)	pH
Abril	16,70	24,53	5,00	2,00	223,00	4,92	22,00	5,00E+02	7,57
Maio	2,00	23,40	2,00	0,80	311,00	5,32	11,00	1,90E+03	7,40
Junho	16,00	22,58	2,00	0,78	215,00	5,11	23,00	4,50E+03	6,18
Julho	12,00	21,49	9,00	2,58	231,00	4,27	21,00	1,40E+03	7,53
Agosto	24,00	22,14	3,00	0,30	148,00	4,80	10,00	4,00E+02	7,39
Setembro	40,00	23,56	9,00	1,87	266,00	5,06	18,00	1,10E+03	7,65
Outubro	11,00	25,60	7,00	1,84	271,00	4,82	17,00	3,00E+02	7,05
Novembro	12,00	25,94	3,00	0,28	370,00	6,68	20,00	2,00E+02	7,44
Dezembro	12,00	24,31	5,00	1,20	317,00	5,22	12,00	3,00E+02	7,33
Janeiro	21,00	24,32	3,00	0,91	413,00	4,65	18,00	1,10E+03	7,08
Fevereiro	13,00	24,97	2,00	0,83	584,00	5,67	16,00	8,00E+02	7,26
Março	18,00	26,02	2,00	0,73	412,00	5,27	21,00	1,50E+03	7,83

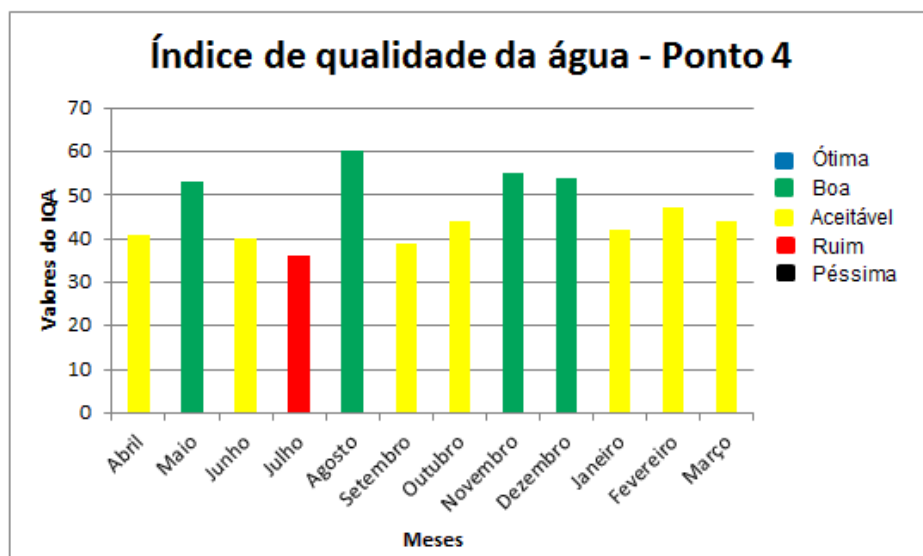
Fonte: Próprio autor.

Em relação nitrogênio, este parâmetro não excedeu os limites estabelecidos somente nos meses de agosto e novembro. Podemos associar esses resultados citados no ponto 4 (jusante do lançamento do efluente tratado da ETE) ao lançamento do efluente da estação de tratamento de esgoto do município de Dracena - SP, uma vez que esse ponto fica a jusante do lançamento de efluente, em uma área rural onde não há um contato direto com atividades antrópicas. Os demais parâmetros do ponto 4 atenderam o estabelecido na resolução Conama 357.

O ponto 4 (jusante do lançamento do efluente tratado da ETE) obteve classificações melhores que os pontos 1 (nascente do Córrego das Marrecas), 2 (montante do lançamento do efluente tratado da ETE) e 3 (lançamento do efluente tratado da ETE).

Isso pode estar associado ao fato desse ponto estar mais distante da urbanização do que os pontos 1, 2 e 3, evidenciando a influência negativa das ações antrópicas sobre os corpos hídricos. A Figura 39 apresenta de forma comparativa os valores do IQA do ponto 4 (jusante do lançamento do efluente tratado da ETE) durante do período de amostragem.

