

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE DE
ECOSSISTEMAS COSTEIROS E MARINHOS

KATIA DOMINGUES BLOTTA

DIAGNÓSTICO DE MANGUEZAIS PERIURBANOS APÓS 20
ANOS DE IMPACTOS ANTRÓPICOS

SANTOS/SP

2020

KATIA DOMINGUES BLOTTA

**DIAGNÓSTICO DE MANGUEZAIS PERIURBANOS APÓS 20
ANOS DE IMPACTOS ANTRÓPICOS**

Dissertação apresentada a
Universidade Santa Cecília como
parte dos requisitos para obtenção
de título de Mestre em Ecologia, sob
a orientação da Profa. Dra. Luciana
Lopes Guimarães.

SANTOS/SP

2020

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

577.698 Blotta, Katia Domingues.

B618d Diagnóstico de manguezais periurbanos após 20 anos de impactos antrópicos/

Katia Domingues Blotta.

2020.

50 fls.

Orientadora: Profa. Dra. Luciana Lopes Guimarães.

Coorientadoras: Profa. Dra. Mara Angelina Galvão Magenta e Profa. Dra. Eliane Marta Quiñones Braz

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, Santos, SP, 2020.

1. Manguezal. 2. Fitossociologia. 3. Sedimento 4. Esgoto Sanitário 5. Plântulas

I. Guimarães, Luciana Lopes. Magenta, Mara Angelina Galvão. Braz, Eliane Marta Quiñones

II. Diagnóstico de manguezais periurbanos após 20 anos de impactos antrópicos

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho ao meu pai Saul Blotta (in memoriam)
que faleceu um dia após o início deste curso,
mas que sempre me incentivou nos estudos.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora Profa. Dra. Luciana Lopes Guimarães, por todo o apoio no decorrer deste estudo. Ao meu amigo e colega Prof. Dr. Fábio Giordano a quem devo a enorme gratidão em me guiar para a concretização desse trabalho, acreditando e me incentivando durante todo o curso com seu otimismo e apaixonante dedicação. A Profa. Dra. Mara Angelina Galvão Magenta por todo e seu conhecimento e sua contribuição valiosíssima neste trabalho.

A amiga Profa. Dra. Eliane Marta Quiñones Braz pelo companheirismo nas contagens das plântulas e medição das árvores nos trabalhos de campo pelo Rio Itanhaém, foram muito prazerosos.

Ao atencioso Prof. Ms. Renan Braga Ribeiro que com muita paciência me orientou nas tabelas, gráficos e em seu amplo conhecimento na área.

Ao amigo e colega de trabalho Prof. Ms Marcelo Henrique Gazolli Veronez que me trouxe para fora da caixinha da área do Direito me mostrando a beleza do curso de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos – Mestrado em Ecologia - oferecido pela Universidade Santa Cecília.

À Universidade Santa Cecília, pela oportunidade na construção do conhecimento e pelo brilhantismo do Corpo Docente sempre disposto a transmitirem conhecimentos. E a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal em Nível Superior - Brasil (CAPES).

Um especial agradecimento às secretárias Sandra e Imaculada, pela atenção e carinho diários.

Meu querido marido Renato, que, como sempre, ofereceu todo afeto, carinho, atenção, companheirismo e principalmente me recebia com churrasco após os trabalhos de campo juntamente com meus filhos Daniel e Beatriz.

E aos meus amigos do curso de mestrado que muito contribuíram: Antônio, Bárbara, Carvalho, Ednéia e Roseli.

A todos, muito obrigado.

RESUMO

Os manguezais passaram da condição de lugar inóspito a ecossistemas produtivos, de valor ecológico e econômico; embora a legislação ambiental tenha evoluído de forma significativa, ainda tem se mostrado pouco eficaz na prática em algumas regiões brasileiras. O objetivo do presente estudo foi verificar o perfil da distribuição das espécies vegetais, alterações na estrutura do solo e nos parâmetros que atestam a qualidade da água em manguezais periurbanos às margens do Rio Itanhaém, no município de Itanhaém (São Paulo, Brasil). Os resultados obtidos neste estudo, realizado entre os anos de 2017 a 2019, foram comparados com os estudos conduzidos na mesma área entre os anos de 1996 e 1998 por Quiñones e Perez Filho, refletindo numa comparação de quase duas décadas de incremento na urbanização, em face do aumento populacional de 31% entre 1997 e 2017. Foram identificadas as espécies arbóreas, contado o número de árvores adultas e medido seu diâmetro à altura do peito (DAP), nas 9 parcelas, calculando a densidade relativa, dominância relativa, frequência relativa e o índice de valor de importância para cada espécie. Foi coletada uma amostra de solo em cada estação de coleta, à cerca de 20cm de profundidade para determinação de granulometria e de matéria orgânica. Esta pesquisa também proporcionou o estudo de indicadores de presença de esgoto doméstico *in natura* no mesmo ecossistema através da análise microbiológica e físico-química das águas, em vários pontos do Rio Itanhaém. O estudo focou principalmente nas parcelas próximas a descarga de afluentes que recebem esgoto doméstico (Rio do Poço e Ribeirão Campininha) e duas outras próximas às estações de tratamento de esgoto (ETE Guapiranga e Anchieta). Nas estações de coleta estudadas foram encontradas três espécies típicas de mangue: *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa*. As avaliações sugeriram que houve alteração da composição de espécies arbóreas nas parcelas estudadas por Quiñones, especialmente naquelas mais próximas ao Rio Itanhaém. Os resultados das análises de sedimento demonstraram incremento de matéria orgânica no solo das estações de coleta; e as análises da qualidade das águas nos diferentes pontos de coleta mostraram resultados em desacordo com os parâmetros estabelecidos pelas Resoluções CONAMA 357/05 e 274/00. Os resultados permitiram verificar que a velocidade com que vem se processando a expansão e especulação urbana nas cidades litorâneas tem levado a uma degradação do ecossistema manguezal e entende-se que seja da maior importância haver o monitoramento da vegetação litorânea.

Palavras-chave: Manguezal. Fitossociologia. Sedimento. Esgoto doméstico.

ABSTRACT

Diagnosis of periurbans mangroves after 20 years of anthropic impacts

Mangroves have gone from being an inhospitable place to productive ecosystems, of ecological and economic value; although environmental legislation has evolved significantly, it has still proved to be ineffective in practice in some Brazilian regions. The aim of the present study was to verify the profile of the distribution of plant species, changes in soil structure and parameters that attest to water quality in periurban mangroves on the banks of the Itanhaém River, in the municipality of Itanhaém (São Paulo, Brazil). The results obtained in this study, carried out between the years 2017 and 2019, were compared with the studies conducted between the years 1996 and 1998 by Quiñones and Quiñones e Perez Filho, reflecting a comparison of almost two decades of increase in urbanization, due to the population increase of 31% between 1997 and 2017. Tree plant species were identified, the number of adult individuals was counted, and their diameter of chest Height (DBH) was measured in the 9 plots, calculating the relative density, relative dominance, relative frequency and the importance value index for each species. A soil sample was collected at each collection station, about 20cm deep to determine granulometry and organic matter. This research also provided the study of indicators of the presence of fresh domestic sewage in the same ecosystem through microbiological and physical-chemical analysis of the waters, in several points of the Itanhaém River. The study focused mainly on parcels close to the discharge of affluents that receive domestic sewage (Rio do Poço and Ribeirão Campininha) and two others close to the sewage treatment station (ETE Guapiranga and Anchieta). In the sampling stations studied were found three typical mangrove species: *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana* and *Laguncularia racemosa*. The investigations suggested that there was a change in the composition of tree species in the plots studied by Quiñones, especially in those closer to the Itanhaém River. The results of the sediment analysis showed an increase in organic matter in the soil of the collection stations; and the water quality analyzes at the different collection points showed results in disagreement with the parameters established by CONAMA Resolutions 357/05 and 274/00. The results showed that the speed with which urban expansion and speculation in coastal cities has been taking place, has led to a degradation of the mangrove ecosystem and it is understood that monitoring coastal vegetation is of the utmost importance.

Keywords: Mangrove. Phytosociology. Sediment. Domestic sewage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Local de estudo no município de Itanhaém, SP, Brasil, com destaque para os pontos de coleta de informação. Pontos destacado em vermelho - as estações E1-E3, locais onde foram realizadas as análises da vegetação. Pontos destacados em branco - os pontos 1-12, locais onde foram realizadas as análises da qualidade das águas.....	19
Figura 2.	Malha viária no entorno do Rio Itanhaém destacando-se em vermelho as áreas com os manguezais estudados.....	20
Figura 3.	Sub-bacias dos Rios Itanhaém, Aguapeú, Branco e Preto.....	21
Figura 4.	Sub-bacia do Rio Itanhaém tendo como destaque os dois afluentes: Ribeirão Campininha (situado a Leste) e Rio do Poço (situado a Oeste)....	23
Figura 5.	A- Estação de tratamento de esgoto Anchieta (ETE); B- Mais distante no bairro Anchieta, cujo despejo ocorre no Rio Itanhaém a montante da estação de coleta 3.....	24
Figura 6.	Demarcação da estação de coleta 1 e das três parcelas delimitadas.....	24
Figura 7.	Demarcação da estação de coleta 2 e das três parcelas delimitadas.....	25
Figura 8.	Demarcação da estação de coleta 3 e das três parcelas delimitadas.....	25
Figura 9.	Rio Itanhaém (2014).....	25
Figura 10.	Rio Itanhaém no entroncamento da Boca da Barra (década de 1940).....	26
Figura 11.	Rio Itanhaém no entroncamento da Boca da Barra (ano de 2014).....	26
Figura 12.	Vista aérea dos bairros Oásis, Laranjeiras e Anchieta e do Rio Ribeirão Campininha no ano de 2014.....	26
Figura 13.	Vista aérea do bairro Oásis no ano de 2014.....	27
Figura 14.	Vista aérea do bairro Oásis, no ano de 2014.....	27
Figura 15.	Vista aérea do Rio Itanhaém e bairros Anchieta, Laranjeiras e Centro no ano de 2014.....	27
Figura 16.	Vista aérea do Rio Itanhaém com a marcação das 3 estações de coleta....	28
Figura 17.	Jogo de peneiras para tamisação do sedimento utilizadas na análise das amostras do lodo do manguezal.....	30
Figura 18.	Sedimento retido em cada malha da peneira nas três estações de coletas amostradas. Amostra da estação de coleta 1 (A); Amostra da estação de coleta 2 (B); Amostra da estação de coleta 3 (C).....	31
Figura 19.	Parâmetros sedimentológicos obtidos nas estações de coletas 1, 2 e 3. Amostras estação 1 (A); Amostra estação 2 (B); Amostra estação 3 (C)....	31
Figura 20.	Saída do efluentes da ETE Anchieta (ponto 12 de coleta).....	39
Figura 21.	Registro fotográfico da presença de tubulações provenientes de residências próximas aos pontos 7 e 8, indicando o despejo de esgoto doméstico (sem tratamento) nas águas.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Dados do local, identificação dos pontos de coleta, longitude e latitude determinados no dia 22/01/2019 no Estuário de Itanhaém-SP.....	32
Tabela 2.	Quantidade de árvores adultas encontradas em 2017 e comparação do número de plântulas existentes em 1997 e 2017 nos três pontos de amostragem.....	34
Tabela 3.	Densidade relativa (De.R), frequência relativa (Fr.R), dominância relativa (Do.R) e índice de valor de importância (IVI) das três espécies encontradas nos manguezais de Itanhaém (SP).....	35
Tabela 4.	Parâmetros sedimentológicos do sedimento superficial nas estações de coleta no estuário de Itanhaém – SP, obtidos nas parcelas mais próximas ao Rio Itanhaém.....	37
Tabela 5.	Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos das amostras de água coletadas no Estuário de Itanhaém-SP.....	38
Tabela 6.	Médias e desvios-padrões das análises microbiológicas das amostras coletadas no Estuário de Itanhaém-SP.....	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.	Quadro diagnóstico da Bacia do Rio Itanhaém modificado do relatório de situação das bacias hidrográficas com destaque em vermelho de situações hídricas com demandas deficitárias (em vermelho).....	22
-----------	--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB	- Área Basal
APP	- Área de Proteção Permanente
C	- Tara do Cadinho
CBH-BS	- Comitê de Bacia Hidrográfica – Baixada Santista
CETESB	- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAP	- Diâmetro Altura do Peito
DeR	- Densidade Relativa
DoR	- Dominância Relativa
ETE	- Estação de Tratamento de Esgoto
ETEs	- Estações de Tratamento de Esgoto
FA	- Frequência Absoluta
FeO	- Óxido de Ferro
FR	- Frequência Relativa
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IVI	- Índice de Valor de Importância
MO	- Matéria Orgânica
NTC	- Número Total de Colônias
NTU	- Unidade Nefelométrica de Turbidez
OD	- Oxigênio Dissolvido
P	- Peso da amostra
PAP	- Perímetro à altura do Peito
pH	- Potencial Hidrogeniônico
Ppm	- Partículas por milhão
Q _{7.10}	- Valores de vazões com 7 dias de duração e período de retorno de 10 anos
SABESP	- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SNUC	- Sistema Nacional e Unidades de Conservação
SP	- São Paulo
T	- Peso da cinza
TDS	- Totais de Sólidos Dissolvidos
UFC	- Unidade Formadora de Colônia

