



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE**



LAÍSA THAYSE GOMES DE MEDEIROS

**DETECÇÃO DO VÍRUS SARS-COV-2 EM RIO URBANO DE JOÃO
PESSOA/PB - BRASIL**

JOÃO PESSOA

2022

LAÍSA THAYSE GOMES DE MEDEIROS

**DETECÇÃO DO VÍRUS SARS-COV-2 EM RIO URBANO DE JOÃO PESSOA/PB -
BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal da Paraíba, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Dra. Marília Gabriela dos Santos Cavalcante

Coorientadora: Dra. Eloiza Helena Campana

JOÃO PESSOA

2022

M488d Medeiros, Laisa Thayse Gomes de.

Detecção do vírus SARS-CoV-2 em rio urbano de João
Pessoa/PB - Brasil / Laisa Thayse Gomes de Medeiros. -
João Pessoa, 2022.

43 f. : il.

Orientação: Marília Gabriela dos Santos Cavalcante.

Coorientação: Eloiza Helena Campana.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Esgotamento sanitário. 2. SARS-CoV-2. 3.
Qualidade da água. I. Cavalcante, Marília Gabriela dos
Santos. II. Campana, Eloiza Helena. III. Título.

UFPB/BC

CDU 504.3:578.834(043)

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

ATA Nº 8/2022 - PRODEMA - MEST (1101.14.50)

Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO

João Pessoa-PB, 15 de Março de 2022

Ata da 556ª Sessão Pública de Defesa da Dissertação de LAISA THAYSE COMES DE MEDEIROS do Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, do Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, na área de Desenvolvimento e Meio Ambiente. Aos dezesseis dias do mês de março do ano de dois mil e vinte e dois, às 14h00min, por videoconferência, reuniram-se nos termos do art. 82 do Regulamento Geral dos Cursos e Programas de Pós-Graduação "stricto sensu" da UFPE, anexo à Resolução CONSEPE no 79/2013, a Banca Examinadora, composta pelos professores(as) doutores(as): Dr. VINICIUS PIETTA PEREZ, UFPE, examinador externo ao Programa, Dra. NATALY ALBUQUERQUE DOS SANTOS, UFPE, examinador interno, Dra. MARILIA GABRIELA DOS SANTOS CAVALCANTI, UFPE, orientadora - presidente, estava presente também na sala a sua co-orientadora, profa. Eloiza Helena Campana. Deu-se início a abertura dos trabalhos, por parte da professora Dra. MARILIA GABRIELA DOS SANTOS CAVALCANTI, que, após apresentar os membros da banca examinadora e esclarecer a tramitação da defesa, solicitou à candidata que iniciasse a apresentação da dissertação, intitulada "Detecção do vírus SARS-COV-2 em rio urbano de João Pessoa/PB - Brasil". Concluída a exposição, a professora Dra. MARILIA GABRIELA DOS SANTOS CAVALCANTI, presidente, passou a palavra ao professor Dr. VINICIUS PIETTA PEREZ, para arguir a candidata, e, em seguida, a professora Dra. NATALY ALBUQUERQUE DOS SANTOS para fazer o mesmo. Após alguns comentários sobre a defesa, a presidente da banca examinadora solicitou a retirada da platéia para que a banca pudesse proceder com a avaliação da discente em sessão secreta. Na análise a banca fez algumas sugestões para que Laisa pudesse melhorar a versão final da dissertação, entre elas: a) Adaptar a metodologia para que ela fique mais facilmente reproduzível; b) Correlacionar a média de casos no período de 5 dias e não no dia da coleta; c) Descrever as conclusões de forma mais sugestiva do que afirmativa; d) Melhorar a formatação e referências. Na sequência, a banca examinadora atribuiu o conceito (APROVADO), conforme o art. 83 do anexo à Resolução CONSEPE-UFPE no 79/2013. Nada mais havendo a tratar, eu, Clara Tavares Gadelha, secretária, lavrei a presente Ata, que lida e aprovada, assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

(Assinado digitalmente em 22-03-2022 16:32)
CLARA TAVARES GADELHA
TECNICO EM SECRETARIADO
Matricula: 2004872

(Assinado digitalmente em 26-03-2022 16:11)
MARILIA GABRIELA DOS SANTOS CAVALCANTI
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
Matricula: 1644565

(Assinado digitalmente em 22-03-2022 16:43)
NATALY ALBUQUERQUE DOS SANTOS
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
Matricula: 1964406

(Assinado digitalmente em 22-03-2022 16:52)
VINICIUS PIETTA PEREZ
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
Matricula: 3007604

Processo Associado: 23074.022078/2022-23

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sigas.ufpb.br/documentos/> informando seu número: 8, ano: 2022, documento (espécie): ATA, data de emissão: 15/03/2022 e o código de verificação: 29d8a9cc5c

AGRADECIMENTOS

A Deus que me colocou na realização deste sonho, me deu discernimento, força, capacidade, paciência e persistência para chegar até o fim desta caminhada.

À minha avó Maria das Dores que mesmo em meio a tantas dificuldades encontradas no caminho, sempre acreditou em mim, me apoiou e não me deixou desistir do sonho de ter este título.

Aos meus familiares e amigos que sempre me incentivaram a evoluir e crescer na vida acadêmica, em especial a Geovana Lira que sempre me esteve me motivando a concluir este ciclo.

A todos os meus colegas de jornada do mestrado por mesmo em meio as adversidades trazidas pela pandemia, terem sido tão presentes em cada etapa deste desafio e em conjunto termos construído uma rede de apoio com uma turma unida e cheia de trocas de conhecimento.

À minha orientadora Prof. Dr^a. Marília Gabriela dos Santos Cavalcanti, por ter me ajudado a crescer como profissional e ser humano. À minha coorientadora Prof^a. Dr^a. Eloiza Helena Campana pelos ensinamentos e ajuda nas execuções das metodologias e construção deste trabalho.

Aos Técnicos da Coordenadoria de Medições Ambientais da SUDEMA – Superintendência de Administração do Meio Ambiente, em especial a João Carlos, pela parceria nas coletas e análises laboratoriais deste trabalho.

Aos funcionários, professores e estagiários do PRODEMA e LaBiMol pela assistência nos procedimentos laboratoriais de minha pesquisa, contribuindo com meu crescimento profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001;

Bem como a todos que se fizeram presentes e apoiaram esta realização, eterna gratidão!

“Siga com coragem, pois você sabe o que merece e não pode parar até chegar lá.” (Autor Desconhecido)

RESUMO

A pandemia de COVID-19 provocada pelo SARS-CoV-2 tem mobilizado pesquisadores de todo o mundo na busca de conhecimentos acerca da doença, porém, muitos aspectos relacionados com a forma como o vírus se dissemina no ambiente permanecem desconhecidos. O SARS-CoV-2 tem como principal forma de transmissão as vias respiratórias, através de gotículas expelidas por pessoa contaminada e vias de contato, uma vez que as gotículas podem se depositar em superfícies com as quais outras pessoas podem ter contato. A transmissão de SARS-CoV-2 por via oral-fecal carece de evidências robustas e permanece discutível, no entanto, a presença de material genético em águas residuais pode ser utilizada no mapeamento comunitário de casos. Dada a precariedade no sistema de esgotamento sanitário, bem como no tratamento de águas residuais antes de seu lançamento em corpos hídricos, o presente trabalho se propõe a avaliar a presença do SARS-CoV-2 no Rio Jaguaribe em João Pessoa – PB e sua relação com a qualidade da água do mesmo. Para tanto foram coletadas em dois períodos do ano amostras de água do Rio Jaguaribe em 10 pontos para a detecção e quantificação do material genético do vírus e realização das análises físico-químicas e bacteriológicas. Os dados epidemiológicos foram coletados pela Plataforma Paineis COVID-19 do Governo Municipal de João Pessoa-PB, que disponibiliza as informações atualizadas diariamente. Os dados relacionados com o saneamento básico foram coletados do SNIS (2019) e IBGE (2010), e os demais dados socioambientais relacionados aos bairros contemplados no estudo foram coletados no IBGE (2010). Em alguns pontos de coleta, as condições socioambientais encontradas foram a presença de habitações subnormais nas margens do rio Jaguaribe, e despejo de efluentes e resíduos sólidos em seu leito. Em relação à primeira coleta, as amostras de água de 30% dos pontos submetidas a detecção do SARS-CoV-2, demonstraram resultados positivos, assim como em 60% dos pontos da segunda coleta. Na correlação desses resultados com os dados socioeconômicos, identificou-se que bairros com piores indicadores socioambientais são mais propensos para a presença do material genético do vírus na água. Embora alguns parâmetros tivessem dentro dos padrões estabelecidos na legislação, nas análises físico-químicas e bacteriológicas, os resultados apontaram para uma degradação da qualidade ambiental.

Palavras-chave: Esgotamento Sanitário; SARS-CoV-2; Qualidade da Água.

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic caused by SARS-CoV-2 has mobilized researchers around the world in the search for knowledge about the disease, however, many aspects related to how the virus spreads in the environment remain unknown. SARS-CoV-2 has the respiratory tract as its main form of transmission, through droplets expelled by a contaminated person and contact routes, since droplets can deposit on surfaces with which other people may have contact. The transmission of SARS-CoV-2 via the fecal-oral route lacks robust evidence and remains debatable, however, the presence of genetic material in wastewater can be used in community mapping of cases. Given the precariousness of the sanitary sewage system, as well as the treatment of wastewater before its release into water bodies, the present work proposes to evaluate the presence of SARS-CoV-2 in the Jaguaribe River in João Pessoa - PB and its relationship with its water quality. Water samples from the Jaguaribe River were collected in two periods of the year at 10 points to detect and quantify the genetic material of the virus and carry out physicochemical and bacteriological analyses. Epidemiological data were collected by the COVID-19 Panel Platform of the Municipal Government of João Pessoa-PB, which provides daily updated information. Data related to basic sanitation were collected from SNIS (2019) and IBGE (2010), and other socio-environmental data related to the neighborhoods covered in the study were collected from IBGE (2010). At some collection points, the socio-environmental conditions found were the presence of substandard housing on the banks of the Jaguaribe River, and the dumping of effluents and solid waste in its bed. In relation to the first collection, the water samples from 30% of the points subjected to the detection of SARS-CoV-2, showed positive results, as well as in 60% of the points of the second collection. In the correlation of these results with the socioeconomic data, it was identified that neighborhoods with worse socio-environmental indicators are more prone to the presence of the genetic material of the virus in the water. Although some parameters were within the standards established in the legislation, in the physicochemical and bacteriological analyses, the results pointed to a degradation of the environmental quality.