Figura 39. Comparação do IQA no ponto 4 (jusante do lançamento do efluente tratado da ETE), no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas - SP



Fonte: Próprio autor.

A Tabela 11 apresenta os resultados laboratoriais dos parâmetros do Índice de Qualidade da Água do ponto 5 (foz do Córrego das Marrecas).

Tabela 11. Resultados das análises laboratoriais do ponto 5 (foz do Córrego das Marrecas), no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas-SP

Meses de Coleta	Turbidez (NT)	Temp. °C	Nitrogênio total (mg/L)	Fósforo total (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Coliformes (NMP/100 mL ⁻¹)	pH
Abril	14,00	25,45	4,00	0,82	236,00	6,91	18,00	2,00E+02	7,33
Maio	17,00	24,13	2,00	0,64	327,00	6,77	15,00	8,00E+02	7,04
Junho	13,00	23,74	3,00	0,29	198,00	5,31	18,00	6,20E+03	6,78
Julho	18,00	23,76	3,00	0,46	184,00	5,03	16,00	5,00E+02	7,49
Agosto	19,00	24,03	1,00	0,32	169,00	6,59	11,00	2,00E+02	7,53
Setembro	14,00	25,35	2,00	0,35	228,00	5,22	19,00	1,20E+03	7,35
Outubro	19,00	26,80	1,00	0,29	438,00	7,02	21,00	1,10E+03	7,00
Novembro	17,00	26,73	2,00	0,20	270,00	7,12	19,00	4,00E+02	7,37
Dezembro	12,00	25,70	4,00	0,80	228,00	7,17	11,00	2,00E+02	7,35
Janeiro	22,00	26,58	2,00	0,88	168,00	6,73	12,00	5,00E+02	7,26
Fevereiro	12,00	26,12	1,00	0,64	247,00	6,84	16,00	9,00E+02	7,02
Março	14,00	26,93	2,00	0,42	412,00	7,83	12,00	7,00E+02	7,48

Fonte: Próprio autor.

Neste ponto 5 (foz do Córrego das Marrecas) os parâmetros fósforo e DBO estiveram acima do permitido na Resolução Conama 357/05. O parâmetro coliformes não atendeu o estabelecido na Resolução Conama 357/05 nos meses de junho, setembro e outubro de 2017.

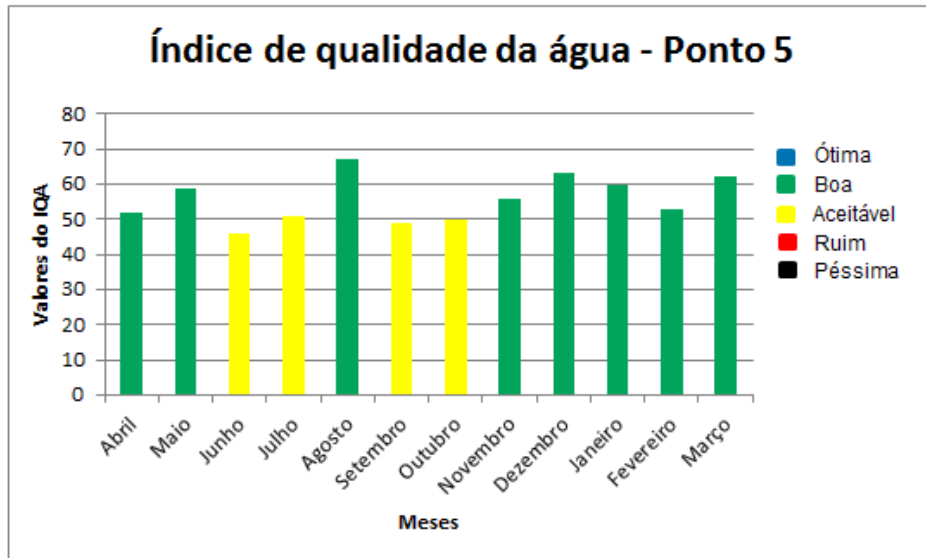
O parâmetro nitrogênio atendeu a legislação somente nos meses de junho e julho. Vale ressaltar que os limites estabelecidos para o nitrogênio depende do valor do pH, por isso os valores dos meses de junho e julho mesmo sendo 3 mg L⁻¹ atende o que pede a resolução Conama 357.