- UFC/10g - Unidade Formadora de Colônia por 10 gramas
- UFC/100mL - Unidades Formadora de Colônias por 100 mililitro
- UNT - Unidades Nefelométricas de Turbidez

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	13
2.OBJETIVOS	18
3.METODOLOGIA	18
3.1. Área de estudo	18
3.2. Localização das áreas analisadas	23
3.3. Estudos de fitossociologia em árvores realizados em 2017	28
3.4. Análise do sedimento	30
3.4.1. Determinação da granulometria	30
3.4.2. Determinação da queima de matéria orgânica	31
3.5. Determinação das análises físico-químicas da água	32
3.6. Determinação de coliformes (<i>Escherichia coli</i>)	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1. Vegetação	34
4.2. Solo	36
4.3. Qualidade da água	37
5. CONCLUSÕES	43
6. TRABALHO SUBMETIDO	44
7. REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

Manguezais são importantes ecossistemas costeiros, geralmente inundados pela maré, caracterizado por solo sempre encharcado e com variação da salinidade, devido a maré e as chuvas (SCHAEFFER-NOVELLI, 1994). São biológica e troficamente ativos, favorecendo produtores primários e ampla gama de comunidades micro e macrobentônicas (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995; SCHAEFFER-NOVELLI, 2000).

Esses ambientes capturam e armazenam carbono de forma eficiente e, além disso, possuem alta capacidade de resiliência, podendo representar um papel importante como barreira física em face do atual aumento do nível do mar, já que suas raízes atuam na estabilização do solo, diminuindo a frequência de inundações (ALONGI, 2008; SCHAEFFER-NOVELLI *et al.*, 2016).

Brandão (2011) lembra que o ecossistema manguezal é considerado como berçário do mar, local de reprodução de grande número de espécies, filtro biológico retentor de nutrientes, sedimentos e até poluentes, zona de amortecimento contra tempestades e barreira contra erosão da costa. Além disso, é fonte de alimento e de atividades tradicionais, como a pesca artesanal, caracterizando um ambiente vital para essas populações, cuja sobrevivência depende da exploração dos crustáceos, moluscos e peixes (GERLING *et al.*, 2016). Devido a simplicidade de seu ecossistema e grande importância econômica, este é um dos ambientes tropicais mais estudados (BENATTI e MARCELLI, 2007).

Lugo & Snedaker (1974) classificaram manguezais em seis tipos fisiográficos: franja, bacia, ribeirão, ilhote, arbustivo e anão. Cada uma dessas categorias é influenciada por conjuntos de assinaturas de energia semelhantes, então dentro de cada tipo de floresta, níveis semelhantes de desenvolvimento são alcançados. Cintron *et al.*, (1985) sugeriram que esta classificação poderia ser reduzida para três grandes tipos (franja, ribeirinha e bacia).

Segundo Soares (2010), manguezais ocorrem predominantemente em estuários cuja porção jusante apresenta maior salinidade. Já a porção montante, por ter menor influência marinha, apresenta característica mais semelhantes com a predominância fluvial. Ocorre em regiões cuja temperatura média mensal do ar é igual ou superior a 20°C, ainda que extremos como 3,2°C e 40,2°C tenham sido observados no manguezal do Rio Itanhaém (Itanhaém, São Paulo), segundo Lamberti (1969), e onde a pluviosidade varia de 2.000 a 2.500mm por ano, com precipitações pouco superiores

à marca dos 60mm durante os meses mais secos.

Gebhardt *et al.* (2005), descreveram que, embora os estuários representem uma porção muito pequena da superfície dos oceanos, eles possuem um papel significativo nas áreas costeiras, pois, retêm quantidades de material dissolvido e em suspensão consideráveis, tornando-se como um filtro entre os domínios marinhos e terrestres.

Segundo Fruehauf (2005), no início da primeira década do século 21, uma área de 162.000km² de manguezais, cobria o mundo. De acordo com o Atlas de Manguezais do Brasil (2018), esse ecossistema é encontrado em toda costa brasileira, totalizando quase 14.000km². Sua vegetação é composta por plantas arbóreas halófitas, como *Rhizophora mangle* (mangue vermelho), *Laguncularia racemosa* (mangue branco) e *Avicennia schaueriana* (mangue preto, siriúba), entre outras.

De acordo com Herz (1991), a última grande avaliação de cobertura vegetal litorânea para todo o Estado de São Paulo apresentava uma área de 231km² de manguezais, porém 28km² dessa área encontravam-se alteradas ou degradadas, sendo somente 203km² de área preservada, com o litoral do Estado de São Paulo separado em três setores: Litoral Norte (3km² de manguezais); Baixada Santista (120km²) e Litoral Sul (108km²). Atualmente, essa cobertura representa 222,873km² (ATLAS DE MANGUEZAIS DO BRASIL, 2018).

Apesar desse tipo de ambiente ser formado por um número reduzido de espécies arbóreas, a fauna presente é muito variada e o ambiente desempenha funções na produtividade dos ecossistemas integrados costeiros (SCHAEFFER-NOVELLI, 1994). A fauna do manguezal é formada por várias espécies de caranguejos, sendo que a maioria vive nos fundos lodosos. Os peixes como robalos, bagres, manjubas, tainhas e alguns crustáceos (camarão branco), dependem muito na fase jovem dos nutrientes presentes no manguezal. Principalmente com a maré baixa, o fundo lodoso do manguezal acaba ficando exposto e com isso as aves aproveitam as árvores para observarem o momento certo para se alimentarem de peixes, moluscos e crustáceos, sua fonte de alimentação (VANNUCCI, 2002).

De acordo com Tundisi apud Martins (2017), a deposição de sedimentos no manguezal é decorrente da hidrodinâmica do curso dos rios e da erosão que acabam sofrendo das águas costeiras e da distribuição das correntes no interior do estuário.

Os sedimentos são arenosos próximos à costa, e no interior do manguezal há sedimentos mais finos (silte e argila), com alto teor de matéria orgânica. De acordo com Quiñones (2000), o enriquecimento de matéria orgânica nos sedimentos pode

ser decorrente dos processos de eutrofização, originados pelos despejos urbanos ricos em nitrogênio e fósforo, afetando os ecossistemas costeiros e marinhos (ALVES, 2016). Kathiresan e Bingham apud Prandi (2016) descreveram que a grande quantidade de serapilheira produzida com as folhas e componentes naturais depositados, contribuem para a produção de uma camada de matéria orgânica que compõe o solo lodoso do ecossistema manguezal.

Diferentes serviços ecossistêmicos são oferecidos através da vegetação do manguezal: as terras são fixadas, impedindo a erosão e também estabilizando a costa, prevenindo de inundações e proteção contra tempestades. O manguezal exerce também uma função importante na produtividade dos ecossistemas costeiros e constitui importante banco genético para a recuperação de áreas degradadas (SOARES, 2010).

No mundo, os estuários e os manguezais associados influenciam de modo decisivo a produção de mais de 95% do alimento que o homem captura no mar, a sua manutenção é também importante para a subsistência das comunidades ribeirinhas.

Devido a sua importância, os manguezais são considerados pelo SNUC como áreas de preservação permanente (BRASIL, 2000), em toda a sua extensão, e também protegidos pela Lei 12.651, de 25/05/12 - Código Florestal (BRASIL, 2012).

O uso e ocupação da terra tiveram início na região litorânea e até hoje as mais diversas atividades se concentram na mesma, assim, ecossistemas como os manguezais vêm sofrendo processo de destruição mais intenso (VILA NOVA e TORRES, 2012).

Embora protegido por lei em nosso país, a destruição do manguezal é decorrente da especulação imobiliária, aterros mal planejados, portos, indústrias, loteamentos, rodovias costeiras, dentre outros fatores antrópicos. Quart (1997), relatou que metade das áreas de manguezal do planeta foram destruídas para a implantação de fazendas de camarão. O manguezal ainda sofre com a poluição das águas, derramamentos de petróleo e aterros mal planejados. Nesse contexto, Nanni e Nanni (2005) relataram que seria primordial o papel da formação educacional, sensibilizando a opinião pública nas esferas de poder com vistas à discussão ampla dos temas relacionados à ecologia.

Como afirmado por Medeiros *et al.* (2014) historicamente, os manguezais perpassaram da condição de lugar inóspito a ecossistemas produtivos, de valor ecológico e econômico. Esses autores concluíram que, embora a legislação ambiental

tenha evoluído de forma significativa, ainda tem se mostrado pouco eficaz na prática em algumas regiões brasileiras, como no Rio Grande do Norte. Assim, a aplicabilidade da legislação, bem como a proteção do ecossistema manguezal demanda esforços políticos, econômicos e sociais.

O manguezal precisa ser preservado, pois é um ecossistema cujas árvores vivem numa tênue região de equilíbrio afetada pelas marés. Como tal, estas árvores apresentam adaptações que são resultantes de um processo evolutivo que dependem dessa estabilidade, como: raízes respiratórias (que abastecem com oxigênio as outras raízes enterradas) e ao mesmo tempo ajudam a diminuir o impacto das ondas durante o movimento das marés; adaptações para sobreviver a grande variação de salinidade; adaptações das sementes para a dispersão através do desenvolvimento na planta materna de propágulos; adaptações para a dispersão pela água através dos propágulos flutuantes do desenvolvimento das plântulas.

O substrato escuro associado ao manguezal, tido por muitos como um “local poluído” também precisa ser protegido, pois nele são encontradas as bactérias decompositoras e é sobre este substrato, coberto por água na preamar, que se desenvolvem ricas comunidades de algas (vermelhas, verdes e azuis) que também acabam crescendo sobre as raízes e caules das árvores, e fazem parte dos fitobentos responsáveis por grande parte da produção primária do local (FARRABOTI *et al.*, 2017).

Por estarem em estuários e baías protegidas, os manguezais do tipo franja são propensos à maior ocupação humana. O constante crescimento das zonas urbanas tem, ao longo das últimas décadas, interferido na dinâmica desses locais e prejudicando a prestação de serviços ecossistêmicos pelos manguezais (BLASCO *et al.*, 1996; ELLISON, 2014; ALONGI, 2015; BERNARDINO *et al.*, 2020).

Santos (2009), concluiu que a ocupação de ambientes costeiros vem se intensificando ao longo dos anos, e como consequência, este ecossistema não consegue absorver as alterações, tendo sua dinâmica desestruturada.

Esses ambientes estão sujeitos a variações de salinidade e condições nutricionais e a padronização da vegetação é, em condições normais, impulsionada pela enchente das marés (SCHAEFFER-NOVELLI *et al.*, 2000; 2016). Esses padrões, no entanto, podem ser alterados pelo despejo de efluentes domésticos, resultando em mudanças nas condições do solo e da água e essas alterações podem gerar

instabilidade em muitas funções do ecossistema, em condições climáticas presentes e futuras (LOVELOCK *et al.*, 2009).

Com base na degradação dos ecossistemas estuarinos, torna-se importante controlar e minimizar os efeitos de substâncias sobre o meio físico e as repercussões sobre a flora, a fauna e sobre o próprio homem (HYDES *et al.*, 2009).

Além deste problema da crescente urbanização não planejada, a cidade de Itanhaém/SP, dentre outras da Baixada Santista, sofre com a presença de uma população flutuante no período de férias de verão e nos finais de semana, elevando o consumo dos recursos naturais, como a água, e aumento da carga de efluentes domésticos, sobrecarregando os sistemas de tratamento de esgotos presente nessa cidade (ABES-SP, 2014).