Key-words: Sanitary Sewage; SARS-CoV-2; Water quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 01:** Distribuição espacial dos 10 pontos ao longo do Rio Jaguaribe, distribuídos em 7 bairros de João Pessoa – PB, Brasil. Ponto 1 - Cristo Redentor, o ponto 2 trata-se do bairro Cruz das Armas, Ponto 3 - Castelo Branco, ponto 4 - Castelo Branco, ponto 5 - Cabo Branco, ponto 6 - São José, ponto 7 - São José, ponto 8 - Aeroclub, ponto 9 - Bessa e a foz no ponto 10 (Bessa).....24
- Figura 02:** Etapas para a detecção e quantificação do SARS-CoV-2.....25
- Figura 03:** Imagens dos 10 pontos de coleta, vista a montante e a jusante respectivamente dos: Ponto 1 (Cristo Redentor) - a) e b); Ponto 2 (Cruz das Armas) - c) e d); Ponto 3 (Castelo Branco) - e) e f); Ponto 4 (Castelo Branco) - g) e h); Ponto 5 (Cabo Branco) - i) e j); Ponto 6 (São José) - k) e l); Ponto 7 (São José) - m) e n); Ponto 8 (Aeroclub); Ponto 9 (Bessa) - q) e r); Ponto 10 (Bessa)- s) e t).....33
- Figura 04:** Amostras de água referente a cada ponto coletado do 1 ao 10. a) coleta 1; b) coleta 2.....36

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Parâmetros avaliados e seus VMP na Portaria nº 888/2021 e CONAMA nº 357/2005.....	26
Tabela 02: Valores de referência para os parâmetros bacteriológicos avaliados.....	27
Tabela 03: Pessoas com idade superior a 5 anos alfabetizadas ou não, por bairros; tipo de domicílio por bairros; rendimento mensal por bairros; média de moradores em domicílios em João Pessoa – PB. Em destaque pontos com indicadores de educação inferior ao do município, pontos com presença de habitações precárias e rendimentos per capita abaixo de um salário mínimo.....	29
Tabela 04: Presença de banheiro ou esgotamento sanitário nos domicílios, por bairros em João Pessoa – PB. Em destaque pontos com ausência de esgotamento sanitário ou precariedade na destinação dos efluentes.....	30
Tabela 05: Formas de abastecimento de água em domicílios, por bairros, em João Pessoa – PB. Em destaque, fontes de abastecimento precárias.....	30
Tabela 06: Destino do lixo em domicílios, por bairros em João Pessoa – PB. Em destaque a destinação de resíduos sólidos inadequados.....	31
Tabela 07: Indicadores socioeconômicos dos 10 pontos estudados ao longo do rio Jaguaribe. Ponto 1 - Cristo Redentor, o ponto 2 trata-se do bairro Cruz das Armas, Ponto 3 - Castelo Branco, ponto 4 - Castelo Branco, ponto 5 - Cabo Branco, ponto 6 - São José, ponto 7 - São José, ponto 8 - Aeroclube, ponto 9 - Bessa e a foz no ponto 10 (Bessa).....	32
Tabela 08: Resultados das análises físico-químicas, detecção de SARS-CoV-2 e análises bacteriológicas.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCM – Centro de Ciências Médicas

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CF – Constituição Federal

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

Ct – *Cycle Threshold*

EMPRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FUNASA – Fundação Nacional da Saúde

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MS – Ministério da Saúde

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PCR – Reação em Cadeia da Polimerase

pH - Potencial Hidrogeniônico

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SUDEMA – Superintendência de Administração do Meio Ambiente

VMP – Valor Máximo Permitido

WBE – Wastewater-Based Epidemiology

WHO – World Health Organization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVO GERAL	14
2.1 Objetivos Específicos	14
3 HIPÓTESES	15
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
4.1 Saneamento Ambiental	15
4.2 Rios Urbanos	17
4.3 Degradação da Qualidade Ambiental	19
4.4 SARS-CoV-2 em ambientes hídricos	21
5 MATERIAL E MÉTODOS	23
5.1 Área de Estudo	23
5.2 Obtenção dos Dados Socioeconômicos e da Situação Epidemiológica de COVID-19	24
5.3 Metodologia para Detecção do SARS-CoV-2	25
5.4 Análises Físico-Químicas	26
5.5 Análise Bacteriológica	26
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

A pandemia da doença COVID-19, provocada pela síndrome respiratória aguda grave, é causada pelo vírus SARS-CoV-2, inicialmente diagnosticada na cidade de Wuhan, China, em dezembro de 2019. Dois meses depois, em 26 de fevereiro de 2020, registrou-se oficialmente o primeiro caso no Brasil (BRASIL, 2020). No mês seguinte, em 11 de março de 2020 a Organização Mundial da Saúde (OMS) considerou a situação de pandemia, intensificando a administração de ações de controle para impedir a propagação da doença (WHO, 2020).

De acordo com Coker *et al.* (2011), “O surgimento de novos vírus com alto potencial epidêmico geralmente é produto de uma relação complexa envolvendo animais, seres humanos e o meio ambiente”. Dessa forma, por se tratar de um vírus novo, pouco se sabe sobre o SARS-CoV-2 e suas formas de veiculação e propagação no meio ambiente. Na tentativa de melhor entender o vírus e sua transmissão, pesquisadores de todo o mundo vem desenvolvendo estudos interdisciplinares com o intuito de subsidiar medidas de prevenção, controle e monitoramento da doença.

Um aspecto a ser ressaltado frente a essa pandemia é a água e o saneamento básico, que desempenham um papel essencial para a sobrevivência e desenvolvimento das sociedades, e que têm direta influência para a manutenção dos ecossistemas, da saúde e da qualidade de vida e dos seres humanos e do desenvolvimento das atividades econômicas. Embora o SARS-CoV-2 tenha como principal forma de transmissão as vias respiratórias (BRASIL, 2020), a ocorrência de uma possível disseminação ambiental através da água e alimentos não pode ser descartada.

Como um recurso imprescindível para a vida e o desenvolvimento das espécies, a água é um bem que tem sido negligenciado pela sociedade global. Esse é um recurso finito e pouco preservado, principalmente em localidades que o tem em abundância (EMBRAPA, 2011). Assim, observa-se rios com grande potencial para diversos usos úteis à sociedade sendo poluídos por meio de difusas formas de contaminação oriundas de fontes domésticas, industriais e agrícolas. Com isso, a fonte hídrica que mais sofre com a poluição são os mananciais superficiais, por ter contato direto com as fontes de poluição.

A questão ambiental atrelada à saúde pública tem sido uma temática explorada e abordada ao longo dos anos por pesquisadores, e vem sendo examinadas melhorias através de legislações e ações que visem a segurança da saúde e a qualidade de vida da população. Quando se fala em saneamento básico, o ganho é compartilhado entre o meio ambiente e a população, pois com o tratamento e uso adequado dos recursos naturais utilizados pela sociedade, tem-se

uma qualidade ambiental melhor, acarretando na diminuição de casos de doenças evitáveis e propiciando uma melhor qualidade de vida.

Com a eliminação fecal do vírus por indivíduos contaminados, é possível que ele seja liberado com as águas residuais, permitindo a contaminação de corpos d'água (rios, mar, águas subterrâneas) (CARDUCCI *et al*, 2020). Visto que o Brasil carece de acesso ao saneamento básico e a constatação da presença do SARS-CoV-2 nos dejetos humanos, observou-se a necessidade de investigar a presença do vírus em águas superficiais em áreas urbanas, para posteriormente avaliar seus riscos à saúde da população que tem contato com essa água.

Uma das maiores causas de contaminação e poluição dos corpos hídricos são os efluentes domésticos, impactando os ecossistemas e a qualidade das águas (REBOUÇAS *et al.*, 1999). Diante desse cenário, a vigilância com os corpos de água deve ser observada, dada a relevância do assunto para a saúde e a qualidade de vida da população. Os rios urbanos tendem a sofrer mais impactos em sua qualidade, devido ao uso e ocupação humana das áreas de entorno, bem como são mais vulneráveis a exposição de poluentes e contaminantes gerados por atividades antrópicas. Nesse sentido, o rio escolhido como objeto de pesquisa deste trabalho, foi o Jaguaribe, por ser o mais extenso inserido no perímetro urbano da cidade de João Pessoa.

Este trabalho tem caráter interdisciplinar, por envolver as áreas de saúde pública, sociologia, economia, saneamento ambiental, políticas públicas e qualidade ambiental. O processo de inter-relação entre conhecimentos e práticas que vão além do convencional ensino disciplinar científico, a interdisciplinaridade (LEFF, 2000), estimula o diálogo entre diversas dimensões dos saberes, contribuindo para melhor solucionar ocasionais problemas existentes com a sociedade e a natureza.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a presença do Sars-CoV-2 no Rio Jaguaribe correlacionando com a qualidade da água, com o contexto socioambiental e epidemiológico da COVID-19.

2.1 Objetivos Específicos

- a) Analisar parâmetros bacteriológicos da água do Rio Jaguaribe em 10 pontos de coleta distribuídos em 7 bairros (Cristo Redentor, Cruz das Armas, Castelo Branco, Cabo Branco, São José, Aero clube e Bessa);

- b) Verificar se existe a presença do SARS-CoV-2 em amostras da água do Rio Jaguaribe;
- c) Caracterizar os parâmetros físico-químicos da água do Rio Jaguaribe e comparar com os valores de potabilidade dispostos em legislação vigente no país;
- d) Correlacionar a presença do vírus com os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos das águas do Rio Jaguaribe;
- e) Identificar fontes de poluição do rio e sua origem;
- f) Relacionar fatores sociais com a presença do vírus;
- g) Avaliar a existência de casos de Covid-19 na região;

3 HIPÓTESES

As hipóteses que este trabalho possui são:

- a) Há descarte de águas residuais no Rio Jaguaribe;
- b) Há presença de indicadores fecais e do SARS-CoV-2 nas águas do Rio Jaguaribe;
- c) Fatores sociais estão relacionados com a qualidade da água;
- d) Há relação entre a qualidade da água e a presença do vírus.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Saneamento Ambiental

O saneamento básico está vinculado à qualidade de vida e saúde da população, visto que muitas doenças são evitáveis através do cumprimento das medidas de saneamento. A discussão acerca de qualidade de vida é expressa na Constituição da Organização Mundial da Saúde – OMS, publicada em 1946, que define saúde como a plena condição de bem estar mental, social e físico, implicando não somente a inexistência de enfermidades ou doenças (WHO, 1946). Assim, o contexto social de vulnerabilidade, bem como o meio ambiente no qual o indivíduo está inserido relaciona-se com sua saúde.

Em setembro de 2015, na cidade de Nova York, reuniram-se representantes de Estados-membros da ONU – Organização das Nações Unidas de 193 países, que firmaram um compromisso com a Agenda 2030. Esse compromisso considera que deve haver um planejamento estratégico para que os indivíduos de forma global busquem fortalecer a paz universal (AGENDA 2030, 2015). O plano contempla 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS e contém 169 metas na busca pela erradicação da pobreza e promoção de

uma vida digna para a coletividade, nos limites contidos no planeta (AGENDA 2030, 2015). São propósitos claros e diretos, com o intuito dos países aderirem conforme as prioridades peculiares a cada um e um estímulo de uma colaboração global que norteie as ações fundamentais para elevar a qualidade de vida dos indivíduos, no presente e no futuro (AGENDA 2030, 2015).

Dentre os 17 ODS, o objetivo número seis expressa a universalização da água potável e saneamento, corroborando a importância desses serviços, não só para o meio ambiente, como também para a sociedade global (ONU, 2021). Entretanto, mesmo após a definição desse plano, uma quantidade considerável de indivíduos permanece sem acesso a serviços básicos. Em 2017 um relatório divulgado pela OMS indicou que cerca de 2,2 bilhões de indivíduos no planeta não possuíam acesso à água potável e 4,4 bilhões de pessoas não possuíam esgotamento sanitário seguro (WHO, 2019). Diante desse cenário, observa-se que o acesso a serviços de saneamento no Brasil e no mundo ainda é limitado, onde a influência maior se dá pelo fator desigualdade social.

Contudo, embora esses serviços de saneamento sejam um direito básico dos indivíduos, assegurado pela Constituição Federal e regulamentado por Leis, ainda se tem dificuldades em executar tais serviços (IBGE, 2020). Dispostos no Artigo 21 da Constituição Federal (CF) de 1988, em seu inciso XX, estabelecem ser de comum competência da União, Estado e Municípios a instituição de procedimentos para o saneamento básico, desenvolvimento urbano, habitação, e transportes urbanos (BRASIL, 1988). O Artigo 200, inciso IV da CF, discorre sobre a atribuição do Sistema Único de Saúde – SUS e a competência de colaborar em políticas e execuções de ações voltadas ao saneamento básico (BRASIL, 1988), corroborando a existência da conexão entre saneamento, saúde e bem estar social.