Os parâmetros turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido, pH e sólidos totais em todas as análises estiveram dentro dos padrões recomendados na Conama 357/05. Esses valores determinados para os parâmetros do ponto 5 (foz do Córrego das Marrecas) fizeram com que este ponto atingisse as melhores classificações de IQA entre os 5 pontos analisados (Figura 40).

Este ponto entre os cinco analisados foi o que obteve melhores classificações de IQA, embora ele se encontre próximo a área urbana do município de Panorama. Seu grande volume de água devido as nascentes e pequenos afluentes que começam a aparecer em maior quantidade após o ponto 4 (jusante do lançamento

do efluente tratado da ETE), fizeram com que a poluição não causasse modificação expressiva nos parâmetros analisados.

Figura 40. Comparação do IQA no ponto 5 (foz do Córrego das Marrecas), no período de abril/2017 a março/2018, no Córrego das Marrecas - SP



Fonte: Próprio autor.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados, principalmente nos pontos 1 e 3 ficou evidente a influência negativa das ações antrópicas no Córrego das Marrecas no município de Dracena – SP.

Os resultados do IQA demonstram que não existe nenhum tipo de preservação da nascente e do curso do Córrego das Marrecas, pois a poluição que é introduzida por ações antrópicas no ponto 1 (nascente) e 3 (lançamento do efluente tratado da ETE) afeta diretamente a qualidade da água deste córrego.

Com relação à influência das lavouras existentes próximas as margens deste córrego, principalmente lavouras de cana de açúcar, sua influência negativa sobre este corpo hídrico pode ser constatada com os resultados de nitrogênio e principalmente de fósforo que foram encontrados em todos os pontos analisados com concentrações elevadas.

Isso se deve muito provavelmente a grande quantidade desses nutrientes que é incorporada ao solo para o cultivo de lavouras, e em períodos de chuva ao carreamento do solo é inevitável devido à escassez de mata ciliar. Com isso os

nutrientes acabam sendo conduzidos para os corpos hídricos causando eutrofização, que em alguns pontos de águas mais lentas no córrego das Marrecas já cobre quase toda a superfície.

Contudo, a qualidade da água que chega ao ponto 5 foi classificada como “boa” devido ao fenômeno da autodepuração que ocorre entre os pontos 4 e 5.

A distância entre esses pontos permite que o Córrego das Marrecas possa receber um volume considerável de água, provenientes de nascentes e tributários, que na maioria das vezes possuem água de boa qualidade, isto contribui para que ocorra a autodepuração.

Com base nos dados obtidos espera-se que os resultados apresentados neste trabalho possam gerar informações e criar subsídios, que possam auxiliar os órgãos competentes na elaboração de propostas voltadas a políticas de preservação da bacia hidrográfica do Córrego das Marrecas

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Indicadores de qualidade: Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 13 ago. 2018.

AGOSTINI, M. D. **Dinâmica do uso da terra na planície aluvionar do rio Paraíba do Sul município de Taubaté**. 2001. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Faculdade de Engenharia de Taubaté, Taubaté, 2001.

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 81-97, jan./mar. 2003.

AMÉRICO, J. H.; PREVIATO, V.; CARVALHO, S. L. Qualidade da água em uma piscicultura em tanques-rede no Rio São José dos Dourados, Ilha Solteira - São Paulo. **Fórum ambiental da Alta Paulista**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 69-77, 2013.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; – WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION – WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington, 1998.

BARRELLA, W. *et al.* As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO; H. F. (ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: EdUSP, 2001.

BARROS, A. M. de L. **Aplicação do modelo Moneris à bacia hidrográfica do rio Ipojuca**. 2008. 193 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2008.

BARROS, R. V. G.; SOUZA, C. A. Qualidade do recurso hídrico do Córrego André, Mirassol D'Oeste. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, São Paulo, n. 24. p. 1-16, jun. 2012.

BASSOI, L. J. Poluição das águas. In: PHILIPPI, A. J.; PELICIONE, M. C. F. **Educação ambiental e sustentabilidade**. Barueri: Manole, 2005. p. 185-186.

