



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO SANHAUÁ NA ÁREA
DE INFLUÊNCIA DIRETA DO ANTIGO LIXÃO DO RÓGER

THAYSE SILVA DE MOURA

João Pessoa - PB

Junho de 2017

THAYSE SILVA DE MOURA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO SANHAUÁ NA ÁREA DE
INFLUÊNCIA DIRETA DO ANTIGO LIXÃO DO RÓGER

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental da
Universidade Federal da Paraíba, como um dos
requisitos para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof. Dra. Claudia Coutinho Nóbrega.

João Pessoa – PB

2017

M865a Moura, Thayse Silva de

Avaliação da qualidade da água do rio Sanhauá na área de influência direta do antigo lixão do Roger. / Thayse Silva de Moura. – João Pessoa, 2017

51 f. il.:

Orientador: Prof. Dr. Claudia Coutinho Nobrega

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Ambiental)
Campus I - UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1. Qualidade de Água 2. Rio Sanhauá e Lixão do Róger. I. Título.

BS/CT/UFPB

CDU: 2.ed. 62:711 (043)

Dedico

Aos meus pais, Josilene e Luiz Carlos, por
acompanhar cada dia desta trajetória

AGRADECIMENTOS

Á Deus, pela graça do dom da vida, pelo amparo, sustento, oportunidades e força durante estes anos.

Aos meus pais, Josilene Moura e Luiz Carlos Moura, por terem caminhado comigo durante esta trajetória, comemorando cada vitória e segurando minha mão nos momentos de angústias e medos. Sem vocês eu nada seria.

A Prof Dr. Claudia Coutinho Nóbrega pelos conhecimentos e pela disponibilidade na orientação deste trabalho.

As Profs. Carmem Gadelha e Elisangela Rocha, pela contribuição na minha formação profissional e por terem aceitado participar da banca.

Aos amigos da Engenharia Ambiental, especialmente Lusielson Pereira, Palloma Moraes, Gerlandia Bias, Renata Hellen, Gabriela Freitas, Elaine Henrique e Hesmaelly Pereira, agradeço pelo companheirismo diário durante o curso. Vocês tornaram a engenharia mais fácil e divertida.

Aos amigos da Universidade da Califórnia - Davis, em especial Rafaela Ikawa e Bethania Vilela, pelo apoio, conselhos e companheirismo, mesmo em meio à distância. Sou muito grata pela oportunidade de ter conhecido vocês.

Aos amigos do IFPB, em especial Juliana Coutinho, pela contribuição na elaboração do trabalho. Obrigada pela amizade de anos.

Aos companheiros da MRV Engenharia, pelo crescimento pessoal e profissional.

E por fim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste curso.

“Até aqui, me ajudou o Senhor. A
Ele a honra e glória para sempre!”

RESUMO

Os rios urbanos sofrem diariamente pressões antropogênicas provenientes dos processos de urbanização, que afetam sua capacidade de autodepuração e ocasionam degradação. Desta forma, o monitoramento da qualidade das águas é uma importante ferramenta de gestão, no tocante a manutenção dos processos no ecossistema e, consequentemente, dos usos preponderantes oferecidos pelos corpos hídricos. Baseado nestas perspectivas, o presente trabalho objetivou a avaliação da qualidade de água do estuário do rio Sanhauá na área de interferência direta do antigo lixão do Róger, a partir de uma série de dados de 10 anos (2006 – 2016), considerando suas variações temporais e espaciais em quatro pontos de amostragem e seu enquadramento em classe de qualidade, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005. Com base nos resultados, concluiu-se que o rio, na área de estudo, encontra-se poluído principalmente quando se refere aos parâmetros DBO, fósforo, cloretos, sulfato, condutividade e sólidos dissolvidos. Além disso, foi verificada uma incoerência quanto a classificação proposta pelo Conselho de Proteção Ambiental – COPAM e a Superintendência de Administração do Meio Ambiente – SUDEMA, que consideram o rio de água doce (classe 3), levando a necessidade de uma reavaliação para água salobra (classe 1), em virtude das características de salinidade evidenciadas pelos parâmetros condutividade elétrica, cloretos e sólidos totais dissolvidos, bem como a presença de vegetação de manguezal, a localização em área estuariana e os seus usos preponderantes.

Palavras-chave: Qualidade de Água, Rio Sanhauá e Lixão do Róger.

ABSTRACT

Urban rivers are daily impacted by anthropogenic pressures from urbanization processes that affect their capacity for self-purification and lead to degradation. Thus, water quality monitoring is an important management tool in terms of the water ecosystems equilibrium and the uses offered by them. The present study aimed to evaluate the water quality of the Sanhauá river, in the direct interference area from the old Roger 's dump. It was based in a ten years series data (2006 - 2016) by considering its temporal and spatial variations and its framework that is established by the Environmental Protection Council – COPAM and Environmental Administration Superintendence - SUDEMA. Based on the results, it was concluded that the river has a high pollution level, especially when it refers to parameters of BOD, phosphorus, chlorides, sulfate, conductivity and dissolved solids which shows that the river is susceptible to eutrophication processes. In addition, it was verified an incoherence on the water classification proposed by the state environmental agency, which considers the freshwater river (class 3) that leads to the need to reevaluate the water classification to brackish water (class 1) due to salinity characteristics evidenced by the parameters of electrical conductivity, dissolved solids and total dissolved solids, the presence of mangrove vegetation, the location in the estuarine area and its preponderant uses.

Key words: Water Quality, Sanhauá river, Róger dump

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Localização do Rio Sanhauá	28
Figura 02 – Localização dos Pontos de Amostragem	30

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Índices Pluviométricos no período de estudo	31
Gráfico 02 - Variação Temporal da Condutividade Elétrica	322
Gráfico 03 - Variação Temporal dos Sólidos Dissolvidos Totais	333
Gráfico 04 - Variação Temporal da Turbidez.....	344
Gráfico 05 - Variação Temporal do pH.....	355
Gráfico 06 - Variação Temporal do Nitrato	355
Gráfico 07 - Variação Temporal da Amônia	366
Gráfico 08 - Variação Temporal do Nitrito	366
Gráfico 09 - Variação Temporal do Fósforo	377
Gráfico 10 - Variação Temporal da DBO.....	38
Gráfico 11 - Variação Temporal da DQO	39
Gráfico 12 - Variação Temporal do Sulfato	40
Gráfico 13 - Variação Temporal de Cloretos	40
Gráfico 14 - Variação Espacial dos Coliformes Termotolerantes	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Descrição dos Pontos de Amostragem30

Quadro 02 - Médias dos valores de nitrato, nitrito e amônia nos pontos de amostragem37

LISTA DE SIGLAS

AESA	Agência Essecutiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba
ANA	Agência Nacional de Águas
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EMLUR	Empresa Municipal de Limpeza Urbana
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
SEDES	Secretaria Estadual de Desenvolvimento
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SUDEMA	Superintendência de Administração do Meio Ambiente
VMP	Valores Máximos Permitidos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 GERAL	14
2.2 ESPECÍFICOS	14
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1 ESTUÁRIOS	15
3.2 QUALIDADE DE ÁGUA.....	16
3.2.1 USOS PREPONDERANTES DA ÁGUA	17
3.2.2 POLUIÇÃO HÍDRICA	18
3.2.3 MONITORAMENTO DA ÁGUA	19
3.3 LEGISLAÇÃO	25
4. MATERIAIS E MÉTODOS	28
4.1 ÁREA DE ESTUDO	28
4.2 METODOLOGIA.....	29
5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	32
5.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	32
5.3 PARÂMETROS BIOLÓGICOS	41
6. CONCLUSÃO	42
7. REFERÊNCIAS	43

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso limitante a promoção da qualidade de vida e equilíbrio dos ecossistemas, sendo necessária sua preservação e conservação a fim de atender as demandas de usos relacionados a aspectos culturais, sociais, biológicos e econômicos.

Dentre os ecossistemas aquáticos, os estuários, localizadas entre o rio e o mar, são considerados um dos sistemas biologicamente mais produtivos, responsável por uma grande quantidade de serviços ambientais. A dinâmica do ecossistema, que envolve a descarga de água doce na parte interna, a entrada de água do mar e, o transporte de sedimento em suspensão e nutrientes, são processos de grande importância para o desenvolvimento urbano, social e econômico das regiões estuarinas (MIRANDA; CASTRO; KJERFVE, 2002).

No entanto, o ecossistema vêm sofrendo fortes pressões antropogênicas que comprometem sua disponibilidade e qualidade. Os corpos hídricos urbanos recebem constantemente cargas excessivas de poluentes que interferem na sua capacidade de autodepuração, causando a degradação da qualidade de suas águas. Dentre as principais poluentes provenientes de atividades humanas, estão os despejos de efluentes, provocados por ligações clandestinas de comunidades ribeirinhas e a disposição incorreta dos resíduos sólidos, gerados sobretudo por processos de urbanização não-planejados.

O estuário do rio Sanhauá, localizado na zona metropolitana do município de João Pessoa, encontra-se inserido nesta problemática de degradação. Além da influência dos processos de urbanização, o rio é poluído pelo antigo lixão da cidade. Segundo Athayde Júnior et al. (2008), o antigo Lixão do Róger, assentado em uma área de 17 ha, no manguezal às margens do estuário, funcionou como depósito de resíduos a céu aberto por aproximadamente 40 anos, e mesmo após sua desativação, tem gerado grandes problemas de poluição e degradação.

Neste sentido, o monitoramento da qualidade das águas é um dos fatores determinantes para a manutenção dos processos no corpo hídrico, bem como, dos seus usos preponderantes. Assim, o presente estudo objetivou a avaliação da qualidade da água do estuário do rio Sanhauá na área de influência direta do antigo lixão do Róger, a partir de uma série histórica de dados de 10 anos (2006 – 2016), considerando suas variações temporais e espaciais e seu enquadramento estabelecido segundo critérios da Resolução CONAMA nº 357/2005.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

- Avaliar a qualidade da água do Rio Sanhauá na área de influência direta do antigo Lixão do Róger.

2.2 ESPECÍFICOS

- Verificar a variação espaço-temporal de parâmetros físicos, químicos e biológicos.
- Avaliar a qualidade da água do rio Sanhauá de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005.
- Investigar a cerca das prováveis causas de poluição do estuário.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ESTUÁRIOS

Estuário é um corpo d'água litorâneo semi fechado com livre acesso para o mar, onde as águas marinhas se misturam com a doce proveniente do continente, em pontos de desembocaduras de rios e baías costeiras. É considerado um ponto de transição entre a água doce e a salgada, com características funcionais próprias (BRAGA et al., 2005). Segundo Fairbridge (1980 apud MOURA, 2007) os estuários podem ser divididos em três partes: inferior ou parte marinha em comunicação com o mar aberto; intermediário, sujeito a forte mistura da água doce com a água salgada e, superior ou fluvial caracterizado pela água doce, mas sujeito diariamente à ação das marés.

Esses ecossistemas são caracterizados por sua elevada produção biológica, grande riqueza e diversidade de espécies e formas de vida que ocorrem pelo enriquecimento de nutrientes devido a lixiviação e ao intemperismo do solo, decomposição de materiais orgânicos, corrente da água do oceano e a poluição antropogênica (SEWELL, 1993). O estuário age, ainda, como um filtro biogeoquímico reciclando nutrientes e outras substâncias que chegam em concentrações elevadas, antes de transferi-las ou exportá-las para a zona marinha e constitui “habitat” natural, local de nascimento e produção para diversas espécies da flora e fauna aquáticas (MOURA, 2007).

Além disso, os estuários são importantes provedores de serviços ambientais ao homem, oferecendo alimento abundante e com baixos custos, assimilação de diferentes tipos de resíduos, proteção à erosão e contra intempéries vindas dos oceanos, ampla oferta de locais para o lazer e recreação (MANN, 2000 apud PINTO-COELHO; HAVENS, 2015).