A Lei de nº 11.445, de 5 de janeiro 2007, em seu Artigo 3, inciso I, conceitua saneamento básico como sendo um “agrupamento de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais composto por: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas” (BRASIL, 2007). O Brasil possui uma base de dados na qual é possível conhecer as condições do saneamento em cada região do país, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Trata-se de uma plataforma que fornece um conjunto de dados que permitem diagnosticar a situação do saneamento de cada município, dessa forma, permitindo uma melhor tomada de medidas de controle focal para cada caso individualmente avaliado (SNIS, 2020).

A população brasileira é predominantemente urbana e vem crescendo constantemente, e nem sempre este crescimento está associado a um bom planejamento urbano, levando ao aumento das cargas de efluentes líquidos despejados nos ambientes aquáticos (SNIS, 2020). De acordo com o SNIS (2019), a população brasileira atendida por rede de abastecimento de água é de 83,7 % e 54,1 % possuem rede coletora de esgoto, sendo que apenas 49,1% dos esgotos gerados no Brasil passam por tratamento. Observa-se que além dessa porcentagem, tem-se o índice de perdas dos efluentes ao longo do trajeto, até a chegada na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Embora as ETEs amenizem o processo de degradação dos corpos de água, os sistemas de tratamento, por mais avançados que sejam, não possuem uma eficiência de 100% na eliminação de poluentes (VON SPERLING, 1996).

4.2 Rios Urbanos

As relações entre sociedade e rios foi se modificando ao longo do tempo, e a percepção pela população é influenciada pelo emprego desempenhado na cidade. Inicialmente, a conveniência com os corpos de água para desempenhar múltiplos usos junto a sociedade, como higiene consumo e desenvolvimento da agricultura e produção artesanal, beneficiava os diálogos e o comércio (BAPTISTA, 2013). Contudo, as áreas ribeirinhas urbanas têm sido ocupadas, em geral, pelos menos favorecidos, que em busca de ambientes para fixar moradia veem esses locais como “disponíveis” (SOUZA, 2018). Além disso, observa-se que as áreas ribeirinhas têm sido alvo também de diversos outros usos, sendo poluídas por meio de fontes domésticas, industriais e agrícolas.

Os corpos hídricos são afetados de acordo com o uso e a ocupação do solo, sendo atingidos pela contaminação de origem natural ou antrópica. Alguns processos químicos e físicos podem influenciar na qualidade dos rios, entre esses, estão:

a) Eutrofização: processo de enriquecimento artificial dos ecossistemas aquáticos por nutrientes como nitrogênio e fósforo, este processo ocorre devido a algumas ações antrópicas ou naturais como lançamento de efluentes líquidos e fertilizantes em ambientes aquáticos, alterando algumas características físicas e químicas (CETESB, 2013). Os fatores que influenciam neste processo e podem provocar redução da diversidade biológica do ecossistema aquático são a temperatura, velocidade da água, a turbidez, a vazão, a profundidade do curso de água entre outros (LAMPARELLI, 2004). A eutrofização traz consigo a proliferação de cianobactérias com potencial tóxico, sendo capaz de modificar a qualidade das águas,

comprometendo principalmente a atividade de abastecimento público. Ademais, a eutrofização provoca uma diminuição na transparência da água, reduzindo o seu valor estético.

b) Assoreamento: Processo de acúmulo de sólidos no rio, o qual diminui a extensão do leito e sua profundidade, decorrente da ação da natureza, bem como da ação humana. Assim, desmatamento, remoção da vegetação ribeirinha, poluição, uso indiscriminado do solo, ocupação de vertentes e outros, são fatores que agravam esta condição. “Este processo traz prejuízos a todo ecossistema, bem como a própria malha e estrutura urbana e conseqüentemente aos seres humanos, os quais são os principais influenciadores na ocorrência do problema” (MORAIS, 2014). Diante deste cenário, o assoreamento é um dos fatores que provocam enchentes e alagamentos, dessa forma, é realizado em alguns casos o desassoreamento, o qual consiste em um procedimento de dragagem ou limpeza do material existente no leito do rio. No Brasil, o gerenciamento de material para dragagem possui métodos e direcionamento para na Resolução CONAMA n° 454/2012 (BRASIL, 2012).

c) Autodepuração: Capacidade que a água possui de restaurar a qualidade após receber uma determinada carga de poluentes, este processo natural chama-se autodepuração, o qual minimiza o impacto da degradação provocada, bem como mantém o ecossistema aquático presente no corpo hídrico. Para tanto o que ocorre é um consumo de oxigênio presente na água, de acordo com o lançamento de substâncias no corpo hídrico ao longo do tempo. Dessa forma, tal consumo está ligado a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), a qual trata-se da medida de oxigênio capaz de estabilizar a matéria orgânica, sendo assim um indicador do grau de poluição de um manancial (VON SPERLING, 2014). Os processos naturais o qual a água que recebe contaminação passa implicam essencialmente em diluição, sedimentação, oxidação biológica da matéria orgânica e reaeração (VON SPERLING, 1996).

É de suma importância que se conheça o potencial de autodepuração de cada corpo d'água para que suas características não sejam alteradas, o funcionamento do ecossistema aquático não seja comprometido, assim como a qualidade da água e interferência nos usos feitos pela população a jusante (VON SPERLING, 2014). Tendo em vista que a capacidade de autodepuração de um corpo hídrico é limitada e varia de acordo com o volume e propriedades de cada manancial e tipo de efluente lançado, o Brasil possui uma legislação específica para o despejo de efluentes nos corpos hídricos, com Valores de Referência fixados na Resolução CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2005) para elementos poluidores, de acordo com o enquadramento dos corpos d'água para seus usos preponderantes. Assim, a Resolução CONAMA n° 357/2005 classifica corpos hídricos e estipula preceitos ambientais para o

enquadramento, assim como determina os requisitos e parâmetros de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005).

Os corpos de água são classificados quanto aos usos descritos nesta Resolução e são relevantes para este trabalho as águas doces, que são definidas em cinco classes, especial, classe 1, classe 2, classe 3, classe 4. Os usos descritos em cada classe são variados, como irrigação, abastecimento humano, lazer, entre outros, e apenas a classe 4 (harmonização paisagística e navegação) não possui indicação para abastecimento humano, com critérios mais brandos no tocante aos padrões da qualidade da água.

Com o intuito de coordenar zonas de risco a sociedade bem como proteger os recursos naturais e o meio ambiente como um todo, temos o Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651/2012. Nele encontram-se normas e diretrizes acerca da proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal (BRASIL, 2012), neste contexto, delimitando faixas para preservação de matas ciliares que quando respeitadas, auxiliam na diminuição do processo de assoreamento e degradação dos rios.

4.3 Degradação da Qualidade Ambiental

Os debates acerca da qualidade e degradação ambiental tornaram-se mais intensos com a promulgação de leis e decretos que são inerentes a temática. Assim, em 1981, foi promulgada a Lei nº 6.938, que trata da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA). Essa norma “objetiva preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental favorável à vida, vislumbrando proporcionar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana” (BRASIL, 1981).

O conceito de degradação da qualidade ambiental é disposto na PNMA, e menciona que é a “transformação adversa das características do meio ambiente” (BRASIL, 1981). Essas alterações podem se dar por meio da poluição, que se trata da degradação da qualidade ambiental decorrente de atividades que afetem de forma direta ou indireta: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; desfavoravelmente a biota; bem como, criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981). No mais, em seu inciso V, define recursos ambientais como “os elementos da biosfera, o solo, o subsolo, a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, a fauna e a flora” (BRASIL, 1981).

O monitoramento de mananciais é feito como uma ferramenta de controle e gestão dos recursos hídricos disponíveis para uso no planeta. O acompanhamento da qualidade da água pode revelar possíveis contaminações e suas fontes, podendo ser adotadas medidas de mitigação e ações de melhoria da qualidade da água. A maneira pela qual os seres humanos usam e ocupam o solo possui direta interferência na qualidade da água (VON SPERLING, 1996). Conhecer a qualidade da água é essencial para uma adequada gestão dos recursos hídricos. Para tanto, é primordial um monitoramento contínuo e periódico das características físicas, químicas e biológicas, as quais propiciam a averiguação de possíveis variações na qualidade. Nesse sentido, existe uma série de índices e indicadores ambientais com valores de referência dos parâmetros para essa avaliação. Ensaio laboratoriais químicos sozinhos não possuem precisão para exprimir o impacto ambiental em um ecossistema, pois não evidenciam os efeitos tóxicos dos contaminantes e poluentes inseridos em um corpo d'água. A detecção de fatores biológicos demonstra toxicidade dos contaminantes, resultando em efeitos adversos aos organismos e à dinâmica do ecossistema impactado (COSTA *et al.*, 2008).

Assim, podem ser utilizados indicadores para mesurar a qualidade da água de um determinado corpo hídrico. Neste trabalho, foram utilizados parâmetros físico-químicos e biológicos. Os parâmetros físicos foram: cor, turbidez, sólidos, condutividade; parâmetros químicos: pH; e os parâmetros microbiológicos: *Escherichia coli*, coliformes totais, SARS-CoV-2.

O pH – potencial hidrogeniônico trata-se de um parâmetro químico de qualidade de água. Exprime a intensidade do estado ácido ou alcalino do meio líquido, através da medição da concentração de íons de hidrogênio (H^+). O valor do pH contribui para um menor ou maior grau de dissolução das substâncias e de estabelecer a capacidade de toxicidade de diversos elementos (FUNASA, 2014). Os valores para esse parâmetro são expressos em uma escala adimensional antilogarítmica, abarcando o intervalo de 0 a 14, onde os valores referidos a amostra, determina as condições da água analisada. Resultados inferiores a 7 demonstram condições ácidas, e superiores a 7 condições alcalinas.

O parâmetro físico cor é o responsável pela coloração da água, que é expresso pela unidade uH (Unidade Hazen). A cor em água consiste na produção de reflexão da luz em micropartículas (coloides) dispersas finamente, pode ser de origem orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos) ou mineral (resíduos industriais, compostos de ferro e manganês). Corpos hídricos que possuem naturalmente cores escuras estão situados em áreas com vegetação, resultante de elevada formação de ácidos húmicos (FUNASA, 2014).

O aspecto turvo da água dá-se devido a turbidez presente na mesma, logo, a turbidez trata-se da representação do nível de interferência com a passagem da luz por meio do líquido que decorre na suspensão de sólidos (VON SPERLING, 1996). A unidade em que este parâmetro é expresso em unidades de turbidez (uT).

O parâmetro físico condutividade consiste na capacidade de uma água transmitir corrente elétrica, indicando alterações em sua composição, especificamente na concentração mineral, porém não quantifica os componentes existentes na água, é expressa numericamente pela unidade Siemens (S).

Todo material que prevalece como sólido depois da evaporação da amostragem de água em um pré-estipulado tempo e temperatura é correspondente aos sólidos em água (CETESB, 2019). Esses podem ser classificados em: suspensão (sedimentáveis e não sedimentáveis) e dissolvidos (voláteis e fixos). As partículas susceptíveis de retenção por métodos de filtração tratam-se dos sólidos em suspensão. Já as partículas remanescentes na água após o processo de filtração e com diâmetro inferior a 10^{-3} μm , consistem nos sólidos dissolvidos (FUNASA, 2014).