Um efeito adicional que pode ocorrer nestes ambientes é a contaminação por efluentes domésticos *in natura*, que aumenta a presença de compostos orgânicos como nitrito, fosfato, nitrato, amônia e sulfato provindos de produtos de higiene pessoal e também do uso domésticos como os detergentes (CAMARGO, 2020).

Esses efluentes domésticos *in natura* trazem riscos à saúde das pessoas quando se trata da presença de bactérias patogênicas, e também a presença desses compostos causam diminuição da concentração de oxigênio dissolvido, trazendo risco à funcionalidade dos rios (RIBEIRO e ROOCKE, 2010).

A análise dos atributos do sedimento dos manguezais, tais como características físico-químicas, a quantidade de matéria orgânica de origem antrópica, nutrientes derivados do esgoto podem expressar as condições de preservação ou de degradação e estão relacionados à distribuição e ao grau de desenvolvimento das espécies vegetais presentes (ANDRADE, 2013).

Para o controle da qualidade da água e do meio ambiente, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), elabora resoluções estabelecendo normas, critérios e padrões. O CONAMA estabeleceu em 2011 a Resolução 430 que complementou a Resolução 357 de 2005 classificando e estabelecendo as condições e os padrões de lançamento de efluentes nos corpos hídricos.

Os manguezais da costa do Brasil, como os do município de Itanhaém, estão sendo ameaçados pela ação antrópica, necessitando urgentemente tanto de ações preventivas como corretivas para o seu planejamento e gestão, a fim de atingir padrões de sustentabilidade, impondo-se, à sociedade e ao poder público, a tomada de atitudes para defendê-lo e preservá-lo na perspectiva da equidade intergeracional,

principalmente na época das mudanças climáticas e do aumento do nível do mar Brandão (2011). Diante disso, trabalhos sobre monitoramento das condições físicas desse ecossistema se tornam de grande valia para essa tomada de decisões.

2. OBJETIVOS

Avaliar o grau de influência das ações antrópicas na alteração dos manguezais do Rio Itanhaém, comparando os resultados com os dos estudos conduzidos por Quiñones (2000) e Quiñones e Perez Filho (2001) entre os anos de 1996 e 1998, de quase duas décadas de incremento na urbanização em face do aumento populacional de 31% entre 1997 e 2017, estudando:

- Parâmetros da vegetação arbórea dos bosques de manguezal (altura, DAP, frequência, densidade, dominância e valor de importância) existente nas três estações de coleta;
- Granulometria e matéria orgânica de sedimentos nas três diferentes estações de coleta;
- Parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas em 12 pontos de coleta.

3. METODOLOGIA

3.1. Área de estudo

Essa pesquisa foi feita em manguezais periurbanos às margens do Rio Itanhaém, no município de Itanhaém, SP, Brasil (24,181413°S e 46.796321°W). O clima é do tipo Af, pelo sistema de Köppen. A temperatura média é de 22,9°C e a pluviosidade média anual é de 2120mm (Climate-data, 2020). Considerando o ano de 2018 como referência, o município tem uma população de 100.496 habitantes, sendo 44,6% dessa população atendida com esgotamento sanitário (BRASIL, 2019).

A cidade de Itanhaém está situada no Litoral Sul Paulista, a 110km da capital do Estado de São Paulo, dentro da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista na sub-bacia hidrográfica do Rio Itanhaém (Figura 1).

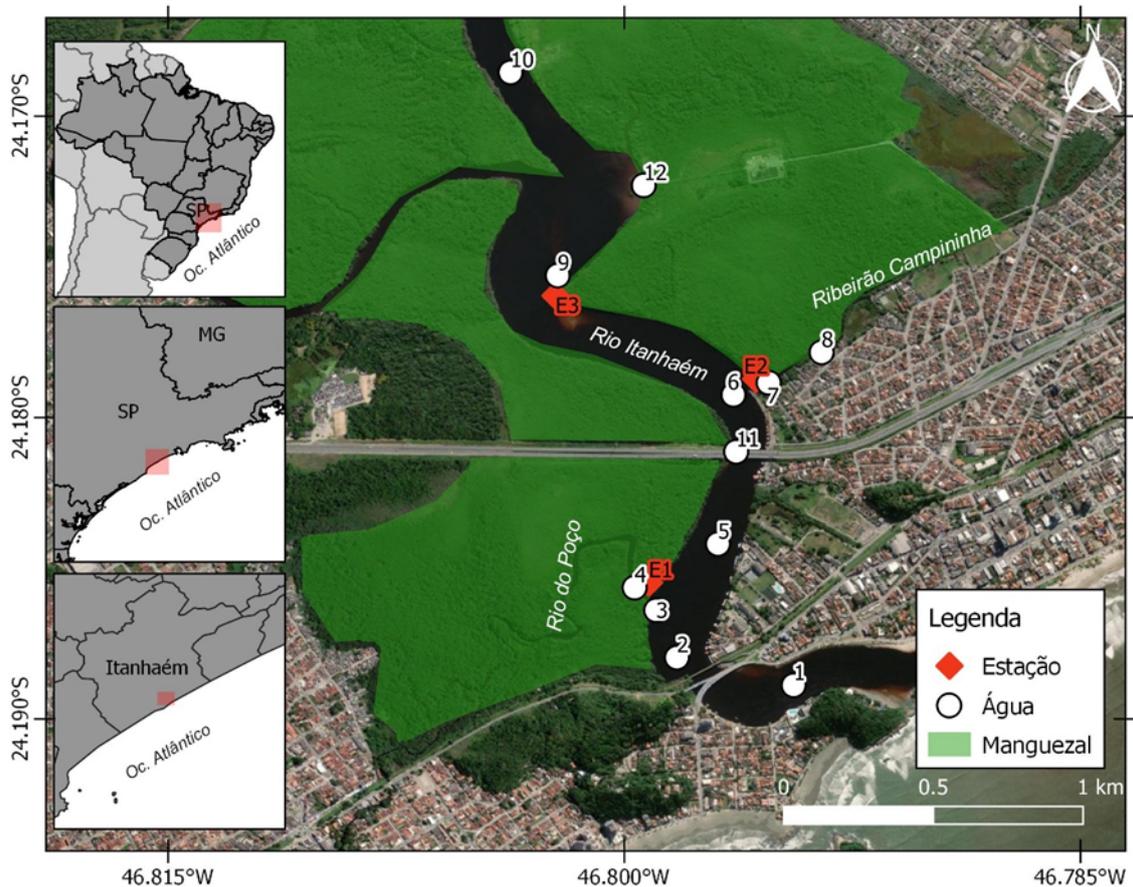


Figura 1. Local de estudo no município de Itanhaém, SP, Brasil, com destaque para os pontos de coleta de informação. Pontos destacado em vermelho - as estações E1-E3, locais onde foram realizadas as análises da vegetação. Pontos destacados em branco - os pontos 1-12, locais onde foram realizadas as análises da qualidade das águas.

Fonte: Elaborado pela autora.

A bacia hidrográfica do Rio Itanhaém está localizada no litoral sul do Estado de São Paulo, sendo sua maior parte dentro do município de mesmo nome. Essa bacia tem uma área de aproximadamente 900km² (CBH-BS, 2016). A porção superior da bacia está localizada em parte da Serra do Mar, em altitudes entre 600 e 800 m, com vegetação de Mata Atlântica (Floresta Ombrófila) bem preservada; na porção média, em altitudes entre 5 e 20 m, é encontrada mata de restinga com preservação moderada são características da sua porção média, enquanto a porção inferior da bacia (região estuarina) é caracterizada por altitudes entre 0 e 5m e vegetação de manguezal (SOUZA-PEREIRA E CAMARGO, 2004). Essa porção inferior da bacia está submetida a diversos impactos antrópicos, dentre os quais o recebimento de esgoto orgânico sem tratamento, pois está envolvida pela área urbana (PEREIRA, 2002).

Na planície costeira a precipitação média anual é de 1000 a 2000mm, durante o verão, a precipitação média mensal é de 250,6mm e no inverno 56,1mm (CAMARGO *et al.*, 1997). Segundo o CBH-BS (2016) a precipitação média ponderada anual é de 2.078mm para toda a bacia. A vazão média do Rio Itanhaém varia entre 32 e 50m³/s com descarga de sedimentos constituída de argila e areia fina (DE ARAÚJO e ALFREDINI, 2003; CBH-BS, 2016;), sendo as maiores vazões no verão e menores no inverno, seguindo a precipitação. A maré na região costeira, assim como em toda a costa do Estado de São Paulo é mista com predominância semidiurna, com maiores variações de 1,5m (DE ARAÚJO e ALFREDINI, 2003). Segundo Harari e Camargo (2003) as componentes harmônicas de maré com maiores amplitudes são a M2 e S2 com 0,36m e 0,21m.

Na região estuarina, o Rio Itanhaém é sinuoso e com regime fluvial de baixa energia (DE ARAÚJO e ALFREDINI, 2003), e sofre grande influência de águas marinhas, apresentando amplas variações de salinidade, de pH, e de oxigênio dissolvido em uma escala horária/diária devido às ações das marés, e em escala sazonal devido à pluviosidade (CAMARGO *et al.*, 1996).

O sítio urbano é dividido pelo Rio Itanhaém e pela área de manguezal que ocupa as margens do rio, sendo característica do sítio urbano de Itanhaém, a presença de vegetação alternada com áreas construídas como pode ser visto pela Figura 2, na qual destaca-se a malha viária urbana no entorno do Rio Itanhaém e seus afluentes.

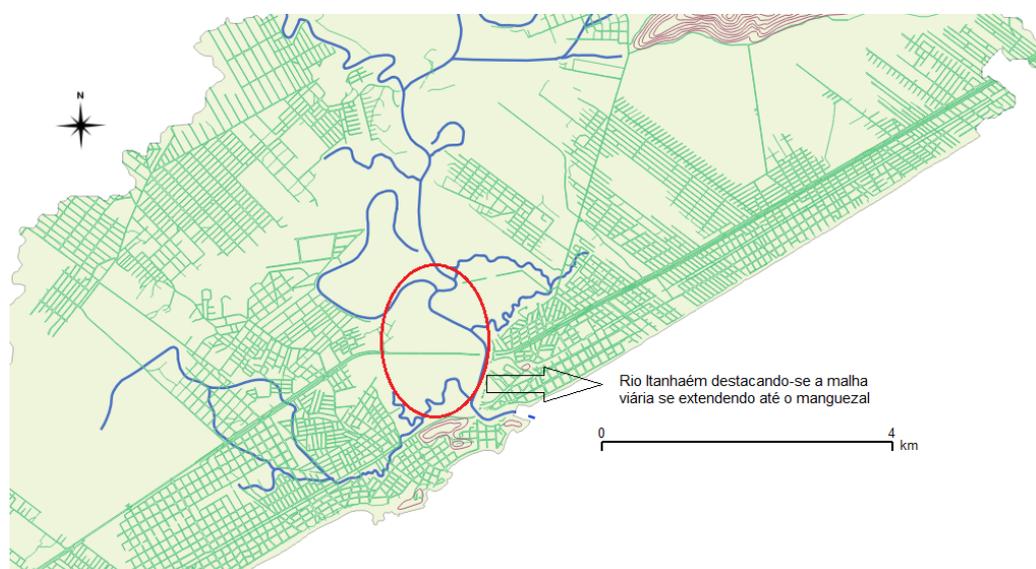


Figura 2. Malha viária no entorno do Rio Itanhaém destacando-se em vermelho as áreas com os manguezais estudados.

Fonte: Imagem em *shapefile* IBGE (CBH-BS, 2017) adaptado pela autora.

A bacia hidrográfica de Itanhaém é composta por cerca de 21 rios e faz divisa com a capital. Os quatro rios mais expressivos desta cidade são: Rio Itanhaém (125,14km² de área de drenagem) e seus afluentes Preto (304,85km² de área de drenagem), Aguapeú (185,69km² de área de drenagem) e Branco (413,87km² de área de drenagem), todos navegáveis (CBH-BS, 2017). As 4 Sub-bacias encontram-se em destaque na Figura 3.

O Rio Itanhaém é formado pela confluência dos Rios Branco e Preto. O Rio Branco possui regime torrencial e, apesar de percorrer um trecho de seu curso na superfície, sua nascente fica no planalto, apresentando vale encaixado, descendo com forte declividade, formando saltos e corredeiras. Com isso, no verão as chuvas em grande quantidade inundam as áreas baixas. Os Rios Preto e Aguapeú são os mais volumosos afluentes do Rio Itanhaém, que têm todo o seu percurso na planície, correndo paralelamente à praia numa topografia quase horizontal e, por serem influenciados pelas marés, seus leitos estão sempre cheios e com águas pouco móveis (ARAÚJO, 1950).