BENETTI, A., BIDONE, F.. O meio ambiente e os recursos Hídricos. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia, ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2005. 855 p.

BERNARDI, I. **Avaliação e monitoramento da qualidade da água em pisciculturas em tanques-rede em um braço do Rio Grande, no reservatório de Ilha Solteira – SP**. 2018. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista – Unesp, Ilha Solteira, 2018.

BONNET, B. R. P.; FERREIRA, L. G.; LOBO, F. C.. Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás: uma análise à escala da bacia hidrográfica. *Revista Árvore*, v. 32, n. 2, 2008, p. 311-322. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRAGA, R. A. P. A água e a mata atlântica. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA, 7., 1999, Ilhéus. **Anais [...]** Ilhéus: CNRBMA, 1999. p. 1-10.

BRAGA, R. A. P. **Avaliação dos instrumentos de políticas públicas na conservação integrada de florestas e águas, com estudo de caso na Bacia do Corumbataí – SP**. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

BRANCO, S. M. A água e o homem. In: PORTO, R. L. L.; BRANCO, S. M.; CLEARY, R. W.; COIMBRA, R. M.; EIGER, S.; LUCA, S. J. de; NOGUEIRA, V. De P. Q.; PORTO, M. F. do A. **Hidrologia ambiental**. São Paulo: EdUSP, 1991. v. 3. 414 p.

BRASIL. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília, DF: Funasa, 2014. 116 p.

BUSS, D. F. *et al.* Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, p. 465-473, 2003.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP). **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013.

CABRAL, J. B. P. **Análise da sedimentação e aplicação de método de previsão para tomada de medidas mitigadoras quanto ao processo de assoreamento no reservatório de Cachoeira Dourada - GO/MG**. 2006. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

CAIADO, M.A.C. *et al.* Desenvolvimento regional e qualidade das águas da Bacia do Rio Santa Maria da Vitória. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13, 1999, Belo Horizonte. **Anais [...]** Belo Horizonte: ABRH, 1999.

CAMPOS, J. R. O saneamento básico no Brasil. In: CASTELLANO, E. G.; F. H. CHAUDRY (ed.). **Desenvolvimento sustentável: problemas e estratégias**. São Carlos: EESC-USP, 2000. p. 7-25.

CARNEIRO, G. H. A; CARVALHO, S. L. Avaliação dos teores de nitrogênio e fósforo na água em piscicultura com cultivo em tanques-rede, no rio São José dos Dourados em Ilha Solteira - SP. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 9., 2009, São Lourenço. **Anais [...]** São Lourenço: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2009.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relação da atividade agropecuária com parâmetros físico-químicos da água. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 5, 2000.

CARVALHO, N de O. *et al.* **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília: ANEEL / Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 132 p.

CECÍLIO, R.A.; REIS, E.F. **Apostila didática**: manejo de bacias hidrográficas. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2006. 10 p.

CHALMERS, A. T. *et al.*. The chemical response of particle-associated contaminants in aquatic sediments to urbanization in New England, U.S.A. **Journal of Contaminant Hydrology**, Amsterdam, v. 91, n. 1-2, p. 4-25, 2007.

CHERNICHARO, C. A. L. (coord). **Pós-tratamento de efluentes anaeróbios**. Belo Horizonte: PROSAB, 2001. 544 p.

CLIMA-DRACENA. **Clima Dracena**. [S. l.]: ClimaDate, 2018. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/34869/>. Acesso em: 06 fev 2018.

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPÉIAS. **Estratégia temática de proteção do solo**. Bruxelas, 2006.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Qualidade das águas no Estado de São Paulo**. São Paulo: Águas e Energia Elétrica, 1988.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Matéria orgânica e nutrientes**. São Paulo, 2018. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes_fisicas-e-quimicas/materia-organica-e-nutrientes/. Acesso em: 12 ago. 2018.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB . **Ciclo das Águas**. São Paulo, 2018. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 17 nov. 2017.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL E DEFESA DO MEIO AMBIENTE - CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2002**. São Paulo, 2002. 264 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 mar. 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução nº 397, de 3 de abril de 2008. Altera o inciso II do § 4º e a Tabela X do § 5º, ambos do art. 34 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA no 357, de 2005, que 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 abr. 2008.