As bactérias indicadoras de presença de fezes de animais de sangue quente correspondem ao grupo coliformes. Os coliformes totais indicam a existência de contaminação por material orgânico, porém inofensivos a saúde humana. Já os coliformes termotolerantes são organismos originários predominantemente do trato intestinal humano e outros animais, inserido no grupo *Escherichia*, que é um parâmetro que se detectado em água e ingerido pode provocar prejuízos à saúde humana (VON SPERLING, 1996). A *E. coli* evidencia que a contaminação é fecal, no entanto não assegura que a origem da contaminação seja humana (FAGUNDES, 2010).

4.4 SARS-CoV-2 em ambientes hídricos

A família do vírus CoV (*Coronaviridae*) provoca doenças que vão de um leve resfriado a mais severas doenças, como o MERS-CoV – Síndrome Respiratória no Oriente Médio e SARS-CoV – Síndrome Respiratória Aguda Grave (LA ROSA *et al.*, 2020). Relatos dos primeiros indícios do SARS foram feitos em 2002 na província de Guangdong na China e a doença é anunciada como infecciosa emergente (epidemia) em março de 2003. Alastrou-se por 25 países e atingiu 8.422 indivíduos, contudo, foi controlada através de medidas de isolamento (CHAN-YEUNG; XU, 2003). O SARS -CoV era desconhecido antes do surto da doença em

2003 e pode ser um coronavírus humano mutante que adquiriu novos fatores de virulência, permitindo a infecção da população humana. Desde o primeiro surto de SARS em 2003, observou-se que gotículas contaminadas com fezes se mostravam uma potencial via de disseminação do vírus por meio aquático (CASANOVA *et al.* 2006).

Casanova *et al.* (2006) observaram que os coronavírus podem manter-se infecciosos por longos períodos na água e no esgoto, assim sugeriu que o corpo hídrico contaminado, quando gerados aerossóis, é um potencial meio de propagação do vírus aos seres humanos expostos a ele. O supracitado estudo realizado por Casanova *et al.* (2006) buscou compreender a viabilidade do vírus por essa via. A pesquisa utilizou dois coronavírus substitutos, gastroenterite transmissível (TGEV) e hepatite de camundongo (MHV). Os resultados demonstraram que para ocorrer uma redução de 99% do grau reagente a 25°C em água, seriam necessários 22 dias para TGEV e 17 dias para MHV. Já em esgoto esse período corresponde a respectivamente 9 e 7 dias.

Em dezembro de 2019, o SARS-CoV-2 ocasionou um surto da doença COVID-19 provocando uma situação de emergência de saúde pública global. A doença foi diagnosticada pela primeira vez na cidade de Wuhan, China, e rapidamente teve uma disseminação em caráter mundial, conseqüentemente, foi declarada como pandemia pela Organização Mundial da Saúde no dia 11 de março de 2020 (WHO, 2020). Precedente a eclosão do surto da COVID-19 no mundo, estudos identificaram que uma variedade de vírus responsáveis por doenças infecciosas emergentes como Ebola, Influenza A (H5N1) e Influenza (H7N5) sobrevivem em amostras de fezes por até quatro dias (WEBER *et al.*, 2016).

Segundo o Ministério da Saúde (2020), os sintomas da COVID-19 são: dispnéia, tosse, dor de garganta, febre, coriza, dificuldade para respirar, anosmia, alteração do ageusia, distúrbios gastrointestinais, astenia e hiporexia. Para tanto, a contaminação se dá de um indivíduo doente para outro por contato direto através de gotículas de saliva, espirro, tosse, catarro, objetos ou superfícies contaminadas, como mesas, talheres, celulares, maçanetas etc (BRASIL, 2020).

Estudos ao redor do mundo vêm evidenciando a presença do vírus em amostras de esgotos domésticos, indicando que o vírus é eliminado através das fezes de indivíduos contaminados. Um estudo realizado por Xiao *et al.*, 2020, constatou através de experimentos com amostras de fezes de pacientes com COVID-19 que o SARS-CoV-2 permaneceu positivo após 12 dias dos primeiros sintomas, mesmo que suas amostras respiratórias terem apresentado resultado negativo (XIAO *et al.*, 2020). A quantificação do SARS-CoV-2 em águas residuais

oferece a capacidade de monitorar a prevalência de infecções na população por meio da epidemiologia baseada em águas residuais (WBE – Wastewater-Based Epidemiology) (AHMED *et al.*, 2020). Esses dados são de suma importância para o mapeamento comunitário da doença, fornecendo um sistema de vigilância de doenças infecciosas, desse modo, o WBE atua como uma ferramenta epidemiológica.

Embora o Brasil possua uma vasta legislação acerca do saneamento ambiental, como a Lei 11.445/07, que trata da Política Nacional do Saneamento, o percentual do esgoto que é coletado e não passa por tratamento antes de ser lançado em corpos hídricos em áreas urbanas é de 50,1% (SNIS, 2019), sendo assim, boa parte das águas residuais domésticas é lançada sem tratamento nos corpos de água. As formas de veiculação do vírus no ambiente devem ser bem exploradas para se ter um maior conhecimento no intuito de erradicar a doença. Assim, “a vigilância ambiental do SARS-CoV-2 pode servir como fonte de dados, indicando se o vírus está circulando na população humana (LODDER; HUSMAN, 2020).”

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área de Estudo

O rio Jaguaribe é o rio mais extenso de João Pessoa, com 21 quilômetros de extensão, e corta 9 bairros. Sua nascente localiza-se no bairro Esplanada e sua foz no bairro do Bessa. Segundo dados disponibilizados pelo SNIS (2019), João Pessoa possui uma população total estimada de 809.015 de habitantes, desses 99,62% dos habitantes encontram-se na zona urbana. O município possui um clima tropical úmido com temperatura média de 26°C e pluviosidade média anual de 1019 mm.

A escolha desse rio como objeto de estudo se baseou no fato de estar totalmente inserido no perímetro urbano da cidade, portanto, alvo de intensa interferência antrópica. Para as coletas de água foram escolhidos 10 pontos no Rio Jaguaribe, nos seguintes bairros: Cristo Redentor, Cruz das Armas, Castelo Branco, Cabo Branco, São José, Aeroclub e Bessa (Figura 1). Foram realizadas 2 coletas em cada ponto, em 09 de dezembro de 2020 e em 05 de julho de 2021, e a escolha dos pontos de coleta foi baseada na acessibilidade ao ponto, bem como no adensamento de moradias no entorno do rio.

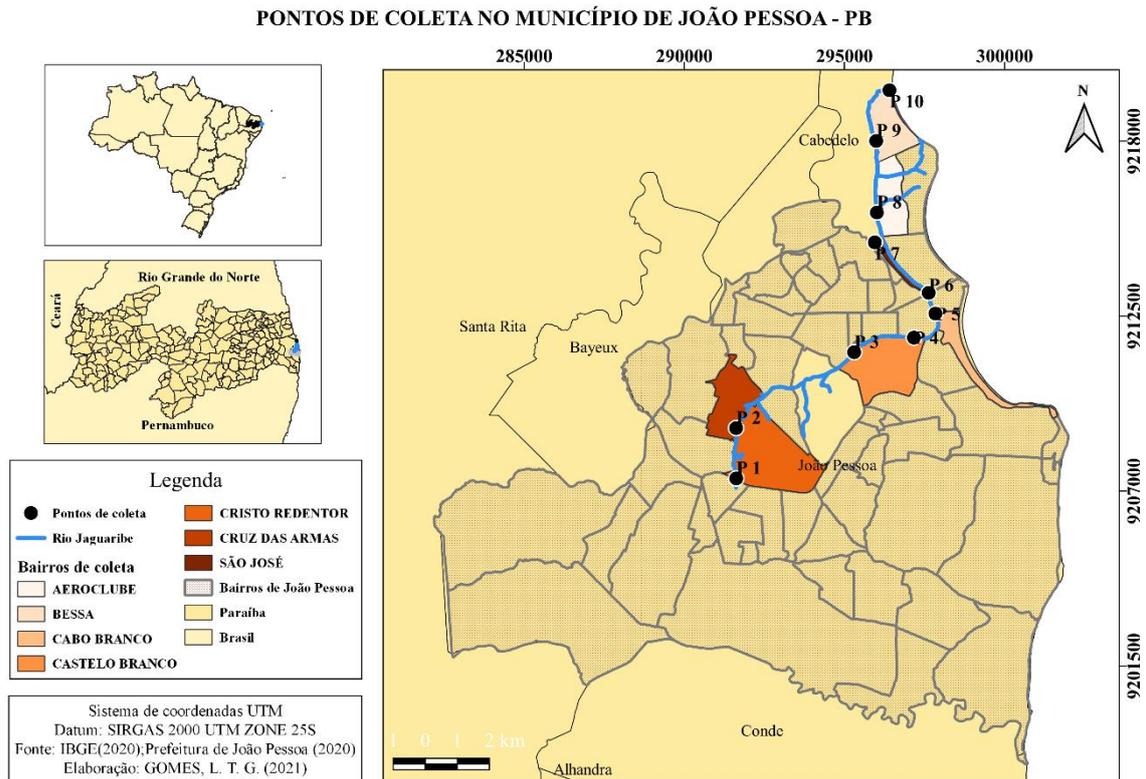


Figura 01: Distribuição dos 10 pontos ao longo do Rio Jaguaribe, distribuídos em 7 bairros de João Pessoa – PB, Brasil. Ponto 1 - Cristo Redentor, o ponto 2 trata-se do bairro Cruz das Armas, Ponto 3 - Castelo Branco, ponto 4 - Castelo Branco, ponto 5 - Cabo Branco, ponto 6 - São José, ponto 7 - São José, ponto 8 - Aeroclube, ponto 9 - Bessa e a foz no ponto 10 (Bessa).

Fonte: Elabora pela autora.

5.2 Obtenção dos Dados Socioeconômicos e da Situação Epidemiológica de COVID-19

Para a coleta das informações socioeconômicas dos bairros de João Pessoa – PB, foram coletados dados do censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sendo este o último censo realizado e disponível até a execução desta pesquisa. A análise se baseou em um comparativo nos bairros inerentes a este estudo e as informações utilizadas foram relacionadas à educação (pessoa com idade superior a 5 anos alfabetizadas ou não); tipo de domicílios particulares permanentes; rendimento nominal médio mensal domiciliar; média de moradores por domicílio; existência de banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário em domicílios particulares permanentes; formas de abastecimento de água nos domicílios; e, destino do lixo dos domicílios particulares permanentes.

Os dados epidemiológicos para subsidiar esta pesquisa foram coletados da Plataforma Painel COVID-19 João Pessoa, disponibilizados pela Secretaria de Saúde de João Pessoa – PB por meio do setor de Vigilância Epidemiológica. Neste estudo utilizou-se o quantitativo de casos referentes ao dia da coleta, bem como o cumulativo de casos até a data que foi realizada cada coleta.