No entanto, apesar de serem sistemas altamente adaptados às flutuações climáticas e ambientais, com grande resiliência e resistência às intempéries naturais, as pressões antrópicas que ocorrem sobre os estuários provocam diversos desequilíbrios sobre sua dinâmica natural, sendo considerados, em virtude disto, ambientes muito frágeis e vulneráveis (PINTO-COELHO; HAVENS, 2015). Dentre as principais formas de poluição associadas a atividades humanas estão o despejo de efluentes (domésticos e industriais), eutrofização, assoreamento decorrente de urbanização e poluição por resíduos sólidos, que individualmente ou em conjunto colocam o ecossistema em constante risco, podendo gerar efeitos significativos sobre os objetivos de conservação, afetando a sua qualidade e importância ecológica.

3.2 QUALIDADE DE ÁGUA

A água é recurso essencial para a existência e manutenção da qualidade de vida e equilíbrio dos ecossistemas. Distribui-se de maneira irregular no tempo e no espaço e está em constante movimento, com processos de transporte de massa na atmosfera, em terra e nos oceanos, influenciado por condições geográficas, climáticas e meteorológicas (SILVA; PRUSKI, 2005).

Segundo Tucci (2015), em virtude de sua capacidade de solubilização de gases e de erosão dos continentes, a água não se encontra pura na natureza. Meybeck et al., (1996), afirmam que sua composição depende de fatores naturais, geológicos, meteorológicos, hidrológicos e biológicos na bacia de drenagem e são influenciados por diferenças sazonais nos volumes de escoamento, condições climáticas e níveis hídricos.

Assim, a qualidade da água é definida pela mensuração de suas características físicas, químicas e biológicas, correspondentes a um curso d'água ou a um conjunto de rios contribuintes de uma bacia hidrográfica, sendo determinada por processos naturais ou de influência antrópica (WEINBERG, 2013).

Os principais constituintes naturais que afetam os corpos hídricos são as espécies minerais, tipos de solos, solubilidade dos minerais, variações de relevo, temperatura, precipitação, evaporação, cobertura vegetal e presença de organismos (PHILIPPI JR; ROMERO; BRUNA, 2004). A intervenção humana apresenta impactos mais significativos, principalmente, em virtude de suas atividades poluidoras, sendo amplas e variadas as consequências que afetam o ecossistema.

A qualidade da água também pode ser definida por uma série de variáveis que limitam o seu uso de acordo com suas demandas e influências. Segundo Meybeck et al. (1996), os diferentes usos demandam restrições específicas que podem ser descritas em termos de concentração e estado de algum ou todo o material orgânico e inorgânico presente no corpo hídrico, juntamente com certas características físicas.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) define, dentre seus objetivos, “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (Art. 2º, Cap. II, Tit. I, Lei nº 9.433). De acordo com Farias (2006), a quantidade e qualidade dos recursos ambientais e, em especial, dos recursos hídricos são

indissociáveis e devem estar presentes, com igual ênfase, em qualquer modelo de gerenciamento de recursos hídricos.

Assim, os corpos hídricos são considerados sistemas complexos, movidos pela interação da água com diversas substâncias disponíveis no meio e com uma variedade de biotas, em um ecossistema influenciado por constantes mudanças que variam de acordo com os padrões que lhe são impostos.

3.2.1 USOS PREPONDERANTES DA ÁGUA

Os usos da água têm se intensificado com o desenvolvimento econômico, no que se refere ao aumento da quantidade demandada, da variedade e de seus requisitos de qualidade, sendo considerado um recurso de usos múltiplos e simultâneos.

Segundo Silva e Pruski (2005), os principais usos da água são abastecimento público, consumo industrial, matéria-prima para indústria, irrigação, recreação, dessedentação de animais, geração de energia elétrica, transporte, diluição de despejos e preservação da fauna e flora, sendo o consumo humano e dessedentação de animais considerados usos prioritários de acordo com a Política Nacional dos Recursos Hídricos.

Os usos ainda podem ser classificados quanto à sua forma de utilização em consultivos, não-consultivos e local. Os consultivos referem-se aos usos de sua fonte natural diminuindo suas disponibilidades, espacial e temporalmente. De acordo com Tucci (2006), no Brasil, o uso consultivo da água se distribui em irrigação (63%), abastecimento humano (18%), setor industrial (14%) e uso animal (5%).

Os usos não consuntivos da água ocorrem em seus próprios mananciais sem precisar retirá-la do sistema de captação; ou após sua captação, retornam integralmente aos seus mananciais. Dentre os principais estão a geração de energia elétrica, a navegação, a diluição de efluentes, a pesca, a preservação da flora e fauna e a recreação. Os usos locais são aqueles que aproveitam a disponibilidade de água em sua fonte sem qualquer modificação relevante, tanto temporal como espacial. (TUCCI, 2015).

Os diferentes usos múltiplos da água requerem qualidades específicas. Por isso, eles podem gerar conflitos quanto sua utilização. Segundo Braga et al. (2005), usos consultivos como abastecimento urbano e industrial, em geral, conflitam com quaisquer outros usos em função da retirada da água que provocam no sistema aquático. Assim como, usos como diluição de despejos

pode degradar a qualidade das águas, afetando outros usos como a irrigação, recreação e preservação do meio ambiente. Neste sentido, são necessários diretrizes de gestão para o monitoramento dos corpos hídricos, no tocante aos usos, quantidade e qualidade da água.

3.2.2 POLUIÇÃO HÍDRICA

A Política Nacional de Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981), define poluição como sendo a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e/ou lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

De acordo com Phillipi Jr, Romero e Bruna. (2004), a poluição das águas estabelece a relação entre uso e qualidade sendo definida como, a alteração das características da água que afetem um ou mais de seus usos. Para Braga et al. (2005), a poluição dos recursos hídricos é definida como a alteração de suas características físicas, químicas ou biológicas, ocasionadas por causas naturais ou provocadas pelo homem.

Ainda de acordo com Phillipi Jr, Romero e Bruna (2004), a poluição natural ocorre com o arraste, pelas águas das chuvas, de partículas orgânicas e inorgânicas no solo, de resíduos de animais silvestres e de folhas e galhos de árvores e vegetação, bem como pelas características do solo por onde percolam as águas subterrâneas que abastecem o corpo d'água.

Para Ovotny et al. (1993) apud Warsserman et al. (2010), a urbanização é uma das principais causas da poluição hídrica, que é originada sobretudo em consequência do aumento das emissões de resíduos e das fontes dessas contaminações, tais como: indústrias, sistemas de coleta e tratamento de efluentes domésticos, coleta e disposição de resíduos sólidos, deposição de detritos e restos de materiais diversos, que provocam alterações nos corpos d'água e no solo da bacia.

Os efeitos resultantes da introdução de poluentes no meio aquático dependem da natureza do poluente introduzido, do caminho que percorre no meio e do uso que se faz do corpo de água, podendo ser introduzidos de forma pontual ou difusa. As cargas pontuais são caracterizadas por lançamentos individualizados, sendo facilmente identificáveis, tendo um controle mais rápido e eficiente, ao contrário das cargas difusas que não possuem um ponto de lançamento específico, dificultando sua identificação e controle (BRAGA et al., 2005).

A água tem capacidade de diluir e assimilar os poluentes mediante processos físicos, químicos e biológicos, que proporcionam sua autodepuração (SILVA; PRUSKI, 2005). Quando uma massa de poluente é introduzida no meio aquático, uma série de fatores agirão para diminuir a sua concentração, como a dispersão, difusão, transformações químicas e microbiológicas. As substâncias podem ser transferidas: a) para atmosfera, na volatilização b), para sedimentos, via solução e subsequente deposição das partícula e c) para microbiota, via acumulação de produtos químicos no tecido dos organismos (TUCCI, 2015).

Segundo Zanbon (2013) impactos ambientais, sociais e econômicos da degradação da qualidade das águas, sejam de origem natural ou antrópica, se traduzem, entre outros, na perda da biodiversidade, no aumento de doenças de veiculação hídrica, no aumento do custo de tratamento das águas destinadas ao abastecimento doméstico e ao uso industrial, na perda de produtividade na agricultura e na pecuária, na redução da pesca e na perda de valores turísticos, culturais e paisagísticos.

A legislação brasileira responsabiliza o poluidor, definido como pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental, pela recuperação e/ou indenização dos danos causados independente da comprovação de culpa, conforme princípio de prevenção e precaução (BRASIL, 1981).

3.2.3 MONITORAMENTO DA ÁGUA

Os cursos de água são classificados, de acordo com seus respectivos usos, através do estabelecimento de limites máximos de características que a água pode apresentar chamados padrões de qualidade, sendo o dispositivo legal em vigor no Brasil a Legislação nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

A composição natural e a verificação de indícios de poluição ou contaminação das águas que afetem o atendimento aos padrões de qualidade podem ser avaliadas por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, sendo esta avaliação fundamental para determinação da adequabilidade das águas em função do uso requerido.

Os parâmetros que são utilizados para a análise da qualidade da água funcionam como indicadores associados: (1) as características ambientais que estão em contato direto com o corpo

hídrico avaliado, (2) a intervenção antrópica direta ou indireta e (3) a variabilidade das características hidráulicas do corpo hídrico (WASSERMAN, 2010).

3.2.3.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

a) Condutividade Elétrica

Condutividade é a expressão numérica da capacidade que um fluido tem de conduzir corrente elétrica. O parâmetro está relacionado com a temperatura, a concentração de sais dissolvidos na forma de íons, que são partículas eletricamente carregadas, a mobilidade do íon e seu estado de oxidação (PAULA, 2011).

Em águas continentais, os íons diretamente responsáveis pelos valores da condutividade são, entre outros, cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonatos, sulfatos e cloretos, provenientes sobretudo de atividades antrópicas, como descargas industriais, excreções animais e humanas e resíduos industriais (SILVA; SOUZA; KAYANO, 2007).

Assim, a condutividade representa uma medida indireta da concentração de poluentes no corpo hídrico, podendo contribuir para o reconhecimento de possíveis impactos ambientais. Segundo Zambon (2013), altos valores de condutividade indicam grau de decomposição elevado enquanto valores baixos indicam acentuada produção primária.

b) Sólidos Dissolvidos

Os sólidos dissolvidos totais nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação e secagem da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado (CETESB, 2009).

Os ambientes aquáticos apresentam sólidos em condições naturais, no entanto, se a concentração for reforçada por compostos de origem antropogênica poderá ocasionar alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos mananciais. Os sólidos podem se sedimentar no leito dos rios, destruindo organismos que fornecem alimentos, ou soterrar os leitos de desova de peixes. Além disso, podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia (PHILIPPI JR; ROMERO; BRUNA, 2004).

c) pH

O termo pH é usado para expressar o grau de acidez ou basicidade de uma solução, ou seja, é o modo de expressar a concentração de íons de hidrogênio nessa solução (APHA, 1998). As medidas de pH são de extrema utilidade, pois fornecem inúmeras informações a respeito da qualidade da água, assim, geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais. Águas poluídas com matéria orgânica tendem a serem um pouco ácidas (VASCONCELOS; TUNDISI; TUNDISI, 2009).

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais está ligada aos efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, em consequência, alterações bruscas no pH de uma água podem acarretar o desaparecimento dos seres nela presentes (PHILIPPI JR; ROMERO; BRUNA, 2004). Segundo Ferraz e Amaral (2010), valores maiores que 11,0 e menores que 4,0 causam mortalidade das espécies aquáticas. Enquanto, valores abaixo de 6,0 e acima de 9,5 atrapalham o crescimento e a reprodução dos organismos aquáticos.

Além disso, o pH controla as reações químicas que acontecem no corpo hídrico, podendo determinadas condições de pH contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados e também outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes (HARTER, 2007). De acordo com Silva (2012), valores baixos de pH aceleram a decomposição de materiais potencialmente tóxicos enquanto que valores altos de pH podem levar a um aumento na sua concentração.

d) Turbidez

A turbidez da água expressa à presença de materiais sólidos em suspensão que reduzem a sua transparência. Pode ser provocada pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e muitas outras substâncias como o zinco, ferro, manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais.