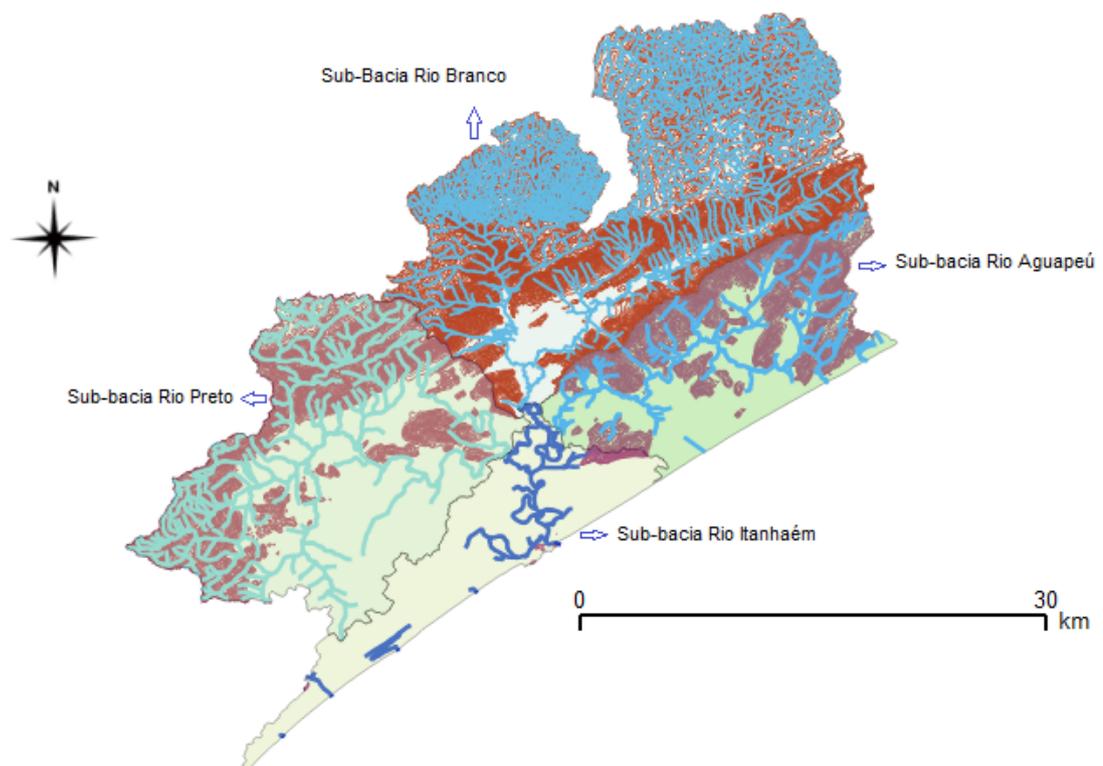


Figura 3. Sub-bacias dos Rios Itanhaém, Aguapeú, Branco e Preto.
Fonte: imagem em *shapefile* IBGE (CBH-BS, 2017) adaptado pela autora.

O cálculo da disponibilidade hídrica desses rios é importante porque a água é um fator limitante para o desenvolvimento regional. A disponibilidade de água em rios, lagos e aquíferos depende de diversos aspectos como o clima, o relevo e a geologia, devendo ser conciliada com os usos múltiplos na bacia hidrográfica, que são: abastecimento para população, abastecimento de indústrias, conservação do ecossistema, diluição de águas residuárias, navegação, produção de energia através de hidrelétricas, recreação e turismo. O relatório de situação da Bacia Hidrográfica de Itanhaém mostra no quadro 1 os valores das $Q_{7.10}$ (L/s), ou seja, as menores vazões mínimas consideradas para os rios, levando-se em conta os 7 dias mais secos do ano, com probabilidade de retorno dos dados em 10 anos. Este quadro apresenta o potencial déficit hídrico para abastecer a região quando considerada a cota de 5m de altitude, que é a efetivamente utilizada pela companhia de abastecimento da cidade (SABESP) para a captação de água para abastecimento (CBH-BS, 2017).

O cálculo tradicional da disponibilidade hídrica, aqui chamado de “Cota Zero”, foi feito junto à foz dos cursos d’água e também inclui as áreas das planícies em encostas que drenam suas águas diretamente para o mar (praias e costões rochosos, por exemplo), portanto uma água que nem sempre é própria ao abastecimento, pois é classificada como salobra (CBH-BS, 2017).

Quadro 1 – Quadro diagnóstico da Bacia do Rio Itanhaém modificado do relatório de situação das bacias hidrográficas com destaque em vermelho de situações hídricas com demandas deficitárias (em vermelho).

	Q_{7.10} Cota zero L/s	Q_{7.10} Cota 5 m L/s	Demanda Superficial Cota zero (L/s)	Demanda Superficial Cota 5 m (L/s)
Rio Itanhaém sem afluentes	1.366	20	-599,7	-599,7
Rio Itanhaém com afluentes	7.853	6.980	8.214,9	8.214,9
Rio Branco	3.261	3.200	9.000,8	9.000,0
Rio Preto	3.771	2.770	-0,5	-0,5
Rio Aguapeú	1.507	990	-2,1	-2,1

Fonte: (CBH-BS, 2017)

A confluência dos Rios Branco e Preto dá-se a 4,5km da praia, porém o curso do Rio Itanhaém é tão sinuoso que a distância da origem à foz é de quase 10km (QUIÑONES, 2000).

Entre os afluentes do Rio Itanhaém, há dois importantes que passam por regiões fortemente antropizadas e com descargas de esgoto *in natura* (Figura 4). O

Rio do Poço que é o mais extenso de toda a bacia hidrográfica, percorrendo a faixa urbana do bairro Gaivota, até o bairro Belas Artes vindo da região oeste da Itanhaém urbana e o Ribeirão Campininha que tem início no Bairro Ivoty e se estende até o bairro Laranjeiras, vindo da parte leste da cidade de Itanhaém.

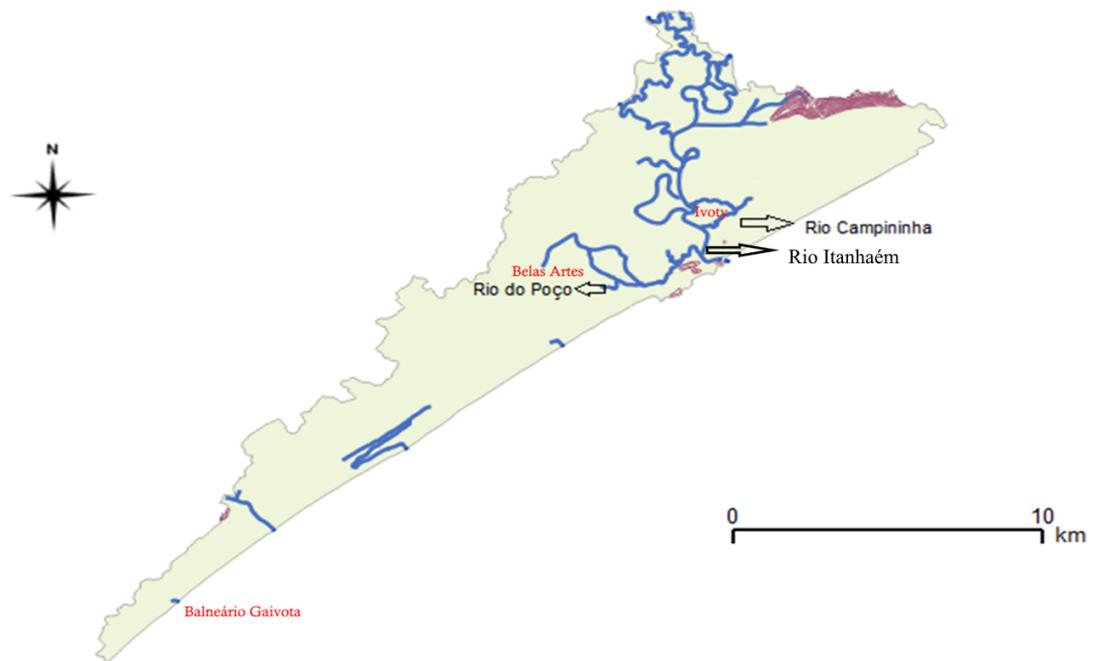


Figura 4. Sub-bacia do Rio Itanhaém tendo como destaque os dois afluentes: Ribeirão Campininha (situado a Leste) e Rio do Poço (situado a Oeste).

Fonte: imagem em *shapefile* IBGE (CBH-BS, 2017) adaptado pela autora.

3.2. Localização das áreas analisadas

Para a análise da fitossociologia avaliada em 2017 foram selecionadas as mesmas três estações de coleta de amostras no Rio Itanhaém obtidas a partir da tese de doutorado desenvolvida por Quiñones (2000), nas quais foi proposto verificar o crescimento de plântulas, o tipo de vegetação e as características do sedimento. As áreas em 1997 possuíam as seguintes características: A estação de coleta 1 recebia esgoto sanitário *in natura*, trazido pelo Rio do Poço; A estação de coleta 2, recebia esgoto sanitário *in natura*, trazido do bairro Ivoty, pelo afluente Ribeirão Campininha; A estação de coleta 3, onde os manguezais de entorno não recebiam diretamente o lançamento de esgoto, funcionava como controle para a comparação e interpretação dos resultados das análises obtidas nas estações de coleta durante o trabalho desenvolvido há vinte anos.

Em 2017 esta última área de análise recebia diariamente despejo de uma ETE (Estação de Tratamento de Esgoto), que foi o que instigou a avaliar o efeito do esgoto no crescimento dos manguezais em relação aos resultados observados durante a pesquisa anterior (Figura 5).



Figura 5. A- Estação de tratamento de esgoto Anchieta (ETE); B- Mais distante no bairro Anchieta, cujo despejo ocorre no Rio Itanhaém a montante da estação de coleta 3.

Fonte: DOENZ, 2020.

As Figuras 6, 7 e 8 apresentam as subestações de coleta de sedimentos e de acompanhamento do crescimento das plântulas em 1997 (QUIÑONES, 2000).

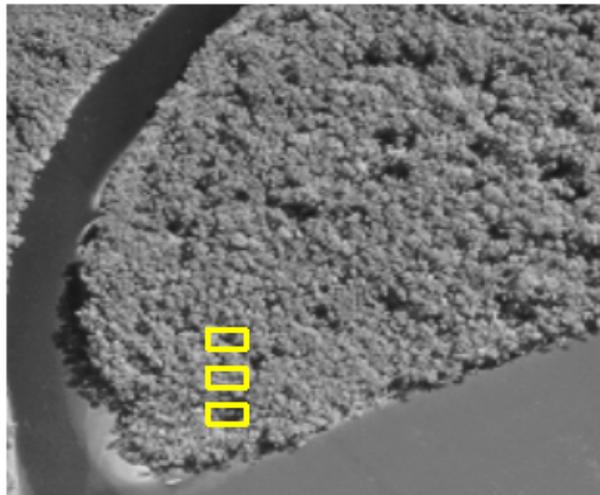


Figura 6. Demarcação da estação de coleta 1 e das três parcelas delimitadas (24.178601°S, 46.795260°W).

Fonte: QUIÑONES, 2000.

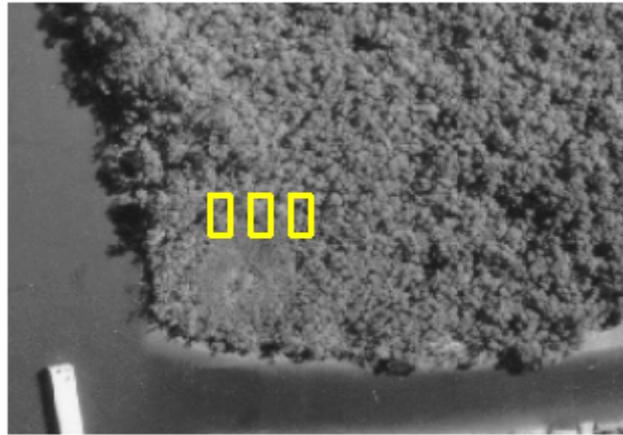


Figura 7. Demarcação da estação de coleta 2 e das três parcelas delimitadas (24.185425°S, 46.798503°W).
Fonte: QUIÑONES, 2000.