CUDE, C. G. Oregon water quality index: A tool for evaluating water quality management effectiveness. **Journal of the American Water Resources Association**, Herndon, v. 37, n. 1, p. 125-137, 2001.

CUELBAS, L. P. **Monitoramento e avaliação da qualidade da água de uma microbacia hidrográfica no município de Lins-SP**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

DINIUS, S. H. Design of an index of water quality. **Water Resources Bulletin**, Baton Rouge, v. 23, n. 5, p. 833-843, 1987.

SPERLING, V. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2014. Disponível em: <https://www.editoraufmg.com.br/pages/obra/109/introducao-a-qualidade-das-aguas-e-ao-tratamento-de-esgotos>. Acesso em: 18 out. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA.. **Indicadores da qualidade da água**. Brasília, DF, 2002. Disponível em: <http://www.embrapa.com.br>. Acessos em: 28 out. 2002.

EMMETT, B. A. *et al.*. The impact of a riparian wetland on streamwater quality in a recently afforested upland catchment. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 162, n. 3-4, p. 337-353, 1994.

ESPAÑA. Ministro de Obras Publicas y Transporte. **Depuración por lagunaje de águas residuales**: manual de operadores. España: MOPT, 1991.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Interciência: Rio de Janeiro, 1998. 602 pp.

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996. 90 p.

FIGUEIRÊDO, A. C. **Avaliação e diagnóstico da qualidade da água do açude de apipucos**. 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.

FIGUEIRÊDO, M. D. B. *et al.* avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 399-409, 2007.

FIORUCCI, A. R.; BENEDITO FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 22, p. 10-16, 2005.

FONSECA, H. S.; SALVADOR, N. N. B.. Estudo integrado da qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Bonito em Descalvado - SP. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, [S. l.], v. 64, n. 2, p. 179-185, 2005.

FREITAS, A. J. Gestão de recursos hídricos. In: SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. (ed.) **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e legais**. Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2000. 659 p.

GERGEL, S. E. *et al.* Landscape indicators of human impacts to riverine systems. **Aquatic Science**, v.64, n. 2, p.118-128, 2002.

GÖBEL, P. *et al.* Storm water runoff concentration matrix for urban areas. **Journal of Contaminant Hydrology**, Amsterdam, v. 91, n. 1-2, p. 26-42, 2007.

GOOGLE MAPS. **Córrego das Marrecas – SP**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@21.3913745,51.691251,32279m/data=!3m1!1e3>. Acesso em: 06 fev. 2018.

GROSSI, C. H. **Diagnóstico e monitoramento ambiental da microbacia hidrográfica do rio Queima-Pé, MT**. 2006. 135 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.

LIBANIO, M.. Características das Águas Naturais. In: _____. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Editora Átomo, 2005. p. 51- 53,

LIMA, W. P. O papel hidrológico da floresta na proteção dos recursos hídricos. **Revista Silvicultura**, Lages, v. 41, p. 59-62, 1986.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de Matas Ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EdUSP, 2000. p. 33-44.

LOWRANCE, R. *et al.* Managing riparian ecosystems to control no point pollution. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 40, n. 1, p. 87-91, 1985.

MACHADO, W.; STIPP, N. A. F. Caracterização do manejo do solo na microbacia hidrográfica do ribeirão dos apertados-PR. **Geografia**, Londrina, v. 12, n. 2, jul/dez, 2003.

MAGALHÃES Jr., A. P. A situação do monitoramento das águas no Brasil – Instituições e Iniciativas monitoramento das águas no Brasil. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre/RS: ABRH, 2000. v.5, n. 3, p. 113-115.

MAIER, M. H. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47°55' – 48°55'W; 22°30' – 21°55'S – Brasil): qualidade da água do rio principal. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 164-185, 1987.

MALHEIROS, C. H. *et al.*. Qualidade da água de uma represa localizada em área agrícola (Campo Verde, MT, Brasil). **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 245-262, 2012.

MANOEL, L. O. **Avaliação e monitoramento da qualidade da água na microbacia do Córrego Caçula na município de Ilha Solteira – SP**. 2013. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2013.