De acordo com Philippi, Romero e Bruna (2004), um alto grau de turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e de algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Assim, a turbidez pode influenciar comunidades biológicas aquáticas e afetar adversamente o uso das águas.

e) Fósforo

O fósforo constitui-se um dos nutrientes fundamentais para a realização de processos metabólicos dos seres vivos, como o armazenamento de energia e estruturação da membrana celular, podendo ser exigido em grandes quantidades pelas células (MOURA, 2007).

Apresenta-se nos corpos hídricos, principalmente, nas formas de ortofosfatos, polifosfato e fosfato orgânico. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos são representados pelos radicais que se combinam com cátions formando sais inorgânicos nas águas. Os polifosfatos, ou fosfatos condensados, não são muito importantes nos estudos de controle de qualidade das águas, porque sofre hidrólise, convertendo-se rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais (CETESB, 2009).

O fosfato presente em ecossistemas aquáticos continentais tem origem de fontes naturais e artificiais. Dentre as fontes naturais estão as rochas da bacia de drenagem, os compostos do solo, a decomposição da matéria orgânica e o fósforo de decomposição celular de microorganismos. A origem antropogênica está relacionada aos despejos de esgotos domésticos, industriais, excrementos de animais e fertilizantes (WASSERMAN et al., 2008).

O íon fosfato é considerado fator limitante de produtividade do ecossistema, pois é indispensável para o crescimento das algas, estando diretamente ligado a efeitos negativos na ecologia aquática, quando se encontra presente em altas concentrações, pois podem estar associados a processos de eutrofização. Segundo Baird (2002), quanto maior o suprimento do íon, mais abundante o desenvolvimento das algas e seu crescimento. Quando a superpopulação de algas morre, a degradação dessa matéria orgânica pelos microorganismos consome grande parte do oxigênio dissolvido na água, reduzindo drasticamente a capacidade de suporte vital do ecossistema hídrico (RODRIGUES et al., 2009).

f) Séries Nitrogenadas

Os compostos de nitrogênio são de grande importância nos processos vitais de todas as plantas e animais, sendo considerado um elemento fundamental na constituição das moléculas de proteínas, ácidos nucléicos, vitaminas, enzimas e hormônios (BRAGA et. al, 2005). Dentro do seu ciclo na biosfera se alterna em várias formas e estados de oxidação. No meio aquático pode ser encontrado nas seguintes formas (TUCCI, 2005): (1) nitrogênio molecular, escapando para atmosfera (2) nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão); (3) nitrogênio amoniacal, como amônia e o íon

amônio, nitrito e nitrato. Sua origem antrópica está relacionada a despejos de esgotos domésticos, industriais, excrementos de animais e fertilizantes.

O nitrato é a principal forma de nitrogênio encontrado na água, e valores superiores aos estabelecidos em normas, demonstram condições sanitárias inadequadas, pois a principal fonte do nitrato são os dejetos humanos. Além disso, os nitratos são importantes porque estimulam o desenvolvimento das plantas e organismos aquáticos. O nitrito é encontrado em águas superficiais em pequena quantidade devido a sua instabilidade na presença de oxigênio. A presença do íon nitrito indica processo biológico ativo influenciado por poluição orgânica. O nitrogênio amoniacal é a forma mais reduzida do nitrogênio e é o primeiro composto produzido na degradação da matéria orgânica, estando relacionado ao consumo de oxigênio dissolvido, que pode afetar a vida aquática (FARIAS, 2006).

Nos corpos hídricos, as formas predominantes de nitrogênio podem fornecer informações sobre o estágio de poluição, através da associação com as etapas de degradação. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas. Assim, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo; se prevalecerem o nitrito e o nitrato denota que as descargas de esgotos se encontram distantes (CETESB, 2009).

g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de uma água corresponde à quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Segundo Phillipi Jr, Romero e Bruna (2004), o parâmetro é utilizado para exprimir o valor da poluição produzida por matéria orgânica oxidável biologicamente, que corresponde à quantidade de oxigênio que é consumida pelos micro-organismos do esgoto ou águas poluídas, na oxidação biológica, quando mantida a uma dada temperatura por um espaço de tempo convencional.

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras

formas de vida aquática. Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis (BARCELOS; FERREIRA, 2010).

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica em um corpo hídrico através de um agente químico. A elevação da concentração de DQO num corpo d'água é ocasionado, na maioria das vezes, por despejos de origem doméstica e industrial (CETESB, 2009).

A DQO é muito útil quando utilizada conjuntamente com a DBO para observar a biodegradabilidade de despejos. Os resultados da DQO de uma amostra são superiores aos de DBO. (CETESB, 2009).

h) Sulfatos

Os sulfatos compõem um dos importantes agrupamentos de íons em águas naturais originando-se, sobretudo, a partir da oxidação da matéria orgânica ou da alteração de sulfetos/sulfatos das rochas, em processos supergênicos (KRAUSKOPF; BIRD, 1995 apud ARRUDA et al., 2012). Nas águas superficiais ocorre através das descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais.

Em altas concentrações podem provocar efeitos laxativos e conferir sabor desagradável às águas. As consequências fisiológicas resultantes da ingestão continuada de águas com concentrações elevadas em sulfato incluem desidratação e irritação gastrointestinal (ARRUDA, 2012).

i) Cloretos

Os cloretos ocorrem em todas as águas naturais e podem ser resultado do contato da água com depósitos minerais e com a água do mar, a poluição por esgotos ou ao retorno de águas utilizadas em irrigação agrícola. Em geral, quantidades razoáveis não são prejudiciais à saúde, mas transmite a água um sabor salgado, repulsivo (TUCCI, 2015). O cloreto apresenta também influência nas características dos ecossistemas aquáticos naturais, por provocarem alterações na pressão osmótica em células de microrganismos.

O aumento do teor de cloretos na água indica a presença de esgotos, em virtude da excreção do cloreto na urina, ou por despejos industriais (PHILIPPI JR; ROMERO; BRUNA, 2004).

3.2.3.2 PARÂMETROS BIOLÓGICOS

a) Coliformes

Os parâmetros microbiológicos são fundamentais para definir a qualidade sanitária de uma água, de um solo, de uma cultura ou outro elemento. As bactérias do grupo coliforme são caracterizadas por espécies não patogênicas presentes no intestino do homem e de animais de sangue quente que são eliminadas nas fezes em números elevados, sendo utilizadas como indicadores de poluição fecal. (FARIAS, 2006).

Assim, a determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, como febre tifoide, febre paratifoide, disenteria e cólera (PHILIPPI JR; ROMERO; BRUNA, 2004).

3.3 LEGISLAÇÃO

A Constituição Federal de 1988 prevê o direito fundamental ao meio ambiente a atual e futuras gerações de forma a assegurar a sua qualidade de vida, bem como responsabiliza a tutela ambiental ao Poder Público e a toda coletividade, de modo a garantir a preservação e conservação dos recursos naturais.

Segundo o Art. 225 da referida Constituição, “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.(BRASIL, 2010).

No entanto, o marco legal da legislação ambiental integrada do Brasil foi a Lei nº 6.938/1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente objetivando a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, ao País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana (BRASIL, 1981).

Visando o controle da degradação e cumprimento da legislação é incumbido ao Poder Público em competência comum da União, dos Estados, Distrito Federal e Municípios o poder de polícia na defesa e garantia da qualidade contínua do meio ambiente, através da instituição do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA. De acordo com Farias (2010), o SISNAMA representa a articulação dos órgãos e entidades ambientais em todas as esferas da administração pública, com o objetivo de trabalhar as políticas públicas ambientais de uma maneira conjunta.

No tocante aos recursos hídricos foi instituída em 1997, a Lei que trata da Política Nacional de Recursos Hídricos, fundamentada no domínio público, limitação, valoração, usos prioritários e múltiplos e gestão descentralizada e participativa da água.

São instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, segundo o art. 5º da Lei supracitada: os Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes de qualidade, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; a compensação a municípios e, o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

O enquadramento dos corpos de água, segundo os seus usos preponderantes, visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e a redução dos custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes. Segundo Santilli (2011) trata-se de uma medida inerente ao poder de polícia ambiental que visa combater, de forma preventiva, a poluição das águas, através da avaliação dos níveis de qualidade a fim de estabelecer metas a serem atingidas segundo os usos (principais) a que se destinam.

De acordo com Inema (2017), o enquadramento trata-se de um instrumento de proteção dos níveis de qualidade dos recursos hídricos, no qual considera que a saúde, o bem estar humano e o equilíbrio ecológico aquático não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

As águas são consideradas doce, salobra ou salina, de acordo com o seu índice de salinidade, classificadas em treze classes, segundo a qualidade requerida para seus usos preponderantes, sendo cinco para águas doce, quatro para águas salobras e duas para salinas. Segundo o Art. 2, desta Resolução,

I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;

II - águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;

III - águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰;

No âmbito estadual, foi promulgada na Paraíba em 1996 a Lei n.º 6.308, que trata da Política Estadual de Recursos Hídricos, desenvolvida em observância com os critérios e princípios da Lei Federal, estabelecendo aos órgãos do Estado suas competências e responsabilidades na gestão da água. Na esfera municipal de João Pessoa, em aspectos legais, está vigente o Código Municipal, instituído pela Lei Complementar de 29 de agosto de 2002, que responsabiliza o município por “zelar, proteger e recuperar os ecossistemas aquáticos, principalmente as nascentes, lagoas, manguezais e os estuários, essenciais à qualidade de vida da população” (JOÃO PESSOA, 2002).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O estuário do rio Paraíba do Norte, localizado na porção oriental do Estado da Paraíba, constitui uma planície flúvio-marinha formada pelo rio Paraíba do Norte e seus afluentes, Paroeira, Mandacaru, Tiriri, Tambiá, Ribeira, Guia e Sanhauá, envolvendo uma área de aproximadamente 260 km². O rio Sanhauá, objeto de estudo, tem cerca de 8 km de extensão e se forma a partir do encontro dos rios do Meio e Marés, limitando-se com os municípios de Bayeux e João Pessoa (RODRIGUES et al., 2009), como mostra a Figura 1.



Figura 1 – Localização do Rio Sanhauá
Fonte: Google Earth, 2017

Por compor uma área de mangue, o rio é considerado pelo Código Municipal do Meio Ambiente, art. 26, como uma zona especial de conservação, que deve ser, portanto, área de investimento prioritário para sua conservação e recuperação. No entanto, a área marginal ao rio tem sofrido intensa urbanização, descaracterizando sua paisagem natural (BARBOSA; FURRIER, 2013). Estes aspectos estão intimamente ligados ao processo histórico de ocupação do município de João Pessoa, que surgiu às margens do rio Sanhauá sem planejamento adequado, em virtude da expansão de engenhos e da cultura da cana-de-açúcar, gerando um processo de uso e ocupação

desordenado do solo, que resultou no surgimento de bairros, comunidades carentes e o antigo Lixão do Roger, as margens do rio.

As comunidades ribeirinhas foram atraídas pela localização e possibilidade de renda, em atividades como pesca e coleta de crustáceos. Instalaram-se, mesmo na ausência de condições sanitárias e infraestrutura adequada, gerando impactos negativos para o ecossistema. Segundo a Secretaria de Desenvolvimento Social – SEDES (2000), 1940 comunidades carentes se estabelecem às margens dos rios Paraíba/Sanhauá, desde o ano de 2000, em um quantitativo de 448 domicílios, que cresce a medida que a cidade se desenvolve, criando uma relação proporcional entre os processos de urbanização e degradação ambiental nas planícies fluviais.