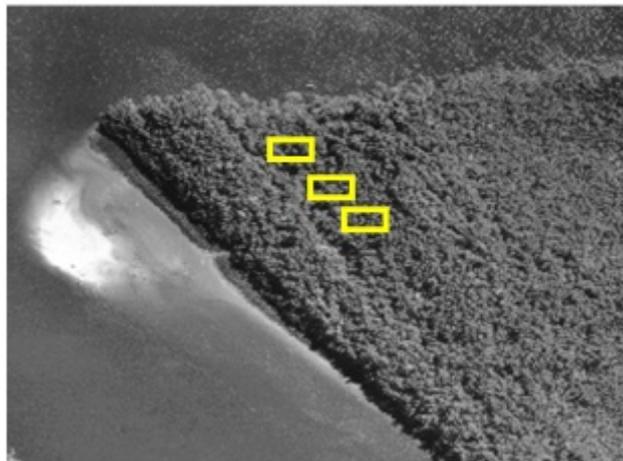


Figura 8. Demarcação da estação de coleta 3 e das três parcelas delimitadas (24.175607°S, 46.801883°W).
Fonte: QUIÑONES, 2000.

Foram também analisadas visualmente as fotografias aéreas antigas e atuais que demonstra o crescimento urbano na região próxima as áreas estudadas (Figuras 9 a 15).



Figura 9. Rio Itanhaém (ano de 2014)
Fonte: DOENZ, 2020.



Figura 10. Rio Itanhaém no entroncamento da Boca da Barra (década de 1940).
Fonte: DOENZ, 2020.



Figura 11. Rio Itanhaém no entroncamento da Boca da Barra (ano de 2014).
Fonte: DOENZ, 2020.



Figura 12. Vista aérea dos bairros Oásis, Laranjeiras e Anchieta e visão do Rio Ribeirão Campininha
(ano de 2014)
Fonte: DOENZ, 2020.



Figura 13. Vista aérea do bairro Oásis (ano de 2014).
Fonte: DOENZ, 2020.



Figura 14. Vista aérea de outro ângulo do bairro Oásis (ano 2014)
Fonte: DOENZ, 2020.



Figura 15. Vista aérea do Rio Itanhaém e bairros Anchieta, Laranjeiras e Centro. (ano 2014)
Fonte: DOENZ, 2020.

Em 2017, pequenas alterações da configuração do Rio Itanhaém devido a processos de deposição e erosão, podem ser observadas na Figura 16.



Figura 16. Vista aérea do Rio Itanhaém com a marcação das 3 estações de coleta.
Fonte: Katia Doenz

3.3. Estudos de fitossociologia em árvores realizados em 2017

O estudo ocorreu no dia 26 de julho de 2017 durante a maré baixa. Foram delimitadas com fitas plásticas, 9 parcelas de 5m x 10m, sendo três em cada uma das estações de coleta dispostas como retângulos amarelos apresentados nas figuras 6, 7 e 8.

Em cada parcela foram identificadas as espécies vegetais arbóreas, contadas número de árvores adultas e foi medido o DAP (diâmetro à altura do peito, efetuado a 1,30m do nível do substrato) de cada tronco maior que 10cm de PAP para posteriormente se efetuar o cálculo de área basal, com o uso da fórmula [1] (ALMEIDA, *et al.*, 2014):

$$[1] \quad AB = 0,00007854 \times (DAP)^2$$

Onde: AB é a Área Basal expressa em m² e DAP o Diâmetro à Altura do Peito, medido em centímetros.

Árvores com diâmetro menor que 10cm não entraram no inventário e aquelas com mais de um ramo do fuste foram consideradas como um único indivíduo.

Com base nos dados obtidos nas 9 parcelas, foram calculados: densidade relativa, dominância relativa, frequência relativa e o índice de valor de importância foram estimados para cada espécie, conforme descritos por Mueller-Dombois e

Ellenberg (1974). Para o cálculo dos parâmetros mencionados, foram utilizadas as seguintes fórmulas [2, 3, 4] e definições:

- Densidade Relativa (DeR): número de indivíduos de uma espécie em relação ao número total de indivíduos [2].

$$[2] \quad \text{DeR} = \frac{(\text{N}^\circ \text{ de indivíduos de uma espécie}) \times 100}{\text{N}^\circ \text{ total de indivíduos}}$$

- Frequência Relativa (FR): número de indivíduos de uma espécie dentro das amostras (FA) em relação a somatória de todas as ocorrências de espécies nas parcelas [3].

$$[3] \quad \text{FR} = \frac{(\text{FA}_i) \times 100}{\sum \text{FA}}$$

- Dominância Relativa (DoR): trata-se de um parâmetro útil para descrever toda a comunidade arbórea, é muito utilizada para indicar a contribuição percentual em área basal de cada indivíduo [4].

$$[4] \quad \text{DoR} = \frac{(\text{Área basal por indivíduo}) \times 100}{\text{Área basal total}}$$

O Índice de Valor de Importância (IVI) foi determinado pela somatória da densidade relativa, dominância relativa e frequência relativa para cada uma das espécies segundo a fórmula [5].

$$[5] \quad \text{IVI} = \text{DeR} + \text{FR} + \text{DoR}$$

Paralelamente, no dia 26 de julho de 2017, durante a maré baixa, nas áreas delimitadas para a fitossociologia, foram também quantificadas as plântulas das espécies.

3.4. Análise do Sedimento

3.4.1. Determinação da granulometria

Foi coletada uma amostra de cada estação de coleta, acerca de 20cm de profundidade. As amostras foram colocadas em sacos plásticos e etiquetadas. As coletas foram feitas nos seguintes pontos: 1.1 (24.178601°S e 46.795260°W), 2.1 (24.185425°S e 46.798503°W), 3.1 (24.175607°S e 46.801883°W), nas parcelas mais próximas ao Rio Itanhaém, franja.

No laboratório de mecânica dos solos da Universidade Santa Cecília (UNISANTA – Santos/SP), as amostras de sedimento foram separadas.

As amostras de solo foram transferidas para placas de Petri e pesadas imediatamente obtendo-se o peso úmido (PU), descontando-se o peso das placas. Posteriormente, foram secas a 60°C em estufas sem circulação de ar, até a estabilização do peso, ocorrida após 48 horas (peso seco). Posteriormente, foi feita a separação granulométrica (tamisação), em 4 peneiras com as seguintes malhas: >0,300mm, >0,140mm, ≥0,075mm e <0,075mm, (Figura 17), com o objetivo de obter a granulometria predominante e o tamanho do grão médio a partir do peso do sedimento retido em cada peneira (Figura 18 e 19). A classificação da granulometria foi baseada nos critérios definidos pelo Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS) (CASAGRANDE, 1948).



Figura 17. Jogo de peneiras para tamisação do sedimento utilizadas na análise das amostras do lodo do manguezal.

Fonte: Fotos da autora

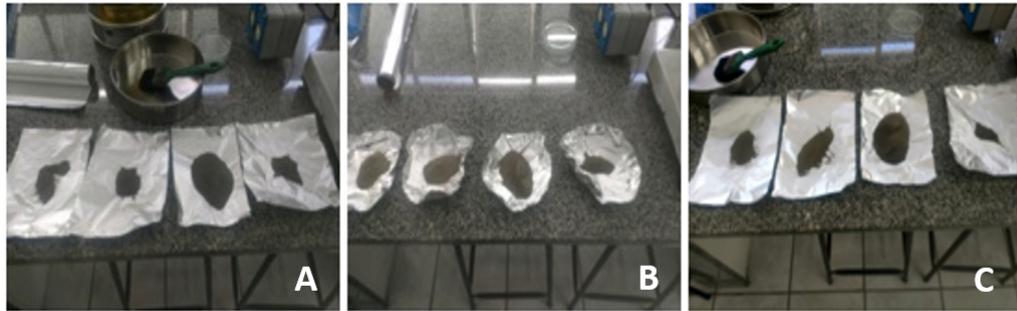


Figura 18. Sedimento retido em cada malha da peneira nas três estações de coletas amostradas. Amostra da estação de coleta 1 (A); Amostra da estação de coleta 2 (B); Amostra da estação de coleta 3 (C).

Fonte: Fotos da autora

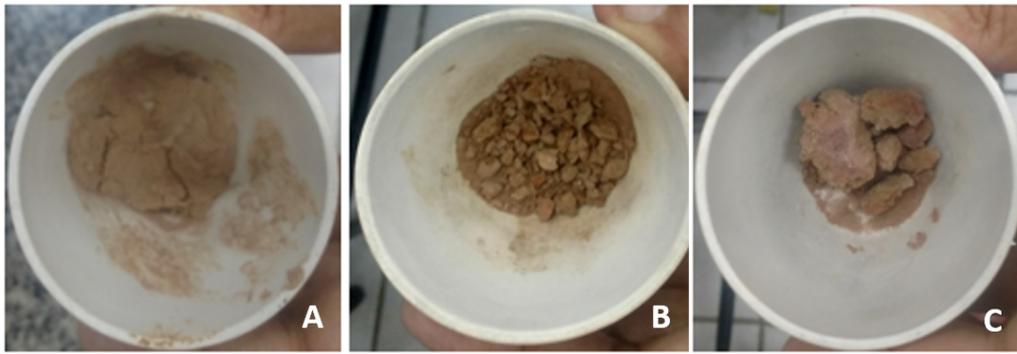


Figura 19. Amostras para parâmetros sedimentológicos obtidos nas estações de coletas 1, 2 e 3. Amostra estação 1 (A); Amostra estação 2 (B); Amostra estação 3 (C).

Fonte: Fotos da autora

3.4.2. Determinação da queima de matéria orgânica

Foram obtidos os percentuais de matéria orgânica pelo método da mufla, através do resultado da subtração entre o peso seco (PS) e da quantidade de cinzas resultante da pesagem da amostra na mufla de altas temperaturas. Esse resultado foi obtido originalmente de uma alíquota de 10% da amostra e que posteriormente foi multiplicado por 10 para que fosse possível deduzir o valor da porcentagem da matéria orgânica encontrada em cada amostra.

Os valores de peso fresco e seco bem como o teor de matéria orgânica obtidos para as amostras foram determinados em razão da perda de massa do resíduo incinerado, considerando-se o material perdido pela queima no intervalo de variação da temperatura aproximada de 600°C, conforme a fórmula: $MO (\%) = (P - (T - C) \times 100) / P$, em que P = peso da amostra (g) depois de aquecida a 600°C; C = tara do cadinho (g); e T = peso da cinza + cadinho (g).

3.5. Análises físico-químicas da água

Foram escolhidos 12 pontos de coletas na área em estudo e no dia 22 de janeiro de 2019, no período em que a maré estava em estado vazante, com o propósito de apresentar apenas a influência das águas fluviais e dos efluentes lançados, foram coletadas as amostras de água, sendo que duas delas foram coletadas próximas as duas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), que liberam seus efluentes no Rio Itanhaém (Figura 1).

Tabela 1 – Dados do local, identificação dos pontos de coleta, longitude e latitude determinados no dia 22/01/2019 no Estuário de Itanhaém-SP.

Local de coleta	Pontos de coleta	Longitude (°)	Latitude (°)
Rio Itanhaém	1	-46,79443	-24,18889
Rio Itanhaém	2	-46,79827	-24,18797
Rio do Poço	3	-46,79895	-24,1864
Rio do Poço	4	-46,79966	-24,18565
Rio Itanhaém	5	-46,79692	-24,1842
Rio Itanhaém	6	-46,79641	-24,17925
Ribeirão Campininha	7	-46,79525	-24,17885
Ribeirão Campininha	8	-46,79351	-24,17784
Rio Itanhaém	9	-46,80219	-24,17529
Rio Itanhaém	10	-46,80374	-24,16855
ETE Guarapiranga	11	-46,79632	-24,18114
ETE Anchieta	12	-46,79936	-24,1723

Fonte: Dados obtidos em 2019

As amostras de água foram coletadas nos primeiros 15cm da superfície em recipientes plásticos. Em cada ponto de coleta determinou-se a temperatura do ar e a temperatura da amostra de água em (°C), utilizando-se o termômetro modelo DT-500, Infrared.

Para a análise do pH, utilizou-se o potenciômetro da marca Digimed modelo DM-22, com precisão igual a 0,01. Para análise do Oxigênio Dissolvido (OD) utilizou-se o oxímetro da marca Digimed, modelo DM-4P. Para a condutividade elétrica (mS/cm²), utilizou-se o condutivímetro da marca TDSeEC, modelo meter (hold).