5.3 Metodologia para Detecção do SARS-CoV-2

As amostras de água foram coletadas em dois períodos do ano diferentes em 10 pontos do Rio Jaguaribe. Para cada ponto foram coletadas 3 amostragens de água em intervalos de 2 minutos e dispostas no mesmo recipiente. As amostras foram transportadas e acondicionadas a uma temperatura de 8°C, até a chegada ao Laboratório de Medicina Tropical (NUMETROP/CCM – Centro de Ciências Médicas) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Neste, foi realizada a filtração em membrana carregada eletro negativamente, da marca Filtrilo, diâmetro 47 mm, poro de 0,45 μ m. Em cada ponto foi filtrado o volume médio de água de 300 mL, sendo utilizadas duas membranas por ponto. Em seguida, no Laboratório de Biologia Molecular (LaBiMol/CCM), realizou-se a extração do RNA total, obedecendo aos procedimentos indicados pelo fabricante do kit, a Qiagen (QIAamp Viral RNA). A curva padrão de diluição de seis vezes foi utilizada e desenvolvida usando concentrações conhecidas de um plasmídeo contendo o gene nucleocapsídeo completo do SARS-CoV-2 (Integrated DNA Technologies, EUA), variando de 105 a 1 cópias/ μ L (PEREZ et. al, 2021). Cada ensaio de PCR quantitativo foi submetido à amplificação e detecção do SARS-CoV-2 no equipamento *QuantiStudio3 Real Time PCR System*, conforme Figura 2. Os genes alvo de cada amostra foram testados em triplicata, alvo molecular: N1 e RNP (controle interno positivo, detecta RNase P humano) como indicador viral humano

Considerou-se positiva a detecção do vírus na água do Rio Jaguaribe os pontos que tiveram Ct (RNP) e Ct (N1) abaixo de 40 em pelo menos em uma das triplicatas utilizadas. Ct – *Cycle Threshold* corresponde ao número de ciclos no qual a amplificação da sequência alvo do DNA foi detectada (KUBISTA et al., 2006).

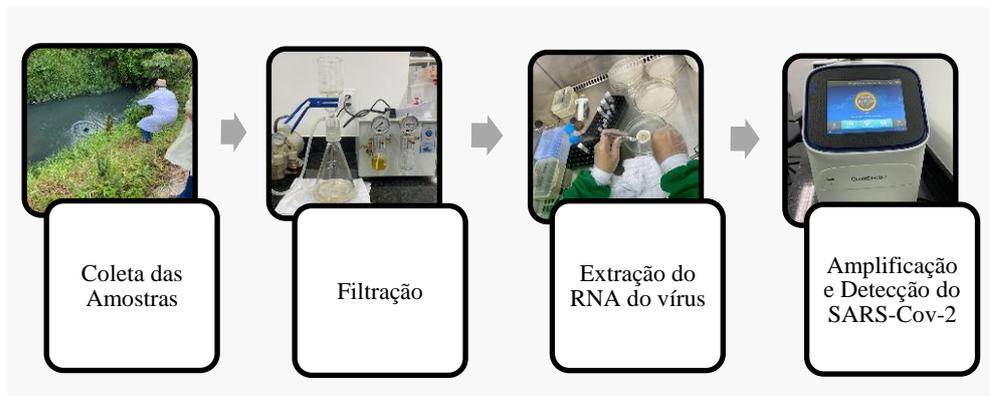


Figura 02: Etapas para a detecção e quantificação do SARS-CoV-2.
Fonte: Elaborado pela autora.

5.4 Análises Físico-Químicas

Para as análises físico-químicas foi coletado um volume de 500 mL por ponto e encaminhado para o laboratório da SUDEMA. Os procedimentos de análise físico-química obedeceram aos protocolos disponibilizados pelo fabricante de cada equipamento para os parâmetros escolhidos. Para o parâmetro cor utilizou-se o equipamento Colorímetro DIGIMED 50389, para a turbidez o Turbidímetro HACH 2100Q, para o pH o Phmetro SENSOGLASS SP1800, para condutividade e Sólidos Totais Dissolvidos (SDT), o Condutivímetro SENSOGLASS SC1800.

Os valores máximos permitidos dos parâmetros físico-químicos avaliados neste trabalho, estabelecidos na Portaria do Ministério da Saúde nº 888/2017 e na Resolução CONAMA nº 357/2005, estão descritos na Tabela 01. Essas normativas estabelecem diretrizes de vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2021). Dos parâmetros avaliados neste estudo, a Tabela 01 apresenta o valor estabelecido por cada parâmetro em cada legislação vigente no país acerca de qualidade da água.

Parâmetro	VMP Portaria MS nº 888/21	VMP CONAMA 357/05
Cor Aparente	15 uH	-
Turbidez	5 unT	-
STD	500 mg/L	500 mg/L
pH	6 a 9	6 a 9
Condutividade	-	-

Tabela 01: Parâmetros avaliados e seus VMP na Portaria nº 888/2021 e CONAMA nº 357/2005.

Os usos preponderantes para enquadrar as águas em classes possuem parâmetros selecionados na Resolução CONAMA nº 357/2005. Além do tipo de uso, também são selecionados os parâmetros de acordo com as fontes de poluição, características hidrogeoquímicas e hidrogeológicas, e cabe ao órgão competente estipular outros critérios técnicos (caso necessário).

5.5 Análise Bacteriológica

No que diz respeito à análise bacteriológica, foram coletados 100 mL em cada ponto, e transportados em isopor a uma temperatura aproximada de 8°C para o laboratório de

microbiologia da Universidade Federal da Paraíba. A metodologia utilizada na análise foi o método *Colilert*, que é um teste qualitativo rápido de ausência ou presença de coliformes totais e *E. coli*. Esse teste utiliza uma Tecnologia do Substrato Definido - Defined Substrate Technology (DST) para identificar concomitantemente a presença de coliformes totais e *E. coli* (IDEXX, 2021). Os procedimentos de análise obedeceram as indicações do fabricante, IDEXX.

Parâmetro	VMP Portaria de Consolidação 05/17	VMP CONAMA 357/05
Coliformes Totais	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
<i>Escherichia coli</i>	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL

Tabela 02: Valores de referência para os parâmetros bacteriológicos avaliados.

De acordo com a Portaria nº 888 de 2021 do Ministério da Saúde, as águas para consumo humano não devem ter presença de coliformes totais e *Escherichia coli* em amostra de 100 mL, conforme disposto na Tabela 02.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na literatura buscou-se informações sobre a relação existente entre a degradação da qualidade ambiental e indicadores socioeconômicos da população, para tanto foram selecionados dados que representavam e apontavam fatores antrópicos de impactos diretos no rio. Para correlacionar as informações socioeconômicas com a poluição do rio foram analisados alguns dados do IBGE (2010) com os resultados das análises de água, abarcando parâmetros para subsidiar uma avaliação da qualidade ambiental e social no entorno de onde o rio está inserido.

O parâmetro de educação descrito na Tabela 03 desta pesquisa tratou-se do quantitativo de pessoas alfabetizadas ou não por bairros, onde os bairros com os piores índices de alfabetização foram São José, Cristo Redentor e Cruz das Armas, estes possuindo percentuais superiores de não alfabetizados que a cidade de João Pessoa – PB, indicando uma população com menos acesso à educação. Castelo Branco apresentou percentual um pouco menor que a média do município e o Aeroclube foi o que apresentou o menor índice de não alfabetizados, sendo seguido por Cabo Branco e Bessa, dando indícios de indivíduos com maior acesso à educação.

A Tabela 03 também exhibe os tipos de domicílios por bairros na cidade de João Pessoa, onde acentuou-se os bairros que possuíam habitações subnormais, estes foram Cristo Redentor, Cruz das Armas, Castelo Branco, Cabo Branco, São José e Bessa. Apenas o bairro do Aeroclub não apresentou habitações descritas pelo censo como casa de cômodos, cortiço ou cabeça de porco.

Visando traçar a situação econômica da população residente nos supracitados bairros do entorno do rio foi utilizado como um indicador a média de rendimento mensal dos domicílios particulares permanentes foi dividido pela média de moradores particulares destes domicílios para verificar a renda per capita dos indivíduos e comparar com o salário mínimo do ano de referência para indicar os bairros com os menores rendimentos, sendo o bairro de Cruz das Armas e São José obtendo rendimentos inferiores a um salário mínimo per capita, como descrito na Tabela 03. Cabe destacar que o salário mínimo no ano de 2010 era R\$ 510,00.

Os bairros do Cristo Redentor e Castelo Branco apresentaram renda per capita superior a 1 (um) salário mínimo, porém um valor de renda mensal abaixo da média da cidade de João Pessoa – PB (R\$775,64). O bairro de Cabo Branco destaca-se como o de maior rendimento mensal entre os bairros estudados, contudo, Aeroclub e Bessa também possuem rendimentos elevados em comparativo com a média da cidade, chegando estes a ter quase o dobro do valor médio da renda da cidade (R\$ 2.613,92) e uma média de residentes por domicílio inferior aos outros bairros, assim como da média da cidade (3,37).

	Parâmetro	Município	Bairros						
			João Pessoa - PB	Cristo Redentor (Ponto 1)	Cruz das Armas (Ponto 2)	Castelo Branco (Ponto 3 e 4)	Cabo Branco (Ponto 5)	São José (Ponto 6 e 7)	Aeroclube (Ponto 8)
Pessoas com idade superior a 5 anos	Educação								
	Total	673.221	34.759	23.735	10.991	7.601	6.326	9.095	12.327
	Alfabetizadas	611.738	30.588	20.967	10.124	7.435	4.834	8.943	11.909
	Não Alfabetizados	61.482	4.171	2.768	867	166	1.492	152	418
	Percentual de Não Alfabetizados	9,13%	12%	11,66%	7,90%	2,18%	23%	1,68%	3,39%
Domicílios particulares permanentes (Unidades) por Bairros	Tipo de domicílio								
	Total	213.256	10.623	7.350	3.283	2.649	2.134	3.205	4.235
	Casa	157.415	8.971	6.880	2.965	598	1.711	370	1.563
	Casa de vila ou em condomínio	10.883	487	306	67	73	364	50	197
	Apartamento	44.366	1.158	155	250	1.976	28	2.785	2.467
	Habitação em casa de cômodos, cortiço ou cabeça de porco	592	7	9	1	2	31	-	8
Rendimento nominal médio mensal domiciliar	Valor (R\$)	2.613,92	1.926,09	1.285,15	2.017,03	8.652,35	660,43	5.419,25	4.732,95
Média de moradores em domicílios	Nº de indivíduos	3,37	3,52	3,47	3,43	2,98	3,32	3	3,09

Tabela 03: Pessoas com idade superior a 5 anos alfabetizadas ou não, por bairros; tipo de domicílio por bairros; rendimento mensal por bairros; média de moradores em domicílios em João Pessoa – PB. Em destaque pontos com indicadores de educação inferior ao do município, pontos com presença de habitações precárias e rendimentos per capita abaixo de um salário mínimo.

Fonte: Elaborado pela autora.

A ausência de banheiros é um parâmetro que aponta para uma maior degradação ambiental, devido a uma inadequada destinação dos dejetos humanos. Na Tabela 04 expressa a existência de banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário em domicílios particulares por bairros, enfatizado na Tabela 04 os parâmetros com maior risco de contaminação e seus respectivos bairros correspondentes.

A Tabela 04 indica os parâmetros referentes a existência de banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário, em destaque estão os bairros com maiores riscos sanitários a saúde da população e ao meio ambiente (Cristo Redentor, Cruz das Armas, Castelo Branco e São José), os que apresentaram melhores situação foram Cabo Branco e Aeroclube, por não apresentarem

registros de indivíduos que não possuem banheiro nem sanitário. De acordo com o SNIS (2019), 80,92 % da população urbana de João Pessoa foi efetivamente atendida por rede coletora de esgoto (com ou sem tratamento), estando acima da média nacional que é de 61,88%.