O antigo Lixão do Roger, também assentado no manguezal, em uma área de 17 ha, que funcionou durante 40 anos como depósito a céu aberto e chegou a receber, em média, 900 toneladas por dia de resíduos domiciliares, serviços de saúde e entulhos (EMLUR, 2013 apud ATHAYDE JÚNIOR et al., 2008), também significou fonte de sobrevivência para a população que passou a viver na área e catando os resíduos recicláveis, para sobreviver, trazendo consequências ao estuário. O lixão ainda é, considerado um passivo ambiental, mesmo após a sua desativação, estando ligado a problemas de degradação e poluição ambiental na área do manguezal e da porção estuarina do rio Sanhauá.

Além de todos os problemas socioeconômicos acarretados pela instalação das comunidades às margens do rio Sanhauá, existem os riscos causados pela urbanização intensa em suas adjacências, pela presença de rodovias importantes que ligam os municípios de João Pessoa, Bayeux e Santa Rita, sendo estes municípios receptores de grande fluxo de veículos, intensificando ainda mais os processos de poluição.

4.2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi pautada no estudo qualitativo, quantitativo e investigativo (LAKATOS & MARCONI, 1995) da qualidade das águas do rio Sanhauá na área de influência direta do antigo Lixão do Roger.

Para o desenvolvimento do trabalho e cumprimento dos seus objetivos, foi realizada uma avaliação espaço-temporal da qualidade da água do rio, a partir de uma série histórica de dados, compreendida entre 2006 e 2016. As amostragens foram realizadas em quatro pontos, definidos

como P1, P2, P3 e P4, georreferenciados através do Sistema de Posicionamento Global (GPS), totalizando 24 campanhas de coleta, que variaram quanto a periodicidade.

Os pontos definidos para coleta, bem como suas coordenadas geográficas e são mostradas no Quadro 1.

Quadro 1 – Descrição dos Pontos de Amostragem

DESCRIÇÃO	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		LATITUDE	LONGITUDE
P1	Limite da área do antigo Lixão do Róger e Manguezal	9214178 N	292072 L
P2	Limite da área do antigo Lixão do Róger e Camboa do Frade	9214276 N	291629 L
P3	À montante do encontro entre o rio Sanhauá e Camboa do Frade	9213558 N	291154 L
P4	À justante do encontro entre o rio Sanhauá e Camboa do Frade	92133774 N	291141 L

Fonte: Autora (2017)

A localização dos pontos de amostragem, na área de estudo, são mostrados na Figura 2.



Figura 2 – Localização dos Pontos de Amostragem

Fonte: Scientec, 2006

Para a determinação da qualidade das águas foram analisados parâmetros de caráter físico-químico e biológico. De acordo com o enquadramento dos corpos d'água do estado da Paraíba, definidos pelo Conselho de Proteção Ambiental – COPAM e a Superintendência de Administração do Meio Ambiente – SUDEMA, o estuário do rio Sanhauá é considerado um corpo hídrico de água doce (classe 3) (SUDEMA, 1988). Assim, os parâmetros definidos estão associados aos

padrões de qualidade para esta classe, sendo eles, cor, turbidez, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, ortofosfato, cloretos, nitrato, nitrito, amônia e coliformes termotolerantes.

Os resultados encontrados para os parâmetros supracitados, foram comparados com os valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. (BRASIL, 2005).

Além disso, foi considerada para a análise, os índices pluviométricos da região estudada, conforme mostrado no Gráfico 1, através dos valores do posto João Pessoa/Marés, que está localizado próximo aos rios Marés e Sanhauá, na bacia hidrográfica Marés-Sanhauá, a sudoeste, e é gerenciado pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA.

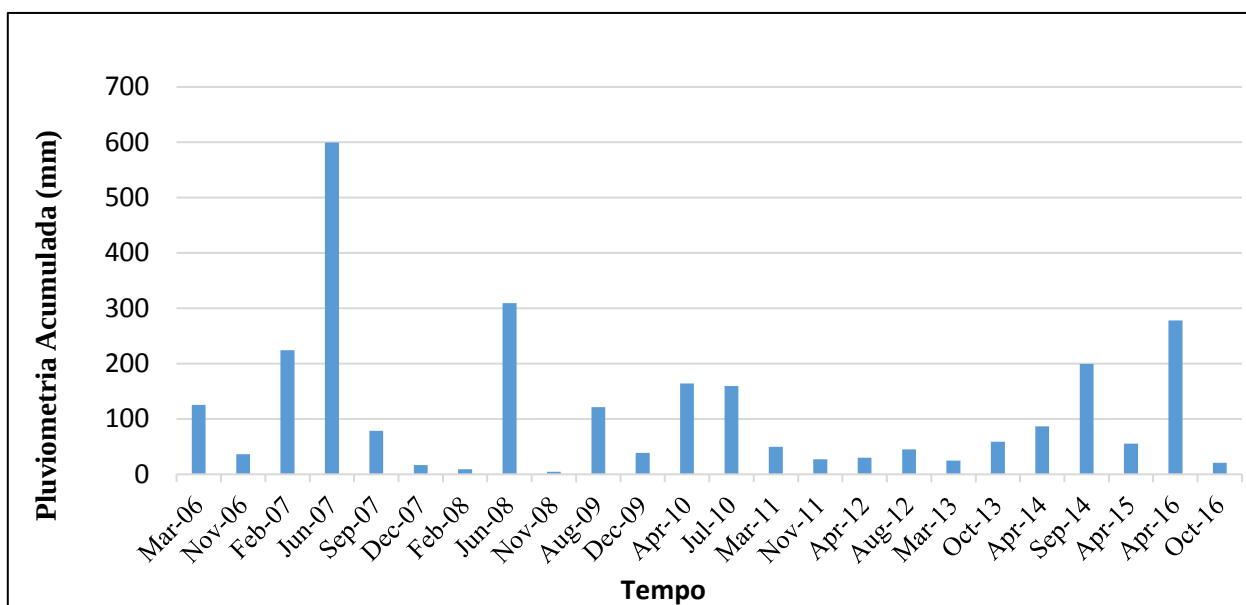


Gráfico 1 – Índices Pluviométricos no período de estudo

Fonte: Adaptado de AESA (2017)

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

De acordo com Paula (2011), o monitoramento de alterações na condutividade elétrica, turbidez e sólidos dissolvidos totais são utilizados de forma complementar para identificação de poluição aquática.

Para o estudo no rio Sanhauá, a condutividade elétrica variou entre 219,0 e 21500,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na série de dez anos (2006-2016). Os valores sofreram um aumento significativo em todos os pontos de amostragem a partir do ano de 2010. Este aumento pode ser decorrente das baixas precipitações ocorridas neste período (Gráfico 1), que não foram suficientes para promover a diluição dos sais na água. Além disso, a variação nos anos seguintes, pode estar relacionada a descarga de poluentes. Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (2009), valores superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicam ambientes impactados.

O Gráfico 2 mostra a variação temporal da condutividade elétrica.

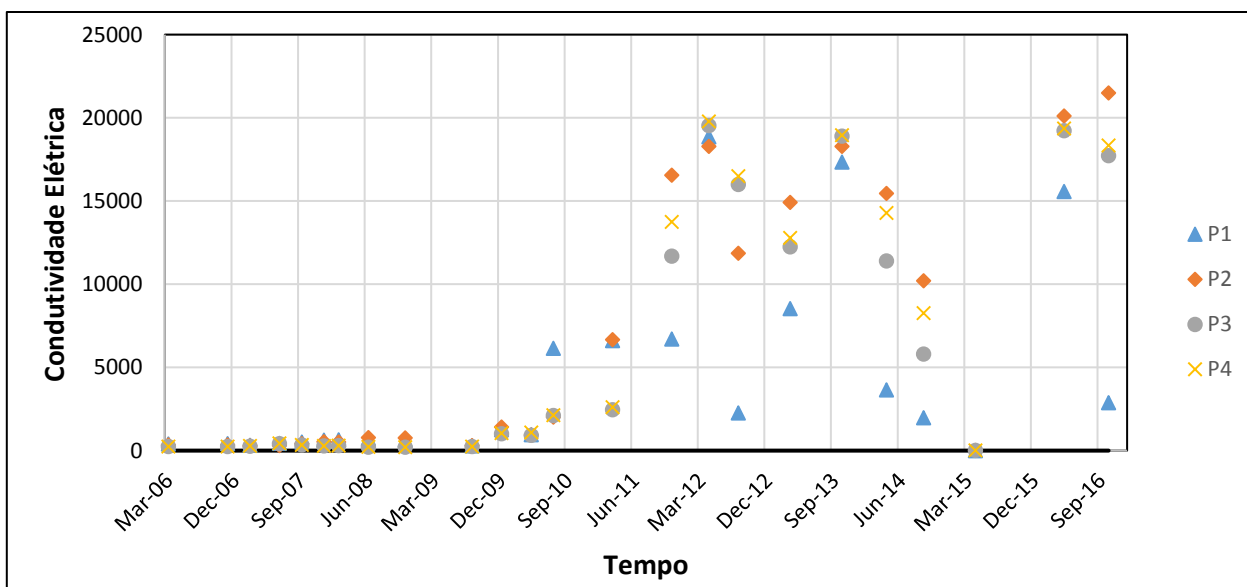


Gráfico 2 - Variação Temporal da Condutividade Elétrica

Fonte: Autora (2017)

A Resolução CONAMA nº 357/2005, não define valores máximos permitidos para este parâmetro. No entanto, segundo Tundisi e Matsumura Tundisi (2008), a condutividade elétrica, é um indicador da salinidade resultante da concentração de sais, ácidos e bases nas águas naturais.

Com relação aos valores de sólidos dissolvidos encontrados nas amostras, estes variaram entre 100,1 e 10500,0 mg/L. Segundo Tundisi e Matsumura Tundisi (2008) os valores de sólidos totais dissolvidos (STD) tem correlação direta e proporcional com a condutividade elétrica devido a concentração de íons presente nas amostras. Isto explica o fato dos parâmetros apresentarem comportamentos semelhantes, diferenciando-se apenas em virtude do pico, que nos sólidos dissolvidos ocorreu em 2010, mas que podem ser explicadas pelos mesmos fatores, variação dos índices pluviométricos e interferência antrópica através do despejo de efluentes.

De acordo com a legislação, o limite máximo permitido para os sólidos totais dissolvidos em ambientes de água doce, classe 3 é 500 mg/L. Assim, os valores do estudo para este parâmetro estão dentro dos valores permitidos para água doce em todos os pontos de amostragem, até o ano de 2009, como mostra o Gráfico 3, passando a apresentar valores característicos de água salobra nos anos posteriores.