O método de avaliação da unidade de cor aparente utilizado foi o da comparação visual da amostra com discos de vidro corados com a solução de cobalto-

platina, ou seja, pela cor produzida por 1mg/L de platina. Os resultados são expressos convencionalmente em unidade de cor, e não em mg/L. Foi utilizado o colorímetro NQ 200, da marca PoliControl.

Para a determinação da turbidez utilizou-se a análise nefelométrica, baseando-se na comparação da intensidade de luz espalhada por uma suspensão padrão de referência. Quanto maior a intensidade da luz espalhada, maior é a turbidez da amostra. A turbidez é expressa em Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT). O turbidímetro consiste de um nefelômetro com uma fonte de luz para iluminar a amostra e um ou mais detectores fotoelétricos espalhados em ângulo reto ao caminho da luz incidente. Foi utilizado o turbidímetro AP 2000, da marca PoliControl.

Para a determinação da salinidade (ppm) utilizou-se o refratômetro portátil da marca 008-04 LET. A quantidade de Sólidos Totais Dissolvidos (TDS) na água em ppm (partículas por milhão) foi determinada pelo equipamento TDS_{EC}.

3.6. Determinação de coliformes (*Escherichia coli*)

Para a retirada das amostras de água, teve-se todos os cuidados de assepsia, removendo-se a tampa do frasco de vidro e com uma das mãos segurando-se o frasco pela base, mergulhando-se rapidamente, com a boca para baixo, de 15 a 30cm abaixo da superfície da água, para evitar a introdução de contaminantes superficiais. As amostras foram acondicionadas em garrafas de vidro âmbar previamente esterilizadas, transportadas para o laboratório em caixa de isopor com gelo e mantidas sob refrigeração até o momento das análises (não excedendo 24 horas após as coletas).

O método adotado para a determinação de *Escherichia coli* e de outros coliformes foi da técnica da filtração em membranas (APHA, 2017). As amostras coletadas foram homogeneizadas 20 vezes, e utilizando-se 100mL de cada amostra onde foram filtradas através de uma membrana de celulose estéril quadriculada, com porosidade de 0,45 µm de 47mm, sendo as mesmas dispostas, com o auxílio de uma pinça estéril, em placas de Petri contendo o meio de cultura Ágar Biochrome Coliformes (Biolog), obedecendo os cuidados de assepsia. Após incubação das placas a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, foram efetuadas as contagens de colônias típicas de *E. coli*. Os resultados foram expressos como (UFC/100ml) e realizados em triplicata.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Vegetação

Três das quatro espécies arbóreas ocorrentes no sudeste brasileiro foram encontradas nas áreas de estudo: *Rhizophora mangle* L., *Avicennia schaueriana* Stapf e Leechm. ex Moldenke e *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn, totalizando 288 árvores adultas e 463 plântulas .

A Estação 1 apresentou o maior número de árvores (154), seguido pela Estação 3 (110 indivíduos); nessas estações, a espécie com mais representativa em relação ao número de indivíduos foi *Avicennia schaueriana*. Na Estação 2, localizada próximo ao local de desague do Ribeirão Campininha no Rio Itanhaém, foram contabilizadas apenas 24 árvores, com predomínio de *Rhizophora mangle*. A maior quantidade de plântulas foi encontrada na Estação 3 (361), seguido pela Estação 1 (63); na Estação 2, foram encontradas apenas 39 plântulas (Tabela 2).

Tabela 2 - Quantidade de árvores adultas por espécie encontradas nos manguezais periurbanos do Rio Itanhaém em 2017 n e comparação do número de plântulas existentes em 1997 e 2017 em três pontos de amostragem.

Estação de coleta	<i>Avicennia schaueriana</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	<i>Rhizophora mangle</i>	17/08/1997 Plântulas (Quiñones, 2000)	26/07/2017 Plântulas (este estudo)
1.1	46	19	3	17	31
1.2	15	18	6	20	16
1.3	18	19	10	21	16
2.1	2	6	7	18	21
2.2	0	1	4	17	12
2.3	1	1	2	13	6
3.1	18	0	13	10	138
3.2	15	5	22	12	109
3.3	21	0	16	12	114

Fonte: Dados obtidos em 2017

A espécie de maior índice de valor de importância (IVI) nas Estações 1 e 3 foi *Avicennia schaueriana*. Na estação 2, *Rhizophora mangle* apresentou o IVI mais alto (Tabela 3).

Tabela 3 - Densidade relativa (De.R), frequência relativa (Fr.R), dominância relativa (Do.R) e índice de valor de importância (IVI) das três espécies encontradas nos manguezais de Itanhaém (SP).

Espécie	Estação 1				Estação 2				Estação 3			
	De.R	Fr.R	Do.R	IVI	De.R	Fr.R	Do.R	IVI	De.R	Fr.R	Do.R	IVI
<i>A. schaueriana</i>	0,51	0,33	0,59	1,44	0,12	0,26	0,03	0,41	0,49	0,43	0,54	1,46
<i>L. racemosa</i>	0,36	0,33	0,33	1,02	0,33	0,37	0,44	1,14	0,04	0,14	0,02	0,20
<i>R. mangle</i>	0,12	0,33	0,07	0,52	0,54	0,37	0,53	1,44	0,46	0,43	0,44	1,33

Fonte: Dados obtidos em 2017

A constatação feita em 2017, da presença de maior número de indivíduos de *Avicennia schaueriana* nas parcelas dos pontos 1 e 3 mais próximas ao Rio Itanhaém contrasta com a afirmação de Quiñones (2000) de que entre 1996 e 1998, de que a espécie com maior número de indivíduos nesses locais foi *R. mangle*, o que é tido como corriqueiro em manguezais ribeirinhos, em áreas inundadas pelas marés. (ALMEIDA et al., 2014).

O trabalho de Quiñones (2000), indicou o predomínio de *Laguncularia racemosa* nas parcelas mais distantes do Rio Itanhaém de todas as estações de amostragem. Atualmente, essa espécie divide a primeira posição em números de indivíduos com *A. schaueriana* na subestação 1.3, está representada por apenas um indivíduo na subestação 2.3 e não ocorre porção mais interna do manguezal da estação na subestação 3.3. Nas parcelas centrais, o predomínio de *Avicennia schaueriana* encontrado por Quiñones (2000) deu lugar à *Laguncularia racemosa* no Ponto 1 e *Rhizophora mangle*, nos Pontos 2 e 3.

Alterações na hidrodinâmica dos rios e ocorrências naturais (chuvas, ressacas) podem explicar, em parte, as mudanças da fisionomia da vegetação ribeirinha, mas o aumento de descarte de esgoto no rio pode estar desempenhando um papel importante no processo. Yang *et al.*, (2008) demonstraram que algumas espécies de mangue podem ter seu crescimento acelerado na presença de esgoto doméstico, e que isso está associado à sua maior capacidade de remoção de certas substâncias, como carbono e nitrogênio, por exemplo, com conseqüente incremento de sua capacidade enzimática.

A espécie com menor tolerância à elevada concentração de sal é *Rhizophora mangle* (OLMOS E SILVA, 2003); experimentos indicam que quando passam a ocorrer grandes variações salinas em áreas que normalmente possuem baixa salinidade, árvores dessa espécie passam a apresentar sinais de estresse fotoquímico, com alteração da taxa de assimilação de CO₂ (LOPES *et al.*, 2019).

A maior quantidade de plântulas (361) foi encontrada na Estação 3, que recebe em maior quantidade esgoto tratado; isso representa um aumento de 91%, em relação ao número encontrado por Quiñones (2000). Poderia se cogitar que as características geomorfológicas do Rio Itanhaém favorecem o acúmulo de matéria orgânica neste local, mas Ricardi-Branco *et al.*, (2009) concluíram que, ao contrário das expectativas, os detritos depositados nesses manguezais têm, em grande parte, origem alóctone, a exceção dos localizados próximos à foz do rio, que podem ter origem mista. Assim, esse aumento pode ser decorrente do despejo da carga de nutrientes enriquecida com fontes de nitrogênio e fósforo proveniente da ETE. Isso não aconteceu nas Estações que recebem esgoto *in natura*. O número de plântulas aumentou apenas em 8% na Estação 1, que recebe resíduos lançados em cerca de 9% da extensão do Rio do Poço e onde havia o maior número de plântulas em 1997, e sofreu redução de 23% na Estação 2, que também é a menos representativa em número de árvores, e cujo aporte de esgoto procede de uma extensão que representa 80% do comprimento do Ribeirão Campininha. Convém destacar que, próximo à desembocadura do Ribeirão, existe uma plataforma de pesca ao lado da qual é comum haver várias embarcações pequenas atracadas e pessoas adentrando o manguezal em busca de caranguejo, o que possivelmente causa pisoteio nas plântulas.

4.2. Solo

As análises de solo das parcelas mais próximas ao rio indicam a presença de solo arenoso com grande quantidade de matéria orgânica (Tabela 4). Estudos anteriores indicaram que os solos do manguezal de Itanhaém têm predomínio da classe areia-franca com frações expressivas de areia fina e silte (LAMBERTI, 1969; QUINONES, 2000, QUIÑONES E PEREZ, 2001).

Tabela 4 - Parâmetros sedimentológicos do sedimento superficial nas estações de coleta no estuário de Itanhaém – SP, obtidos nas parcelas mais próximas ao Rio Itanhaém.

Amostras	Silte + argila (%)	Areia total (%)	Matéria Orgânica (%)
	≤ 0,075mm	>0,075mm	
Estação 1	4,51	95,0	48,3
Estação 2	17,65	82,1	48,3
Estação 3	8,90	91,1	33,1

Fonte: Dados obtidos em 2017

Foi constatado aumento de matéria orgânica no solo das parcelas mais próximas à margem do Rio Itanhaém, em relação aos resultados de Quiñones (2001), em taxas que variam entre 11,3% (subestação 1.1) e 14,3% (subestação 2.1). Parte desse aumento, provavelmente, se deve à contribuição do despejo de efluentes da ETE, instalada a montante das estações de coleta em setembro de 2002, mas certamente o carreamento de efluentes domésticos pelo Ribeirão Campininha é um fator que merece atenção das autoridades locais.

A eutrofização do solo, sinalizada nesta pesquisa, pode causar alterações na interação entre bioturbação e a degradação microbiana e potencialmente ocasionar perdas de longo prazo no armazenamento de carbono em áreas urbanas (BERNARDINO et al., 2020). Tan e Wong (1996) demonstraram que os solos de manguezais efetivamente retêm também os nutrientes inorgânicos, como nitrato, fosfato e amônia, contidos nos efluentes de esgoto, e que a capacidade de retenção varia com o tipo de solo, sendo que a quantidade de matéria orgânica e o “status redox” parecem ser fatores importantes que afetam a capacidade de oferta de nutrientes. Nesse cenário, as condições podem não ser favoráveis à formação e ciclagem de óxidos de ferro (FeO) que sejam altamente reativos e portanto capazes de ligar grandes quantidades de fósforo (BARCELOS et al., 2012).

4.3. Qualidade da água

A destinação das águas (contato primário, recreação) e os resultados das análises de salinidade permitem enquadrá-la na Classe 1 de águas salobras da resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005). Os resultados das análises da qualidade das águas estão mostrados na tabela 5.

Tabela 5 - Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos das amostras de água coletadas no Estuário de Itanhaém-SP.

Pontos de coleta	Temperatura ar (°C)	Temperatura água (°C)	Salinidade (‰)	Turbidez (UNT)	Cor (Pt L ⁻¹)	OD (mg/L O ₂)	TDS (ppm)	pH
1	33	31	29	7,5	15	7,6	435	7,39
2	29	30	25	6,23	15	7,2	402	7,57
3	30	30	23	7,2	20	7,2	394	7,55
4	29	29	25	12,5	40	6,9	393	7,19
5	33	29	19	5,6	20	8,1	375	7,19
6	29	29	15	4,46	20	8,3	335	7,04
7	28	29	18	4,84	20	8,6	355	6,95
8	30	29	19	11,5	50	6,1	379	6,74
9	33	29	11	4,96	30	7,6	294	6,88
10	29	29	9	5,31	30	7,9	266	6,61
11	28	29	7	48,2	70	1,6	243	7,05
12	31	29	4	34,8	+70	1,3	189	7,0
CONAMA 357/05*	--	--	>0,5 ‰ e < 30 ‰	virtualmente ausentes	virtualmente ausentes	não inferior a 5 mg/L	--	6,5-8,5

*valores de referência para águas salobras de classe 1 segundo a resolução CONAMA 357/05.