Parâmetro	Município							
	João Pessoa - PB	Cristo Redentor (Ponto 1)	Cruz das Armas (Ponto 2)	Castelo Branco (Ponto 3 e 4)	Cabo Branco (Ponto 5)	São José (Ponto 6 e 7)	Aeroclube (Ponto 8)	Bessa (Ponto 9 e 10)
Presença de banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário								
Possuem banheiro ou sanitário - de uso exclusivo do domicílio - com tratamento (rede coletora ou tanque séptico)	365.710	18.908	11.902	6.164	5.257	3.660	6.354	7.766
Possuem banheiro ou sanitário - de uso exclusivo do domicílio - sem tratamento (fossa rudimentar, vala, rio, mar, outros)	59.652	2.246	2.754	380	41	582	56	702
Não possui banheiro nem sanitário	575	46	22	11	-	13	-	1

Tabela 04: Presença de banheiro ou esgotamento sanitário nos domicílios, por bairros em João Pessoa – PB. Em destaque pontos com ausência de esgotamento sanitário ou precariedade na destinação dos efluentes (Parâmetros: Possuem banheiro ou sanitário – de uso exclusivo do domicílio – sem tratamento, fossa rudimentar, vala, rio, mar, outros e não possui banheiro nem sanitário).

Fonte: Elaborado pela autora.

A Tabela 05 expressa a forma de abastecimento de água dos domicílios por bairros, assim foi destacado a fonte de abastecimento a qual pode apresentar risco a saúde, caso não seja avaliada a qualidade da água destinada ao pré-estipulado uso. Neste sentido, constou-se que o Castelo Branco e o São José possuíam domicílios que tinham suas fontes de abastecimento advindos de “rio, açude, lago ou igarapé”. Ademais, cabe destacar que não foi especificado se houve ou qual o tipo de tratamento da água para abastecimento por quem utiliza fontes alternativas ao abastecimento público de água. Em João Pessoa no ano de 2019, a parcela da população urbana registrada como efetivamente atendida por rede de abastecimento de água é de 100%, estando acima da média nacional que é de 92,85% (SNIS, 2019).

Parâmetro	Município							
	João Pessoa - PB	Cristo Redentor (Ponto 1)	Cruz das Armas (Ponto 2)	Castelo Branco (Ponto 3 e 4)	Cabo Branco (Ponto 5)	São José (Ponto 6 e 7)	Aeroclube (Ponto 8)	Bessa (Ponto 9 e 10)
Total	213.256	10.623	7.350	3.283	2.649	2.134	3.205	4.235
Rede geral	205.564	10.472	7.287	3.234	2.537	2.122	2.979	4.217
Poço ou nascente	7.191	118	39	38	112	1	224	15
Rio, açude, lago ou igarapé	19	-	-	1	-	3	-	-

Tabela 05: Formas de abastecimento de água em domicílios, por bairros, em João Pessoa – PB. Em destaque, fontes de abastecimento precárias.

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Tabela 06 está ressaltado as formas de destinação dos resíduos sólidos consideradas inadequadas e com risco a saúde dos indivíduos e ao meio ambiente. Os bairros em que os resíduos sólidos apresentaram unidades que queimavam seus lixos dentro da propriedade foram Cristo Redentor, Cruz das Armas, Castelo Branco, São José, Aeroclub e Bessa. O Cristo Redentor indicou domicílio que enterrava seu lixo na propriedade.

Os bairros Cristo Redentor, Cruz das Armas, Cabo Branco, São José, Aeroclub e Bessa possuíam domicílios que tinham o destino do seu lixo em terreno baldio ou logradouro e Cristo Redentor, Cruz das Armas e São José apontaram unidades despejando seus resíduos sólidos em rio, lago ou mar. Segundo o SNIS (2019), 100% da população urbana da cidade de João Pessoa – PB possui cobertura do serviço de coleta de resíduos sólidos, sendo esta taxa superior em relação à média nacional do país que é de 98,8%.

Parâmetro	Município	Domicílios particulares permanentes (Unidades) por Bairros						
		João Pessoa - PB	Cristo Redentor (Ponto 1)	Cruz das Armas (Ponto 2)	Castelo Branco (Ponto 3 e 4)	Cabo Branco (Ponto 5)	São José (Ponto 6 e 7)	Aeroclub (Ponto 8)
Total	213.256	10.623	7.350	3.283	2.649	2.134	3.205	4.235
Coletado por serviço de limpeza	211.552	10.430	7.237	3.269	2.648	2.022	3.201	4.233
Queimado (na propriedade)	502	31	10	13	-	2	1	1
Enterrado (na propriedade)	57	1	-	-	-	-	-	-
Descartado em terreno baldio ou logradouro	848	84	76	-	1	100	1	1
Descartado em rio, lago ou mar	217	72	15	1	-	10	-	-
Outro destino	80	5	12	-	-	-	2	-

Tabela 06: Destino do lixo em domicílios, por bairros em João Pessoa – PB. Em destaque a destinação de resíduos sólidos inadequados.

Fonte: Elaborado pela autora.

Na avaliação socioeconômica (Tabela 07) o bairro que apresentou os piores indicadores foi o bairro São José, seguido por Cruz das Armas e Cristo Redentor, o bairro que obteve indicadores com valores intermediários foi o Castelo Branco e os melhores índices foram os do Aeroclub, seguido por Bessa e Cabo Branco.

FATORES SOCIOECONÔMICOS							
Nº do Ponto	Piores índices de Alfabetização	Piores tipos de habitação	Menores Rendimentos mensais per	Piores índices Sanitários	Não possuíam banheiro	Fonte de abastecimento de água	Pior destinação final do lixo
Ponto 1							
Ponto 2							
Ponto 3 e 4							
Ponto 5							
Ponto 6 e 7							
Ponto 8							
Ponto 9 e 10							
LEGENDA:							
 Pontos com pior índice;							
 Pontos com índices ruins;							
 Pontos com índice intermediário;							
 Pontos com bons índices.							

Tabela 07: Indicadores socioeconômicos dos 10 pontos estudados ao longo do rio Jaguaribe. Ponto 1 - Cristo Redentor, o ponto 2 trata-se do bairro Cruz das Armas, Ponto 3 - Castelo Branco, ponto 4 - Castelo Branco, ponto 5 - Cabo Branco, ponto 6 - São José, ponto 7 - São José, ponto 8 - Aeroclube, ponto 9 - Bessa e a foz no ponto 10 (Bessa).

Fonte: Elaborado pela autora.

As condições e usos do rio observados nos pontos estão dispostas na Figura 03, assim, para efeitos de padronização, cada representação está mostrando respectivamente a visão a montante e a visão a jusante, tendo como referência o ponto de coleta. A primeira coleta foi realizada no mês de dezembro (verão), e a segunda no mês de julho (inverno). Em todos os 10 pontos de coleta foi observado ocupação desordenada com residências e atividades antrópicas no entorno do rio, sendo em alguns pontos (Pontos 2, 3, 4, 6 e 7) o adensamento populacional margeando o rio Jaguaribe.



Figura 03: Imagens dos 10 pontos de coleta, vista a montante e a jusante respectivamente dos: Ponto 1 (Cristo Redentor) - a) e b); Ponto 2 (Cruz das Armas) - c) e d); Ponto 3 (Castelo Branco) - e) e f); Ponto 4 (Castelo Branco) - g) e h); Ponto 5 (Cabo Branco) - i) e j); Ponto 6 (São José) - k) e l); Ponto 7 (São José) - m) e n); Ponto 8 (Aeroclube) - q) e r); Ponto 9 (Bessa) - s) e t).
Fonte: Elaborado pela autora.

As imagens retratam a condição que o rio se encontra no que diz respeito à qualidade ambiental e condições sociais, sendo poucos os trechos em que a mata ciliar foi vista preservada. A ocupação desordenada e as construções de habitações subnormais são comuns ao longo da extensão do rio, provocando impactos significativos na degradação da qualidade

ambiental. Principalmente, pela falta de conscientização da população ribeirinha quanto a preservação do manancial, sendo observados e identificados pontos de despejo de resíduos sólidos, e tubulações que despejavam diretamente os efluentes no corpo hídrico. A prerrogativa legal de preservação de matas ciliares foi melhor respeitada nos pontos 1, 5, 9 e 10. Os locais onde não houve respeito a preservação das matas ciliares observou-se o assoreamento do rio, verificou-se também descargas de material orgânico através do despejo de efluentes acarretando na eutrofização do corpo hídrico. Estes impactos ocasionam em diminuição da capacidade de autodepuração do rio, bem como da oferta de água e redução da qualidade da água disponível. O ponto 8 é um trecho do rio que foi canalizado, no entanto possui características similares aos outros pontos, no tocante a presença de macroalgas e eutrofização.

Entre o Ponto de coleta de número três e o de número 4, nas proximidades da BR-230, a CAGEPA possui uma Estação Elevatória de Esgoto – EEE (consiste em uma infraestrutura de bombeamento para os efluentes quando a gravidade não consegue atuar no escoamento destes) as margens do rio Jaguaribe. De acordo com Reis (2015), há indícios de extravasamento dos efluentes para o rio Jaguaribe, advindos desta EEE. Este trabalho através de estudos analíticos da água apontou que há interferência desta EEE na qualidade do Rio, mesmo com a ausência de residências nas proximidades, indicando também a baixa qualidade da água e com presença de eutrofização no ponto.

Alguns trabalhos detectaram o material genético do vírus em águas residuais na Itália, Holanda, EUA, França e Austrália (LA ROSA *et al.*, 2020; AHMED *et al.*, 2020; LODDER E HUSMAN, 2020; MEDEMA *et al.*, 2020; NEMUDRYI *et al.*, 2020; F. WU *et al.*, 2020; WURTZER *et al.*, 2020). Tratando-se da detecção em rios, o estudo realizado no Japão por Haramoto *et al.* (2020) não identificou presença do SARS-CoV-2 em amostras de água de rios contaminados por efluentes, embora tenha encontrado nas águas residuais. Contudo, os resultados obtidos por outro trabalho no tocante à presença do SARS-CoV-2 em meio aquático detectou o vírus em alguns pontos no caso de Guerrero-Latorre *et al.* (2020). Este, realizado na capital do Equador, Quito, obteve resultados positivos quanto à presença do SAR-CoV-2 em rios com contexto de baixo saneamento, semelhante com o objeto de estudo deste trabalho. Os pesquisadores deste estudo depararam-se com cargas de RNA SARS-CoV-2, que variaram de $2,07 \times 10^5$ a $3,19 \times 10^6$ cópias/L. Tendo em vista, outro estudo nesta vertente, experimentos realizados na região metropolitana de Milão, Itália por Rimoldi *et al.*, 2020, verificou a presença do SARS-CoV-2 em águas residuais brutas, bem como em seus corpos hídricos receptores.

Nº do Ponto	C1		C2		C1		C2		C1		C2		C1		C2		Coleta 1	
	pH		Cor (uH)		Turbidez (uT)		Condutividade (uS/cm)		STD (mg/L)		SARS-CoV-2		Ct (NI)		Colif. Totais		<i>E. coli</i>	
1	6,4	6,8	20,3	34,8	5,04	10,62	125,8	222	85,6	151,5	N/D	N/D	29,16	32,33	+	+		
2	6,55	6,5	32,4	38,5	9,91	19,65	169,5	235	115,4	160,6	N/D	N/D	29,69	31,94	+	+		
3	6,82	6,5	21,6	38,3	5,18	6,7	241	255	164,1	174,6	N/D	N/D	N/D	N/D	+	+		
4	6,94	6,2	49,3	42,5	9,73	11,13	215	256	146,2	173,8	33	39,31	34,78	34,3	+	+		
5	6,85	6,5	56,4	51	22,2	16,55	209	254	142,8	173,2	33	38,87	36,61	35,96	+	+		
6	6,93	6,4	41,1	55,7	10,8	20,83	211	263	143,4	179,8	-	-	37,11	34,48	+	+		
7	7,03	6,5	54	66,1	16,4	30,49	241	296	164,4	201	29	39,09	33,47	35,14	+	+		
8	7,05	6,5	62,7	69,6	5,49	19,78	259	349	176,2	237	N/D	N/D	N/D	N/D	+	+		
9	6,88	7,1	38	62,8	26,3	10,71	220	402	149,8	273	N/D	N/D	N/D	N/D	+	+		
10	7,57	7,7	66,9	58,4	5,42	29,72	1410	260	957	177,3	N/D	N/D	N/D	N/D	+	+		

Tabela 08: Resultados das análises físico-químicas, detecção de SARS-CoV-2 e análises bacteriológicas.