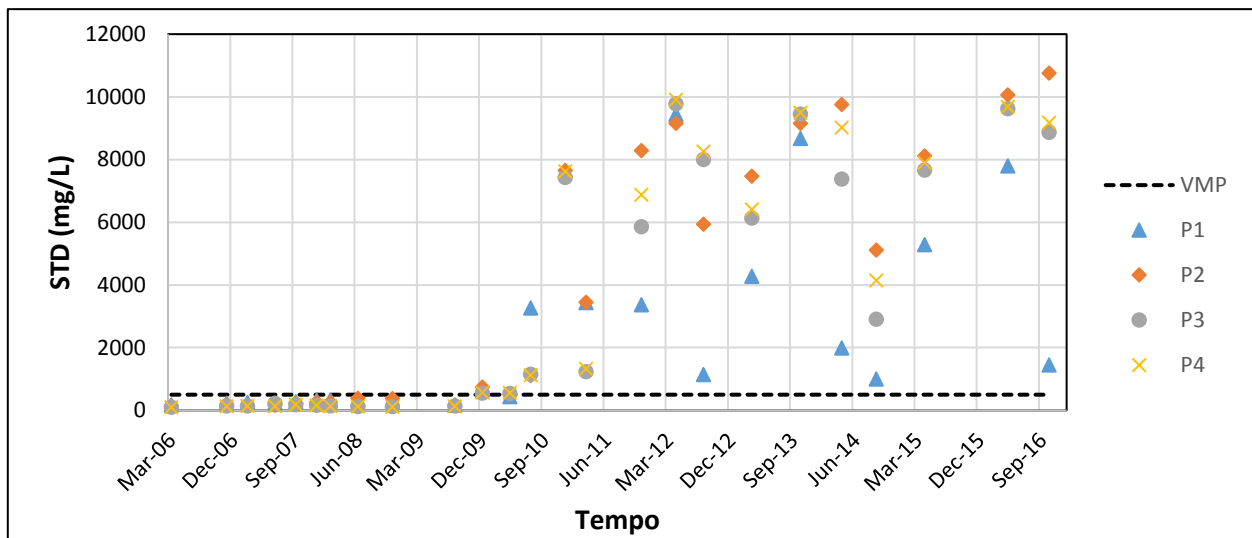


Gráfico 3 - Variação Temporal dos Sólidos Dissolvidos Totais

Fonte: Autora (2017)

Segundo Athayde Júnior et al., as águas do rio Sanhauá devem ser classificadas como água salobra (classe 1) e isto pode ser verificado através de suas características físicas e químicas, a presença do ecossistema manguezal no rio e os usos preponderantes dos corpo hídrico. Ramalho (2013) afirma que os principais usos do rio Sanhuá são para a coleta de mariscos e crustáceos, recreação de contato primário e secundário, navegação e atividades de pesca, usos característicos de água salobra (classe 1), de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Para o parâmetro turbidez, a variação ocorreu entre 3,1 e 1012,0 mg/L. Os valores de turbidez decresceram de forma não-linear durante os anos da série de 10 anos. A redução nos

valores provavelmente ocorreu em virtude da desativação do Lixão do Roger e, consequente redução do chorume destinado para o corpo hídrico. A irregularidade linear pode ser decorrente de fontes pontuais de poluição e da variação nos índices de precipitação (Gráfico 1), que minimizam o processo de diluição e, consequentemente, a passagem de luz.

O limite máximo permitido pela legislação é 100 UNT para rios de água doce, classe 3, e foi atingido apenas a partir do ano de 2010, (Gráfico 4).

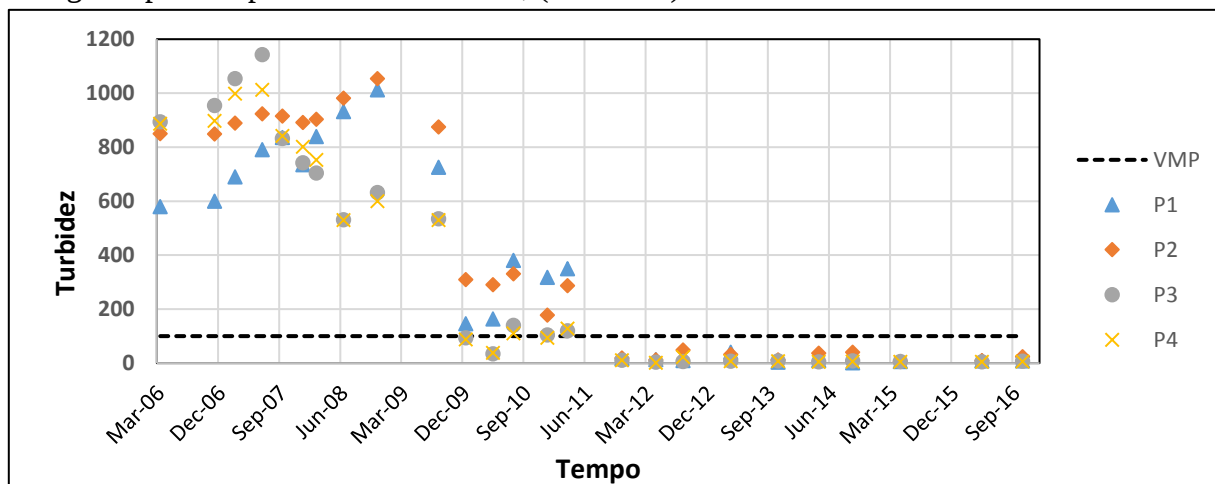


Gráfico 4 - Variação Temporal da Turbidez

Fonte: Autora (2017)

No tocante a variação espacial, os parâmetros condutividade, sólidos totais dissolvidos e turbidez apresentaram maiores índices no P2, localizado no limite da área do antigo Lixão do Roger e Camboa do Frade. No entanto, a diferença em relação aos outros pontos não foi significativa.

Em relação ao pH, este manteve-se dentro da faixa estabelecida na legislação (6,0 a 9,0), em todos os pontos de coleta durante o período analisado (Gráfico 5). No entanto, a característica da água variou entre ácida, neutra e alcalina. Este fator pode estar relacionados a precipitação, que segundo Carvalho, Schlittler e Tornisiello (2000), o pH tende a subir e aproximar-se da neutralidade com o aumento das chuvas, pois ocorre maior diluição dos compostos dissolvidos e escoamento

mais rápido, causado por um aumento no volume de água, fazendo com que a acidez da água diminua. Além disso, a variação pode estar relacionada a fatores de origem antrópica.

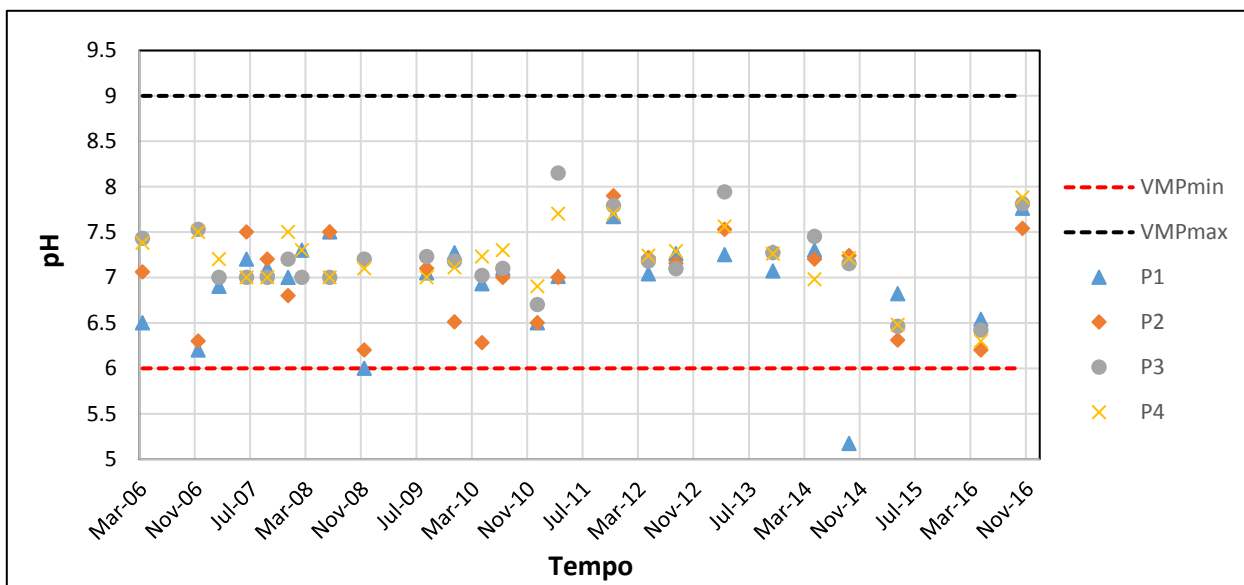


Gráfico 5 - Variação Temporal do pH

Fonte: Autora (2017)

Em relação ao aspecto sanitário e à poluição orgânica, as águas do rio Sanhauá na área de interferência do antigo Lixão do Roger, foram avaliadas quanto aos teores de nutrientes, incluindo as formas nitrogenadas e o fósforo. Para o nitrato, os valores variaram entre 0,01 e 2,0 mg/L, estando todos os pontos de amostragem, durante o período analisado, dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (Gráfico 6).

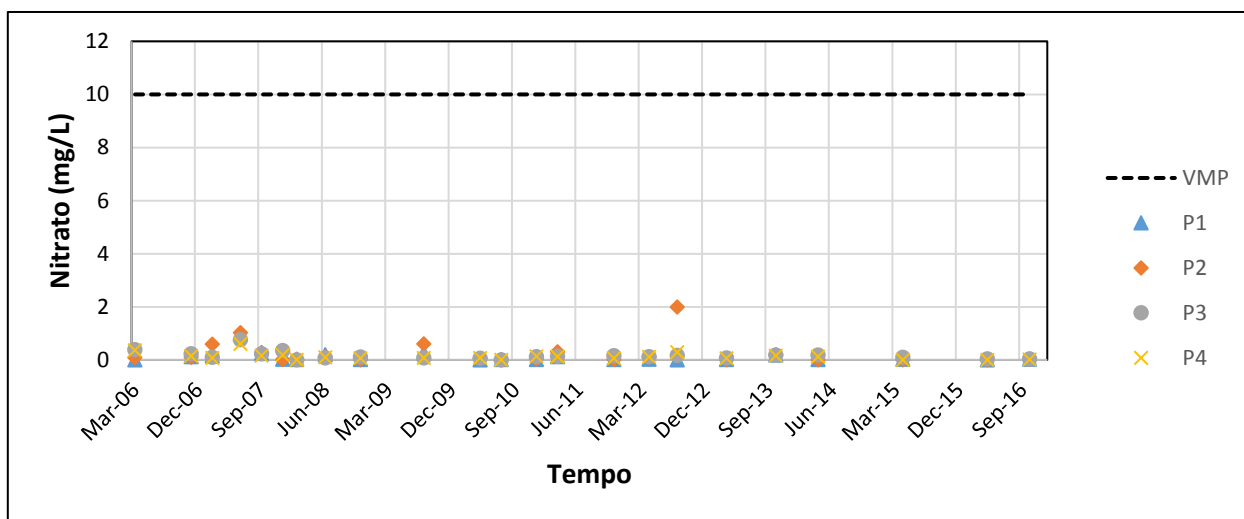


Gráfico 6 - Variação Temporal do Nitrato

Fonte: Autora (2017)

Os índices encontrados para amônia variaram entre 0,00001 e 19,5 mg/L, estando 99% das amostras dentro do valor máximo permitido por legislação (13,3 mg/L), de acordo com o Gráfico 7. Os maiores valores foram verificados em 2012, em todos os pontos de amostragem. Neste ano, o P4 foi diagnosticado com uma carga de 19,4 mg/L de nitrogênio amoniacal, sendo a única amostra com valor fora da faixa requerida pela resolução.

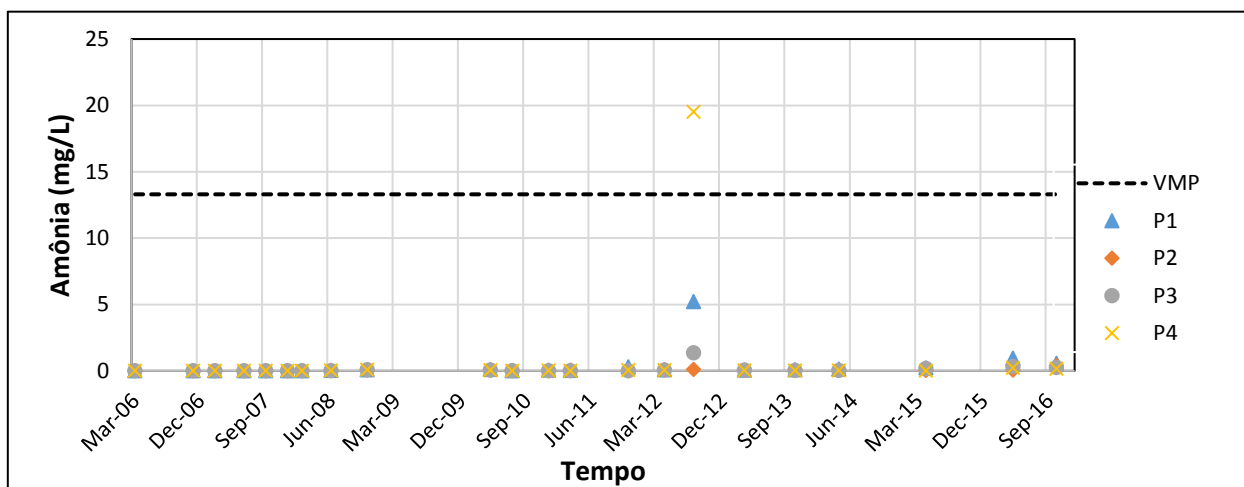


Gráfico 7 - Variação Temporal da Amônia

Fonte: Autora (2017)

Em relação ao parâmetro nitrito, a variação ocorreu entre 0,0 e 0,58 mg/L, estando todas as amostras analisadas nos 10 anos, dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente, de 1,0 mg/L, sendo verificado os maiores índices no ano de 2007 em todos os pontos de amostragem, (Gráfico 8).