A temperatura do ar no momento das coletas (maré vazante) variou de 28°C a 33°C e a da água oscilou entre 29°C a 31°C, confirmando a elevada estabilidade térmica temporal típica das águas tropicais. Por outro lado, Quiñones (2000) encontrou valores e variações menores de temperatura da água (21,5°C a 22,5°C, na maré baixa), também tomadas no mês de janeiro. Esse é um importante parâmetro a ser monitorado, pois vários autores (BLASCO *et al.*, 1996; ELLISON, 2014; ALONGI 2015; BERNARDINO *et al.*, 2020) afirmam que se houver mudanças climáticas com aumento do nível do mar e associação ao impacto antrópico, poderá ocorrer, em muitos locais, perda de área e, a longo prazo, diminuição de sequestro de carbono em manguezais (BLASCO *et al.*, 1996; ELLISON, 2014; ALONGI 2015; BERNARDINO *et al.*, 2020).

As medidas de salinidade evidenciam influência da maré em toda a área de estudo, sendo os maiores valores registrados até cerca de 2.200m da linha da praia (pontos de coleta 1 a 8), com os maiores valores (25‰ a 29‰) nos locais mais

próximos à desembocadura do Rio Itanhaém (pontos de coleta 1 a 4). Nos lugares que recebem emissão de esgoto tratado, a salinidade variou de 4 a 7‰.

Dos pontos de coleta 1 a 10, os valores de turbidez encontrados variaram de 4,46 a 12,5 NTU, similares aos encontrados por Quiñones (2000), com os maiores números relacionados a locais que recebem esgoto não tratado, na saída dos afluentes aqui considerados (pontos de coleta 4 e 8). Cabe ressaltar que a resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) estabelece que o parâmetro turbidez deve estar 'virtualmente ausente' para as águas salobras de Classe 1. Além de potencialmente afetar a estética dos corpos d'água, a turbidez alta pode promover distúrbios na fauna e na flora, pois interfere na penetração de luz (DERÍSIO, 2013).

Nos pontos 11 e 12 (Figura 20), incluídos neste estudo e que recebem esgoto doméstico tratado, os índices de turbidez se elevam de 34,8 a 48,2 NTU, podendo estar relacionados ao lançamento dos efluentes das ETEs.



Figura 20. Saída do efluente da ETE Anchieta (ponto 12 de coleta).

Fonte: Fotos da autora

Os maiores valores para a cor aparente também foram encontrados nos pontos 11 e 12 (≥ 70 mg Pt. L⁻¹) com relação direta aos altos valores de turbidez. Nos demais pontos, a cor variou de 15 a 50 mg Pt. L⁻¹, com limite superior três vezes menor que os 170 mg Pt. L⁻¹ encontrados nos afluentes que recebiam esgoto da população ribeirinha, em janeiro de 1998. A presença da cor na água nem sempre representa risco à saúde, mas a população pode questionar a qualidade da água (CETESB, 2012). Além da influência das atividades antrópicas pelo lançamento de efluentes domésticos e/ou industriais (VON SPERLING, 2007), minerais dissolvidos como o

ferro e manganês relacionados com a geologia dos solos das margens dos rios, também podem provocar o aparecimento de cor na água (LEÓN, 2005; VON SPERLING, 2007; CETESB, 2012). Em solos arenosos como os da restinga associados aos manguezais, o processo de podzolização, no qual há a percolação da água no solo, lava cátions e óxidos de ferro da porção superior (BARCELOS *et al.*, 2012) e esse material pode se depositar nas águas do rio. Além disso, o aumento das chuvas incrementa o transporte de material orgânico e inorgânico drenados nas margens dos rios, o que influencia num aumento na cor (PIRATOBA, 2017). No dia 21 de janeiro de 2019, véspera da coleta de dados, foram registrados 22,5mm de chuva (o segundo maior índice do mês), após três dias sem chuva (DAEE, 2019). As ligninas, taninos, substâncias húmicas e fúlvicas, algas e entre outras, provenientes da decomposição de material orgânico, principalmente de origem vegetal, são também causadoras da cor em águas naturais (LEÓN, 2005; CETESB, 2012).

O teor de OD teve variação de 6,1 a 8,6mg/L nos pontos de coleta 1 a 10, portanto acima do valor mínimo para a preservação da vida aquática estabelecido pela resolução CONAMA 357/05, que é de 5,0mg/L (CONAMA, 2005). Nos pontos de coleta 11 e 12, próximos à emissão do esgoto doméstico tratado, no entanto, a taxa variou de 1,3 a 1,6mg/L. Os resultados de Quiñones (2000) indicaram valores entre 0,68 e 4,75mg/L nos pontos 1 a 10, muito abaixo dos valores obtidos nesta pesquisa.

Em 1998, o pH da água variava entre 6,2 e 6,6 (QUIÑONES, 2000). Foram encontrados valores de 6,61 a 7,57, com as maiores taxas, como esperado, ocorrendo próximo ao encontro da água doce com a água salgada e tendendo a elevar-se com a elevação da maré. Esses dados sugerem aumento na influência marítima, já que o pH da água do mar de Itanhaém, é da ordem de 8,5. O aumento do valor de pH é outro fator importante a ser monitorado, já que valores elevados contribuem com a proliferação de algas.

A quantificação de coliformes totais e termotolerantes, ou fecais, mais comumente representando pela bactéria *Escherichia coli*, é importante para verificar se há interferência antrópica advinda de despejos brutos de esgotos nesses corpos aquáticos. Os resultados das análises microbiológicas estão mostrados na tabela 6.

Tabela 6 - Médias e desvios-padrões das análises microbiológicas das amostras coletadas no Estuário de Itanhaém-SP.

Pontos de coleta	Contagem de <i>E. coli</i> (UFC/100mL)
1	563,7±86
2	532,4±44
3	815,3±66
4	739,0±13
5	753,3±48
6	737,7±45
7	> 10 ⁶
8	> 10 ⁶
9	617,3±51
10	558,7±30
11	586,0±13
12	> 10 ⁶
CONAMA 274/00*	até 800 UFC/100mL

* parâmetro de águas satisfatórias de acordo com a resolução CONAMA 274/2000 UFC, Unidades formadoras de colônia.

A maioria das amostras de água estão nos limites de águas próprias satisfatórias (até 800 *E. coli* /100mL), de acordo com a Resolução CONAMA 274/00 (BRASIL, 2000). Porém, nas amostras coletadas nos pontos 7 (saída do afluente Ribeirão Campininha), 8 (Ribeirão Campininha) margeado por uma área densamente povoada (Figura 1) excedem em muito o valor máximo permitido, evidenciando o efeito negativo do despejo de esgoto doméstico sem tratamento adequado. No entorno pode-se observar presença de tubulações (canos) em residência com despejo de águas próximos aos pontos 7 e 8 (Figura 21). Em relação ao ponto 12, que recebe esgoto da ETE Anchieta, a elevada contagem de *E. coli* pode ter relação direta com o despejo do efluente doméstico nestas águas.



Figura 21. Registro fotográfico da presença de tubulações provenientes de residências próximas aos pontos 7 e 8, indicando o despejo de esgoto doméstico (sem tratamento) nas águas.

Fonte: Fotos da autora.

A observação visual dos locais do presente estudo permitiu inferir que as águas do estuário em questão são utilizadas para várias atividades produtivas da comunidade, como pesca, catação de marisco, balneabilidade, navegação, etc. Os ribeirinhos estão em contato constante com a água desse estuário, estando sujeitos à contaminação bacteriológica, que tende a diminuir sua qualidade de vida. Além disso, o problema pode causar danos a fauna local desequilibrando o habitat, interferindo principalmente no ciclo das espécies nativas, principalmente de bivalves (predisposição ao parasitismo) (HENRIQUES *et al.*, 2003).

5. CONCLUSÕES

O manguezal é considerado APP (Área de Preservação Permanente), sendo abrigo para muitas espécies de água doce e salgada. A comparação de dados num intervalo de 20 anos revelou que houve alteração da composição das espécies vegetais das parcelas estudadas por Quiñones (2000), especialmente naquelas mais próximas ao Rio Itanhaém e mais estudos são necessários para a efetiva associação desse fato e suas causas.

Em todas as áreas foi constatado aumento de matéria orgânica no solo. O aumento em 91% na quantidade de plântulas na estação 3 é, aparentemente, resultado do enriquecimento dessa área por substâncias provenientes da ETE, como nitrogênio e fósforo, enquanto a diminuição em 23% no número de plântulas da estação 2 parece estar relacionado ao lançamento de efluentes domésticos *in natura* pelo Ribeirão Campininha e à grande interferência antrópica no local.

As análises da qualidade das águas nos diferentes pontos de coleta mostraram resultados em desacordo com as Resoluções CONAMA 357/05 e 274/00, com destaque para os pontos 7 e 8 de coleta, com elevada contagem de *E. coli* nas análises microbiológicas, indicando a influência do esgoto doméstico nestas águas. Cabe ressaltar que os pontos 7 e 8 se localizam próximos a estação 2 onde foram observadas alterações nas análises de vegetação com a diminuição de plântulas.

Os dados apresentados no presente estudo poderão fornecer subsídios para a melhoria das políticas governamentais de monitoramento visando à redução da interferência antrópica na região.

6. TRABALHO PUBLICADO

BLOTTA , K. D. .; GUIMARÃES, L. L. .; BRAZ , E. M. Q. .; MAGENTA, M. A. G. .; RIBEIRO, R. B. .; GIORDANO , F. Diagnosis of Periurban Mangroves after 20 years of anthropic impacts . **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. e23610110657, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i1.10657. Disponível em: <https://www.rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/10657>. Acesso em: 19 jan. 2021.

7. REFERÊNCIAS

ABES-SP. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2014. Disponível em: <http://abes-sp.org.br/noticias/19-noticias-abes/6251-artigo-como-pode-faltar-agua-nabaixada-santista-com-tanto-investimento>. Acesso em 18 set. 2019.

APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 23^o st ed. Washington, D.C.: American Public Health Association. 2017.

ALMEIDA, V.C; COELHO JUNIOR, C; F. FEITOSA. F; PASTOR, D; MONTE, G. Caracterização estrutural do manguezal do rio Tabatinga, Suape, Pernambuco, Brasil. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 42, n.1. 33-47p. 2014.

ALONGI, D. M. **Mangrove forests**: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, v. 76, n. 1, p. 1-13, 2008.

ALONGI D. M. The Impact of Climate Change on Mangrove Forests. **Curr Climate Change Rep** 1: 30-39. 2015.

ALVES, C.S. **Sedimentação atual e comportamento da matéria orgânica no sistema estuarino do Rio Goiana (PE-PB)**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação Geociências. Universidade Federal de Pernambuco. 2016. 79p.

ANDRADE, K. V. S. **A dinâmica físico-química dos solos de florestas de mangue do Estado de Sergipe**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação Agroecossistemas. Universidade Federal de Sergipe: 2013. 64p.

ARAUJO, J. R. **A Baixada do Rio Itanhaém: Estado de geografia Regional**. Tese (Doutorado). São Paulo: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, 1950. 74p.

ATLAS DOS MANGUEZAIS DO BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. – Brasília. 2018. 176 p.

BARCELOS, M.E.F; RIGUETE JR; SILVA L.T.P.; FERREIRA, Jr P.F. Uma visão panorâmica sobre os solos das restingas e seu papel na definição de comunidades vegetais nas planícies costeiras do sudeste do Brasil. **Natureza on line** v. 10, n. 2, p. 71-76. 2012.

BENATTI, M.N; MARCELI, M.P. Gêneros de fungos liquenizados dos manguezais do Sul-Sudeste do Brasil, com enfoque no manguezal do Rio Itanhaém, Estado de São Paulo. **Acta bot. bras.** V. 21, v. 4, p. 863-878. 2007.

BERNARDINO, Angelo F., SANDERS, C.J., BISSOLI, L.B., GOMES, L.E., KAUFFMAN, J.B.O.; FERREIRA, T.O. Land use impacts on benthic bioturbation potential and carbon burial in Brazilian mangrove ecosystems. **Lymnology and Oceanography** v. 9999, p. 1-11. 2020. doi: 10.1002/lno.11458. 2020.

BLASCO, F.; SAENGER, P.; JANODET, E.. Mangroves as indicators of coastal change. **Catena** v. 27 n. 3-4 p. 167-178. 1996.