MARQUES, M.N. *et al.* Water quality evaluation of the lower São Francisco river, Sergipe, Brazil. In: CONGRESSO MUNDIAL DA ÁGUA, 14., Porto de Galinhas. **Anais [...]** Porto de Galinhas: [s. n.], 2011.

MARTINS, F.B. *et al.* Zoneamento Ambiental da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS): estudo de caso. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 315-322, 2005.

MATSUMOTO, T.; SIIVEIRA, A. N. **Qualidade da água e classificação dos ambientes aquáticos**. Ilha Solteira (SP): UNESP/FEPISA Projeto Parque Aquícola, 2007. (Relatório técnico-científico/Convênio SEAPP/PR, n. 0080/2005).

METCALF & EDDY. Wasterwater Treatment, disposal and reuse. **Water resources and environmental engineering**. New York: McGraw-hill, 1991. p. 82-87.

MEYBECK, M.; HELMER R. An introduction to water quality In: CHAPMAN, D. **Water quality assessment**. Cambridge: University, 1992. 585 p.

MILANI, R. **Diagnóstico da influência da bacia hidrográfica na qualidade da água do Ribeirão Bagaçu (Araçatuba, SP)**. 2007. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

MOLINA, P. M. **Diagnóstico da qualidade e disponibilidade de água na microbacia do Córrego Água da Bomba no Município de Regente Feijó**. 2006. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 280 p.

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário**: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

OLIVEIRA, W.E. Qualidade, impurezas e características físicas, químicas e biológicas das águas. Padrões de potabilidade. Controle da qualidade da água. In: OLIVEIRA, W.E. *et al.* **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. 2. ed. São Paulo: CETESB, 1976. p. 29-43.

OMETO, J. P. H. B. *et al.* Effects of land use on water chemistry and macroinvertebrates in two streams of the Piracicaba river basin, south-east Brazil. **Freshwater Biology**, Western Australia, v. 44, n. 2, p. 327-337, 2000.

- OZYASAR, H. **Os efeitos da temperatura no pH da água.** [S. l.: s. n.], 2017. Disponível em: http://www.ehow.com.br/efeitos-temperatura-ph-agua-sobre_31899/. Acesso em: 19 set. 2018.
- PERNAMBUCO (Estado). Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH e Secretaria de Recursos Hídricos – SRH- PE. Programa Nacional do Meio Ambiente (PNMA II) Subcomponente da Qualidade da Água: o projeto do Estado de Pernambuco **Seleção de índices e indicadores de qualidade da água. Aplicação dos índices selecionados.** Recife, 2005.
- PIASENTIN, A. M. *et al.*. Índice de qualidade da água (IQA) do reservatório Tanque Grande, Guarulhos (SP): análise sazonal e efeitos do uso e ocupação do solo. **Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 305-317, 2009.
- PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. dos. Bacias hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 19, n. 110, p. 40-45, 1995
- POLETO, C. **Monitoramento e avaliação da qualidade da água de uma microbacia hidrográfica no município de Ilha Solteira - SP.** 2003. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003.
- PRIMAVESI, O. *et al.* A qualidade da água na microbacia hidrográfica do ribeirão Canchim, São Carlos, SP, ocupada por atividade pecuária. **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 95-111, 2000.
- QUEIROZ, M. M. F. *et al.*. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S. l.], v. 5, n. 4, p. 200-210, 2010.
- REIS, F. M. dos. **Cálculo do Índice de Qualidade de Águas (IQA).** Brasília, DF: Cetec, 2007.
- RIBEIRO, K. H. **Qualidade da água superficial e a relação com o uso do solo e componentes ambientais na microbacia do rio Campestre, Colombo, PR.** 2009. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, 2009.
- RIVAS, Z. *et al.*. Nitrogênio e fósforo totales de los ríos tributários al sistema Lago de Maracaibo, Venezuela. **Interciencia**, Caracas, v. 34, n. 5, p. 308-314, 2009.
- RODRIGUES JUNIOR, F. **Diagnóstico da influência de atividades antrópicas na qualidade da água do córrego Gavanhery no município de Getulina – SP.** 2008. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.
- SANCHES FILHO, P. J. *et al.* Caracterização ambiental e determinação de alumínio nas águas do canal Santa Bárbara, Pelotas – RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 49., 2009, Porto Alegre. **Anais [...]** Porto Alegre: CBQ, 2009.