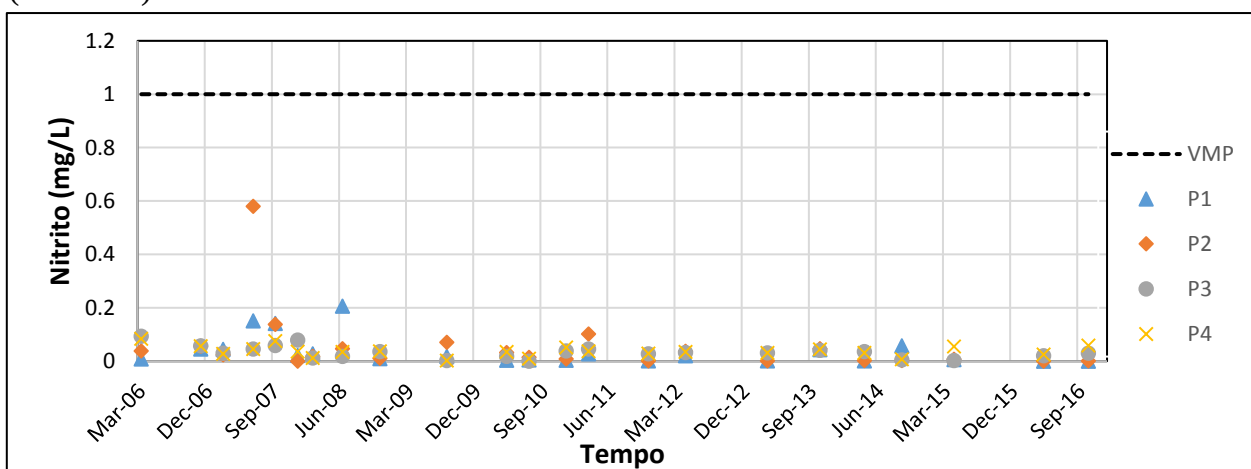


Gráfico 8 - Variação Temporal do Nitrito

Fonte: Autora (2017)

Considerando-se a variação espacial das séries nitrogenadas, os valores de amônia são maiores nos P1 e P4, localizados próximos a comunidades, indicando, possivelmente, despejos

contínuos de esgotos domésticos, visto que amônia é indicadora de contaminação recente. Para o nitrato, as maiores contribuições são do P2, provavelmente, em virtude da proximidade com a área do antigo Lixão do Roger, que ainda possui resíduos em processos de degradação. Segundo Damante (2013), ainda há degradação da matéria orgânica, produção de chorume e possivelmente contaminação do rio Sanhauá. No caso do nitrito, não houve diferenças espaciais significativas entre os pontos de amostragem.

Assim, analisando-se as médias das três formas de nitrogênio, para cada ponto estudado, mostrado no Quadro 4, verifica-se que os valores encontrados para a amônia, são maiores, nos pontos P1 e P4, indicando fontes de poluição recentes e próximas aos pontos de amostragem, e o parâmetro nitrato possui valores mais elevados nos pontos P2 e P3, indicando poluição mais antiga e distante da fonte.

Quadro 2: Médias dos valores de nitrato, nitrito e amônia nos pontos de amostragem

Pontos	Parâmetros		
	Nitrato	Nitrito	Amônia
P1	0.11	0.04	0.35
P2	0.25	0.05	0.04
P3	0.17	0.03	0.11
P4	0.13	0.04	0.92
Desvio Padrão	0.06	0.01	0.40

Fonte: Autora (2017)

Para o parâmetro ortofosfato, indicador de produtividade e relacionado a processos de eutrofização, os valores encontrados variaram entre 0,029 e 7,5 mg/L durante a série de 10 anos, conforme Gráfico 9.

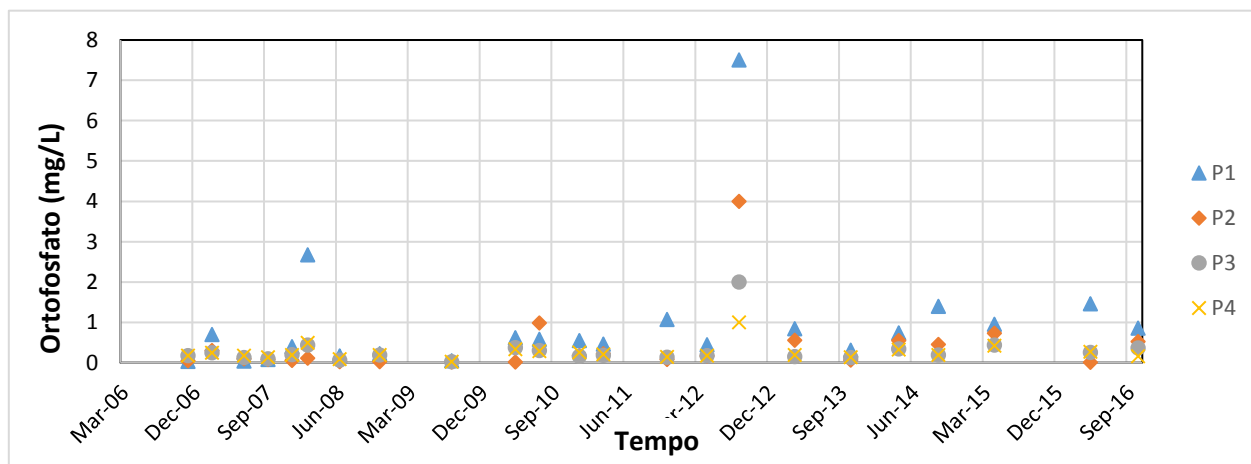


Gráfico 9 - Variação Temporal do Fósforo

Fonte: Autora (2017)

A maior influência verificada de ortofosfato foi no P1 comparando-se aos demais pontos. Esta diferença ocorreu, provavelmente, em virtude da proximidade do ponto de amostragem com a área do antigo Lixão do Roger e com comunidades ribeirinhas, sendo influenciado pela degradação de matéria orgânica, produção de chorume e despejos de esgotos domésticos. O P2, embora não receba influência direta de comunidades ribeirinhas, também evidencia efeitos da degradação da matéria orgânica por situar-se no limite da área do antigo Lixão do Roger e a Camboa do Frade, possuindo valores superiores aos encontrados no P3 e P4.

Além dos nutrientes, outro aspecto importante para avaliação da qualidade de água de um corpo hídrico são os teores de oxigênio, por este elemento está relacionado a todos os processos presentes no meio, sendo seu consumo definido pela oxidação da matéria orgânica. Para o estudo em questão, os parâmetros utilizados foram a demanda bioquímica de oxigênio – DBO e demanda química de oxigênio – DQO.

A DBO significa a quantidade de oxigênio necessária para degradação da matéria orgânica de um corpo hídrico. Nos pontos analisados, os valores encontrados variaram entre 0,0 e 550,0 mg/L, estando 92% das amostradas acima do valor máximo permitido pela legislação (10 mg/L), conforme Gráfico 10, indicando grande quantidade de matéria orgânica disponível no meio, provavelmente proveniente de atividades humanas.

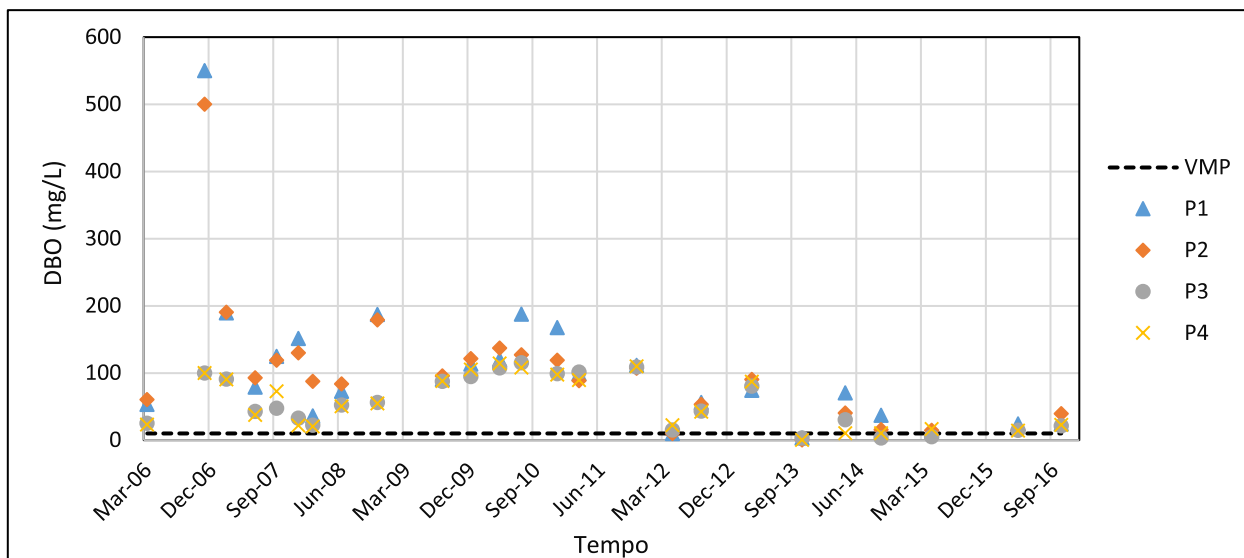


Gráfico 10 - Variação Temporal da DBO

Fonte: Autora (2017)

Assim como o orofosfato, o parâmetro DBO obteve maior influência nos pontos P1 e P2, em virtude da proximidade de ambos os pontos do antigo Lixão do Roger e de comunidades ribeirinhas, no caso do P1. Para a Demanda Química de Oxigênio – DQO, que estima a quantidade de oxigênio necessário para a degradação química dos compostos, o parâmetro variou entre 58,6 e 1415,96 mg/L (Gráfico 11).

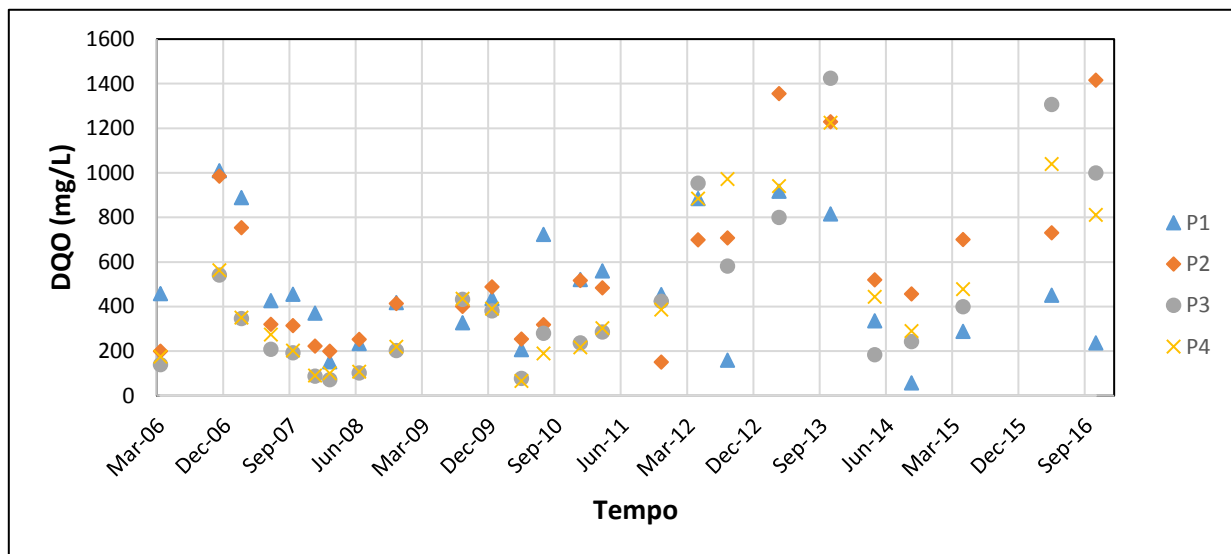


Gráfico 11 - Variação Temporal da DQO

Fonte: Autora (2017)

A Resolução CONAMA nº 357/2005, não estabelece valores máximos permitidos para este parâmetro. No entanto, os valores encontrados são significativamente superiores quando comparados a DBO, indicando presença de compostos inertes nos efluentes do rio Sanhauá.