N/D – Não Detectado.

Fonte: Elaborado pela autora.

A Tabela 08 dispõe sobre as condições físico-químicas e microbiológicas da água. Logo, os pontos que na primeira coleta apresentaram a presença do SARS-CoV-2 foram o 4, 5 e 7, nestes foram detectado material genético do vírus. Na segunda coleta foi detectado material genético viral nos mesmos pontos, e além desses, os pontos 1, 2 e 6 tiveram resultado positivo. Sendo assim, na primeira coleta, as amostras de água de 30% dos pontos submetidos à detecção do SARS-CoV-2, demonstraram resultados positivos, e, 60% dos pontos da segunda coleta.

O Ct alto (próximo a 40) é indicativo de carga viral baixa, uma característica normal devido ao volume de água elevado diante da diluição da carga viral. A detecção do SARS-CoV-2 na água serve como parâmetro para o monitoramento e prevalência da doença na cidade.

No dia 09 de dezembro de 2020 (coleta 1) o cumulativo de casos desde o primeiro registro da doença na cidade foi de 45.245 casos e no dia em questão teve 100 casos de COVID-19 notificados. Na coleta 2, no dia 05 de julho de 2021 a doença tinha um cumulativo de 90.650 casos, e no dia da coleta foram registrados 218 casos. A estimativa de casos é com relação a toda cidade de João Pessoa e quando correlacionando o número de casos e a detecção do vírus pode-se inferir que a quantidade de casos influenciou no número de pontos que testaram positivo para o vírus na água.

A sobrevivência do vírus em ambientes aquáticos vai ser influenciado pelas propriedades da água, os principais fatores a serem considerados são a temperatura da água, matéria orgânica, pH e STD (TRAN et al, 2021). Apesar de a água do rio Jaguaribe não ser comumente utilizada para consumo humano, neste trabalho utilizou este tipo de uso para avaliar

os Valores de Referência acerca dos padrões de potabilidade contidos na Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde bem como na Resolução CONAMA nº 357/05, a fim de subsidiar como parâmetros para comparação com os resultados obtidos nos pontos estudados. Ademais, a variação na coloração e aspecto turvo da água entre os pontos pode ser visualizado na Figura 04, pode-se notar a presença de Sólidos em suspensão em algumas amostras, estas foram submetidas às análises físico-química.

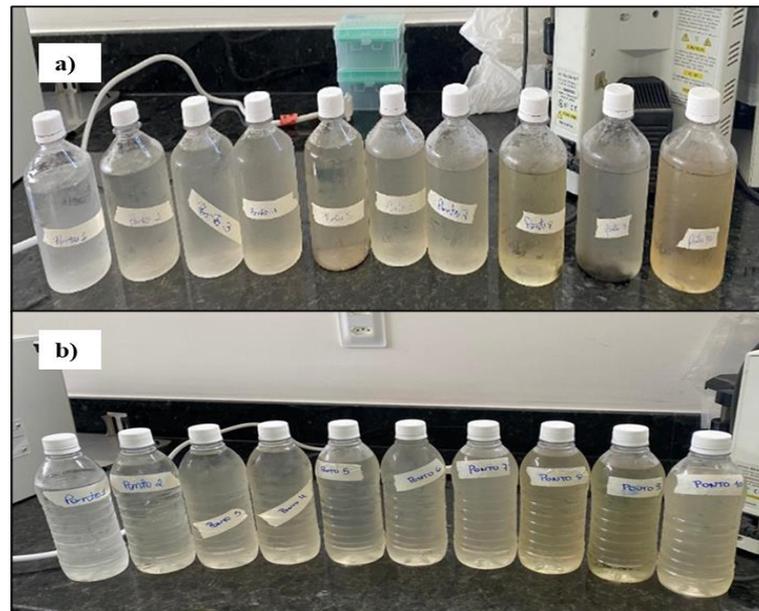


Figura 04: Amostras de água referentes a cada ponto coletado do 1 ao 10. a) coleta 1; b) coleta 2. Fonte: Elaborado pela autora.

A Tabela 08 apresenta os resultados do pH com relação aos pontos avaliados nas duas coletas realizadas neste trabalho. Na coleta 1 o pH entre os pontos variou 6,4 (ponto 1) a 7,5 (ponto 10). A coleta 2 o valor do pH variou de 6,2 (ponto 4) 7,7 (ponto 10). Não apresentando nenhum valor para este parâmetro que estivesse fora dos padrões de potabilidade. Ademais, pode-se classificar a água analisada do Rio Jaguaribe em todos os pontos como básica. Segundo a FUNASA, para que haja uma manutenção adequada da vida aquática, é necessário que o pH da água se situe, em geral, no intervalo de 6 a 9 (FUNASA, 2014). As variações que ocorrem nos valores do pH da água podem ser oriundas de meio natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos de efluentes domésticos e industriais). Logo, os resultados para este parâmetro estão dentro dos padrões determinados pela legislação.

A Cor ao longo dos pontos na coleta 1 variou entre 20,3 uH (Ponto 1) e 66,9 uH (Ponto 10), na coleta 2 variou entre 34,8 uH (Ponto 1) à 69,6 uH (Ponto 8) (Tabela 08). O valor máximo para uso de consumo humano, de acordo com a Portaria nº 888/2021, é de 15 uH, logo, os resultados obtidos das análises configuram em uma água fora dos padrões de potabilidade em todo o percurso do rio, em relação a este parâmetro. A cor pode advir de origem natural

(decomposição da matéria orgânica – ácidos húmicos e fúlvicos), bem como ferro e manganês. A cor também pode se originar de forma antropogênica através de despejos de esgotos domésticos e resíduos industriais em corpos de água (VON SPERLING, 1996). Não obstante, a presença de cor na água possa gerar dúvidas quanto a confiabilidade da mesma, tratando-se da presença por origem natural, este parâmetro não representa um risco direto à saúde. No entanto, deve-se tomar cuidado ao tratar a água para consumo humano a qual apresente cor, pois a cloração realizada em água que contenha matéria orgânica, pode gerar produtos potencialmente cancerígenos (trihalometanos) (VON SPERLING, 1996).

As partículas em suspensão provocam a Turbidez, assim quando ocorre sedimentação esta diminui. Em ambientes com baixa velocidade de escoamento da água (lagos e represas), os valores para turbidez podem ser baixíssimos. Ela pode advir de origem natural ou ser resultante de lançamentos de esgotos domésticos ou industriais em águas (FUNASA, 2014). Os resultados obtidos para este parâmetro (Tabela 07) variaram entre 5,04 unT (Ponto 1) e 26,3 unT (Ponto 9), na coleta 1. Na coleta 2 essa variação foi de 6,07 unT (Ponto 3) à 30,49 unT (Ponto 7). De acordo com a legislação vigente os pontos 1, 3, 8 e 10 foram os que mais se aproximaram dos padrões de potabilidade.

Para a condutividade os valores (Tabela 07) foram de 125,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ponto 1) e 1410 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ponto 10) na coleta 1, e de 222 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ponto 1) à 402 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ponto 9), na coleta 2. A condutividade reflete indiretamente a concentração de poluentes, pois deriva das concentrações iônicas e da temperatura, quantificando os sais existentes na coluna de água (CETESB, 2019). Embora não haja Valores de Referência para este parâmetro, têm-se que teores entre 0 e 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em águas naturais são considerados normais, acima disto pode apontar ambientes em processo de degradação (CETESB, 2019).

O parâmetro Sólidos Totais Dissolvidos (Tabela 07) na coleta 1 apresentou valores de 85,6 mg/L (Ponto 1) à 957 mg/L (Ponto 10), e na coleta 2 de 151,5 mg/L (Ponto 1) à 273 mg/L (Ponto 9). Conforme a legislação vigente acerca de potabilidade, apenas o ponto 10 da coleta 1 encontra-se fora dos padrões estabelecidos. Percebe-se que os pontos que apresentaram menor e maior STD foram respectivos aos que se observou menor e maior condutividade, estes parâmetros assim, se correlacionando entre si. Segundo a FUNASA (2014) com a adição de sólidos dissolvidos na água tende a aumentar a condutividade, um número elevado deste parâmetro pode sugerir características corrosivas da água. A introdução de sólidos nos meios aquáticos tem origem natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênico (lançamento de lixo e esgotos) (FUNASA, 2014). Ademais, tratando-se da

detecção de SARS-CoV-2 em águas o STD é um parâmetro importante a ser mensurado, visto que o teor de sólidos quanto maior, o potencial de vírus adsorvido nos sólidos será maior, reduzindo a concentração de vírus no filtrado (GIACOBBO et al, 2021).

As amostras submetidas à análise bacteriológica na coleta 1 (Tabela 07) apontam contaminação por Coliformes Totais e E. Coli. A presença destes parâmetros concomitantemente em amostras de água aponta contaminação por matéria orgânica de origem fecal humana. De acordo com a legislação brasileira estas bactérias devem estar ausentes em 100 mL da amostra de água para que seja considerada como dentro dos padrões de potabilidade. A presença dos Coliformes nas amostras corrobora o fato da presença de despejos de esgotos domésticos no rio Jaguaribe associado a eliminação fecal do SARS-CoV-2, assim, subsidiando a ocorrência do vírus na água.

No ponto 1 (nascente do rio Jaguaribe) observou-se melhores resultados tratando-se das análises físico-químicas. Estes dados convergem com o fato de as nascentes de rio serem pontos que sofrem menos impacto por se tratar de um local que em geral possui uma preservação maior das características naturais do entorno. Uma das características a ser destacada em relação ao ponto 3 (Castelo Branco) é ser antecedido pelo Jardim Botânico Benjamim Maranhão, popularmente chamado de Mata do Buraquinho. Devido a preservação da fauna e flora naquele ponto, o ecossistema tenta restaurar-se por meio de processos naturais, assim a mata funciona como um filtro de impurezas e os resultados obtidos quanto a cor, turbidez e detecção do SARS-CoV-2 no ponto após o trecho do rio ter passado foram melhores que o ponto anterior (Cruz das Armas). O último ponto de coleta do rio (foz – bairro do Bessa) obteve os piores indicadores físico-químicos da qualidade da água na coleta 1, e na coleta 2 os pontos 8 (Aeroclube) e 9 (Bessa), demonstrando um ambiente aquático degradado, principalmente devido ter recebido contribuições ao longo de todo o trecho do rio, o tempo de autodepuração não ser suficiente para recuperação natural da água, acumulando ponto a ponto as impurezas despejadas em seu leito.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A carência e precariedade de saneamento básico faz com que efluentes domésticos sejam despejados em corpos de água, levando a contaminação por elementos fecais nos rios. Durante a pandemia da COVID-19, identificou-se a eliminação fecal do SARS-CoV-2 por pessoas infectadas, fazendo-se necessário o monitoramento que trace um diagnóstico

comunitário da doença, principalmente em países com baixo recurso para testagem em massa. Este estudo verificou a presença de SARS-CoV-2 em alguns pontos de coleta do objeto de estudo, o Rio Jaguaribe, bem como avaliou parâmetros da qualidade da água e fatores socioeconômicos da população no entorno do rio. Ademais, para assegurar uma saúde pública de qualidade a implementação de políticas públicas no tocante ao saneamento básico devem ser aplicadas para evitar potenciais riscos à saúde da população advindos de doenças de veiculação hídrica.