SANTANA, D.P. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63 p. (Documentos, 30).

SANTI, G. M. *et al.*. Variabilidade espacial de parâmetros e indicadores de qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do Igarapé São Francisco, Rio Branco, Acre, Brasil. **Ecologia Aplicada**, Lima, v. 11, n. 1, p. 23-31, 2012.

SANTOS, M. F. **Subsídios para o planejamento conservacionista da bacia hidrográfica do Ribeirão Feijão (São Carlos, Itirapina e Analândia, SP)**. 1993. 301f.. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada) - Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SCHLLEMER, M. A. *et al.*. Análise físico-química da água residuária proveniente do processamento de biodiesel. **Synergismus scyentifica UTFPR**, Pato Branco, v. 3, n. 4, 2008.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (Paraná). **Programa Mata Ciliar: perguntas frequentes**. Curitiba, 2018. Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=220>. Acesso em: 12 ago. 2018.

SEWELL, G. H. **Administração e controle da qualidade ambiental**. São Paulo: EdUSP, 1978.

SILVA FILHO, P. A. **Diagnostico operacional de lagoas de estabilização**. 2007. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

SILVA, A. E. P. *et al.*. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 733-742, 2008.

SILVA, B. A. W.; AZEVEDO, M. M.; MATOS, J. S. Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas Urbanas. **Revista Veracidade**, Salvador, ano 3, n. 5, p. 1-7, 2006.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade, 2001. p. 35-51.

SIOLI, H.. Tropical continental aquatic habitats. In: SOULE, M. E. (ed). **Conservation Biology, the science of scarcity and diversity**. Sinauer: [s. n.] 1986. 584 p.

SIQUEIRA, L. F. S. *et al.*. Bioensaio e estudo da decomposição de *Ruppia marítima* L, da Laguna da Jansen, São Luís – MA, Brasil. **Revista Acta Tecnológica**, São Luís, v. 6, n. 1, p. 63-72, 2011.

SNYDER, M. N. *et al.*. Stream health rankings predicted by satellite derived land cover metrics: Impervious area, forest buffers and landscape configuration. **Journal of the American Resources Association**, Annapolis, v. 41, n.3, p.659-677, 2005.

TEIXEIRA, D. **Caracterização limnológica dos sistemas lóticos e variação temporal e espacial de invertebrados bentônicos na bacia do Ribeirão do Feijão (São Carlos/SP)**. 1993. 193 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.

TEODORO, V. L. I. *et al.* O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local, **Revista Uniara**, Araraquara, n. 20, p. 137-157, 2007.

TOLEDO, L.G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 181-186, 2002.

TUCCI, C. E. M. Controle de enchentes. In. TUCCI, C. E. M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2000. p. 651-658.

TUCCI, C. E. M. Drenagem urbana. **Ciência e Cultura**, São Paulo. v. 55, n. 4, p.36-37, 2003.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2. ed. São Paulo: Rima, 2003. 248 p.

TUNDISI, J. G.; BARBOSA, F. A. R.; Conservation of aquatic ecosystems: present status and perspectives. 1995. In: TUNDISI, J. G.; BICUDO, C. E. M.; MATSUMARA, T. (ed.). **Limnology in Brazil**. [S. l.: s. n.], 1995.

TUNDISI, J.G. *et al.*. Water availability, water quality water governance. In: CUDENEC, C. *et al.* (ed). **Hydrological sciences and water security: past, present and future**, Abingdon, v. 366. PIAHS, p. 75-79, 2015.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Integrating ecohydrology, water management and watershed economy: case studies from Brazil. **Ecohydrology & Hydrobiology**, Warsaw, v. 16, p. 83-91, 2016.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A.. **Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005.

VASCO, A. N. **Monitoramento, análise e modelagem da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim**. 2011. 132 f. Dissertação (Mestrado em Agrossistemas) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2011.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia DESA-UFMG, 1996. 243 p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos** Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2005. 452 p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v. 1).