No estudo no rio Sanhauá, além dos nutrientes e do oxigênio, também foram analisados os parâmetros do sulfato e cloretos, por ambos serem indicadores da presença de atividades humanas no corpo hídrico. O parâmetro sulfato variou entre 0,8 e 2824,0 mg/L (Gráfico 12), sendo o limite de 250 mg/L estabelecido para água doce, de classe 3. Entre os anos de 2007 e 2011, os valores encontraram-se dentro dos limites, e passaram a aumentar significativamente. O aumento das concentrações de sulfato no corpo hídrico podem estar associadas com o crescimento da urbanização e das atividades antrópicas, como o despejo de efluentes domésticos e industriais, não estando associada a atividade do antigo Lixão do Roger, visto que os valores permaneceram dentro dos limites permitidos pela legislação entre os anos de 2007 e 2011.

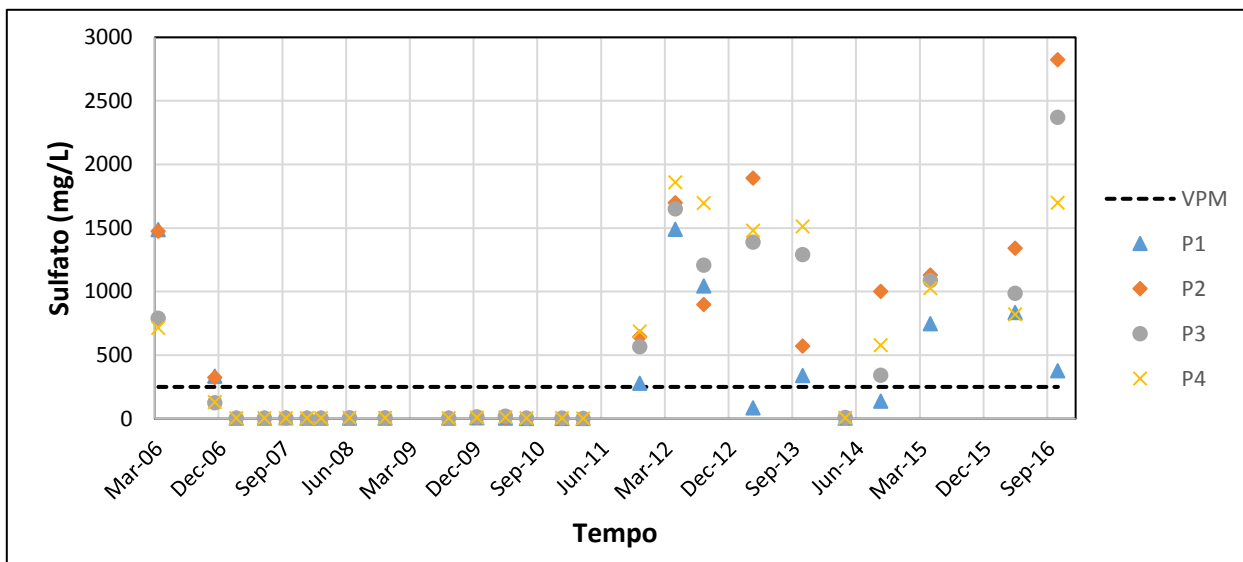


Gráfico 12 - Variação Temporal do Sulfato

Fonte: Autora (2017)

Em relação ao parâmetro cloretos, todas as amostras apresentaram resultados significativamente superiores ao limite estabelecido pela referida resolução (250 mg/L), como pode ser observado no Gráfico 13. Os valores variaram entre 970,0 e 33450,0 mg/L, sendo indicativo de poluição por dejetos humanos, pois o cloreto é encontrado na urina, ou influência do mar, por tratar-se de ambiente estuarino. Considerando-se a variação espacial, os maiores valores encontrados foram P2 seguidos do P4, P3 e P1, com as menores concentrações.

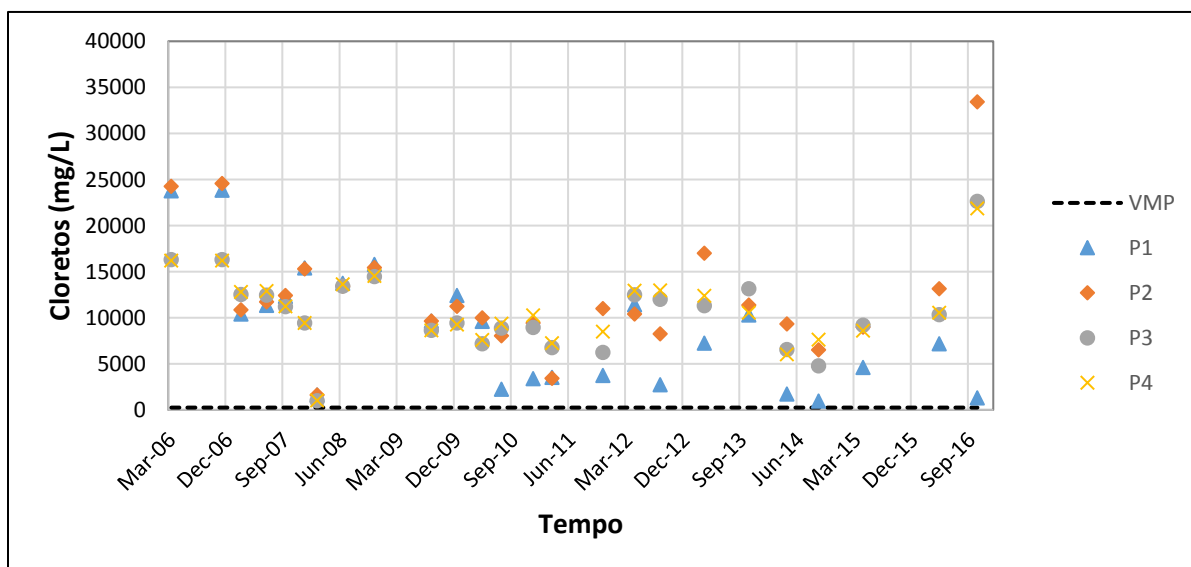


Gráfico 13 - Variação Temporal de Cloretos

Fonte: Autora (2017)

Assim como a condutividade elétrica, altos valores de cloretos podem ser indicadores de salinidade do corpo hídrico, indicando valores acima do permitido, não característicos de águas doces.

5.3 PARÂMETROS BIOLÓGICOS

Os Coliformes termotolerantes são indicadores de organismos patogênicos na água, proveniente de animais de sangue, encontrados nos despejos domésticos. Para este parâmetro, os valores variaram entre 1,5 e 490000,0 UFC, estando em 83,3% das amostras dentro dos limites permitidos de 2599 UFC (Gráfico 14), sendo as amostras com valores superiores ao determinado pela legislação são provavelmente proveniente de cargas pontuais. Na variação espacial, o P1 apresentou maior quantidade de coliformes, justificado pela sua proximidade com comunidades ribeirinhas.

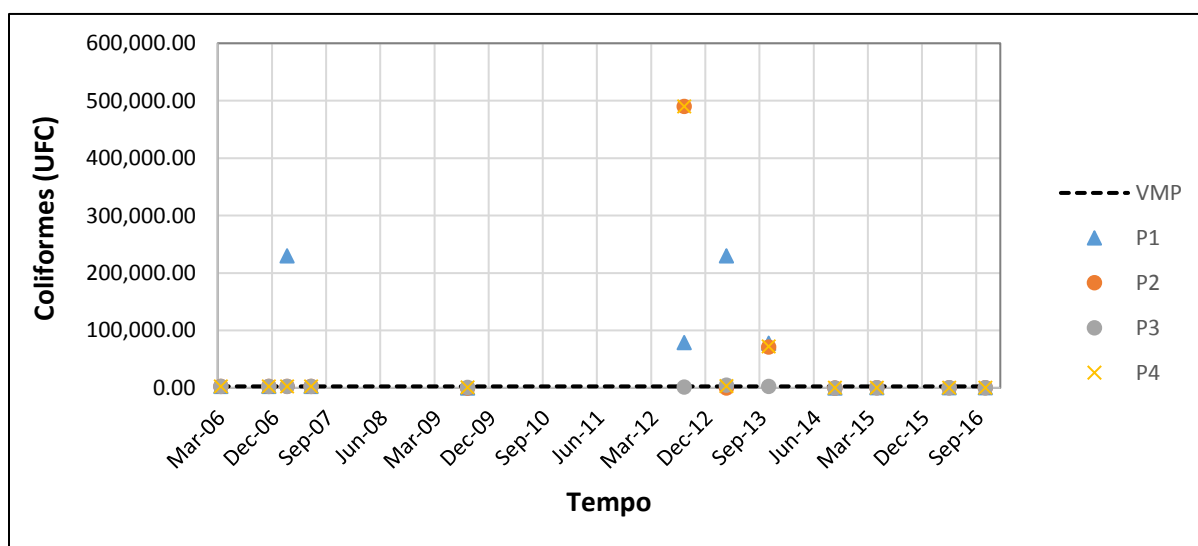


Gráfico 14 - Variação Espacial dos Coliformes Termotolerantes

Fonte: Autora (2017)

6. CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que a água do estuário do rio Sanhauá encontra-se poluído, principalmente quando se refere aos parâmetros DBO, fósforo, cloretos, sulfato, condutividade e sólidos dissolvidos, estando o corpo hídrico susceptível a processos de eutrofização, com consequente redução do oxigênio disponível e comprometimento dos seus usos preponderantes.

Os índices de DBO e fósforo mantiveram-se fora do padrão mínimo requerido pela legislação vigente durante todo o período de estudo, com valores mais elevados nos pontos de amostragem localizados no limite da área do antigo lixão, evidenciando sua influência na degradação da qualidade do estuário, mesmo após a desativação. Além disso, os parâmetros DBO e turbidez sofreram redução com o passar dos anos, mostrando uma relação direta com a degradação da matéria orgânica e produção de chorume oriunda do antigo lixão.

De acordo com os dados do estudo, também foi verificada uma incoerência na classificação do rio Sanhauá, que é considerado segundo o órgão estadual de meio ambiente, de água doce (classe 3). Os resultados encontrados para os parâmetros de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e cloretos, no entanto, indicaram índices característicos de água salobra. Além disso, a presença de ecossistemas de manguezais, a localização em área estuarina e os usos preponderantes do corpo hídrico, também evidenciam características de água salobra (classe 1).

Nestas condições o estuário em estudo apresenta-se em estado de alerta ambiental, em virtude da quantidade de poluentes, levando a necessidade de uma avaliação quanto ao seu enquadramento, para água salobra (classe 1), e o incentivo a políticas públicas de mitigação da problemática, visto a importância econômica, social e ambiental, do rio Sanhauá.

7. REFERÊNCIAS

APHA (1998). Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federal, 20th Ed. Washington.

ARRUDA, G. B. et al. Contaminações em sulfato e cloretos em águas de superfície e subsuperfície na região de Araripina –PE. Revista Estudos Geológicos. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2012. Disponível em: <<https://www.ufpe.br/estudosgeologicos/paginas/edicoes/2012222/2012222t11.pdf>> Acesso em: 20 de março de 2017.