Quando correlacionados os fatores socioeconômicos com os de qualidade ambiental, percebe-se a influência das condições sociais nos impactos ambientais sofridos pelo rio. Ocorreu a detecção do SARS-CoV-2 em bairros que apresentaram maior adensamento residencial, bem como os piores indicadores socioeconômicos, à exceção do Ponto 5 (Cabo Branco), por mais que tenha apresentado um dos melhores indicadores socioeconômicos, este ponto fica a jusante de comunidades, tendo assim grande interferência na qualidade da água do rio ao longo do trecho consequente.

A degradação da qualidade da água não interfere diretamente na presença do SARS-CoV-2 na água, contudo o uso e ocupação empregado ao entorno das margens do ponto do rio influenciou na presença do vírus na água. As amostras de água coletadas do rio Jaguaribe apresentaram resultados físico-químicos que demonstram níveis de degradação de sua qualidade e conseqüentemente perda da biodiversidade presente no ambiente aquático. No entanto, não se evidenciou correlação com os pontos que deram positivo para o SARS-CoV-2 e a qualidade físico-química da água. Denota-se que tais pontos receberam uma maior quantidade de carga viral através da descarga de esgotos, bem como nestes pontos o quantitativo de indivíduos acometidos pela doença fosse maior nas datas das coletas.

Mediante estes resultados sugere-se a investigação destes parâmetros em outros rios urbanos com características e padrões de uso e ocupação desordenada análogas às encontradas no rio Jaguaribe, presença de habitações subnormais, degradação da qualidade ambiental, mata ciliar removida com ausência de preservação do seu entorno, assoreamento, eutrofização, despejo de dejetos e resíduos sólidos nos corpos de água, pois tendem a estar contaminadas pelo vírus SARS-CoV-2. Assim como análises complementares acerca da estrutura do SARS-CoV-2 e seu comportamento em matrizes aquosas para garantir a ausência de infectividade do vírus.

REFERÊNCIAS

AHMED, Warish et al. First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: a proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. **Science of the Total Environment**, v. 728, p. 138764, 2020.

ADEVA-ANDANY, María M. et al. The importance of the ionic product for water to understand the physiology of the acid-base balance in humans. **BioMed research international**, v. 2014, 2014.

AGUIAR-OLIVEIRA, Maria de Lourdes et al. Wastewater-Based Epidemiology (WBE) and Viral Detection in Polluted Surface Water: A Valuable Tool for COVID-19 Surveillance—A Brief Review. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 24, p. 9251, 2020.

BAPTISTA, Márcio Benedito; CARDOSO, Adriana Sales. Rios e cidades: uma longa e sinuosa história... **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, v. 20, n. 2, p. 124-153, 2013.

BRASIL. Resolução nº 454, de 1 de novembro de 2012. **Estabelece diretrizes gerais os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2012.

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**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 1981

BRASIL. Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021. **Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2021.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2007.

BRASIL. Constituição de 1988. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF, 1988.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro**

de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde- Funasa, Brasília, DF, p.112. 2014.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Brasil confirma primeiro caso do novo coronavírus, porém não há motivo para pânico**. 2020. Disponível em:< <http://conselho.saude.gov.br/ultimas-noticias-cns/1042-brasil-confirma-primeiro-caso-do-novo-coronavirus-porem-nao-ha-motivo-para-panico>>. Acesso 09 out. 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Do SNIS ao SINISA Informações para o planejar o Saneamento Básico**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/cadernos/2019/DO_SNIS_AO_SINISA_SANEAMENTO_BASIC_O_BASIC_O_SNIS_2019.pdf> Acesso em 05 maio. 2021.

BRASIL. **Resolução CONAMA 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. Brasília – DF, 2005.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CARDUCCI, Annalaura et al. Making waves: coronavirus detection, presence and persistence in the water environment: state of the art and knowledge needs for public health. **Water research**, v. 179, p. 115907, 2020.

CARVALHO, M. C. do, et al (org.). **Manual de cianobactérias planctônicas: legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais**. São Paulo: CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, p. 47, 2013. Disponível em < <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2015/01/manual-cianobacterias-2013.pdf>> Acesso em 08 ago. 2021.

CASANOVA, Lisa et al. Survival of surrogate coronaviruses in water. **Water research**, v. 43, n. 7, p. 1893-1898, 2009.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2019. Disponível em:< <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguassuperficiais/variaveis.pdf>> Acesso em: 16 jun. 2021.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **“Apêndice E - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem”**. In: Série Relatórios/CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. São Paulo, SP, 2019.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2009. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/relatorio_2009.zip>. Acesso em: 16 jul. 2021.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Manual de Cianobactérias Planctônicas: Legislação, Orientações para o Monitoramento e Aspectos Ambientais**. São Paulo: CETESB, 2013. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2015/01/manual-cianobacterias-2013.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2021.
CHAN-YEUG, Moira; XU, Rui-Heng. SARS: Epidemiology. **Respirology**, v. 8, ed. S1, p. s9-s14, 2003.

COKER, Richard J. et al. Emerging infectious diseases in southeast Asia: regional challenges to control. **The Lancet**, v. 377, n. 9765, p. 599-609, 2011.

COSTA, Carla Regina et al. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, v. 31, p. 1820-1830, 2008.

ERFTEMEIJER, Paul LA; LEWIS III, Roy R. Robin. Environmental impacts of dredging on seagrasses: a review. **Marine pollution bulletin**, v. 52, n. 12, p. 1553-1572, 2006.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, p. 602, 1998.

FAGUNDES, Giulliano de Souza et al. **Influência do antigo lixão do Roger, João Pessoa, nas águas subterrâneas locais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, p. 117. 2010.

GUERRERO-LATORRE, Laura et al. SARS-CoV-2 in river water: Implications in low sanitation countries. **Science of the Total environment**, v. 743, p. 140832, 2020.

HARAMOTO, Eiji et al. First environmental surveillance for the presence of SARS-CoV-2 RNA in wastewater and river water in Japan. **Science of the Total Environment**, v. 737, p. 140405, 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**, 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>>. Acesso em: 20 jul. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**, 2017. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101734.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2021.

IDEXX. Colilert Um teste simples de 24 horas para coliformes e E. coli. 2002. Disponível em: <https://www.iberlab.pt/newsletter/newsletter_pdfs/newsletter1pdf1.pdf> Acesso em 07 jun. 2021.

KITAJIMA, Masaaki et al. SARS-CoV-2 in wastewater: State of the knowledge and research needs. **Science of The Total Environment**, v. 739, p. 139076, 2020.

KUBISTA, M. et al. The real-time polymerase chain reaction. **Molecular aspects of medicine**, Elmsford NY, v. 27. (n. 2-3), p. 95-125, 2006.

LA ROSA, Giuseppina et al. First detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewaters in Italy. **Science of The Total Environment**, v. 736, p. 139652, 2020.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/.../TeseLamparelli2004.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2021.

LODDER, Willemijn; HUSMAN, Ana Maria de Roda. SARS-CoV-2 in wastewater: potential health risk, but also data source. **The Lancet Gastroenterology & Hepatology**, v. 5, n. 6, p. 533-534, 2020.

MORAIS FILHO, José Zucca. **O Assoreamento nos Lagos Igapó I e II na cidade de Londrina-PR**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, p.78, 2014.

MEDEMA, Gertjan et al. Presence of SARS-Coronavirus-2 RNA in sewage and correlation with reported COVID-19 prevalence in the early stage of the epidemic in the Netherlands. **Environmental Science & Technology Letters**, v. 7, n. 7, p. 511-516, 2020.

Nações Unidas - Brasil. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Disponível em <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>> Acesso em 13 de setembro de 2021.

NEMUDRYI, Artem et al. Temporal detection and phylogenetic assessment of SARS-CoV-2 in municipal wastewater. **Cell Reports Medicine**, v. 1, n. 6, p. 100098, 2020.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2021. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>> Acesso em 06 jun. 2021.

OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde. **Histórico da pandemia de COVID-19**. 2020. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/covid19/historico-da-pandemia-covid-19>> Acesso em 03 maio. 2020.

PANDEY, Deepshikha et al. SARS-CoV-2 in wastewater: challenges for developing countries. **International journal of hygiene and environmental health**, v. 231, p. 113634, 2021.

PEREIRA, Agostinho Oli Koppe; CALGARO, Cleide. O IMPACTO AMBIENTAL DO HIPERCONSUMO NA SOCIEDADE MODERNA: AS POLÍTICAS PÚBLICAS DE SUSTE. **Revista Juridica**, v. 3, n. 44, p. 232-256, 2016.

PEREZ, V. P., et al. Evaluation of alternative RNA extraction methods for detection of SARS-CoV-2 in nasopharyngeal samples using the recommended CDC primer-probe set. **Journal of Clinical Virology Plus**, 1(3), 100032, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcvp.2021.100032>

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Org.). **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. São Paulo, Escrituras. 1999.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à quantidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

REIS, André Luiz Queiroga. Índice de sustentabilidade em uma bacia ambiental: uma abordagem para a gestão e planejamento da conservação e preservação dos rios urbanos de João Pessoa (PB). Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa, 2016.

RIMOLDI, Sara Giordana et al. Presence and infectivity of SARS-CoV-2 virus in wastewaters and rivers. **Science of the Total Environment**, v. 744, p. 140911, 2020.

RODRÍGUEZ- MÁRQUEZ, I.; et al. Indicadores de triagem para tuberculose numa população indígena na Colômbia: uma pesquisa com métodos mistos. **Cadernos de Saúde Pública**. v. 38, n. 3, 2022.

SOUSA, C. A. F. de; OLIVEIRA, B. M. de; SILVEIRA, J. A. R. da. Urbanização e impactos ambientais nos rios urbanos: Um estudo de caso na Bacia do Rio Gramame em João Pessoa, PB. **Periódico Técnico E Científico Cidades Verdes**, 6(13), 2018. doi: <https://doi.org/10.17271/2317860461320181934>

VON SPERLING, Marcos Von. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. v. 1, 4 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

TUNDISI, J. G. et al. (Ed.) Eutrofização na América do Sul: causas, tecnologias de gerenciamento e controle. São Carlos: Instituto Nacional de Ecologia de São Carlos, p. 531, 2006.

WEBER, David J. et al. Emerging infectious diseases: Focus on infection control issues for novel coronaviruses (Severe Acute Respiratory Syndrome-CoV and Middle East Respiratory Syndrome-CoV), hemorrhagic fever viruses (Lassa and Ebola), and highly pathogenic avian influenza viruses, A (H5N1) and A (H7N9). **American journal of infection control**, v. 44, n. 5, p. e91-e100, 2016.

WHO - World Health Organization. **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017: special focus on inequalities**. World Health Organization, 2019.

WHO – World Health Organization. **Constituição da Organização Mundial da Saúde**, 1946.

Disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/OMS-Organiza%C3%A7%C3%A3o-Mundial-da-Sa%C3%BAde/constituicao-da-organizacao-mundial-da-saude-omswho.html>. Acesso em: 23 fev. 2021.

WU, Fuqing et al. SARS-CoV-2 titers in wastewater are higher than expected from clinically confirmed cases. **Msystems**, v. 5, n. 4, p. e00614-20, 2020.

WURTZER, Sebastien et al. Evaluation of lockdown impact on SARS-CoV-2 dynamics through viral genome quantification in Paris wastewaters. MedRxiv, 2020.

ZANINI, H. L. H. T. **Caracterização limnológica e microbiológica do córrego rico que abastece Jaboticabal (SP). Jaboticabal.** Tese (Doutorado em Microbiologia Agropecuária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP. p. 90, 2009.