BRANDÃO, E.J. O ecossistema manguezal: aspectos ecológicos e jurídicos. **Revista do Curso de Direito da UNIABEU**. Vol. 1, nº 2. Agosto-Dezembro 2011.

BRASIL. **Lei nº 9.985**, de 18 DE JULHO DE 2000. Regulamenta o art. 225, par. 1º, Incisos I, II, III e VII da Constituição Federal. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União, Poder Legislativo, Brasília, DF, 18 jul. 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 274 de 29 de novembro de 2000. **Estabelece as condições de balneabilidade das águas brasileiras**. Brasília, 2000. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html>. Acesso em: 02 set. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357**, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. 2011. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf. Acesso em 09 fev.2020.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 28 mai. 2012.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018. 2019. Brasília: **SNS/MDR**, 2019. 180p.

CAMARGO, A. F. M.; FERREIRA, R. A. R.; SCHIAVETTI, A. e BINI, L. M. Influence of physiography and human activity on limnological characteristics of lotic ecosystems of the south coast of São Paulo, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 8, n. 2, p. 231-243.1996.

CAMARGO, A. F. M.; NUCCI; P. R., BINI, L. M. e SILVA Jr, U. L. 1997. The influence of the geology on the limnological characteristics of some lotic ecosystems of the

Itanhaém River Basin, SP-Brazil. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*: v. 26, n. 2, p. 860-864. 1997.

CAMARGO, M. de. et al. Influence of pluviosity and floating population on the water quality of a neotropical coastal river. *Agrarian and Biological Sciences* v. 9, n. 11, p. 1-24. 2020.

CASAGRANDE, A. Classification and Identification of Soils. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, v. 113, p. 901-930. 1948.

CBH-BS. **Plano de Bacia Hidrográfica 2016-2027 do Comitê da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista**. Volume I: Diagnóstico. 2016. 456pp + Anexos.

CBH-BS. Plano de Bacias Hidrográficas – **CBHBS 2016-2027** – Relatório de Situação. VM Engenharia de Recursos Hídricos. 2017.

CETESB, ANA. L5.221: **Coliformes termotolerantes - determinação pela técnica de membrana filtrante: método de ensaio**. 2.ed. São Paulo, 2012. 18 p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/normas-tecnicas-cetesb/normas-tecnicas-vigentes/> Acesso em: 28 dez. 2019.

CINTRON, G.; LUGO, A.E.; MARTINEZ, R. “**Structural and functional properties of mangrove forests**”, pp. 53-66. In: W.G. D’Arcy; M.D.A. Correa (eds.) The botany and natural history of Panama. Saint Louis, Missouri: Missouri Botanical Garden. 1985.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima: Itanhaém**. 2020. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/itanhaem-32844>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

DAEE – Departamento de águas e energia elétrica do Estado de São Paulo. **Banco de Dados Hidrológicos**. 2019. Disponível em: <http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/>. Acesso em: 15 jul 2020.

CONAMA. CONSENHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357. Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em 09 fev. 2020.

DAEE – Departamento de águas e energia elétrica do Estado de São Paulo. **Banco de Dados Hidrológicos**. 2019. Disponível em: <http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/> Acesso em 15 de jul. 2020.

DE ARAÚJO, R., ALFREDINI, P.. Longshore Sediment Transport Rate Along Suarão and Cibratel Beaches, Itanhaém, SP, Brazil. *Journal of Coastal Research*, v. 15, n. 4, p. 232-243. .

DERÍSIO, J.C. Introdução ao Controle de Poluição Ambiental. 4ª Edição, atual. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2013.

DOENZ, K. **Fotos aéreas 2 Litoral Sul by Katia Doenz**. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/95910571@N03/albums/72157664377032329>. Acesso em: 05. nov. 2020

ELLISON, J.C. How South Pacific Mangroves May Respond to Predicted Climate Change and Sea-Level Rise, pp. 289-301. In: A. Gillespie and W.C.G. Burns (eds.) **C. Climate change in the South Pacific: Impacts and Responses in Australia, New Zealand and Small Island States**. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. 2014.

FARRABOTI, E; SCHMIEGELOW, J. M. M. M; YOKOYA, N. S. **Variação espacial na composição de espécies de algas bentônicas no manguezal do rio Itapanhaú, Bertioga – SP**. Anais do VI Encontro Nacional de Pós-Graduação. UNISANTA. 2017.

FRUEHAUF, S. P. **Rhizophora mangle (mangue vermelho) em áreas contaminadas de manguezal na Baixada Santista**. Tese (Doutorado). Agronomia. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba-SP. 2005. 232p.

GEBHARDT, A. et al. The turbidity maximum zone of the Yenisei River (Siberia) and its impact on organic and inorganic proxies. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. v.65, p. 61- 73. 2005.

GERLING, C.; RANIERI, C.; FERNANDES, L.; GOUVEIA, M. T. J.; ROCHA, V. (Orgs.). **Manual de Ecossistemas Marinhos e Costeiros para Educadores**. Santos: Editora Comunicar. (Rede Biomar). 2016.

HARARI, J. e De CAMARGO, R. (2003). Numerical simulation of the tidal propagation in the coastal region of Santos (Brazil, 24 S 46 W). **Continental Shelf Research**, v. 23, n. 16 p. 1597-1613. 2003.

HENRIQUES, M. B. MARQUES, H. L. A.; LOMBARDI, J. V.; PEREIRA, O. M.; GARCIA, A. L. B. Influência da contaminação bacteriológica sobre a resistência do mexilhão *Perna perna* (L., 1758) à exposição ao ar. **Arquivos de Ciência do Mar**, Fortaleza, v. 36, p. 95-99. 2003.

HERZ, R. **Manguezais do Brasil**. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1991.

HYDES, D.J., HARTMAN M.C., KAISER, J., CAMPBELL J.M.. Measurement of dissolved oxygen using optodes in a FerryBox system. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 83, v. 4, p. 475-484. 2009.

LAMBERTI, A. Contribuição ao conhecimento da ecologia das plantas dos manguezais de Itanhaém. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciência e Letras da Universidade de São Paulo**, 217, série botânica, v.23, p. 1-27, Instituto Oceanográfico. 1969.

LEÓN, J. A. C. **Calidad de aguas para estudiantes de ciencias ambientales**. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2005.

LOPES, D. M. S.; TOGNELLA, M. M. P.; FALQUETO, A. R. e SOARES, M. L. G. Salinity variation effects on photosynthetic responses of the mangrove species *Rhizophora mangle* L. growing in natural habitats. **Photosynthetica**, v. 57, n. 4, p. 1142 – 1155. 2019.

LOVELOCK, C.E.; BALL M.C.; MARTIN, K.C; FELLER, I.C. Nutrient Enrichment Increases Mortality of Mangroves. **PLoS ONE** v.4, n. 5, e5600. 2009. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005600>. Acesso em: 14 de out. de 2020.

LUGO, A.E. e SNEDAKER, S.C. The ecology of mangroves. **Annual Review of Ecology and Systematic** v. 5, p. 39-64. 1974.

MEDEIROS, S.R.M.; CARVALHO, R.G.; PIMENTA, M.R.C. A proteção do ecossistema manguezal a luz da lei: 12.651/2012: novos desafios para a sustentabilidade dos manguezais do Rio Grande do Norte. **GEOTemas**, v.4, n.2, p.59-78, jul./dez., 2014.

MICHALAKE, A. E.; SILVA, C. R. da.; SILVA, F. F. da. Análise dos parâmetros físico-químicos do esgoto tratado de Curitiba (PR) - Estação Belém. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 3, p. 1560-1569. 2016. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467547716044> Acesso em: 29 de maio de 2020.

MUELLER-DOMBOIS, D.; Ellenberg, H. . **Aims and of vegetation ecology**. New York: John Wiley e Sons, 547 p. 1974.

NANNI, H.C.; NANNI, S.M. **Preservação dos manguezais e seus reflexos**. XII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 07 a 09 de novembro de 2005.

OLMOS F.eR. SILVA-E-SILVA. **Guará: Ambiente, Flora e Fauna dos Manguezais de Santos-Cubatão**, Brasil. São Paulo, Empresa das Artes, 216p. 2003.

PEREIRA, L. A. . **Análise ambiental da bacia do Rio Itanhaém baseada na relação entre os aspectos limnológicos com fisiografia, uso da terra e sistema hidrológico –SP**. Tese de Doutorado em Geologia Ambiental. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2002.

PIRATOBA, A. R. A., RIBEIRO, H. M. C., MORALES, G. P., e GONÇALVES, W. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. Ambiente e Água-An Interdisciplinary **Journal of Applied Science**, v. 12, p. 435-456. 2017.

PRANDI, M.F. **Crescimento em altura de propágulos de mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*) em tratamentos experimentais com diferentes substratos de cultivo**. Dissertação de Mestrado em Ecologia. Programa de pós-graduação em sustentabilidade de ecossistemas costeiros e marinhos. Universidade Santa Cecília. Santos-SP. 2016. 53p.

QUART, A. **The Mangrove Forest: background paper**. 10 November 1997. Disponível em: <https://www.ramsar.org/news/the-mangrove-forest-background-paper>. Acesso em: 29 de dez. 2017.

QUIÑONES, E.M. **Relações água-solo no sistema ambiental do Estuário de Itanhaém (SP)**. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia Agrícola. UNICAMP. 2000.

_____, E.M.; PEREZ FILHO, Archimedes. **Influência do esgoto doméstico no ecossistema manguezal**. Holos Environment Centro de Estudos Ambientais Rio Claro Unesp, UNESP-RIO CLARO, v 1, n.2, p199-213. 2001.

RICARDI-BRANCO, Fresia, Fábio C. Branco, Ricardo J. F. Garcia, Rafael S. Faria, Sueli Y. Pereira, Rodrigo Portugal, Luiz C. Pessenda, And Paulo R. B. Pereira. "Plant Accumulations Along The Itanhaém River Basin, southern coast of São Paulo State, Brazil." **Palaios** v. 24, ns. 7/8., p. 416-24. 2009. Disponível em: <http://www.jstor.org/Stable/40606432>. Acesso em: 26 de out. 2020

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento Básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. Faculdade de Engenharia da UFJF. 2010.

SANTOS, A. L. G. **Manguezais da Baixada Santista-SP: alterações e permanências (1962-2009)**. 169 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental - PROCAM, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal: conhecer para conservar**. S.P., BSP, s.n., 45p. 1994.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. (coord.). **Manguezal: Ecossistema entre a Terra e o Mar**. São Paulo: **Caribbean Ecological Research**, 1995.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Manguezal, os dispositivos legais como instrumento da conservação, pp. 10-17. In: **V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação e Duna**. ACIESP, São Paulo. 2000.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y., CINTRÓN-MOLERO, G., SOARES, M.L.G. e DE ROSA, T. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and Management**, v. 3, p. 561-570. 2000.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y., Soriano, E. J. S; Vale, C.C., et al., "Climate changes in mangrove forests and salt marshes", **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, p. 37 – 52. 2016.

SOARES, I.A. **Análise da degradação ambiental das áreas de preservação permanente localizadas no estuário do Rio Ceará-Mirim/RN**. Dissertação (Mestrado). Área de Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal Do Rio Grande do Norte. Natal/RN. 2010.

SOUZA-PEREIRA, P. E., e Camargo, A. F. M. . Efeito da salinidade e do esgoto orgânico sobre a comunidade zooplanctônica, com ênfase nos copépodes, do estuário do rio Itanhaém, Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, v. 26, n. 1, p. 9-17. 2004.

TAM N.F. Y. e Wong, Y. S. Retention of Wastewater-Borne Nitrogen and Phosphorus in Mangrove Soils, **Environmental Technology**, v. 17, n. 8, p. 851-859, 1996.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos. 2008. 631p.

VANNUCCI, M. **Os Manguezais e Nós**. Editora EDUSP. 2ª edição. 2002. 276p.

VILA NOVA, F.V.P; TORRES, M.F.A. Avaliação Ambiental em Unidades de Conservação: Estuário do Rio Maracaípe, Ipojuca-PE, Brasil. **Revista de Geografia (UFPE)** v. 29, n. 3. 2012.

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

_____, M. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: UFMG, Vol. 7. 2007. 452 p.

YANG, Q., TAM, N. F. Y., WONG, Y. S., LUAN, T. G., SU, W. S., LAN, C. Y., CHEUNG, S. G. Potential use of mangroves as constructed wetland for municipal sewage treatment in Futian, Shenzhen, China. **Marine Pollution Bulletin**, v. 57, p. 6-12, p. 735–742. 2008.