ATHAYDE JÚNIOR, G. B. et al. Principais usos da água do rio Sanhauá na área de influência do antigo lixão do Róger: proposta de revisão de enquadramento do rio. Taubaté: Revista Ambiente e Água, 2008. Disponível em: <<http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/125>>. Acesso em: 01 maio 2017.

BAIRD, Colin. Química Ambiental. Tradução de Maria Angeles Lobo Recio; Luiz Carlos Marques Carrera. 2^a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 622p.

BARBOSA, Tamiris Silva; FURRIER, Max. Ocupações irregulares e impactos sócio-ambientais às margens do rio Sanhauá, Paraíba, Brasil.. Revista Percurso, Maringá, v. 5, n. 2, p. 91-107, jan. 2013. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/Percurso/article/viewFile/21591/12144>>. Acesso em: 13 abr. 2017.

BARCELOS, B. T; FERREIRA, O. M. Os impactos do lançamento de efluentes das lavanderias no córrego Barro Preto do município de Trindade – GO. Universidade Católica de Goiás, 2010. Disponível em: <<http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/OS%20IMPACTOS%20DO%20LAN%20C3%87AMENTO%20DOS%20EFLUENTES%20DAS%20LAVANDERIAS%20NO%20C>>

%C3%93RREGO%20BARRO%20PRETO%20DO%20MUNIC%C3%8DPIU%20DE%20TRINDADE-GO.pdf> Acesso em: 30 de abril de 2017.

BARTRAN, Jamie; BALLANCE, Richard (Org.). Water Quality Monitoring: A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. 1^a. ed. London: United Nations Environment Programme; World Health Organization, 1996. 385 p. Disponível em: <<http://flseagrant.ifas.ufl.edu/CriseNasAguas/Chapter7.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

BRAGA, Benedito et al. (Org.). Introdução a Engenharia Ambiental. 2^a ed. São Paulo: Pearson Hall, 2005. 150 p.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm Acesso em 10 abril de 2017.

BRASIL. Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm> Acesso em: 10 abr. 2017.

BRASIL. Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm> Acesso em: 10 abr. 2017

CARVALHO, A.R.; SCHLITTER, F.H.M.; TORNISIELO, V.L. 2000. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. Química Nova, 23(5): 618-622. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422000000500009&lng=en> Acesso em 8 de abr de 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Qualidade de águas interiores do Estado de São Paulo – Significado Ambiental e Sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Relatório Técnico. São Paulo, 2009. Disponível em: < <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf> > Acesso em: 03 de abril de 2017

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Alterado pela Resolução CONAMA 397/2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama>

DAMANTE, V. A. S. Avaliação das características do lixiviado após a desativação do Lixão do Róger, período 2006 a 2012. 77 p. Universidade Federal da Paraíba, 2010.

FARIAS, M. S. S. Monitoramento da qualidade de água na bacia hidrográfica do rio Cabelo. 152 pg. Tese de Doutorado (Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006. Disponível em:< <http://www.deag.ufcg.edu.br/copeag/teses2006/tese%20sally.pdf>> Acesso em: 20 de abril de 2017.

FARIAS, T. Q. Aspectos gerais da Política Nacional do Meio Ambiente – Comentários sobre a Lei nº 6.938/81. 14 pg. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2010. Disponível em < Aspectos gerais da política nacional do meio ambiente – comentários sobre a Lei nº 6.938/81> Acesso em: 25 de abril de 2017

FERRAZ, D. R.; AMARAL, A. A. Variação nictemeral dos parâmetros físico-químicos da água de um viveiro de cultivo de tilápia. XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2010. Disponível em < http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/0911_0976_01.pdf> Acesso em: 24 de abril de 2017

HARTER, L. V. L. Aspectos físico-químicos e microbiológicos do Rio Uberabinha – Um diagnóstico da qualidade da água no município de Uberlândia (MG). Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2007. Disponível em < <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/14241> > Acesso em 25 de março de 2017

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – INEMA. Enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo seus usos preponderantes. Bahia, 2017. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/enquadramento/> Acesso em: 23 de abril de 2017.

JOÃO PESSOA. Lei complementar de 29 de agosto de 2002. Código Municipal de Meio Ambiente. Disponível em < <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/legislacao/lei-complementar-29-de-agosto-de-2002-codigo-de-meio-ambiente/> > Acesso em 23 de abril de 2017.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. Disponível em < http://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india/view > Acesso em 23 de março de 2017

MEYBECK M. et al. Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. United Nations Environment Programme and the World Health Organization, 1996. Disponível em http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/wqmchap2.pdf?ua=1. Acesso em 30 de mar 2017.

MIRANDA, Luiz Bruner de; CASTRO, Belmiro Mendes de; KJERFVE, Bjorn. Princípio de Oceanografia Física dos Estuários. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2002. 413 p. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=cpM7lFE> >. Acesso em: 09 maio 2017.

MOURA, Elyana Melo. Mapeamento do Halo de Dispersão formado por efluentes industriais lançados na Baía do Guarajá no trecho compreendido entre o bairro de Val-de- Cães e o Distrito

de Icoaraci. 80 p. Dissertação de Mestrado (Pós-graduação em Geologia e Geoquímica)- Universidade Federal do Pará, Pará, 2007. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/diss_elyana.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2017.

PARAÍBA. Lei n. 6.308, de 02 de jul. de 1996. Política Estadual de Recursos Hídricos. João Pessoa, p. 1-14. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/cerh/legisl_cerh-pb/Lei%20n.%206.308_96%20-%20Politica%20Estadual%20-%20Atualizada.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2017.

PAULA, Suellen Machado de. Qualidade da água no rio Dourados - MS: Parâmetros físico-químicos, microbiológicos e higiênico sanitários. 87 p. Dissertação de Mestrado (Ciência e Tecnologia Ambiental)- Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2011. Disponível em: <<http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOCTORADO-CIENCIA-TECNOLOGIA-AMBIENTAL/62.%20%E2%80%9CQualidade%20A1rios%E2%80%9D.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2017.

PHILIPPI JR, Arlindo ; ROMERO, Marcelo de Andrade; BRUNA, Gilda Collet (Org.). Curso de Gestão Ambiental. 1ª. ed. Barueri, SP: Manole, 2011. 1041 p.

PINTO, S.M.P. Avaliação das condições limnológicas da lagoa do Parque Sólon de Lucena, João Pessoa – PB. 54 pg. Monografia. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2013. Disponível em < <http://www.ccen.ufpb.br/cccb/contents/monografias/2013.1/avaliacao-das-condicoes-limnologicas-da-lagoa-do-parque-solon-de-lucena-joao-pessoa-pb.pdf>> Acesso em 20 de março de 2017

PINTO-COELHO, Ricardo M.; HAVENS, Karl. Crise nas Águas: : Educação, ciência e governança, juntas, evitando conflitos gerados por escassez e perda da qualidade das águas . 1. ed. Belo Horizonte: Recóleo, 2015. 162 p. Disponível em: <<http://flseagrant.ifas.ufl.edu/CriseNasAguas/Chapter7.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

OLIVEIRA, J. F. S. Influência de diferentes tipos de sombreamentos em tanques-rede no desempenho de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase juvenil. 61 p. Dissertação de Mestrado (Construções rurais e ambiências). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010. Disponível em: <
http://www.deag.ufcg.edu.br/copeag/DISSERTACOES_E_TESSES_PPGEA/DISSERTA%C7%C3O/CONSTRU%C7%D5ES/2010/JAENE%20FRANCISCO%20DE%20SOUZA%20OLIVEIRA.pdf> Acesso em: 15 de abril de 2017.

RAMALHO, C. A. Análise dos problemas sócio-ambientais na área do em torno do antigo lixão do Róger. 168 p. Monografia (Engenharia Civil). Universidade Federal da Paraíba, 2012.

RODRIGUES, I. et al. Diagnóstico dos impactos ambientais advindos de atividades atóricas na margem do rio Sanhauá e Paraíba. Centro Científico Conhecer – Enciclopédia Biosfera, Goiânia, vol.5, n.8, 2009. Disponível em
<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2009B/diagnostico%20dos%20impactos%20amb.pdf>
 Acesso em: 30 de março de 2017.

SANTILLI, J. F. R. A Política de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97) e sua implementação no Distrito Federal. Pg 144 - 179. Centro de Estudos, Avaliação e Pesquisa de Goiás. Brasília, 2001. Disponível em: <
https://ceapg.fgv.br/sites/ceapg.fgv.br/files/u60/politica_nacional_dos_recursos_hidricos.pdf >
 Acesso em: 25 de março de 2017.

SEDES – Secretaria de Desenvolvimento Social. Livro dos Bairros de João Pessoa. João Pessoa: SEDES/PMJP, 2000.

SILVA, Demetrius David da; PRUSKI, Fernando Falco (Org.). Gestão de Recursos Hídricos: Aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005. 659 p.

SILVA, Djane Fonseca da ; SOUZA, Francisco de Assis Salviano de ; KAYANO, Marie Toshi. Avaliação dos impactos da poluição nos recursos hídricos da Bacia do rio Mundaú (AL e PE) . 2007. 14 p. Revista de Geografia. Recife: Universidade Federal de Recife, DGC/NAPA, 2007. Disponível em: <
<http://www.revista.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/article/viewFile/152/99>> Acesso em: 03 de maio de 2017

SILVA, E. A. Análise da água de duas nascentes no entorno do Sistema de disposição final de resíduos sólidos de Inconfidentes, MG. Monografia. 2012. 34 p. Disponível em: <
https://apps.ifs.ifsuldeminas.edu.br/bibliotecavirtual/assets/uploads/files/0bc02-erica_aparecida_da_silva_tec_gestao_ambiental.pdf> Acesso em: 15 de abril de 2017

SUPERINTENDÊNCIA ADMINISTRATIVA DO MEIO AMBIENTE – SUDEMA. Enquadramento dos corpos d'água da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba. João Pessoa, 1988. Disponível em <
http://www.aesa.pb.gov.br/enquadramento/diretrizes/DZS_205_Enquadramento_dos_Corpos_Da_gua_da_Bacia_Hidrografica_do_Rio_Paraiba.pdf> Acesso em 26 de abril de 2017

SWELL, Granville Hardwick, 1933. Administração e Controle da Qualidade Ambiental. Tradução de Gildo Magalhães dos Santos Filho. São Paulo: EPU, Ed. da Universidade de São Paulo; CETESB, 1978. 295 p.

TUCCI, C. E. M. et al. (Org.). Hidrologia: Ciência e Aplicação. 4ª. ed. Porto Alegre: UFGRS / ABRH, 2015. 943 p.

TUCCI, C. E. M. Usos e impactos dos recursos hídricos. In: TUCCI, C.E.M.; MENDES, C. A. Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica. São Paulo: Ministério do Meio Ambiente (Secretaria de Qualidade Ambiental)/ Rhama Consultoria Ambiental, 2006.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 632 p

WASSERMAN, Júlio César et al (Org.). Qualidade de Água. 2. ed. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminese, 2010. 115 p. Relatório Técnico do Projeto Macacu. Disponível em: <http://www.uff.br/projetomacacu/relatorios/volume_1_cqa.pdf>. Acesso em: 1 maio 2017.

WEINBERG, Ágatha. Uso de índices de qualidade de água para caracterização da bacia hidrográfica do rio Guandu. 2013. 166 p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental)-Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10007711.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2017.

VASCONCELOS, F.M. ; TUNDISI, J.G. ; TUNDISI, T.M. Avaliação da qualidade de água-Base tecnológica para a gestão ambiental. Belo Horizonte, MG: SMEA, 2009.

ZAMBON, Clezi Conforto et al. Avaliação da qualidade ambiental em uma bacia hidrográfica com vocação agropecuária. 2013. 133 f. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil e Ambiental)-Universidade Estadual de São Paulo, Bauru, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/98314/000742161.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 01 maio 2017.